



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

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

Научные проблемы водного транспорта

№74 (1) 2023

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

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: 603091, 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;

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;

Корнев Андрей Борисович, к.т.н., Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

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;

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;

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 №74 (1) 2023

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: 603091, 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;

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;

Andrey B. Kornev, Sci. (Tech.), Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, 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;

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 unuversity 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.), 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 unuversity 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 unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

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 unuversity 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.



Конструкторское бюро ВГУВТ
Института инноваций в судостроении и
судоремонте организовано при ФГБОУ
ВО "Волжский государственный
университет водного транспорта" в
Нижнем Новгороде в 2014 году.

**Оказываемые услуги в сфере гражданского,
грузового, технического, пассажирского флота и
береговой инфраструктуры:**

- ▶ Разработка документации эскизного, технического и рабочего проектов судов и объектов морской и речной техники;
- ▶ Согласование документации с классификационными обществами: РРР, РМСР и др., в том числе с ГИМС;
- ▶ Проектирование порт-пристаней, береговой инфраструктуры, включая яхт-клубы;
- ▶ Расчёты прочности, гидро- и аэродинамики с использованием лицензионного программного обеспечения;
- ▶ Консалтинговые услуги, в том числе проведение испытаний судов и материалов;
- ▶ Дизайн объектов морской и речной техники, 3D-моделирование, создание анимаций;
- ▶ Организация постройки судов;
Конструкторское сопровождение производства.



Руководитель КБ ВГУВТ
Шабала Алексей Геннадьевич
kb-vsawt.ru
+7(987)110-36-67
8(831)419-78-41
skb@vsawt.com

СОДЕРЖАНИЕ

Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна

И.Л. Благовидова, О.А. Иванова, А.С. Бабак, А.В. Родькина

Аспекты проектирования ледостойкой буровой платформы для условий Обско-Тазовской губы 15

А.Е. Бурмистрова, О.А. Щеголева, Е.Г. Бурмистров, Т.А. Михеева

Обоснование применения на судостроительных верфях многофункциональных сборочно-сварочных манипуляторов 27

Б.С. Гуральник, И.В. Якута

Изменение периодичности проведения опыта кренования для малых рыболовных судов в процессе их эксплуатации 37

А.Г. Назаров, К.С. Коляченко, С.Г. Назарова

О критериях минимальной толщины обшивки судов из композиционных материалов 50

Судовое энергетическое оборудование

А.М. Пичурин, А.С. Дмитриев

Оценка возможности исключения потерь нефтепродуктов при их испарении в процессе транспортировки танкерами 61

Экономика, логистика и менеджмент на транспорте

М.Ю. Артамонова, Т.Ю. Костюченко

Методический подход к оценке эффективности системы управления логистической инфраструктурой портового оператора 70

М.В. Ботнарюк, Н.Н. Ксензова

Производственная функция Кобба-Дугласа для оценки деятельности морского порта 85

Д.В. Дрейбанд, Д.А. Коршунов, А.О. Ничипорук

Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: стратегические задачи, проблемы и перспективы 96

В.И. Минеев, Д.А. Почакаев

Перезагрузка международного транспортного коридора «Север – Юг» 105

О.А. Казьмина, С.А. Казьмин, Н.Ю. Пышкина, А.А. Холопова

Концептуальный подход к созданию информационной системы отраслевой аналитики по флоту 117

И.К. Кузьмичев, В.Н. Костров, В.Н. Бутченко

Концепция формирования комбинированной транспортно-логистической инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и Арктической зоны России 130

Е.С. Мишачева

Особенности бизнес-модели транспортных предприятий 140

Н.В. Пумбрасова, Е.В. Унадышева

Инновации в речных пассажирских перевозках как фактор развития человеческого капитала регионов 148

Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства

Р.Э. Галеев

О выборе математической модели для построения траектории движения судна в системе поддержки принятия решений судоводителем 162

Л.С. Грошева, В.И. Плющев

Динамика колесного судна при изменении курса 174

М.В. Никулина, Ю.И. Платов

Методика оценки сравнительной эффективности перевозок грузов водным транспортом 184

В.И. Сичкарев, В.П. Умрихин, А.А. Приваленко

Анализ амплитудно-частотной характеристики бортовой качки, полученной в эксплуатационном рейсе 197

И.К. Фомина, Л.А. Шафикова, К.В. Сыкалова

Практические аспекты задачи моделирования и сценарного прогнозирования работы пассажирского порта 208

Экологическая безопасность

А.Н. Каленков, А.Е. Пластинин

Прогнозирование разливов нефти с судов в Амурском бассейне 216

И.М. Шахова

Способы обращения с осадками сточных вод канализационных очистных сооружений 229

CONTENTS

Shipbuilding, ship repair and ecological safety of the ship

- Irina L. Blagovidova, Olga A. Ivanova, Aleksandra S. Babak, Anna V. Rodkina***
Aspects of designing the ice-resistant drilling platform to be operated
in the Ob-Taz Bay..... 15
- Anastasia E. Burmistrova, Olga A. Shchegoleva, Evgeny G. Burmistrov, Tatiana A. Mikheeva***
Justification of the use of multifunctional assembly and welding manipulators
at shipyards 27
- Boris S. Guralnik, Irina V. Yakuta***
Changing the frequency of heeling test for small fishing vessels during their operation 37
- Albert G. Nazarov, Kirill S. Kolyachenko, Svetlana G. Nazarova***
On the criteria of minimum thickness of ship plating made of composite materials 50

Ship power equipment

- Aleksandr M. Pichurin, Aleksandr S. Dmitriev***
Evaluation of the possibility of eliminating the loss of oil products during their evaporation
in the process of transportation by tankers 61

Economics, logistics and transport management

- Maria Y. Artamonova, Tatiana Y. Kostyuchenko***
Methodological approach to efficiency assessment of the management system of the
logistics infrastructure of a port operator 70
- Marina V. Botnaryuk, Natalya N. Ksenzova***
Cobb-Douglas production function for evaluating seaport activity 85
- Dmitry V. Dreiband, Dmitry A. Korshunov, Andrey O. Nichiporuk***
Development of river transport infrastructure: strategic objectives, problems
and prospects 96
- Valery I. Mineev, Dmitry A. Pochekaev***
Reloading of the international transport corridor "North-South" 105
- Olesya A. Kazmina, Sergei A. Kazmin, Nadezhda Y. Pyshkina, Anna A. Kholopova***
A conceptual approach to the creation of an information system of industry analytics for the
fleet 117
- Igor K. Kuzmichev, Vladimir N. Kostrov, Viktor N. Butchenko***
Concept of formation of combined transport and logistics infrastructure of Siberia, Far East
and Arctic zone of Russia 130
- Evgenia S. Mishacheva***
Features of the business model of transport enterprises 140
- Natalya V. Pumbrasova, Elena V. Upadysheva***
Innovations in river passenger transportation as a factor in the development
of the human capital of the regions 148

Operation of water transport, navigation and safety of navigation

Rustem E. Galeev

On the choice of a mathematical model for constructing the trajectory of the vessel in the decision support system by the boatmaster..... 162

Ludmila S. Grosheva, Valery I. Plyushchaev

Wheeled vessel dynamics at heading change..... 174

Marina V. Nikulina, Juri I. Platov

Methodology for assessing the comparative efficiency of cargo transportation by water transport..... 184

Viktor I. Sichkarev, V.P. Umrikhin, A.A. Privalenko

Analysis of the amplitude-frequency characteristics of on-board pitching obtained in the operational voyage..... 197

Inga K. Fomina, Liliy A. Shafikova, Kristina V. Sykalova

Practical aspects of the task of modeling and scenario forecasting of the passenger port operations..... 208

Environmental safety

Aleksandr N. Kalenkov, Andrey E. Plastinin

Forecasting of oil spills from ships in the Amur River basin..... 216

Irina M. Shakhova

Methods for handling sewage sludge from sewage treatment plants..... 229

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP

УДК 629.563.2

DOI: 10.37890/jwt.vi74.332

Аспекты проектирования ледостойкой буровой платформы для условий Обско-Тазовской губы

И.Л. Благовидова^{1,2}

ORCID: 0000-0003-2474-7371

О.А. Иванова^{1,2}

ORCID: 0000-0002-3034-0968

А.С. Бабак¹

ORCID: 0000-0003-3003-3770

А.В. Родкина²

ORCID: 0000-0002-4593-4259

¹*АО «ЦКБ «Коралл», г. Севастополь, Россия*

²*Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия*

Аннотация. Авторами статьи определена перспективность Обско-Тазовской губы по наличию районов газодобычи. Рассмотрены подходы к определению оптимальной ледостойкой формы опорного основания платформы. Определены сценарии экстремальных ледовых воздействий на сооружения, эксплуатирующиеся в Обской губе. Дана оценка глобальных нагрузок, возникающих при взаимодействии платформ с ледовыми образованиями, непосредственно влияющая на выбор конструкции платформы и способ ее удержания на грунте. Выполнен расчет глобальных ледовых нагрузок по отечественным и зарубежным методикам. Выполнен анализ полученных глобальных ледовых нагрузок, определенных по нескольким методикам, представленным в основных нормативных документах при различных сценариях взаимодействия платформы с ледовыми образованиями. Рассмотрены перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: анализ, ледовые воздействия, буровая платформа, глубина моря, параметры дрейфа, определение сценариев.

Aspects of designing the ice-resistant drilling platform to be operated in the Ob-Taz Bay

Irina L. Blagovidova^{1,2}

ORCID: 0000-0003-2474-7371

Olga A. Ivanova^{1,2}

ORCID: 0000-0002-3034-0968

Aleksandra S. Babak¹

ORCID: 0000-0003-3003-3770

Anna V. Rodkina²

ORCID: 0000-0002-4593-4259

¹*«Corall JSC», Sevastopol, Russia*

²*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

Abstract. Prospects for presence of gas production areas of the Ob-Taz Bay have been determined by the authors of the article. Approaches to determining the optimal ice-resistant shape of the platform support base are considered. Extreme ice impacts scenarios on structures operated in the Gulf of Ob have been determined. An assessment of global actions to occur during interaction of platforms with ice features was given, which directly affects the choice of the platform design and the way of securing it on the seabed. The calculation of global ice loads was carried out using domestic and foreign methods. An analysis was made of the obtained global ice loads determined by several methods presented in the main regulatory documents for various scenarios of platform interaction with ice formations. The prospects for further research are considered.

Keywords: analysis, ice actions, drilling platform, sea depth, drift parameters, determination of scenarios.

Введение

Перспективы развития Арктической зоны непосредственно связаны с открытием значительных запасов нефти и газа и требуют применения новых технологий и технических средств для ее освоения. Основные цели и задачи по освоению Арктики изложены в «Стратегии развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечении национальной безопасности на период до 2035 г. [1].

В настоящее время в мире и в РФ накоплен определенный опыт проектирования, постройки и эксплуатации сооружений, осуществляющих бурение в арктических условиях. Следует отметить, что на данный момент наибольший опыт накоплен в части добычных стационарных платформ, которые были установлены в замерзающих морях в относительно мелководных районах. В случае очень малых глубин, порядка нескольких метров, в основном используются искусственные острова. На глубинах более 10 метров установлены платформы разнообразных типов, как стальные, так и железобетонные, на глубинах более 50 метров применяются подводно-добычные комплексы.

В области проектирования сооружений для эксплуатации на шельфе Арктики значительный практический опыт имеет «Центральное конструкторское бюро «Коралл» (ЦКБ «Коралл»). По проектам ЦКБ «Коралл» для арктических условий построен и успешно эксплуатируется с 2008 г. в Печорском море ледостойкий отгрузочный терминал Варандей, который в процессе эксплуатации неоднократно подвергался воздействию экстремальных ледовых нагрузок. Данный объект внесен в Книгу рекордов Гиннеса как самый северный круглогодично действующий нефтяной терминал в мире. Также по проектам ЦКБ «Коралл» построены и эксплуатируются платформы обустройства месторождений им. Ю. Корчагия и В. Филановского в Каспийском море. В настоящее время идет завершающий этап обустройства месторождения им. В.И. Грайфера, для которого ЦКБ «Коралл» спроектировало и сопровождало строительство ледостойкой стационарной платформы и жилого модуля с переходной галереей. Разрабатывается рабочая документация с параллельным строительством по типу «распределенной верфи» для ледостойкой стационарной платформы для освоения месторождения Каменномыское-море в Обской губе.

Обская и Тазовская губы являются перспективными районами газодобычи в условиях Арктики. Расположение лицензионных участков на акватории Обской и Тазовской губ представлено на рис. 1. На большей части участков разведочные работы запланированы на ближайшее время.

В акватории Обской и Тазовской губ открыты месторождения: Каменномыское-море, Северо-Каменномыское, Обское, Чугорьяхинское, Семаковское, Тота-Яхинское, Антипаютинское.

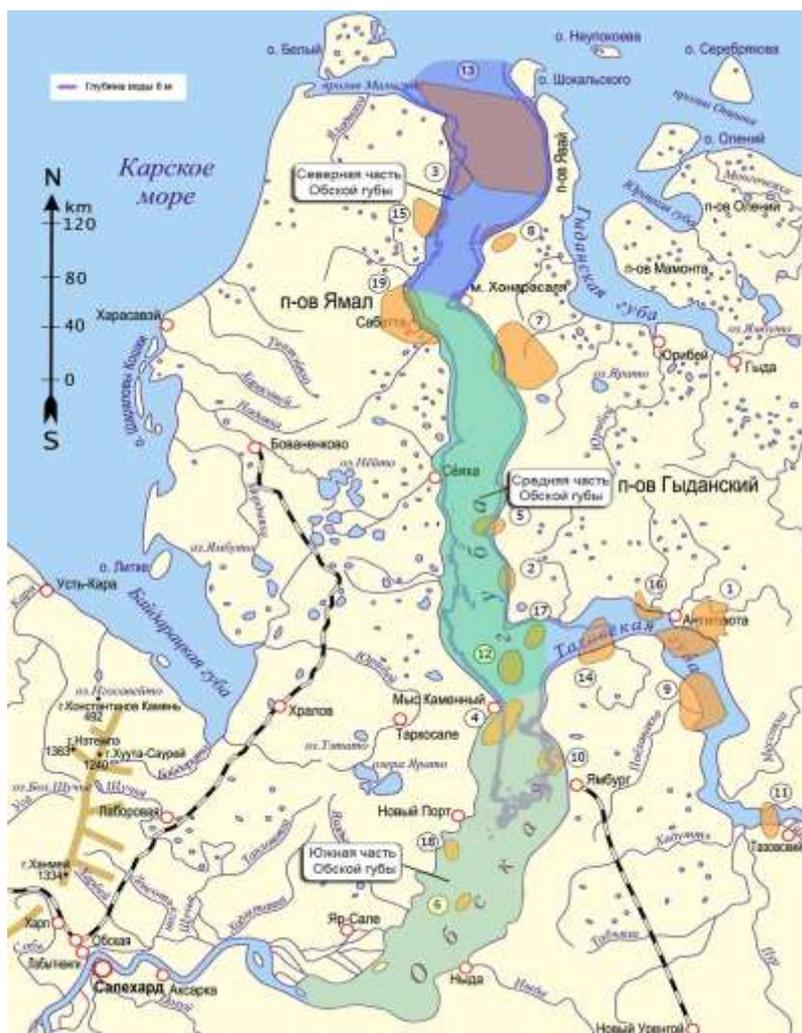


Рис. 1. Расположение ЛУ на акватории Обской и Тазовской губ: 1 – Антипаютинский ЛУ; 2 – Бухаринский ЛУ; 3 – Восточно-Тамбейский ЛУ; 4 – ЛУ Каменномыское-море; 5 – ЛУ, включающий Геофизическое м/р; 6 – ЛУ, включающий Ичидейское м/р; 7 – ЛУ, включающий Салмановское (Утреннее) м/р; 8 – ЛУ, включающий Штормовое м/р; 9 – Няхартинский ЛУ; 10 – Обский ЛУ; 11 – Салепкапский ЛУ; 12 – Северо-Каменномысский ЛУ; 13 – Северо-Обский ЛУ; 14 – Семаковский ЛУ; 15 – Тасийский ЛУ; 16 – Тота-Яхинский ЛУ; 17 – Чугорьяхинский ЛУ; 18 – Южно-Обский ЛУ; 19 – Южно-Тамбейский ЛУ

Постановка задачи

Первые платформы из железобетона и стали для континентального арктического шельфа начали проектироваться и строиться с конца 60-х годов.

При проектировании технических сооружений для условий Арктики должны учитываться такие факторы, как возможное воздействие льда, вибрация конструкции при его воздействии, ледовое пропахивание, обмерзание надводных конструкций, воздействие экстремально низких температур, последствия механических повреждений и аварий, размыв грунтового оснований, сейсмические нагрузки, коррозия, эрозия.

Анализ реализованных проектов показал, что для Арктических условий применимы как гравитационные железобетонные, так и стальные платформы.

В выборе оптимального варианта освоения месторождения определяющую роль играют исходные данные по глубине моря, геологическим, гидрометеорологическим, в том числе ледовым условиям. Одним из сложнейших вопросов является определение величин глобальной нагрузки и ее учет при проектировании шельфовых сооружений для суровых климатических условий.

Одним из наиболее важных аспектов при проектировании ледостойких платформ является определение величины глобальной ледовой нагрузки, т.к. именно от нее зависит обеспечение устойчивости и соответственно безопасность платформы при ее эксплуатации.

Поэтому основной задачей данной работы является оценка ледовых условий – определение глобальных ледовых нагрузок на стальную стационарную платформу на свайном фундаменте с целью обеспечения ее ледостойкости при эксплуатации в условиях Обско-Тазовской губы.

Определение конструктивной формы

Архитектурно-конструктивные решения по форме корпуса должны препятствовать накоплению ледяного и снежного покрова на конструкциях и палубах объекта.

С точки зрения формирования нагромождений льда вертикальная стенка (вертикальный борт) дает меньшее нагромождение, что улучшает возможность подхода обслуживающих судов к платформе, но при этом на вертикальных бортах лед будет ломаться путем его сжатия (смятия). На наклонных бортах ледовые образования ломаются изгибом. С учетом того, что изгибная прочность льда в 4–5 раз меньше, чем его прочность на сжатие, то и ледовые нагрузки на наклонных бортах значительно меньше, что обеспечивает безопасность эксплуатации платформы исходя из условий ее устойчивости. Следовательно, для дальнейших расчетов в качестве приоритетного принят вариант с наклонными бортами как наиболее безопасный.

С целью снижения ледовых нагрузок на техническое сооружение должна быть выполнена оптимизация формы корпуса в части угла наклонов граней. Оптимизация угла наклона внешних стенок опорного основания существенно снижает нагрузки от дрейфующего ровного и торосистого льда. На основании анализа серий предварительных расчетов для различных сооружений с различными углами наклона грани и имеемых результатов модельных испытаний сделан вывод о том, что оптимальный угол наклона грани с точки зрения снижения нагрузок от ледовых воздействий составляет 50–60 градусов. Меньшие углы наклона могут привести к увеличению ледовых нагромождений, а использование угла наклона граней, превышающего 70 градусов, практически не приводит к снижению глобальной ледовой нагрузки. На основании вышесказанного в качестве оптимального угла для рассматриваемых ледовых условий для данной платформы, исходя из ее обводов, принят угол наклона граней 51 градус. Для предотвращения наползания льда на верхнюю палубу опорного основания предусматривается дефлектор.

Опорное основание платформы ЛСП «А» представляет собой протяженное сооружение с наклонными боковыми гранями в ледорезной части платформы. На рис. 2 приведена схема опорного основания буровой платформы.

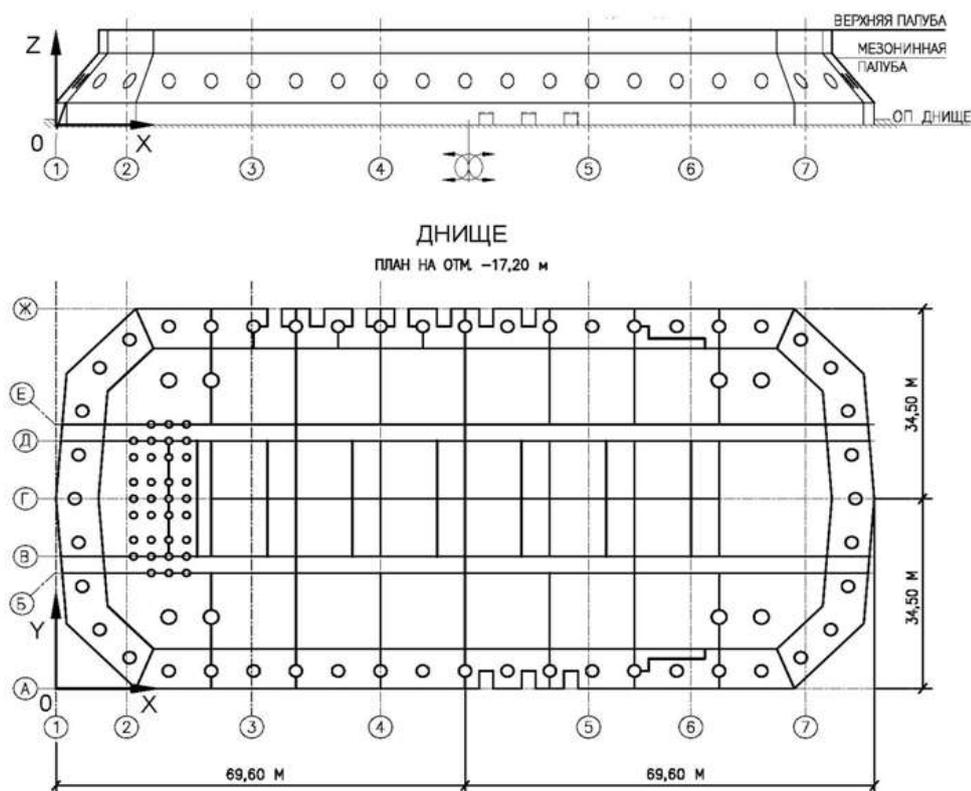


Рис. 2. Схема опорного основания буровой платформы

Определение сценариев экстремальных ледовых воздействий на морские сооружения в условиях Обской губы

В работе расчеты выполнялись для стационарной ледостойкой буровой платформы ЛСП «А», установленной на месторождении Каменномысское-море. Для возможности определения расчетных сценариев ледовых воздействий на морскую платформу ЛСП «А» проанализированы данные по природно-климатическим условиям, представленные в отчете ААНИИ [2].

По результатам ледовых исследований выявлены специфические особенности ледового режима акватории:

- резкая смена направления дрейфа льда с северного на южное (против течения) при изменении направления ветра;
- смещение припая вместе с торосами с очень медленной скоростью (0,02–0,05 м/с) – также попеременно в северном и южном направлениях.

В южной части Обской губы в районе мыса Каменный можно отметить следующие периоды присутствия ледяного покрова и характерные для них явления.

Первый (осенний) период – от начала льдообразования до установления припая. Он характеризуется в первую очередь осенним дрейфом льда с возможностью образования навалов, торосов, стамух и набивного льда у стенки платформы.

Второй (зимний) период – зимний ледостав, т.е. время наличия устойчивого припая от берега до берега в Обской губе на траверзе платформы. Этот период характеризуется сочетанием высоких прочностных показателей и толщин льда. Вероятные сценарии ледового воздействия на платформу в это время: вертикальные нагрузки от примерзшего припая при колебаниях уровня воды или термических

расширениях из-за быстрой смены температуры воздуха. Наличие в районе системы вдольбереговых приливных трещин, образование приливных трещин в районе расположения объектов, сидящих на грунте (например, вокруг терминала «Ворота Арктики») образует систему радиальных трещин), минимизируют нагрузки от указанных воздействий.

Третий (весенний) период – от взлома припая до очищения акватории в районе платформы. Первый взлом припая в рассматриваемом районе в среднем происходит 08/VI, окончательное разрушение припая – 13/VI, окончательное очищение акватории ото льда – 20/VI. Таким образом, дрейф льда в весенне-летний период происходит в среднем в течение 44 дней. Как и для осеннего периода, здесь характерен весь спектр нагрузок от дрейфующего льда, включая торосы. Также перед первым взломом припая происходит воздействие на замороженное сооружение при подвижках льда. Отличительной чертой, по сравнению с осенним периодом, является более высокие значения толщины и прочности льда, особенно сразу после взлома припая, когда лед еще не успел достаточно прогреться и стать под действием весенних процессов. Соответственно, повышаются и нагрузки на платформу при воздействии ледяных полей или торосистых образований. По мере разрушения ледяного покрова из-за прогрева и таяния будут снижаться и нагрузки, т.е. тяжесть воздействия.

Таким образом, из перечисленных сценариев можно выделить, как наиболее тяжелые, следующие:

сценарий 1 – для осеннего периода – воздействие дрейфующих полей и торосистых образований перед становлением припая (ноябрь);

сценарий 2 – для осеннего периода – воздействие от припая в начальный период льдообразования, когда возможен его взлом (ноябрь);

сценарий 3 – для весенне-летнего периода – воздействие от дрейфующих полей и торосистых образований в период разрушения ледяного покрова (май-июнь);

сценарий 4 – для весенне-летнего периода – воздействие от припая перед его взломом (май-июнь) [2].

Определение ледовых нагрузок. Методика расчета

Сложность характера взаимодействия ледяных полей с сооружениями, большой разброс физико-механических характеристик льда, связанный с различными условиями его образования, недостаточная изученность характеристик ледовых образований шельфовой зоны, обосновывают применение расчетных методик, базирующихся на полуэмпирических методах нахождения ледовых нагрузок. Устойчивость платформы на грунте под действием внешних нагрузок является фактором, определяющим ее работоспособность и безопасность.

Методики определения глобальных ледовых нагрузок при различных сценариях взаимодействия платформы с ледовыми образованиями представлены в следующих основных нормативных документах Российской Федерации:

- СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)» [3,4];
- «Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» Российского морского регистра судоходства [5].

Также методики расчета ледовых нагрузок представлены в международном стандарте ISO/FDIS 19906 – Petroleum and natural gas industries. – Arctic offshore structures [6]. В Российской Федерации данный стандарт, как ГОСТ ИСО 19906, проходит в настоящее время согласование и утверждение с целью принятия в качестве национального. Международный стандарт ISO 19906 основывается на современном представлении о характере взаимодействия ледовых образований с

конструкциями и проверен экспериментальными исследованиями в опытовых ледовых бассейнах и натурными исследованиями.

Трудность выбора конкретной расчетной методики заключается в том, что приведенные в вышеуказанных нормативных документах формулы дают различные результаты, причем при определенных условиях разница достигает 100 % и более. Поэтому для анализа полученных величин глобальной ледовой нагрузки применяются все методики для верификации результатов и определения наиболее «физичной» методики в каждом конкретном случае и для исключения консервативной или заниженной оценки нагрузки.

Анализ расчетных параметров льда и серии предварительных расчетов показали, что максимальные ледовые нагрузки соответствуют физико-механическим характеристикам льда, характерным для «сценария 3» – воздействия дрейфующих полей и торосистых образований в период разрушения ледяного покрова (май, июнь). Для дальнейших расчетов принят «сценарий 3», как наиболее тяжелый. Расчетные параметры льда приняты на основании Технического отчета по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий [2] и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные параметры ледовых условий

Сценарий взаимодействия	Параметр	Значение
Воздействие от дрейфующих полей и торосистых образований в период разрушения ледяного покрова (май, июнь)	Толщина ровного льда обеспеченностью 1 % в июне, м	2,12
	Пределы прочности ровного льда на одноосное сжатие обеспеченностью 1 % (R_c) в июне, МПа	1,31
	Пределы прочности ровного льда на изгиб обеспеченностью 1 % (R_f) в июне, МПа	0,42
	Размер ледяного поля, км	5,9
	Толщина консолидированного слоя тороса обеспеченностью 1 % при протяженности 70 м (h_c) в мае-июне, м	2,54
	Толщина консолидированного слоя тороса обеспеченностью, 1 % при протяженности 140 м (h_c) в мае-июне, м	1,80
	Пределы прочности консолидированного слоя на одноосное сжатие обеспеченностью 1 % (R_c) в мае-июне, МПа	1,05
	Пределы прочности консолидированного слоя на изгиб обеспеченностью 1 % (R_f) в мае-июне, МПа	0,67
	Пористость киля	0,15
	Угол внутреннего трения киля, град.	30
	Расчетная высота паруса (h_p), м	1,6
	Пористость паруса	0,1
	Угол внутреннего трения паруса, град.	16
	Плотность льда, кг/м ³	870
	Скорость дрейфа льда, максимальная, м/с	0,81
Скорость дрейфа льда, минимальная, м/с	0,15	

Расчеты ледовых нагрузок выполнены для направлений воздействия ледовых образований: в нос и в борт. На рис. 3 показаны направления воздействия ледовой нагрузки.

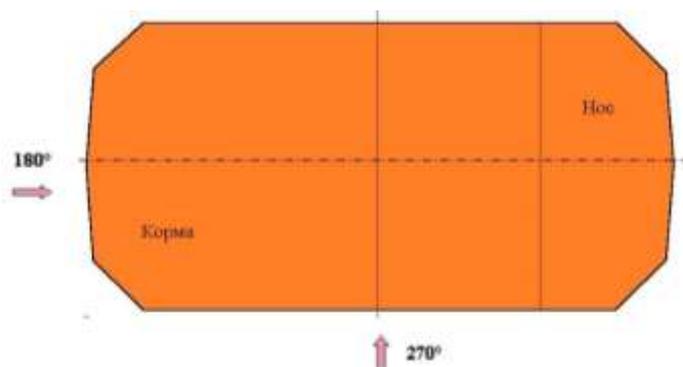


Рис. 3. Направления воздействия ледовой нагрузки на опорное основание ледостойкой буровой платформы ЛСП «А»

Следует отметить, что в Правилах ПБУ/МСП отсутствует методика для определения нагрузок от воздействия ледовых нагрузок на сооружения с плоской наклонной гранью. Методика предназначена для конусных конструкций. Поэтому полученные предварительные результаты ледовых нагрузок по данной методике значительно занижены и, следовательно, для таких сооружений расчет по «Правилам классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» Российского морского регистра судоходства является некорректным.

Результаты расчета ледовых нагрузок от тороса по методикам, описанным в СП 38.13330.2018 г. и СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г., Правилах ISO 19906:2019 приведены в табл. 2. Сравнительная характеристика результатов расчетов ледовых нагрузок в графической форме представлена на рис. 4.

Таблица 2

Результаты расчета ледовых нагрузок

Направление воздействия льда	Ширина конструкции, м	Толщина консолидированного слоя тороса обеспеченностью 1 % $I_{с, м}$	Скорость дрейфа льда, максимальная /минимальная $V, м/с$	Расчет СП 38.13330.2018		Расчет СП 38.13330.2018 изм. 1		Расчет ISO 19906:2019	
				Горизонтальная составляющая нагрузки от льда $F_{гор}$	Вертикальная составляющая нагрузки от льда $F_{верт}$	Горизонтальная составляющая нагрузки от льда $F_{гор}$	Вертикальная составляющая нагрузки от льда $F_{верт}$	Горизонтальная составляющая нагрузки от льда $F_{гор}$	Вертикальная составляющая нагрузки от льда $F_{верт}$
борт	132,9	1,80	0,81	102,2	56,3	218,1	124,4	128,9	75,8
борт	132,9	1,80	0,15	143,4	80,5	218,1	124,4		
нос	62,9	2,54	0,81	72,5	40,8	138,2	79,5	89,1	52,4
нос	62,9	2,54	0,15	119,0	68,7	138,2	79,5		

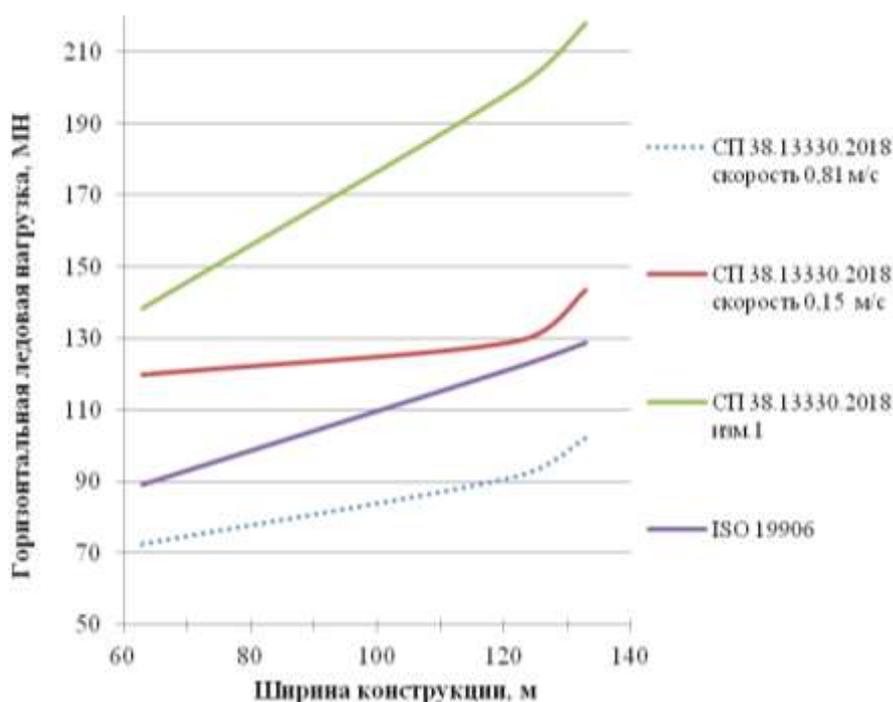


Рис. 4. Сравнительная характеристика расчетных значений ледовых нагрузок

Анализ полученных результатов показывает, что нагрузка по методикам СП 38.13330.2018 г. находится в диапазоне 102–143 и 72,5–119 МН для воздействия в борт и в нос соответственно, а по методике ISO 19906:2019 – 129–89 МН. Такая разница в результатах связана с тем, что в сценарии ледовых воздействий на морскую платформу ЛСП «А» скорость дрейфа ледовой нагрузки изменяется и нагрузка определенная по методикам СП 38.13330 зависит от скорости дрейфа льда, а по ISO 19906:2019 не зависит и принимается среднее значение. Следовательно, значения ледовой нагрузки, полученные по методике ISO 19906:2019 являются заниженными. При средних скоростях дрейфа льда результаты расчетов по данным методикам очень близки.

Основным нормативным документом до сентября 2022 г., входящим в перечень «Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых, на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» являлась методика СП 38.13330, но при этом в данный документ были внесены изменения. Авторы работы уделили большое внимание анализу полученных результатов расчета ледовых нагрузок от тороса по методикам, описанным в СП 38.13330.2018 г. (до внесения изменений) и СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г. (после внесения изменений).

Ранее в методике СП 38.13330.2018 нагрузка от консолидированного слоя тороса определялась по формуле, в которой не учитывался угол наклона грани сооружения. Нагрузка определялась как на вертикальную стенку.

В обновленной версии СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г. при определении нагрузки от консолидированного слоя тороса на наклонную стенку учитывается прочность на изгиб, при этом полученная нагрузка оказывается большей, чем определенная на вертикальную стенку, что противоречит основным постулатам ледотехники. Следовательно, методика расчета нагрузки на наклонную грань,

изложенная в Изменении № 1 к СП 38.13330.2018 (с 16 января 2022 г.) требует обстоятельной верификации.

Нагрузка от кия тороса, определенная по методике СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г., превышает аналогичную нагрузку, определенную по СП 38.13330.2018, и в соответствии с методикой ISO 19906:2019, после сравнения с формулой для зазора льда, в качестве расчетной нагрузки от кия принята нагрузка от зазора при всех рассмотренных сценариях.

Принятая нагрузка от кия в 3–5 раз выше рассчитанной по СП 38.13330.2018 до изменений, внесенных в методику.

Таким образом, суммарная нагрузка от тороса по СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г. в два и более раз выше, чем определенная по СП 38.13330.2018. Имеющиеся модельные испытания на других сооружениях также не подтверждают подход, изложенный в методике СП 38.13330.2018 с изм. 1 2022 г., что требует дополнительных исследований в данном направлении.

Заключение

Оценка глобальных нагрузок, возникающих при взаимодействии платформ с ледовыми образованиями критически важна для выбора наиболее оптимальной конструкции платформы и способа ее удержания на грунте. Различные теоретические методы определения ледовых нагрузок на инженерные сооружения дают значительно отличающиеся результаты. Поэтому при выборе расчетной методики необходимо понимание, какая методика наиболее «физична» для соответствующего сценария воздействия льда на опору. Наиболее достоверным способом верификации полученных результатов будут являться модельные испытания в ледовом опытовом бассейне.

В настоящее время глобальные ледовые нагрузки при различных сценариях взаимодействия платформы с ледовыми образованиями определены по методикам СП 38.13330 и по ISO 19906:2019. Разница результатов расчетов по СП 38.13330 до изменения и по ISO 19906:2019 объяснима, а оценка результатов по СП 38.13330 после внесения изменений является консервативной и требует проведения дальнейших исследований.

Для рассматриваемой платформы ЛСП «А» выбранная форма опорного основания для условий Арктики является наиболее оптимальной с точки зрения восприятия ледовых нагрузок. Форма опорного основания является симметричной с носовой и кормовой оконечностей, имеет наклонные борта в районе воздействия льда и дефлектор на уровне верхней палубы опорного основания, который служит для защиты установленного на палубе оборудования от ударов волн и попадания ледовых обломков. Следует отметить, что глобальные ледовые нагрузки являются определяющими для устойчивости платформы, учитывая разницу результатов расчетов по данным методикам для верификации полученных расчетов необходимо проводить модельные испытания в ледовых опытовых бассейнах.

Перспективой дальнейших исследований является постановка эксперимента для модельных испытаний и верификация. Ряд научных результатов, которые планируется получить в работе, будут иметь самостоятельное значение, а именно теоретические и экспериментальные исследования по определению физической картины взаимодействия морского льда с корпусом ледостойкой платформы ЛСП «А» и оценки уровня глобальных ледовых нагрузок на проектируемые объекты. По результатам исследований будет выполнена оптимизация формы корпуса платформы для снижения глобальных ледовых нагрузок и соответственно повышения ледостойкости платформы.

Список литературы

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г., Указ № 645 от 26.10.2020 г.
2. Технический отчет «Определение сценариев наиболее тяжелых ледовых воздействий и параметров дрейфа льда для расчета размеров величин негативных ледовых воздействий, необходимых для проектирования объектов обустройства газового месторождения Камennomысское-море на акватории Обской губы Карского моря». ФГБУ ААНИИ, 2022 г.
3. СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». М.: Минстрой России. 2018.
4. СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». М.: Минстрой России, с изм. 1 2022 г.
5. «Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ». Российский морской регистр судоходства, 2018.
6. ISO 19906 – Petroleum and natural gas industries. – Arctic offshore structure. International Organization for Standardization. 2019.
7. Karulin E., Karulina M., Toropov E., Yemelyanov D. Influence of Ice Parameters on Managed Ice Interaction with Multi-legged Structure. Proceedings of the 21st IAHR International Symposium on Ice, June 11-15, Dalian, China, 2012.
8. Jefferies M.G. and Wright W.H. Dynamic response of Molikpaq to ice-structure interaction. Proc. of 7th Conference OMAE, Houston, 1988, pp.201-220.
9. Lengkeek H.J., Besseling F. Combined translational and rotational sliding of gravity based structures loaded by ice. Proceedings of the 22nd International POAC Conference, June 9-13, Espoo, Finland, 2013.

References

1. Strategy for the development of Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035, Indicated № 645 from 26.10.2020.
2. Project Technical Report: “Determination of scenarios of the most severe ice actions and ice drift parameters for calculating the amount of detrimental ice actions required for designing facilities for the construction of the Kamennomyskoye-Sea gas field to be operated in waters of the Ob Bay of the Kara Sea”, for the development of the design documentation for the Object titled “Facilities Construction for the Kamennomyskoye-Sea Gas Field”, 2022.
3. SP 38.13330.2018 “SN and P 2.06.04-82*. “Loads and impacts on hydraulic structures (from wave, ice and ships)”. M.: Minsroy Russian. 2018.
4. SP 38.13330.2018 “SN and P 2.06.04-82*. “Loads and impacts on hydraulic structures (from wave, ice and ships)”. M.: Minsroy Russian., with rev. 1 2022.
5. Pravila klassifikatsii, postroyki i oborudovaniya plavuchikh burovykh ustanovok i morskikh statsionarnykh platform. – SPb.: Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva, 2018. – 460 s.
6. ISO 19906 – Petroleum and natural gas industries. – Arctic offshore structure. International Organization for Standardization. 2019.
7. Karulin E., Karulina M., Toropov E., Yemelyanov D. Influence of Ice Parameters on Managed Ice Interaction with Multi-legged Structure. Proceedings of the 21st IAHR International Symposium on Ice, June 11-15, Dalian, China, 2012.
8. Jefferies M.G. and Wright W.H. Dynamic response of Molikpaq to ice-structure interaction. Proc. of 7th Conference OMAE, Houston, 1988, pp.201-220.
9. Lengkeek H.J., Besseling F. Combined translational and rotational sliding of gravity based structures loaded by ice. Proceedings of the 22nd International POAC Conference, June 9-13, Espoo, Finland, 2013.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Благовидова Ирина Львовна,
заместитель начальника отдела
АО «ЦКБ «Коралл», 299045, г. Севастополь,

Irina L. Blagovidova, Deputy Manager of
General Engineering No. 11, «Corall» JSC
Central Design Bureau, 1, Repina st.,

ул. Репина, 1,

доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: blagovidova@yandex.ru

Иванова Ольга Александровна, канд. техн. наук, инженер-конструктор 1-й категории АО «ЦКБ «Коралл», 299045, г. Севастополь, ул. Репина, 1, доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: o.a.ivanova.kmt@mail.ru

Бабак Александра Сергеевна, инженер-конструктор 2-й категории АО «ЦКБ «Коралл», 299045, г. Севастополь, ул. Репина, 1, e-mail: babak.corall@gmail.com

Родкина Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инновационное судостроение и технологии освоения шельфа» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: a.v.rodkina@mail.ru

Sevastopol; 299045,

Assistant Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053

Olga A. Ivanova, Ph.D. in Engineering Science, Design Engineer of 1st Category of General Engineering and Naval Architecture Department 11, General Engineering Office 111 «Corall» JSC Central Design Bureau, 1, Repina st., Sevastopol; 299045, Assistant Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053

Aleksandra S. Babak, Design Engineer of 2nd Category of General Engineering and Naval Architecture Department 11, General Engineering Office 111 «Corall» JSC Central Design Bureau, 1, Repina st., Sevastopol; 299045

Anna V. Rodkina Ph.D. in Engineering Science, Assistant Professor of the Department of Innovative shipbuilding and shelf development technologies Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053

Статья поступила в редакцию 08.10.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 08.10.2022; published online 20.03.2023.

УДК 629.12.002

DOI: 10.37890/jwt.vi74.343

Обоснование применения на судостроительных верфях многофункциональных сборочно-сварочных манипуляторов

А.Е. Бурмистрова¹

О.А. Щеголева²

Е.Г. Бурмистров¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0385-0847>

Т.А. Михеева¹

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

²*Самарский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, г. Самара, Россия*

Аннотация. В данной статье обосновывается возможность повышения уровня механизации сборочно-сварочного производства верфей путём внедрения многофункциональных комплексно-механизированных сборочно-сварочных манипуляторов. Обосновывается идея, что такой манипулятор, изначально имея относительно небольшой функционал, но запроектированную возможность постепенного увеличения и усложнения функций, может способствовать повышению уровня механизации производства, вплоть до его полной роботизации. Делается вывод о том, что создание такого оборудования уже на данном этапе повысит гибкость сборочно-сварочного производства за счёт перенастраиваемости (как у робота) и, главное, приспособленности к непрерывной поэтапной модернизации, которая в конечном счёте приведёт к созданию полноценного промышленного робота для выполнения специфических сборочно-сварочных работ.

Ключевые слова: сборочно-сварочное производство верфей, поточные линии, гибкое оборудование, многофункциональный сборочно-сварочный манипулятор, исполнительные механизмы.

Justification of the use of multifunctional assembly and welding manipulators at shipyards

Anastasia E. Burmistrova¹

Olga A. Shchegoleva²

Evgeny G. Burmistrov¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0385-0847>

Tatiana A. Mikheeva¹

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Samara branch of the Volga State University of Water Transport, Samara, Russia*

Abstract. This article substantiates the possibility of increasing mechanization level of assembly and welding production of shipyards by introducing multifunctional complex mechanized assembly and welding manipulators. The idea is substantiated that such a manipulator, initially having relatively small functionality, but the projected possibility of a gradual increase and complication of functions, can contribute to an increase in the level of mechanization of production up to its complete robotization. It is concluded that the creation of such equipment already at this stage will increase the flexibility of assembly and welding

production, due to readjustability (like a robot) and, most importantly, adaptability to continuous phased modernization, which in the final stage will lead to the creation of a full-fledged industrial robot to perform specific assembly and welding work..

Keywords: assembly and welding production of shipyards, production lines, flexible equipment, multifunctional assembly and welding manipulator, actuators.

Введение

Одной из особенностей сборки корпусов судов является предварительное изготовление узлов и секций. В зависимости от типа судна трудоёмкость этих работ может составлять 40...50% от общей трудоёмкости корпусных работ. Традиционным и наиболее распространённым методом изготовления секций является их сборка на стендах (или постелях) с применением ручного инструмента. В последние 10...15 лет на ряде отечественных верфей (ПАО «Завод «Красное Сормово», ОАО «Невский ССЗ», АО «Зеленодольский завод им. А.М. Горького» и др.) происходило активное внедрение зарубежных комплексно механизированных поточных линий для изготовления секций. Для таких линий сконструированы и изготовлены высокопроизводительные специализированные агрегаты, которые, однако, предназначенные для выполнения только какой-либо одной операции. Например, листоукладчик предназначен для укладки листов, сварочный комплекс – для сварки набора и стыков полотнищ и т.д.

Внедрение таких линий целесообразно при условии их полной загрузки. Однако опыт создания и внедрения в производство комплексно-механизированных линий и участков показывает, что они становятся экономически эффективными лишь при загрузке не менее чем на 70% и при двухсменном режиме работы. Кроме того, как оказалось, полностью использовать потенциальные возможности применённых в них высокопроизводительных и весьма дорогостоящих агрегатов практически невозможно. Во многом это связано с чрезвычайно большим разнообразием собираемых конструкций. Как следствие, при переходе на строительство судов других проектов и, соответственно, на другую номенклатуру изготавливаемых секций, имеют место значительные потери времени. Причём, они тем больше, чем производительнее и дороже применяемые сборочные и сварочные агрегаты, чем больше их габаритные размеры и необходимые для их размещения площади.

В связи с этим *целью* данного *исследования* является обоснование возможности повышения уже в краткосрочной перспективе технического уровня и гибкости сборочно-сварочного производства отечественных судостроительных верфей путём применения на них многофункциональных комплексно механизированных сборочно-сварочных манипуляторов взамен малоэффективных (по причине неполной загрузки) и дорогостоящих механизированных поточных линий зарубежного производства.

Обоснование идеи

Из аналитического обзора, подробно представленного авторами в работе [1] ясно, что существующие специализированные средства технологического оснащения не могут удовлетворить потребности сборочно-сварочного производства отечественных судостроительных предприятий. Существующее оборудование поточных линий не обладает достаточной гибкостью, поэтому имеет низкий коэффициент загрузки и не может быть эффективно использовано в условиях небольших программ судостроения, широкой номенклатуры разнотипных конструкций и имеющей место изменчивости технологий, характерных для современного судостроения.

В то же время внедрение роботов в сборочно-сварочное производство в ближайшее 5-7 лет весьма проблематично, учитывая их техническую сложность, высокую стоимость, санкционные ограничения на приобретение зарубежных роботов,

отсутствие отечественных аналогов и необходимой элементной базы. При этом сборочно-сварочное производство верфей нуждается в дешёвых, простых, многофункциональных устройствах. То есть необходимо создание особого типа систем машин, приспособленных для многономенклатурного производства с небольшой программой выпуска изделий. Это может быть гибкое оборудование, построенное по модульному принципу. Конкретно это может быть, например, сборочно-сварочный манипулятор, который первоначально будет обладать небольшими функциональными возможностями (промежуточными между существующими агрегатами и будущими работами), но с запланированной возможностью постепенного усложнения функций и последовательного увеличения уровня автоматизации: первого поколения, второго поколения, третьего поколения и т.д. То есть, с заложенным высоким модернизационным потенциалом [2-4]. Для этого узлы и агрегаты манипулятора должны быть построены по модульному принципу и обладать преемственностью и взаимозаменяемостью. Это позволит: на первом этапе механизировать все ручные работы и ликвидировать в основном ручной труд; на втором – автоматизировать часть операций, но все работы выполнять с участием высококвалифицированного оператора; на третьем – все работы должны выполняться в автоматическом режиме по гибкой управляющей программе.

Таким образом, предлагается идея создания некоторого промежуточного оборудования – многофункционального сборочно-сварочного манипулятора (МФССМ), которое было бы перенастраиваемым (как робот), но в то же время дешёвым и, главное, приспособленным к непрерывной поэтапной модернизации, которая в конечном этапе приведёт к созданию робота, способного выполнять специфические сборочно-сварочные работы, как указано в патенте №114285 RU Робототехническое устройство для сварки.. Манипулятор (МФССМ) может представлять собой порталную или козловую конструкцию (по типу робота, описанного в А. с. SU880864A1), которая может перемещаться вдоль рабочего места (стенда).

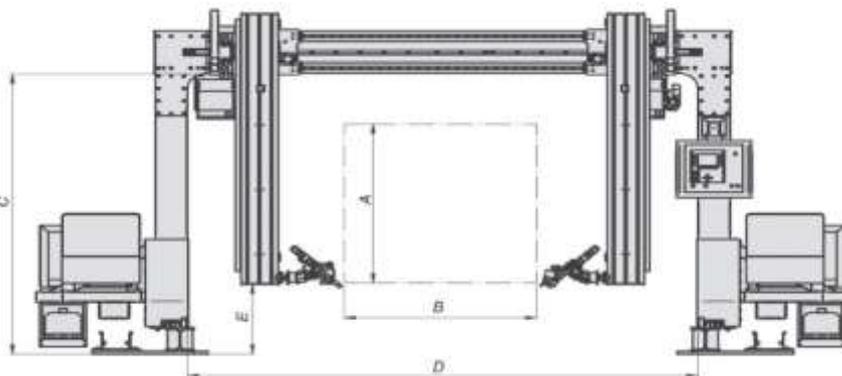


Рис. 1. Компоновка промышленного робота порталного типа

По несущей балке (поперек стенда) можно перемещать тележку особой конструкции. На тележке может быть закреплена колонна-гидроцилиндр (как показано на рис. 2), которая может перемещаться вверх-вниз и поворачиваться вокруг своей вертикальной оси на 180°. Нижняя часть колонны должна иметь специальную конструкцию (замок), позволяющую подсоединять разнообразный инструмент и оборудование (разметочное, сборочное, сварочное, газорезательное и т.д.) – исполнительные механизмы (ИМ). Путём последовательной (в перспективе – автоматической) замены ИМ на колонне, можно производить все основные технологические операции.

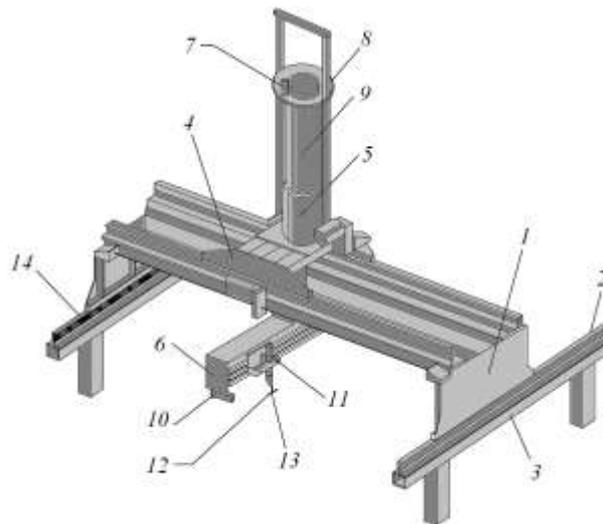


Рис. 2.
3D-модель промышленного робота для сборки мелких узлов и фундаментов:
1 – портал; 2 – направляющие рельсы; 3 – эстакада; 4 – каретка; 5 – гидроцилиндр; 6 – траверса; 7 – электродвигатель; 8 – площадка для обслуживания; 9 – шток гидроцилиндра; 10 – схват; 11 – сварочный робот; 12 – горелка сварочная; 13 – датчики адаптации; 14 – рейка

ИМ должны располагаться на специальных закоординированных местах вне рабочего стенда. Наиболее часто употребляемые ИМ [4] могут эпизодически располагаться на портале и перемещаться вместе с манипулятором.

Такой многофункциональный комплексно-механизированный сборочно-сварочный манипулятор с комплектом исполнительных механизмов может быть скомплектован в виде отдельного средства технологического оснащения для работы на одном рабочем месте (см. рис. 3); в виде сборочно-сварочного центра; группы средств технологического оснащения для двух и более рабочих мест, а так же в виде механизированного участка или поточной линии.

Управление МФССМ может выполняться одним оператором с пульта управления, расположенного непосредственно на портале или с выносного пульта управления. Таким же образом возможна организация блочного управления двумя или тремя МФССМ.

Предпочтительной является полупортальная компоновка МФССМ. В «мёртвой зоне» при этом оказывается достаточно места для размещения источников питания сварочных дуг, пунктов подключения электроэнергии, воды, сжатого воздуха, площадок обслуживания и проч.

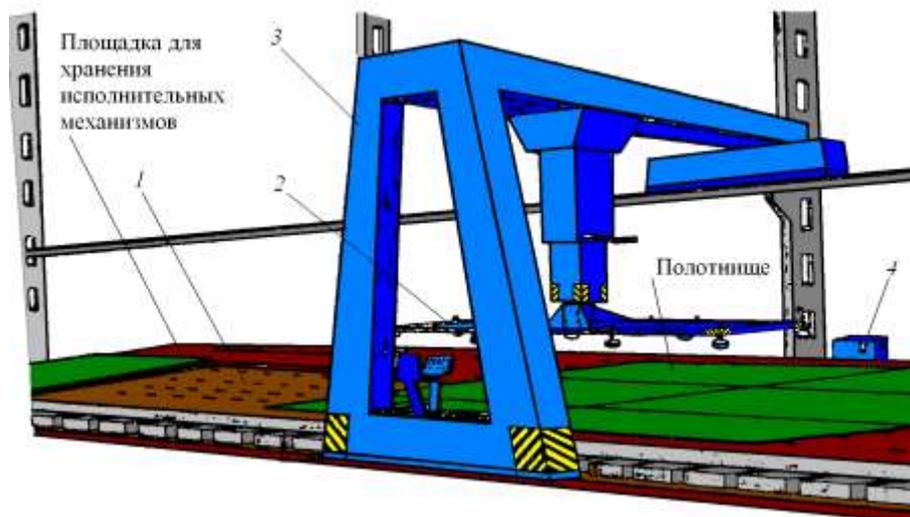


Рис. 3. Общий вид многофункционального сборочно-сварочного манипулятора для изготовления плоских секций:

- 1 – стенд (плита) сборочный; 2 – поворотная траверса с электромагнитными захватами; 3 – сборочно-сварочный манипулятор; 4 – многопостовой источник питания сварочного оборудования

Таким образом может быть решена проблема создания гибкого СТО, приспособленного для выполнения практически всех операций при изготовлении корпусных конструкций (узлов, секций) для различных технологических процессов и производственных ситуаций [5, 6]. Для этого потребуется решить ряд задач. В частности, необходимо:

- 1) разработать рабочие гипотезы функционирования МФССМ, выполнить анализ и выявить приемлемые конструктивные схемы;
- 2) проанализировать технологические процессы изготовления корпусных конструкций с точки зрения их выполнения МФССМ;
- 3) проанализировать технологические операции, выполняемые на МФССМ;
- 4) разработать и проанализировать возможные конструктивные схемы МФССМ и его исполнительных механизмов;
- 5) выбрать и обосновать параметры МФССМ;
- 6) выполнить предварительные технико-экономические исследования эффективности внедрения МФССМ.

Сопоставление ожидаемых показателей МФССМ с показателями существующих прототипов

В сравнении с существующим оборудованием применения МФССМ обеспечит следующие преимущества:

- 1) по функциональным возможностям. Предполагается, что в перспективном МФССМ будут воплощены лучшие технические решения, имеющиеся в настоящее время в специальном оборудовании. То есть, МФССМ может выполнять: раскладку листов (как листоукладчик), ориентацию листов (как транспортно-ориентирующее устройство), контуровку листов (как газорезательные автоматы), поджатие листов (как прижимные балки) и т.д. Таким образом, расширение функциональных возможностей МФССМ

- позволяет отказаться от изготовления специальных агрегатов, выполняющих только 1...2 операции;
- 2) по загрузке оборудования. Загрузка МФССМ будет практически близка к единице, что не достигается на современном специальном оборудовании в составе поточных линий вследствие разнотипности изготавливаемых конструкций;
 - 3) по гибкости переналадки при изменении типа выпускаемых изделий. В отличие от специального оборудования МФССМ легко переналаживается на любой вид сборочно-сварочных работ, на любую технологию. В том числе его можно использовать для изготовления узлов (типа тавровых, кривых и т.п.);
 - 4) по возможности использования. МФССМ может использоваться при изготовлении конструкций на индивидуальных рабочих местах (в том числе и для изготовления локальных секций) и в составе механизированных линий. При последующих модернизациях может быть применён в составе робото-технических комплексов (РТК). Достигается и большая возможность использования ИМ, так как они могут перебрасываться с участка на участок или из цеха в цех, или даже на другие предприятия;
 - 5) ликвидируется ручной труд. Если при сборке средней секции традиционным методом необходимо 2...3 человека, то при применении МФССМ в перспективе необходим всего один оператор, а в последующем работы будут выполняться без участия человека;
 - 6) применение МФССМ будет способствовать привитию обслуживающему персоналу определённых навыков работы со сложной техникой, психологически подготовит его к переходу на применение ещё более сложных промышленных роботов;
 - 7) разрабатываемый МФССМ должен иметь следующие преимущества перед известными средствами технологического оснащения (СТО):
 - обладать возможностью выполнять максимальное количество сборочно-сварочных операций;
 - обладать универсальностью применения: в составе механизированных линий, участков, индивидуальных станков;
 - иметь максимальное количество унифицированных узлов и деталей;
 - обладать взаимозаменяемостью составных частей в пределах: линии, участка цеха, предприятия;
 - иметь возможность переналадки в зависимости от: состава и объёма производственной программы, от изменения технологического процесса, от изменений в проекте судна и т.п.;
 - иметь значительно больший коэффициент загрузки и большую производительность.

Таким образом, МФССМ возможно охарактеризовать как комплекс, связывающий человека и объект производства при минимальных энергозатратах человека [7, 8]. Такой комплекс будет весьма гибким с точки зрения выполнения работ, изменения функций и перспективных плановых модернизаций [9, 10]. То есть, его можно охарактеризовать как гибкую производственную систему [8], учитывающую непрерывно изменяющуюся внешнюю и внутреннюю производственную ситуацию.

Отметим также сложности, которые неизбежно [11-13] возникнут при применении МФССМ:

- 1) повышается сложность оборудования. МФССМ является более сложным оборудованием (особенно на 2-ом и 3-ем этапах модернизации) по сравнению с применявшимся до сих пор. Это

- оборудование требует привлечения более квалифицированного обслуживающего персонала как для наладки и технического обслуживания, так и для грамотной эксплуатации;
- 2) повышаются требования к надёжности самого оборудования;
 - 3) увеличивается риск невыполнения плановых заданий в случае непредвидимых поломок МФССМ или аварийных ситуаций с выходом из строя исполнительных механизмов;
 - 4) повышаются требования к организации производства: детали (узлы) должны быть поданы в заданной последовательности, чётко замаркированы, строго ориентированы и т.д. Точно так же чётко должно быть заkoordinировано местоположение исполнительных механизмов;
 - 5) повышаются требования к качеству работ, повышению организации и культуры производства. В том числе, необходим будет переход на изготовление деталей в «чистый размер» (без припусков).

Заключение

В статье обоснована замена роботов в сборочно-сварочном производстве при производстве узлов и секций некоторым промежуточным оборудованием – многофункциональным сборочно-сварочным манипулятором. Такой манипулятор, изначально имея относительно небольшой функционал, но запроектированную возможность постепенного увеличения и усложнения функций, может способствовать повышению уровня механизации производства, вплоть до его полной роботизации. Создание такого оборудования повысит гибкость сборочно-сварочного производства за счёт переналаживаемости (как у робота) и, главное, приспособленности к непрерывной поэтапной модернизации, которая в конечном этапе приведёт к созданию полноценного промышленного робота для выполнения специфических сборочно-сварочных работ. В развитие этих тезисов в дальнейшем необходимо:

- 1) проанализировать технологические операции, выполняемые на многофункциональном сборочно-сварочном манипуляторе;
- 2) выбрать и обосновать параметры многофункционального сборочно-сварочного манипулятора;
- 3) выполнить экспериментальные исследования модели многофункционального сборочно-сварочного манипулятора, которое было бы переналаживаемым как робот;
- 4) разработать и проанализировать возможные конструктивные схемы МФССМ и его исполнительных механизмов;
- 5) выполнить предварительные технико-экономические исследования эффективности внедрения МФССМ.

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.
2. Полякова М.Ю. Гибкие производственные системы как основа комплексной автоматизации технологических процессов / В Сборнике: Наука. Технологии.

- Общество. Экономика. Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции. Ставрополь, 2022. С. 290-293.
3. Белов А.Ю., Синецын Д.А. Повышение эффективности производства за счёт использования систем промышленной автоматизации / В Сборнике: Техника и технологии, политика и экономика: проблемы и перспективы. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 19-23.
 4. Титова О.В. Эффективное развитие гибких производственных систем на высокотехнологичных промышленных предприятиях / О.В. Титова // Финансовый бизнес. 2021. 36 (216). С. 268-271. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
 5. Голов Р.С., Мыльник В.В. Формирование гибких производственных систем на базе цифровых технологий на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности // СТИН. 2022. №2. С. 34-36.
 6. Дуюн И.А., Чуев К.В. Оценка эффективности работы гибких производственных систем и роботизированных комплексов с использованием имитационного моделирования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. №4. С. 91-100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-91-100.
 7. Резник А.М., Полякова А.В. Технология сварки с использованием роботов. Преимущества и недостатки. Перспективы развития / В Сборнике Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 215-219.
 8. Арсентьева Т.М., Бурмистров Е.Г. Проблемы внедрения гибких производственных систем в мелкосерийном и единичном производстве / В Сборнике: Великие реки-2020. Труды XXII Международного научно-промышленного форума. 2020. С. 20-23.
 9. Факторы эффективности внедрения сварочных роботов в индустрии 4.0 / М.А. Шолохов, И.В. Ершова, Д.С. Бузорина, С.С. Полосков. // Сварка и диагностика. 2020. №5. С. 41-44.
 10. Белозеров Д.А. Проблемы рынка робототехники в России и перспективы коммерциализации разработок / В Сборнике: Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО. Материалы XLIX-й научной и учебно-методической конференции. 2020. С. 47-51.
 11. Dong Yu., Bruchko A. Compeniniveness of production as a determining factor of effective management of the enterprise in market conditions. Agribusiness Economics and Management. 2019. Т. 2. №15. P. 67-75.
 12. Булавко О.А., Туктарова Л.Р. Развитие гибких производственных систем в условиях нового технологического уклада // Бизнес. Образование. Право. 2021. №2 (55). С. 39-43. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
 13. 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.

References

1. Burmistrova A.E., Shchegoleva O.A. Problems of introducing flexible production systems in single and small-scale production and prospects for replacing mechanized production lines with multifunctional assembly and welding manipulators / Materials of MNPC 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 GUMRF named after Admiral S.O. Makarov, 2022. pp. 109-119.
2. Polyakova M.Yu. Flexible production systems as the basis of complex automation of technological processes / In the Collection: Science. Technologies. Society. Economy. I am a collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. Stavropol, 2022. pp. 290-293.
3. Belov A.Yu., Sinitsyn D.A. Improving production efficiency through the use of industrial automation systems / In the Collection: Engineering and technology, politics and economics:

- problems and prospects. Vi Materials of the scientific and practical International Conference. Moscow, 2020. pp. 19-23.
4. Titova O.V. Effective development of flexible production systems at high-tech industrial enterprises / O.V. Titova // Financial business. 2021. 36 (216). pp. 268-271. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
 5. Golov R.S., Mylnik V.V. Formation of flexible production systems based on digital technologies at enterprises of high-tech industries // STIN. 2022. No. 2. pp. 34-36.
 6. Duyn I.A., Chuev K.V. Evaluation of the efficiency of flexible production systems and robotic complexes using simulation modeling // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2021. No.4. pp. 91-100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-91-100.
 7. Reznik A.M., Polyakova A.V. Welding technology using robots. Advantages and disadvantages. Prospects of development / In the Collection of the management system of the full life cycle of high-tech products in mechanical engineering: new sources of growth. In the Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Moscow, 2022. pp. 215-219.
 8. Arsentieva T.M., Burmistrov E.G. Problems of introduction of flexible production systems in small-scale and single production / In the Collection: Great Rivers-2020. Proceedings of the XXII International Scientific and Industrial Forum. 2020. pp. 20-23.
 9. Factors of the effectiveness of the introduction of welding robots in industry 4.0 / M.A. Sholokhov, I.V. Ershova, D.S. Buzorina, S.S. Poloskov. // Welding and diagnostics. 2020. No.5. pp. 41-44.
 10. Belozerov D.A. Problems of the robotics market in Russia and prospects for commercialization of developments / In the Collection: Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University. Materials of the XLIX-th scientific and educational-methodical conference. 2020. pp. 47-51.
 11. Dong Yu., Bruchko A. Competitiveness of production as a determining factor of effective enterprise management in market conditions. Economics and management of agribusiness. 2019. Vol. 2. No.15. pp. 67-75.
 12. Bulavko O.A., Tuktarova L.R. Development of flexible production systems in the conditions of a new technological way // Business. Education. Right. 2021. No.2 (55). pp. 39-43. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
 13. Implementation of information support for the life cycle of shipbuilding products as a stage of building "lean production" / E.G. Lebedeva, Yu.Yu. Shvaneva, A.A. Volotskaya, A.A. Sompoltseva // Scientific problems of water transport. Issue 63. – N. Novgorod: Publishing House of the VSUVT, 2020. – pp. 68-76. DOI: 10.37890/jwt.vi63.78.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бурмистрова Анастасия Евгеньевна, магистрант, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: sovvesna@yandex.ru

Anastasia E. Burmistrova, Master's student, Volga State University of Water Transport (VSUVT), 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-mail: sovves-na@yandex.ru

Щеголева Ольга Анатольевна, аспирант Самарский филиал Волжского государственного университета водного транспорта (СФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 443036, Российская Федерация, Самара, ул. Неверова, 87, 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, 87 Neverova str., e-mail: shh151@mail.ru

Бурмистров Евгений Геннадьевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры проектирования и технологии постройки судов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:

Evgeny G. Burmistrov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction, Volga State University of Water Transport (VSUVT), 5 Nesterova str., Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

burmistrov_e_g@mail.ru

Михеева Татьяна Александровна, к.т.н.,
доцент, доцент кафедры проектирования и
технологии постройки судов, Волжский
государственный университет водного
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951,
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-
mail: MiheevaTA@yandex.ru

Tatiana A. Mikheeva, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor, Associate
Professor of the Department of Design and
Technology of Ship Construction, Volga State
University of Water Transport (VSUVT),
603951, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-
mail: MiheevaTA@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 11.01.2023; published online 20.03.2023.

УДК 629.5.018.7

DOI: 10.37890/jwt.vi74.344

Изменение периодичности проведения опыта кренования для малых рыболовных судов в процессе их эксплуатации

Б.С. Гуральник¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8643-6571>

И.В. Якута¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9441-0443>

¹*Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, г. Калининград, Россия*

Аннотация. Потеря судном остойчивости относится к категории самых опасных катастроф; в мире ежегодно от опрокидывания погибает несколько судов, а в отдельные годы их число измеряется десятками. Поэтому на судах должно осуществляться ведение постоянного контроля за основными параметрами остойчивости. В процессе эксплуатации происходит увеличение водоизмещения и аппликаты центра тяжести порожних судов. Этот рост происходит вследствие ремонта, модернизации, приведения судна в соответствие с новыми требованиями Конвенций ИМО, улучшения условий труда и быта. Анализ протоколов опытов кренований судов МРТК типа «Балтика», показал, что их водоизмещение выросло на 0,5–14,8 тонн, увеличение аппликаты центра тяжести составило около 5,47 сантиметров, а максимальное приращение достигло 15 сантиметров. Такие изменения характеристик судна порожнем могут привести к нарушению остойчивости судов в эксплуатационных случаях нагрузки. В статье выполнены расчеты изменения водоизмещения и аппликаты центра тяжести порожних судов для МРТК типа «Балтика» и СРТМ (пр. 333) типа «Оболонь» при наихудшем с точки зрения остойчивости варианте нагрузки. Анализ построенных графиков изменения диаграммы статической остойчивости (ДСО) для МРТК типа «Балтика» показал, что за 10 лет эксплуатации максимальное плечо ДСО уменьшилось на 0,05 м, а изменение аппликаты центра тяжести судна порожнем составило 0,1 м. У СРТМ типа «Оболонь», имеющего большее водоизмещение, максимальное плечо ДСО уменьшилось на 0,038 м, а изменение аппликаты центра тяжести судна порожнем составило 0,05 м. Все это говорит о том, что выполнять опыт кренования для малых рыболовных судов надо чаще, чем раз в 10 лет.

Ключевые слова: потеря остойчивости, водоизмещение судна порожнем, аппликата центра тяжести, контроль остойчивости, рыболовное судно.

Changing the frequency of heeling test for small fishing vessels during their operation

Boris S. Guralnik¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8643-6571>

Irina V. Yakuta¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9441-0443>

¹*Baltic Fishing Fleet State Academy, Kaliningrad, Russia*

Abstract. Loss of stability of the vessel belongs to the category of one of the most dangerous disasters. In the world several ships are lost each year from capsizing, and in some years the number is measured in tens. Therefore, the ships should carry out continuous monitoring of the main parameters of stability. The displacement and the vertical center of gravity of empty vessel increase during operation. This increase is due to repairs, modernization, bringing the vessel into compliance with the new requirements of the IMO Conventions, and

improvements in working and living conditions. Heeling test analysis from Baltika type vessels showed their displacement increase by 0,5-14,8 tones and vertical center of gravity increase by 5,47 centimeters, the maximum increase was 15 centimeters. Such changes in the characteristics of an empty vessel may result in vessel stability loss in operational load cases. The article contains the calculations concerning the changes of the displacement and vertical center of gravity of the empty Baltika type vessel and Obolon type vessel (333 design) under the worst, in terms of stability, load conditions. Analysis of the graphs concerning the changes of static stability curve for Baltika type vessel showed, that during 10 years of operation, maximum static stability lever decreased by 0,05 m, and the change of the gravity vertical center of the empty vessel was 0,1 m. For Obolon type vessel having large displacement the maximum static stability lever decreased by 0,038 m and the change of the gravity vertical center of the empty vessel was 0,05 m. All this suggests the idea that heeling test for small fishing vessels should be carried out more frequently than every 10 years.

Keywords: loss of stability, displacement of the empty vessel, vertical center of gravity, stability control, fishing vessel.

Введение

Анализ аварийной статистики за многие годы показывает, что аварии от потери судном остойчивости происходят по разным причинам и протекают различным образом. Они могут происходить вследствие частичной или полной потери остойчивости. Причиной этого может быть неправильное составление грузового плана, т.е. ошибочное распределение грузов, которое приводит к чрезмерно высокому положению центра тяжести судна, результатом чего является слишком малая метацентрическая высота или низкая и короткая диаграмма статической остойчивости [1]. Кроме того, в процессе эксплуатации происходит увеличение водоизмещения и аппликаты центра тяжести порожних судов. Этот рост происходит вследствие ремонта, модернизации, приведения судна в соответствие с новыми требованиями Конвенций ИМО, улучшения условий труда и быта.

Статистика показывает, что 46% аварий от потери остойчивости произошли с малыми судами длиной от 40 до 60 м. Хотя в истории судоходства есть печальные случаи гибели от потери остойчивости и крупных судов. Одна из последних крупных аварий произошла с большим автономным морозильным траулером «Дальний Восток», который затонул в ночь на 2 апреля 2015 года в Охотском море. Траулер ушел под воду менее чем за 15 минут, не успев подать сигнал SOS. Крушение унесло жизни 69 человек. Основной причиной катастрофы называется нарушение правил вылова рыбы, которое привело к потере остойчивости судна. 27 января 2013 года по похожему сценарию в Японском море потерпело кораблекрушение краболовное судно «Шанс-101», а 26 мая 2012 года в Беринговом море пошёл на дно большой морозильный рыболовецкий траулер «Капитан Болсуновский».

Примерно 50% аварий от потери остойчивости происходит внезапно, 31% – в результате медленного накренения, 19% – от затопления с креном. Полностью спасти экипаж удается только в 29% случаев гибели судов от опрокидывания, в 23% случаев экипаж погибает полностью [1].

На протяжении многих лет ведутся теоретические и экспериментальные исследования проблем остойчивости судна. В этом направлении больших результатов добились отечественные ученые Луговский В.В., Власов В.В., Благовещенский С.Н., Бородай И.К., Севастьянов Н.Б., Нечаев Ю.И., Некрасов В.А. и многие другие. Проблема обеспечения остойчивости на судах по сей день остается актуальной.

Оценка остойчивости рыболовных судов чаще всего сводится к сравнению аппликаты центра тяжести судна с её критическим значением. На некоторых типах судов контроль остойчивости в эксплуатационных случаях нагрузки выполняется путём сравнения рассчитанного значения поперечной метацентрической высоты с её предельно-допустимым значением.

Ошибки при вычислении аппликаты центра тяжести могут явиться причиной аварии судна, поэтому их анализ имеет большое значение для обеспечения безопасности мореплавания. Необходима оценка как систематических ошибок, вызванных изменениями водоизмещения и аппликаты центра тяжести судов порожнем в процессе их эксплуатации, так и случайных ошибок, вызванных погрешностями при определении масс и аппликат центров тяжести переменных грузов.

Материалы и методы

При расчетах параметров остойчивости для вычисления аппликаты центра тяжести судна используют формулу:

$$Z_G = \frac{M_0 Z_{G0} + \sum_{i=1}^n m_i z_i}{M} \tag{1}$$

где M_0 и Z_{G0} – водоизмещение и аппликата центра тяжести судна порожнем;

m_i и z_i – масса и аппликата центра тяжести i -го переменного груза;

n – число переменных грузов;

M – водоизмещение судна в рассматриваемом случае.

Необходимо отметить, что одна часть величин, входящих в формулу (1) изменяется со временем, т.е. дает систематические погрешности, а другая часть – содержит случайные погрешности при их определении. К изменяющимся со временем величинам относятся характеристики порожнего судна. Также не учитываются погрешности определения водоизмещения M_0 и аппликаты центра тяжести Z_{G0} судна порожнем при проведении опыта кренования.

Для рыболовных судов впервые на данное обстоятельство обратили внимание инженер Деймар М.Ю. и профессор Воеводин Н.Ф., обобщившие опыт эксплуатации судов типа СРТ в Дальневосточном бассейне [2], а за рубежом – Moggal A., Mac Naughton A.R. [3]. Применительно к судам флота рыбной промышленности данное обстоятельство позднее исследовалось в работе [4].

Собранные в [4] статистические данные и их последующая обработка показали, что водоизмещения и аппликаты центров тяжести порожних рыболовных судов за время службы изменяются, как правило, в сторону увеличения (таб. 1). Из таблицы видно, что такая тенденция наблюдается почти на всех типах судов флота рыбной промышленности.

Таблица 1

Увеличение водоизмещения и аппликаты центра масс судов порожнем с течением времени

Тип судна, длина и количество рассмотренных судов	Время службы судна, годы	Переменный параметр	
		Водоизмещение, т	Аппликата центра тяжести, м
БМРТ, $L=75$ м (8 судов)	11-12	50	0,10
БМРТ, $L=91,2$ м (6 судов)	11-12	153	0,31
РМС, $L=65,7$ м	6-8	32,2	0,31
РТМ, $L=73$ м (25 судов)	-	60	0,11
СРТМК, $L=50,4$ м, (23 судна)	-	7,3	0,04
ПБ, $L=220$ м (типа «Сухона»)	20	690	0,66
ПБ, $L=174,31$ м (типа «Спасск»)	29	1066	0,49
ПБ, $L=164,5$ м, проект В-64 (3 судна)	-	226-686	0,08-0,28
ТР, $L=122,9$ м, типа «Таврия»	5-19	141	0,10

Водоизмещение и возвышение центра тяжести судна порожнем крупнотоннажных и средних добывающих рыболовных судов после 10–15 лет

эксплуатации увеличилось на 1,1–2,5%. За данный период максимальные значения изменения водоизмещения крупнотоннажных добывающих судов составили 150–200 т, а аппликаты центра тяжести – 21–37 см. На больших плавучих базах за 20 лет эксплуатации водоизмещение выросло на 226–1056 тонн, а возвышение центра тяжести от 8 до 66 см [4,5].

Увеличение водоизмещения и возвышения центра тяжести порожнем рыболовных судов также определяется многочисленными факторами «старения». Наблюдается физическое и моральное старение [4,6].

Причинами естественного физического старения являются:

- коррозия корпуса;
- истирание и повреждение элементов корпусных конструкций;
- намокание дерева и изоляции в составе корпуса;
- гниение дерева и изоляции;
- износы механизмов.

Причинами, связанными с восстановлением технического состояния являются увеличение количества слоев краски; замена дерева и изоляции; ремонт корпусных конструкций.

Моральное старение происходит по причине следующих мероприятий:

- установки дополнительного, нового или более производительного усовершенствованного оборудования;
- улучшения условий труда и быта;
- изменения задач и технических требований к судам.

Также рост характеристик порожнего судна происходит из-за накопления сверхнормативных запасов по механической, технологической части и т.д.

Учитывая изменения характеристик судов порожнем за время эксплуатации Российский морской регистр судоходства (РМРС) требует проведения на судах дополнительных опытов кренования [7].

Кренованию должны быть подвергнуты суда, на которых конструктивные изменения после ремонта, переоборудования или модернизации вызывают:

- изменение нагрузки более чем на 6 % водоизмещения судна порожнем;
- изменение водоизмещения судна порожнем более чем на 2% или 2 т в зависимости от того, что больше;
- изменение абсциссы центра тяжести судна порожнем более чем на 1,0% длины судна L .

Если в соответствии с результатами расчета кренование не требуется, должно быть проведено взвешивание. Если по результатам взвешивания будет обнаружено отклонение водоизмещения судна порожнем более чем на 2 % или отклонение абсциссы центра тяжести более чем на 1 % длины судна по сравнению с одобренной Информацией об остойчивости, то в этом случае судно должно быть подвергнуто кренованию [7,8].

В результате обработки экспериментальных материалов по кренованиям рыболовных судов различных типов в [4] были получены зависимости, описывающие в функции от времени t изменения водоизмещения и аппликаты центра масс судна в порожнем состоянии:

$$M(t) = \frac{M_{0t}}{M_0} = 1 + A_{1M} - A_{1M} \exp(A_{2M}t) \quad (2)$$

$$Z(t) = \frac{Z_{G0t}}{Z_{G0}} = 1 + A_{1Z} - A_{1Z} \exp(A_{2Z}t) \quad (3)$$

где M_{0t} и Z_{G0t} – водоизмещение и аппликата центра тяжести судна порожнем через t мес. эксплуатации;

$A_{1M}, A_{2M}, A_{1Z}, A_{2Z}, B_{1M}, B_{2M}, B_{1Z}, B_{2Z}$ – эмпирические коэффициенты.

Значения $A_{1M}, A_{2M}, A_{1Z}, A_{2Z}, B_{1M}, B_{2M}, B_{1Z}, B_{2Z}$ для некоторых типов судов флота рыбной промышленности приведены в [4].

В рыбопромышленных компаниях Западного бассейна сегодня используются крупнотоннажные суда РТМК-С типа «Моонзунд», БМРТ типа «Пулковский меридиан», несколько судов польской постройки, среднетоннажные суда СРТМ (пр. 333) типа «Оболонь» и малые рыболовные суда МРТК типа «Балтика».

Причины изменения характеристик порожнего судна, названные в [4] отмечаются и на данных судах. Например, на РТМК-С типа «Моонзунд» полностью переоборудована рыбная фабрика, установлены дополнительные морозильные аппараты «Фростеры», убрано консервное оборудование и переоборудован консервный трюм под хранение рыбопродукции, заменено устаревшее рыбопоисковое и навигационное оборудование и другие более мелкие работы.

На многих БМРТ типа «Пулковский меридиан» тоже установлены дополнительные морозильные аппараты «Фростеры» и дополнительные компрессоры для обеспечения их работы, и также заменено устаревшее рыбопоисковое и навигационное оборудование. Взвешивания судов этого типа в период 2013-2019 гг. показали, что их водоизмещение порожнем выросло на 55,1-76,8 т.

Взвешивание одного из СРТМ (пр. 333) показало, что его водоизмещение в порожнем состоянии за 29 лет эксплуатации практически не изменилось. Водоизмещение научного судна в корпусе пр. 333 за время службы увеличилось на 13,1 тонны.

Анализ протоколов опытов кренований 10 судов МРТК типа «Балтика», некоторые из которых за время эксплуатации креновались 2 и 3 раза, показал, что их водоизмещение выросло на 0,5 – 14,8 тонн, а увеличение аппликаты центра тяжести составило, в среднем по 15 кренованиям, около 5,47 сантиметров, а максимальное приращение оказалось до 15 сантиметров.

Представляется, что такие изменения характеристик судна порожнем могут привести к нарушению остойчивости судов в эксплуатационных случаях нагрузки.

Как отмечалось в [4], более чувствительны к изменениям характеристик судна порожнем среднетоннажные и малые рыболовные суда.

Оценим возможность использования полученных в [4] данных для прогнозирования изменения водоизмещения и аппликаты центра тяжести эксплуатируемых сегодня судов СРТМ (пр. 333) типа «Оболонь» и малых рыболовных судов МРТК типа «Балтика».

Результаты

Произведем оценку изменения водоизмещения и аппликаты центра тяжести судна порожнем в соответствии с вышеуказанными требованиями для малого рыболовного траулера с кормовой схемой траления типа «Балтика» [9,10].

Характеристики судна порожнем: $M_0=137,2$ т; $X_{G0}=-0,16$ м; $Z_{G0}=2,76$ м.

В табл. 2 приведены водоизмещения, координаты центра тяжести, метацентрические высоты, максимальные плечи статической остойчивости, критические аппликаты центра тяжести и критерии погоды МРТК «Балтика» при различных вариантах нагрузки.

Таблица 2

Характеристики МРТК «Балтика» при различных вариантах нагрузки

Случай нагрузки	M , т	X_G , м	Z_G , м	h , м	l_{max} , м	Z_{Gsp} , м	K
Судно порожнем	137,2	-0,16	2,76	0,55	-	-	-
Лов донным тралом							
1. Выход на промысел со 100% запасов, тарой и льдом в трюме	168,83	-0,75	2,65	0,63	0,338	2,78	3,21
2. Возвращение с промысла со 100% улова в трюме и на палубе, с 10% судовых запасов	157,71	-0,64	2,79	0,48	0,262	2,80	2,13
3. Возвращение с промысла со 20% улова в трюме, с 70% нормы льда и с 10% судовых запасов	153,31	-0,59	2,78	0,50	0,266	2,81	2,16
4. Судно на промысле, без улова в трюме, с открытым люком, с 2 т рыбы на палубе, с 25% запасов и полной нормой льда, с 1,8 т рыбы на портале	160,03	-0,79	2,84	0,44	0,230	2,79	1,97
5. Судно со 100% улова и 100% запасов по грузовую марку	174,0	-0,78	2,66	0,61	0,321	2,77	3,12
6. Возвращение с промысла со 100% улова в трюме и на палубе, с 10% судовых запасов в условиях обледенения	160,66	-0,64	2,82	0,45	0,240	2,78	1,87
Лов близнецовым тралом							
1. Судно со 100% судовых запасов, с порожним трюмом	157,35	-0,38	2,66	0,62	0,337	2,80	2,87
2. Судно со 50% судовых запасов, с порожним трюмом, с 2 т рыбы на палубе	150,95	-0,36	2,74	0,55	0,294	2,81	2,30
3. Судно с 10% судовых запасов, с полным уловом в трюме и 2 т рыбы на палубе	148,23	-0,38	2,81	0,49	0,260	2,82	1,92
4. Судно с 10% судовых запасов, с порожним трюмом и 2 т рыбы на палубе	144,23	-0,28	2,82	0,49	0,257	2,83	1,82
5. Судно на промысле, без улова в трюме, с открытым люком, с уловом 2 т и мокрым тралом на палубе, с 25% судовых запасов и грузом 1,8 т на портале	148,55	-0,39	2,86	0,43	0,227	2,82	1,75
6. Судно с 10% судовых запасов, с порожним трюмом и 2 т рыбы на палубе в условиях обледенения	147,18	-0,29	2,85	0,45	0,240	2,82	1,60

Анализ случаев нагрузки, приведенных в «Информации об остойчивости судна» [10] и табл. 2, показал, что наиболее неблагоприятным случаем нагрузки с точки зрения остойчивости является вариант загрузки «Судно на промысле без улова в трюме, с открытым люком, с уловом 2 т и мокрым тралом на палубе, с 25% судовых запасов и грузом 1,8 т на портале».

В рассмотренном варианте загрузки $M=148,55$ т; $X_G=-0,39$ м; $Z_G=2,86$ м; $h=0,43$ м; $l_{max}=0,227$ м, $K=1,75$.

Предположим, что водоизмещение судна порожнем изменилось за время эксплуатации на 2%, как указано в Правилах. Используя формулу (1), найдем новое значение аппликаты центра тяжести судна, $Z_G=2,863$ м. Аппликата центра тяжести судна изменилась на 0,003 м.

В [4] приведены графики изменения водоизмещения и аппликаты центра тяжести нескольких типов рыболовных судов, в том числе и для МРТГ «Балтика», в функции от срока службы. Приведённые графики позволяют определить приращения водоизмещения и аппликаты центра масс судна порожнем за период t (мес.) эксплуатации.

Воспользуемся этими графиками и произведем оценку изменения аппликаты центра тяжести судна порожнем для малого рыболовного траулера с кормовой схемой траления типа «Балтика» в указанном выше варианте нагрузки. Результаты расчетов представлены в табл.3.

Таблица 3

Изменение аппликаты центра тяжести судна порожнем МРТГ «Балтика» в зависимости от срока службы

Срок службы, мес.	20	40	60	80	100	120
Z_{G0} , м	2,810	2,835	2,846	2,854	2,857	2,86
δZ_{G0} , м	0,050	0,075	0,086	0,094	0,097	0,100

Согласно расчетам, изменение аппликаты центра тяжести судна порожнем в среднем составляет 0,01 м в год. Изменение плеч статической остойчивости в зависимости от срока эксплуатации судна показано на рис.1.

В рассматриваемом варианте нагрузки изначально максимальное плечо диаграммы статической остойчивости меньше, чем указано в нормах РМРС для данного типа судна. В «Информации» указано, что Регистр допускает судно к эксплуатации с таким значением максимального плеча диаграммы статической остойчивости. Анализ построенных графиков изменения диаграммы статической остойчивости показывает, что за 10 лет эксплуатации максимальное плечо диаграммы статической остойчивости уменьшилось на 5 см и это значение меньше нормируемого показателя на 7,3 см.

Что касается изменения аппликаты центра тяжести судна порожнем, то за 10 лет эксплуатации ее значение увеличится на 0,1 м, значит, аппликата центра тяжести превысит критическое значение на 0,14 м. Надо сказать, что уже за 30 месяцев эксплуатации аппликата центра тяжести достигла критического значения. Все это говорит о том, что выполнять опыт кренования для таких малых судов надо чаще, чем раз в 10 лет.

Нами приведен наихудший с точки зрения остойчивости вариант загрузки. Аналогичные расчеты были проведены еще для нескольких вариантов загрузки. В частности, в самом благоприятном варианте загрузки: выход на промысел со 100% запасов, тарой и льдом в трюме с $M=168,83$ т; $X_G=-0,75$ м; $Z_G=2,65$ м; $h=0,63$ м; $l_{max}=0,338$ м максимальное плечо диаграммы статической остойчивости уменьшилось на 7,7 см, но при этом оно осталось больше нормативного значения.

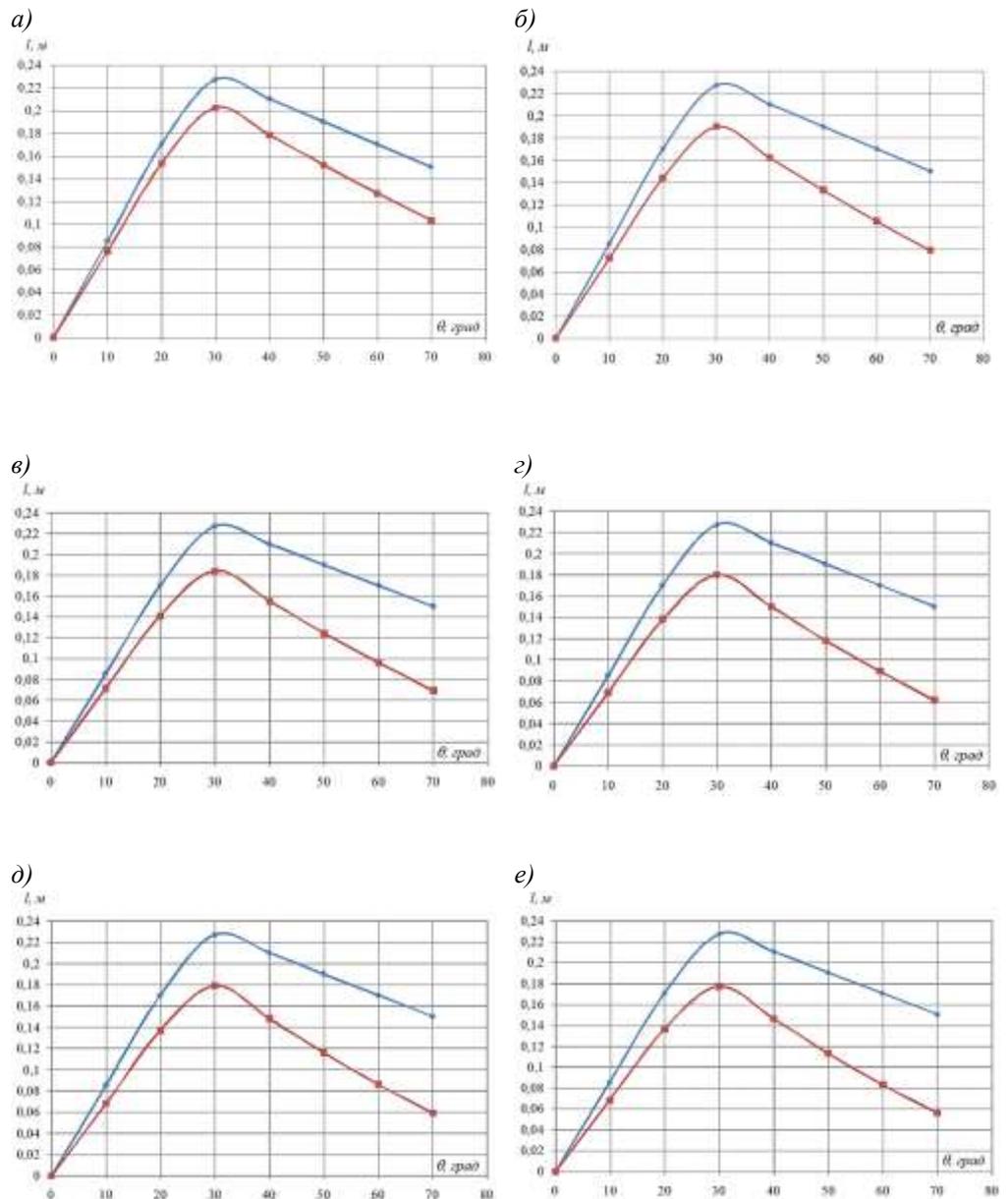


Рис. 1. Изменение диаграммы статической устойчивости МРТК «Балтика» в процессе эксплуатации

a – через 20 месяцев; *б* – через 40 месяцев; *в* – через 60 месяцев;
г – через 80 месяцев; *д* – через 100 месяцев; *е* – через 120 месяцев

◆ начальная ■ измененная

Исследования показывают, что использование предложенной в [4] методики расчета изменения аппликаты центра тяжести для МРТК «Балтика» в функции от срока службы в отличие от методики, изложенной в Правилах, дает разницу в вычислениях почти в 3 раза.

Согласно [7,8] при наихудшем в отношении устойчивости варианте нагрузки судно должно не опрокидываясь противостоять одновременному действию

динамически приложенного давления ветра и бортовой качки (критерий погоды). В табл.1 указан критерий погоды для всех вариантов нагрузки. Однако если в процессе эксплуатации происходит уменьшение плеч статической остойчивости, необходимо посмотреть, что будет с критерием погоды при изменении ДСО. С этой целью были проведены расчеты критерия погоды, для чего были рассчитаны амплитуда качки, плечо кренящего момента от давления ветра. Выполненные построения на ДСО показали, что при изменении диаграммы статической остойчивости в процессе эксплуатации критерий погоды уменьшился с 1,75 до 1,38.

Далее рассмотрим изменение аппликаты центра тяжести порожнего судна на примере СРТМ (пр. 333) типа «Оболонь» [11].

Анализ случаев нагрузки, приведенных в «Информации об остойчивости судна» [11] и табл.4, показал, что наиболее неблагоприятным случаем нагрузки с точки зрения остойчивости является вариант загрузки «10% запасов, 0% груза, обледенение». В данном варианте загрузки: $M=1935$ т; $X_G=24,80$ м; $Z_G=6,45$ м; $h=0,51$ м; $l_{max}=0,69$ м, $K=1,08$.

Таблица 4

Характеристики СРТМ (пр. 333) типа «Оболонь» при различных вариантах нагрузки

Случай нагрузки	M , т	X_G , м	Z_G , м	h , м	l_{max} , м	K
Судно порожнем	1736	25,5	6,65	0,72	-	-
1. 100% запасов, 0% груза	2219	25,50	6,65	0,65	0,80	1,58
2. 50% запасов, 100% груза	2333	25,34	6,27	0,60	0,80	1,64
3. 50% запасов, 0% груза	2382	24,60	6,31	0,56	0,78	1,78
4. 50% запасов, 50% груза	2235	24,32	6,32	0,57	0,77	1,47
5. 25% запасов, 94% груза	2273	25,77	6,37	0,58	0,75	1,56
6. 25% запасов, 50% груза	2143	25,29	6,34	0,57	0,78	1,38
7. 25% запасов, 20% груза	2087	24,97	6,34	0,6	0,79	1,32
8. 25% запасов, 0% груза	2045	24,35	6,44	0,50	0,69	2,18
9. 10% запасов, 100% груза	2185	26,21	6,41	0,50	0,74	1,35
10. 10% запасов, 94% груза	2248	25,68	6,35	0,54	0,72	1,46
11. 10% запасов, 75% груза	2191	25,57	6,37	0,54	0,71	1,37
12. 10% запасов, 50% груза, обледенение	2118	25,18	6,38	0,53	0,72	1,32
13. 10% запасов, 50% груза	2098	25,19	6,35	0,59	0,76	1,47
14. 10% запасов, 20% груза обледенение	2060	24,72	6,39	0,55	0,73	1,25
15. 10% запасов, 20% груза	2040	24,72	6,35	0,59	0,77	1,44
16. 10% запасов, 0% груза обледенение	1935	24,80	6,45	0,51	0,69	1,08

Предположим, что водоизмещение судна порожнем изменилось за время эксплуатации на 2%, как указано в Правилах. Используя формулу (1), найдем новое значение аппликаты центра тяжести судна, $Z_G=6,456$ м. Аппликата центра тяжести судна изменилась на 0,006 м, что является не существенным изменением.

Используя данные [4], произведем оценку изменения аппликаты центра тяжести судна порожнем в указанном выше варианте нагрузки для СРТМ (пр. 333) типа «Оболонь».

Результаты расчетов представлены в табл.5.

Таблица 5

Изменение аппликаты центра тяжести судна порожнем СРТМ типа «Оболонь» в зависимости от срока службы

Срок службы, мес.	20	40	60	80	100	120
Z_{G0} , м	6,660	6,676	6,682	6,689	6,695	6,700
δZ_{G0} , м	0,010	0,026	0,032	0,039	0,045	0,050

Согласно расчетам, изменение аппликаты центра тяжести судна порожнем в среднем составляет 0,005 м в год. Изменение плеч статической остойчивости в зависимости от срока эксплуатации судна показано на рис.2.

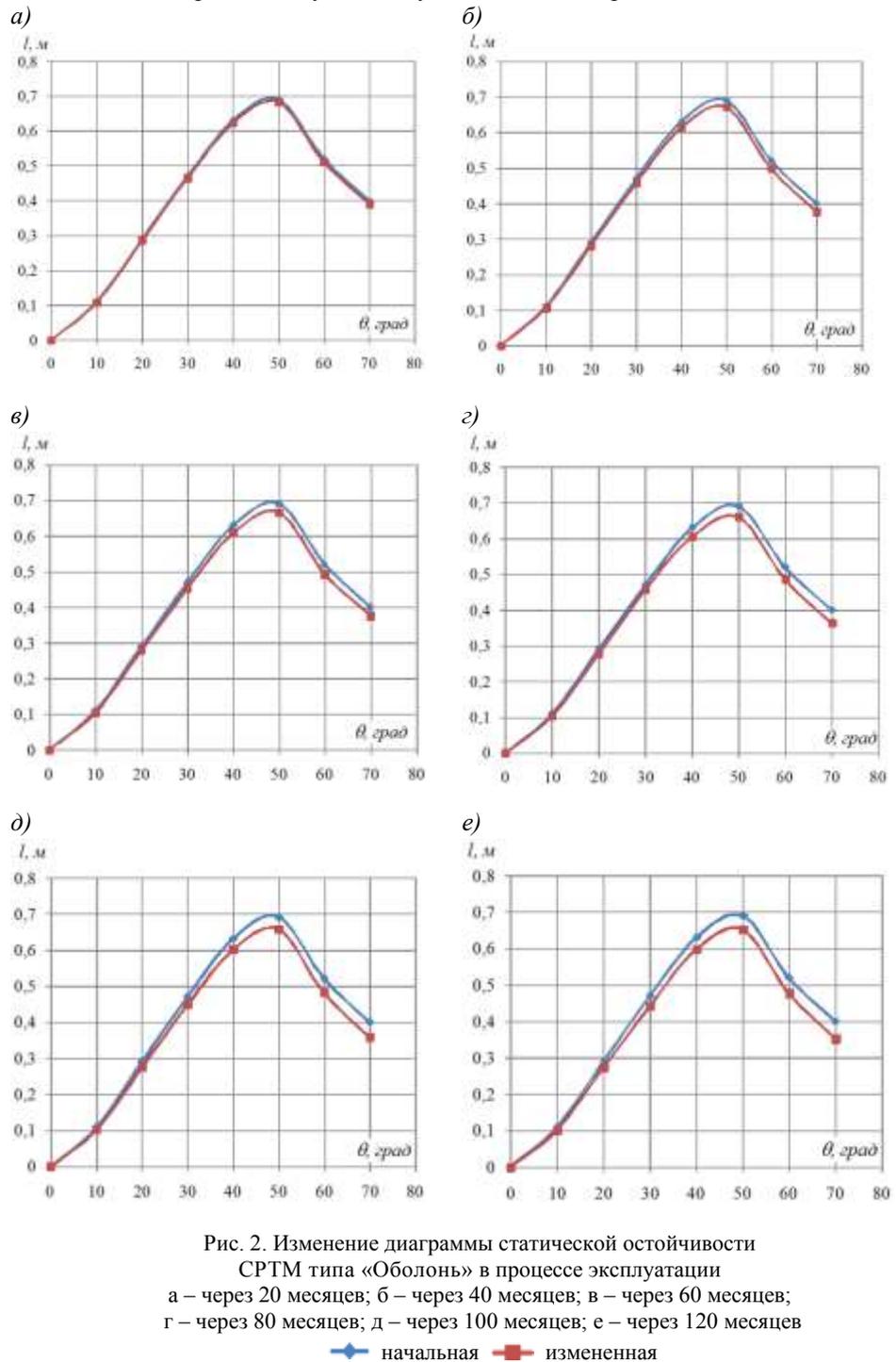


Рис. 2. Изменение диаграммы статической остойчивости СРТМ типа «Оболонь» в процессе эксплуатации
 а – через 20 месяцев; б – через 40 месяцев; в – через 60 месяцев;
 г – через 80 месяцев; д – через 100 месяцев; е – через 120 месяцев

Анализ построенных графиков изменения диаграммы статической остойчивости показывает, что за 10 лет эксплуатации максимальное плечо диаграммы статической остойчивости уменьшилось на 0,038 м.

Однако в этом варианте загрузки критерий погоды был самым минимальным. Выполненные расчеты элементов критерия погоды и построения на ДСО показали, что при изменении диаграммы статической остойчивости в процессе эксплуатации критерий погоды немного уменьшился до 0,98, что меньше единицы и не удовлетворяет нормам.

Таким образом, можно сделать вывод, что изменение аппликаты центра тяжести порожнего судна в процессе эксплуатации опасно для судов малого водоизмещения.

Данные изменения характеристик порожнего судна, как правило, выполняются по специально разработанным проектам и происходят по мере совершенствования норм, Правил и носят неслучайный систематический характер.

Обсуждение

Сегодня средний возраст рыболовного флота России приближается к 40 годам. Суда устаревают и не позволяют добывать эффективно и много. На фоне этого государство стимулировало рыбопромышленников вкладывать средства в постройку траулера на отечественных верфях в обмен на получение части квот на вылов. Благодаря таким мерам с 2023 года верфи готовы размещать новые заказы и построить 56 судов. До 2025 года должно быть построено порядка 100 новых отечественных судов. Большинство судов в этом портфеле заказов – малые. Таким образом, можно сказать, что данные исследования являются актуальными, поскольку выполнен анализ изменения водоизмещения и аппликаты центра тяжести малого рыболовного судна.

Расчёты, выполненные для рыболовных судов небольшого водоизмещения, показали, что изменение аппликаты центра тяжести порожних судов в эксплуатационных случаях нагрузки могут быть больше 0,10 м. Погрешности определения водоизмещения при этом составляют на среднетоннажных судах 10-12 т, а на крупнотоннажных могут достигать до 60 т.

Таким образом, в наихудшем случае изменение аппликаты центра тяжести оказывается равной 0,10-0,20 м, а изменение водоизмещения может достигать 30 т на среднетоннажных и 60 - 80 т на крупнотоннажных судах.

Очевидно, что такие изменения необходимо учитывать как при эксплуатации судов, так и в процессе их проектирования при разработке «Информации об остойчивости».

Предложенные для определения погрешностей водоизмещения и аппликаты центра масс формулы могут быть использованы для рыболовных судов различного тоннажа.

Приведённые формулы и графики позволяют оценивать надёжность удовлетворения требований, предъявляемых Регистром к остойчивости рыболовных судов.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что аппликата центра тяжести судна порожнем МРТК «Балтика» уже к трем годам эксплуатации достигает критического значения, а за 10 лет эксплуатации увеличится на 0,1 м, что может быть опасным с точки зрения потери остойчивости. Использование предложенной методики расчета изменения аппликаты центра тяжести для МРТК «Балтика» в функции от срока службы в отличие от методики, изложенной в Правилах, дает разницу в вычислениях почти в 3 раза. Это позволяет сделать вывод, что необходимо пересмотреть периодичность проведения опыта кренования для малых судов, его необходимо выполнять чаще, чем раз в 10 лет.

Изменение аппликаты центра тяжести порожнего судна в процессе эксплуатации опасно для судов малого водоизмещения. Чтобы судно было устойчивым, необходимо принимать балласт, а после приема улова его надо удалить. Капитаны на это не идут, так как в условиях рейса судно не сможет сбросить замазученные воды, поэтому для малых рыболовных судов необходимо следить за изменением аппликаты центра тяжести судна в процессе эксплуатации. И при необходимости проводить опыт кренования чаще, чем предусмотрено Правилами РМРС.

Список литературы

1. Сидорченко В. Ф. Морские катастрофы. СПб.: Литагент «Юридический центр». 2006. 560 с.
2. Исследование устойчивости средних рыболовных траулеров, работающих в условиях Дальнего Востока. //Теоретические и практические вопросы устойчивости и непотопляемости морских судов. М.: Транспорт. 1965. С. 70-79.
3. *Morrall A, Mac Naughton A.R.* Fishing vessel stability and safety a cautionary note when considering possible changes in IMO standards. // International Conference on Design Considerations for small craft. London 13-15 February, 1984.
4. *Гуральник Б.С., Кулагин В.Д.* Точность определения устойчивости рыболовных судов расчётным путём. // Судостроение. 1992. № 6. С. 9-12.
5. *Гуральник Б.С., Якута И.В.* К вопросу определения погрешностей, возникающих при расчетах устойчивости судна в судовых компьютерных программах. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технологии. №3. 2019. С.7-15.
6. The carriage of cargoes by sea. SE England seminar. // The International Journal of the Nautical Institute «Seaway» January 2009, p.34.
7. Правила классификации и постройки морских судов. Часть IV. Устойчивость. Российский Морской Регистр Судостроения, 2021. URL: <https://lk.rs-class.org/regbook/rules>. (дата обращения 30.10.2022 г.)
8. Международный кодекс устойчивости судов в неповрежденном состоянии 2008 года (Кодекс ОНС 2008 года) (резолюция MSC.267(85) с поправками). СПб.: АО «ЦНИИМФ». 2016. 242 с.
9. Коваленко Б.П. Основы устойчивости судна. Пособие для судоводителей. СПб.: Судостроение. 2005. 36 с.
10. МРТК типа «Балтика» проект 1328. Информация об устойчивости судна. Министерство рыбного хозяйства СССР. Гипрорыбфлот. Клайпедское отделение. 1978.
11. СРТМ типа «Оболонь». Информация об устойчивости судна. Фолькверф г. Штральзунд. 1985.

References

1. Sidorchenko V. F. Morskie katastrofy. SPb.: Litagent «Yuridicheskii tsentr». 2006. 560 p.
2. Issledovanie ostoichivosti srednikh rybolovnykh traulerov, rabotayushchikh v usloviyakh Dal'nego Vostoka [Study of the stability of medium-sized fishing trawlers operating in the conditions of the Far East] // Teoreticheskie i prakticheskie voprosy ostoichivosti i nepotoplyaemosti morskikh sudov. M.: Transport, 1965, pp. 70-79.
3. *Morrall A, Mac Naughton A.R.* Fishing vessel stability and safety a cautionary note when considering possible changes in IMO standards // International Conference on Design Considerations for small craft. London 13-15 February, 1984.
4. *Gural'nik B.S., Kulagin V.D.* Tochnost' opredeleniya ostoichivosti rybolovnykh sudov raschetnym putem [Accuracy of determining the stability of fishing vessels by calculation] //Sudostroenie. 1992. no 6. pp. 9-12. (In Russ).
5. *Gural'nik B.S., Yakuta I.V.* K voprosu opredeleniya pogreshnostei, vznikayushchikh pri raschetakh ostoichivosti sudna v sudovykh komp'yuternykh programmakh [To the question of the definition of errors arising when calculating the stability of the ships in ships computer programs] //Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologii. 2019. no 3. pp.7-15. (In Russ).

6. The carriage of cargoes by sea. SE England seminar. // The International Journal of the Nautical Institute "Seaway" January 2009, p.34.
7. Pravila klassifikatsii i postroiki morskikh sudov. Chast' IV. Ostoichivost'. [Rules for the classification and construction of sea vessels. Part IV. Stability. Rossiiskii Morskoi Registr Sudokhodstva. 2021. <https://lk.rs-class.org/regbook/rules>. Available at: 30.10.2022 г.
8. Mezhdunarodnyi kodeks ostoichivosti sudov v nepovrezhdennom sostoyanii 2008 goda [International Code of Intact Stability 2008]. (Kodeks ONS 2008 goda). Rerezolyutsiya MSC.267(85) s popravkami. SPb.: AO «TSNIIMF». 2016. 242 p.
9. Kovalenko B.P. Osnovy ostoichivosti sudna. Posobie dlya sudovoditelei [Fundamentals of ship stability]. SPb.: Sudostroenie. 2005. 36 p.
10. MRTK tipa «Baltika» proekt 1328. Informatsiya ob ostoichivosti sudna [MRTK type «Baltika» project 1328. Information about the stability of the vessel]. Ministerstvo rybnogo khozyaistva SSSR. Giproybflot. Klaipedscoe otdelenie. 1978.
11. SRTM tipa «Obolon». Informatsiya ob ostoichivosti sudna. [SRTM type «Obolon». Information about the ship's stability]. Fol'kverf' g. Shtral'zund. 1985.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гуральник Борис Самуилович, к.т.н., доцент, профессор кафедры судовождения и безопасности мореплавания, Балтийская государственная академия рыбопромышленного флота, Калининградский государственный технический университет, 236029, г. Калининград, ул. Молодежная, 6, e-mail:boris.guralnik@mail.ru.

Boris S. Guralnik, Ph.D. (Eng), Associate Professor, Professor of the Department of navigation and safety of navigation, Baltic fishing fleet state academy, 6 Molodezhnaya, Kaliningrad, 236029, Russian Federation

Якута Ирина Владимировна, к.т.н., доцент кафедры судовождения и безопасности мореплавания, Балтийская государственная академия рыбопромышленного флота, Калининградский государственный технический университет, 236029, г. Калининград, ул. Молодежная, 6, e-mail: yakuta@bgarf.ru

Irina V. Yakuta, Ph.D. (Eng), Associate Professor of the Department of navigation and safety of navigation, Baltic fishing fleet state academy, 6 Molodezhnaya, Kaliningrad, 236029, Russian Federation

Статья поступила в редакцию 12.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 12.01.2023; published online 20.03.2023.

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi74.333

О критериях минимальной толщины обшивки судов из композиционных материалов

А.Г. Назаров¹

ORCID: 0000-0002-6313-6277

К.С. Коляченко¹

ORCID: 0000-0002-4324-2590

С.Г. Назарова¹

ORCID: 0000-0002-6730-8064

¹*ООО АН Марин Консалтинг, г. Москва, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрен выбор минимальной толщины обшивки для судов из композиционных материалов. Рассмотрены причины ограничений как предотвращение фильтрации и предохранение от повреждений при контакте. Установлено, что существуют два принципиальных подхода: собственно толщины и масса арматуры. На примерах аварий судов рассмотрены ограничения существующих подходов к нормированию минимальных толщин. Проанализирована практика классификационных обществ по нормированию толщи, выполнено сравнение подходов и результирующие толщины оболочек днища и борта, а также соотношение толщин наружной и внутренней оболочек. Отмечено влияние превышения минимальных толщин на примере проекта катера-перехватчика. Для российских классификационных обществ сформулированы предложения по совершенствованию требований.

Ключевые слова: конструкция судов, композиционные материалы, минимальная толщина, критерии прочности.

On the criteria of minimum thickness of ship plating made of composite materials

Albert G. Nazarov¹

ORCID: 0000-0002-6313-6277

Kirill S. Kolyachenko¹

ORCID: 0000-0002-4324-2590

Svetlana G. Nazarova¹

ORCID: 0000-0002-6730-8064

¹*AN Marine Consulting, Moscow, Russian Federation*

Abstract. The paper discusses the minimum thickness of ship plating made of composite materials. The reasons for restrictions being the prevention of filtration and protection from contact damage are considered. It has been established that there are two fundamental approaches: actual thickness and reinforcement mass. Due to the examples of ship accidents, the limitations of existing approaches considering minimum thickness requirements are studied. The practice of classification societies on thickness regulation is analyzed; the approaches and the resulting thicknesses of bottom and side shells are compared, as well as the ratio of inner and outer skin thicknesses. The influence of minimum thicknesses' exceeding is noted on the example of interceptor boat project. Suggestions have been formulated for Russian classification societies to improve the requirements.

Keywords: ship structure, composite materials, minimum thickness, strength criteria.

Введение

Композиционные материалы (КМ) находят все более широкое применение в судостроении, начиная от корпусов рекреационных судов и судов малого размера, до судов длиной 70м и более, а также элементов конструкций (например, люковых закрытий, надстроек и т.д.) металлических судов большей длины. Использование КМ позволяет при проектировании снизить массу конструкций (рис.1) за счет того, что сам материал и его свойства проектируются непосредственно под действующие нагрузки. КМ часто определяется как «ламинат» и состоит из арматуры (стеклянных, углеродных либо арамидных волокон) и связующего (смолы), а также заполнителя в случае трехслойных конструкций.

На практике стремление к снижению массы корпуса приводит к использованию высокомодульных волокон и снижению толщины оболочек из КМ, особенно в случае применения в конструкции трехслойных панелей. С другой стороны, при выборе толщины оболочек следует учитывать эксплуатационные факторы и долговечность обшивки судна.

В предлагаемой статье поставлена цель повышения эффективности и безопасности судов из КМ отечественной постройки, для чего поставлены задачи анализа существующих требований КО к минимальной толщине, рассмотрены примеры существующих конструкций, предложены пути совершенствования правил российских КО.



Рис. 1. Катера-перехватчики пр.SM16 из КМ трехслойной конструкции

Предпосылки нормирования минимальной толщины

Ведущие классификационные общества (КО) устанавливают критерии прочности и жесткости конструкций из КМ, классификация которых представлена в [1], среди них присутствует критерий минимальной толщины обшивки или его эквивалент. Как правило, один и тот же проект может одновременно соответствовать прочностным критериям различных КО, но не обладать «переносимостью» по критерию минимальной толщины. Критерий минимальной толщины обшивки предназначен для предотвращения следующих нежелательных ситуаций:

- Фильтрация воды через структуру КМ, что приводит к снижению прочностных свойств КМ и долговечности судна, а при замерзании вызывает разрывы обшивки.
- Продавливание и прокалывание обшивки в повседневной эксплуатации, например от касания кильблоков, трейлера, берега, плавающих предметов и т.д.

Следует отметить, что требования КО к минимальной толщине обычно относятся только к конструкционным слоям. В то же время отсутствие фильтрации обеспечивается и декоративным слоем, и следующим за ним барьерными слоями (например, SoricTF 2), насыщенными связующим. С точки зрения противодействия фильтрации имеет смысл нормировать общую толщину слоев; более насыщенные

смолой материалы обеспечивают лучшую защиту от фильтрации. С другой стороны, более прочные несущие слои ламинатов обеспечивают лучшую защиту от прокалывания.

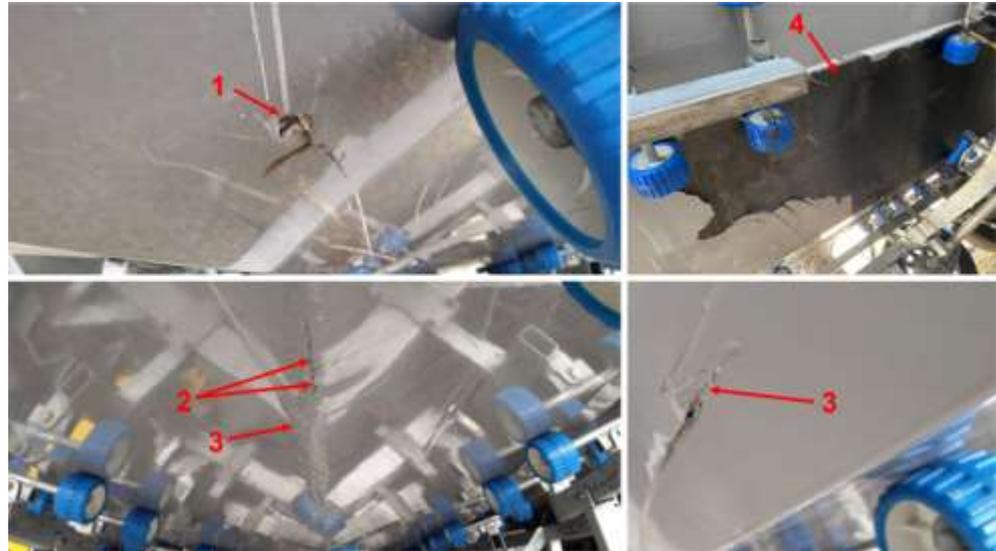


Рис. 2. Повреждения наружной оболочки катера длиной 12,0м; 1 – прокалывание трейлером; 2 – трещина, в ней видны элементы роликов; 3 – разрез обшивки; 4 – межслойная деламинация наружной оболочки от скорости



Рис. 3. Повреждения наружной оболочки пассажирского судна длиной 14,3м; 1 – место удара о скалу, видны идущие вдоль киля царапины; 2 – сквозная трещина в обшивке; 3 – межслойная деламинация обшивки

Анализ повреждений обшивки

Рассмотрим некоторые из известных авторам случаев повреждения обшивки на судах из КМ. В случае, показанном на рис. 2, служебный катер длиной 12,0 метров, скоростью 45 узлов с трехслойной обшивкой днища, построенный методом вакуумной инфузии с применением углеродной ткани для армирования днища, соответствует требованиям ISO12215:2008/2014 по прочности корпуса, в т.ч. по минимальной толщине оболочек обшивки. Из условий ходовых качеств судно ограничено по массе. Изначально судно получило повреждения в виде проколов, разрезов и трещин от неправильно подобранного трейлера и «выездов» на трейлер на скорости. Своевременный ремонт повреждений не производился, и в дальнейшем от действия давления на высоких скоростях произошла деламинация участка наружной оболочки днищевой обшивки. Наличие в составе обшивки углеродных волокон не

является гарантией от повреждения. На серийных судах конструкция трейлера была изменена, толщина наружной оболочки днища увеличена, установлены накладки. Внимание организации-оператора судов было обращено на бережное обращение с катерами и на ограничения применяемого им в техническом задании стандарта ISO12215-5 в части возможных повреждений от трейлера. Дополнительно для судов, часто поднимаемых на трейлер, не рекомендуется использовать днище с поперечными реданами.

На рис. 3 показано повреждение серийного пассажирского судна длиной 14,3 метров, скоростью 30 узлов. Судно имеет конструкцию днища из однослойного ламината, состоящего из комбинации слоев стеклорогожи и стекломата общей толщиной 11,3 мм, что существенно превышает минимальные требования. Во время подхода к берегу судно получило начальное повреждение обшивки днища от удара о подводную скалу. Несмотря на полученные повреждения и фактически пробоину в виде трещины в носовой оконечности, судно продолжило рейс, что вызвало отделение части слоев обшивки днища на длине более 2м.

Приведенные примеры показывают, что даже несмотря на соблюдение требований к минимальной толщине обшивки на судне из КМ всегда существует риск повреждений обочек, приводящий к показанному на фото значительному разрушению конструкций. При этом, вопреки распространённому подходу некоторых КО, более «сухой» ламинат с высоким содержанием арматуры более подвержен разрушению в виде деляминация. Избежать подобных повреждений можно путем как квалифицированной эксплуатации судов, своевременного ремонта, так и предусматривая защиту днища в виде накладок. Критерии минимальной толщины обшивки служат лишь барьером от мелких повседневных эксплуатационных повреждений и формально определить эту грань «мелких» повреждений довольно сложно. Существующие требования КО к толщинам скорее являются отражением положительной практики, чем научно-обоснованным подходом к прочности и долговечности.

Требования КО и стандартов к минимальным толщинам

Требования КО к минимальной толщине можно условно разделить на две группы:

- Требования к собственно толщине наружной обшивки t для однослойной конструкции или наружной t_0 и внутренней t_1 оболочек «сэндвича» для трёхслойной конструкции.
- Требования к минимальной массе арматуры w в указанных выше оболочках, которая связана с толщиной t через относительное содержания арматуры в ламинате ψ .

Для оценки толщины t слоя армирующего материала из Е-стекла может применяться следующая формула:

$$t = \frac{w}{3.072} \left(\frac{2.56}{\psi} - 1.36 \right) \quad (1)$$

где w – удельная масса армирующего материала в $\text{кг}/\text{м}^2$; ψ - содержание арматуры в ламинате. Если вспомнить, что критерий минимальной толщины часто оказывается определяющим [1], то оказывается, что первая группа поощряет использование низкотехнологичных ламинатов.

Традиционно DNV [2] является наиболее «жестким» КО в части конструкций из КМ; именно ими было впервые введено требование минимальной массы арматуры w , $\text{г}/\text{м}^2$ вместо толщины:

$$w_0 = w_0 (1+k (L-20)) \text{ для } L > 20 \text{ м}$$

$$w = w_0 \text{ для } L \leq 20 \text{ м}$$

где w_0 – базовая масса арматуры, для Е-стекла составляющая 750...6000 г/м² для трехслойных конструкций и 2500...7500г/м² для однослойных; k – коэффициент, $k=0...0.025$ в зависимости от элемента конструкции. Правила DNV очень поощряют применение углепластика – например, w для наружной оболочки днища снижена с 2400 до 1600г/м² при использовании углеволокна.

Китайское классификационное общество CCS [3] требует определять массы арматуры оболочек в виде:

$$w = a + kL$$

где a – начальная масса арматуры, $a=2100...4500$ г/м² в однослойных и $a=750...3000$ г/м² в трехслойных конструкциях для Е-стекла; k – коэффициент, зависящий от зоны корпуса, $k=0...1.87$ в однослойных и $k=0...1.50$ в трехслойных; L – длина судна, м. Для углеродных и арамидных волокон предусмотрены альтернативные значения a и k .

Формула индийского регистра IRS [4] для минимальной толщины t , мм, учитывает длину судна L , включает начальную толщину $t_0=1.5...2.5$ мм и коэффициент $c=0.03...0.07$:

$$t = (t_0 + cL)$$

Стандарт ISO12215-5 [5] применяется для судов с длиной корпуса до 24м и содержит требования к минимальной толщине t_{min} обшивки из разных материалов (включая КМ, алюминий, сталь, фанеру), которая для КМ преобразуется в минимальную массу арматуры для однослойной w_{min} и трехслойной конструкций $w_{os\ min}$:

$$t_{min} = k_5 \times k_6 \times (A + k_7 \times V + k_8 \times m_{LDC}^{0.33}) \times k_9$$

$$w_{min} = 0.43t_{min}$$

$$w_{os\ min} = k_{10}w_{min}$$

где $k_7=0,03$, $k_8=0,15$, $A=1,5$ коэффициенты для КМ; V – скорость, уз; m_{LDC} – масса судна при полном водоизмещении, кг; $k_6=0,8...1,0$ $k_9=0,55...1,0$ коэффициенты, зависящие от зоны по длине и по высоте корпуса; $k_{10}=0.6$ для рекреационных судов. Величина k_5 зависит от пропорций типов волокон в ламинате, с учетом массы стекломата m_{CSM} , тканей и жгутов из стекла m_{CG} и углеродного/арамидного волокна m_{CA} , по отношению к общей массе арматуры m_T ; где все значения в кг/м²:

$$k_5 = \frac{m_{CSM} + 0.9m_{CG} + 0.7m_{CA}}{m_T}$$

Требования к $w_{os\ min}$ применяются только к наружной оболочке сэндвича, для внутренней оболочки содержится рекомендация принимать 70-80% от наружной. Следует отметить, что требования ISO [5] к толщине обшивки на рекреационных судах являются рекомендательными и в случае, если они не соблюдаются, стандарт допускает включать пункт о бережном обращении с корпусом в руководство пользователя. С 2019 года, стандарт предусматривает обязательность этих требований для рабочих судов, причем минимальные толщины увеличены на 15% по сравнению с рекреационными судами.

Американское бюро судоходства ABC [6] использует следующие формулы для минимальных толщин наружной t_{os} и внутренней t_{is} оболочек сэндвича, мм:

$$t_{os} = 0,35k_3 (C_1 + 0.26L)$$

$$t_{is} = 0,25k_3 (C_1 + 0.26L),$$

где $k_3 = 1.2$ для днища, $k_3 = 1.0$ для борта и палубы, $C_1 = 5.7$ мм. Для однослойной обшивки критерий минимальной толщины не предусматривается, есть только критерии прочности и жесткости.

Регистр Ллойда LR [7] известен тем, что традиционно предъявлял довольно жесткие требования к толщине наружной оболочки трехслойной конструкции. Правда, допускалось уменьшить толщину при проведении вакуум-теста оболочки (чтобы доказать отсутствие фильтрации). С 2016 года требования LR отнесены к массе арматуры слоев сэндвича w_t :

$$w_t = \omega K_L K_V w_m$$

где $\omega = 1.0 \dots 1.2$ – коэффициент типа использования судна; K_V – поправка на объемное содержание волокон, применяется если $\psi > 0.5$; K_L – поправка на длину судна, составляет $0.67 \dots 1.0$, где 0.67 соответствует судам $L \leq 15$ м, 1.0 для судов $L \geq 35$ м. Величина w_m является базовой массой арматуры и зависит от зоны корпуса, наружной и внутренней оболочки. Требования LR для однослойных оболочек основаны на условиях прочности и жесткости, минимальная толщина не рассматривается.

Требования РКО [8] (см. табл. 1) к минимальной толщине относятся только к судам из стеклопластика и представлены в табличной форме для судов длиной до 15 м и более 15 м. Получаемые толщины оболочек корпуса трёхслойных конструкций составляют 2...3 мм; однослойных – до 5 мм и зависят от типа арматуры (стеклоткань, стекломат или стеклорогожка); для рубок толщины составляют соответственно от 1,5 и 2,0 мм. Сравнивая эти требования с другими КО, можно отметить, что толщины занижены для судов большей длины, при этом отсутствует какое-либо ограничение по длине на применимость раздела РКО по судам из КМ.

Таблица 1

Сравнение требований КО и стандартов к минимальной толщине обшивки

Правила	Тип критерия		Зависит от				Примечания
	Толщина или масса	Однослойные, сэндвич	Тип арматуры	Зона корпуса	Длина судна	Скорость судна	
РС	Т	О, С	-	+	+	+ ²⁾	
РКО	Т	О, С	-	+	+ ¹⁾	-	
DNV	М	О, С	+ ³⁾	+	+	-	
LR	М	С	+	+	+	-	
IRS	Т	О, С	-	+	+	-	
CCS	М	О, С	+ ³⁾	+	+	-	
ABS	Т	С	-	+	+	-	
ISO12215-5	М	О, С ⁵⁾	+	+	- ⁴⁾	+	Р

Т- критерий толщины, М – критерий массы, О – для однослойной обшивки, С – для трехслойной обшивки, Р – обязательны только для рабочих судов. Примечания: 1) зависимость от длины судна ступенчатая: до 15 м и более 15 м; 2) если судно является высокоскоростным, применяется увеличение минимальных толщин в носовой части; 3) приведены минимальные массы материалов для стеклопластика и углепластика; 4) учитывается водоизмещение судна; 5) только наружная оболочка.

Российский морской регистр судоходства (РС) [9] содержит требования к минимальной толщине обшивки для однослойных и трехслойных конструкций, представленные в виде графиков. Толщины одинаковы для наружной и внутренней оболочек сэндвича. Для высокоскоростных судов и в оконечностях предусмотрено увеличение минимальной толщины на 20-40%. В отличие от остальных КО требования имеют нелинейную зависимость от длины. Для шлюпок и катеров длиной менее 15 м установлены отдельные минимальные требования, составляющие 2,0...2,5 мм для трехслойных, и 3,5 мм для однослойных конструкций. В дополнение к этим требованиям существуют также параллельные требования к минимальным

толщинам, которые зависят от длины опорного контура пластины; указанные требования происходят из 1960-х годов и на ранних этапах судостроения из КМ были предназначены для оценки прочных размеров конструкций. В настоящее время требования, основанные на опорном контуре, потеряли свою актуальность.

Сравнение требований

Сравнение требований различных КО и стандартов (см.табл.1) к минимальным толщинам показывает разнообразие подходов и учитываемых факторов. Ряд КО, например Bureau Veritas (BV) [10] и существовавший до 2016 года Germanischer Lloyd (GL) [11] вообще не имеют требований к минимальным толщинам, целиком отдавая этот вопрос на усмотрение проектировщика.

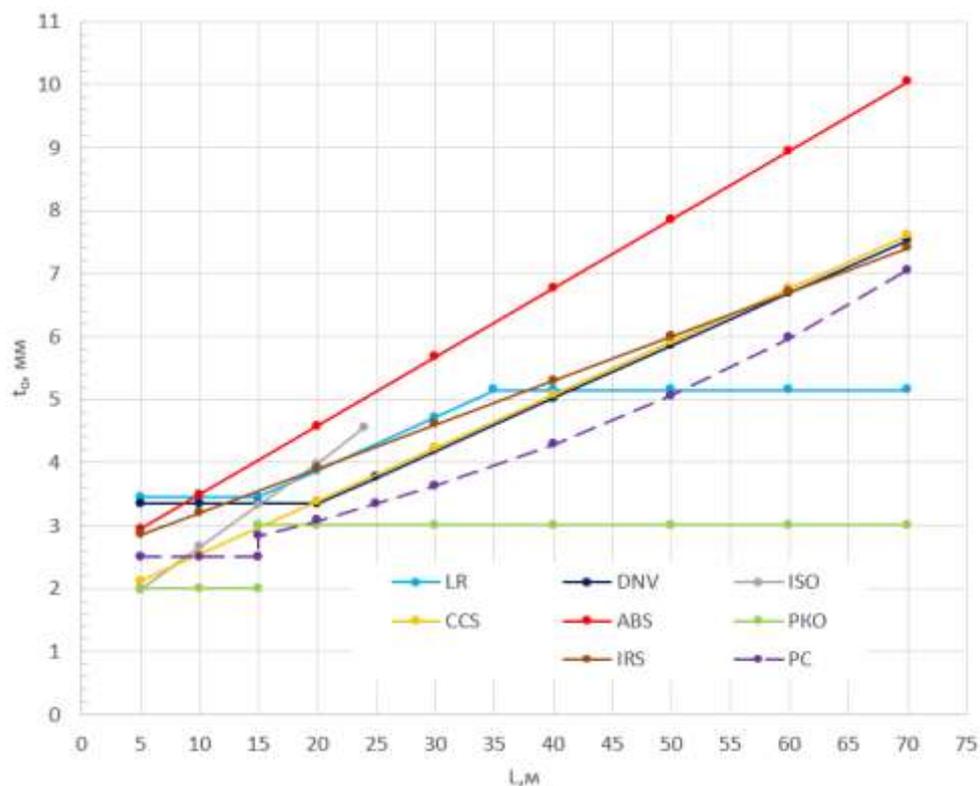


Рис. 4. Зависимость минимальной толщины наружной оболочки трехслойного днища от длины судна по правилам КО и стандартам

На рис. 4 и 5 представлены зависимости толщины наружных оболочек трехслойных конструкций t_0 днища и бортов, определенные по разным правилам. Для тех правил, где задается масса арматуры, применялся пересчет по формуле (1) на толщину исходя из содержания арматуры из Е-стекла при $\psi=0,45$. Можно отметить значительный разброс требований различных КО, наиболее жесткими из которых оказываются ABS, далее DNV и LR. Требования российских КО можно назвать либеральными. Несколько нелогично выглядят «ступеньки» в требованиях PC [9] и особенно PKO [8] для длины 15м; у зарубежных КО изменения t_0 являются плавными.

На рис.6 показаны соотношения требуемых минимальных толщин внутренней t_i и наружной t_0 оболочек сэндвича, по разным стандартам. Можно отметить, что PC [9] и

РКО [8] не делают различий между наружной и внутренней оболочками. Часть правил, например ISO12215 и ABS имеют одинаковые соотношения для разных зон, причем в ISO12215-5 толщина внутренней оболочки является рекомендательной. Для LR, IRS и CCS, соотношение толщин меняется в зависимости от длины судна. Таким образом, единообразия в подходах к t_i/t_o у КО не существует.

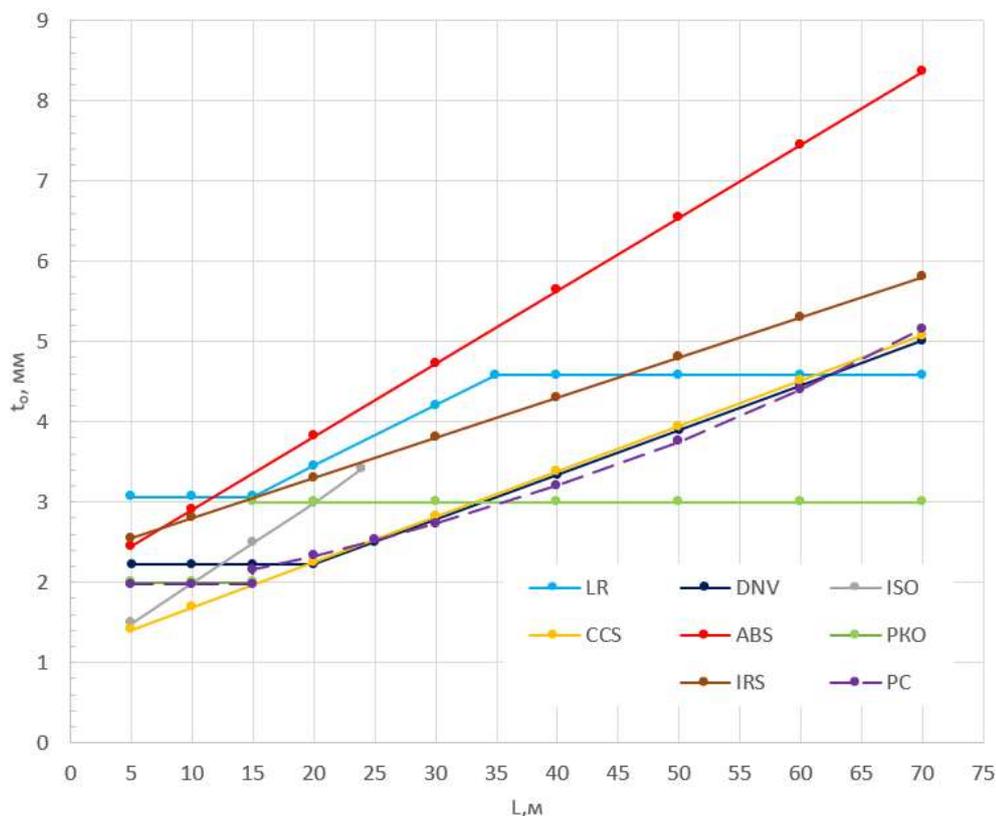


Рис. 5. Зависимость минимальной толщины наружной оболочки трехслойного борта от длины судна по правилам КО и стандартам

Пример применения

В качестве примера применения требований к конкретному проекту рассмотрим катер-перехватчик пр. SM16 из КМ (рис.1), длиной 16м, скоростью до 52уз, изначально разработанный для ВМС Индии. Суда имеют классификацию IRS и LR и строились серийно более 90 единиц [12].

Наружная оболочка трехслойного днища судна имеет конструкцию из слоя стекломата CSM450, двунаправленных LT и квадраксияльных QX тканей LT600+QX800+LT600 (где цифры означают массу ткани в г/м²) общей расчетной толщиной $t_o=3,38$ мм при расчетном $\psi=0,44$ и массе арматуры $w_o=2450$ г/м². На момент постройки в 2012 году головное судно не соответствовало требованиям LR к минимальной толщине наружной оболочки более чем на 1мм, однако это требование было снято путем проведения вакуум-теста обшивки, что допускается LR [7]. Как можно заметить, судно находится на пределе выполнения современных требований DNV [2] к массе арматуры наружной оболочки (2450 против 2400 г/м²). По результатам постройки головного образца фактическая толщина наружных оболочек обшивки оказалась меньше расчетной (при неизменном армировании) из-за более

высокого по сравнению с расчетным содержания арматуры, фактически составившем $\psi=0,56$. За счет этого критерии IRS к минимальной толщине формально не удовлетворялись, что потребовало дополнительного обоснования. Поэтому более адекватным подходом является нормирование массы арматуры, что сглаживает влияние технологических факторов на толщину, либо следует вводить допуск к минимальной толщине около 15% при сохранении проектной массы арматуры. Суда успешно эксплуатируются более 10 лет для охраны побережья ряда стран Азиатского региона, в частности Индии, Омана, Мозамбика и Мальдивских островов. Добавим, что увеличение толщины конструкции всей секции корпуса на 1мм приводило бы к росту массы корпуса на 340кг (из них на днище приходится 70кг), что составляет более 2% от полного водоизмещения судна. Как следствие, потеря скорости глиссирующего судна составит около 2% и соответственно последуют штрафные санкции за недобор контрактной скорости. Для подобных судов проектировщикам часто приходится работать вблизи минимальных значений толщин, осознавая все возможные риски.

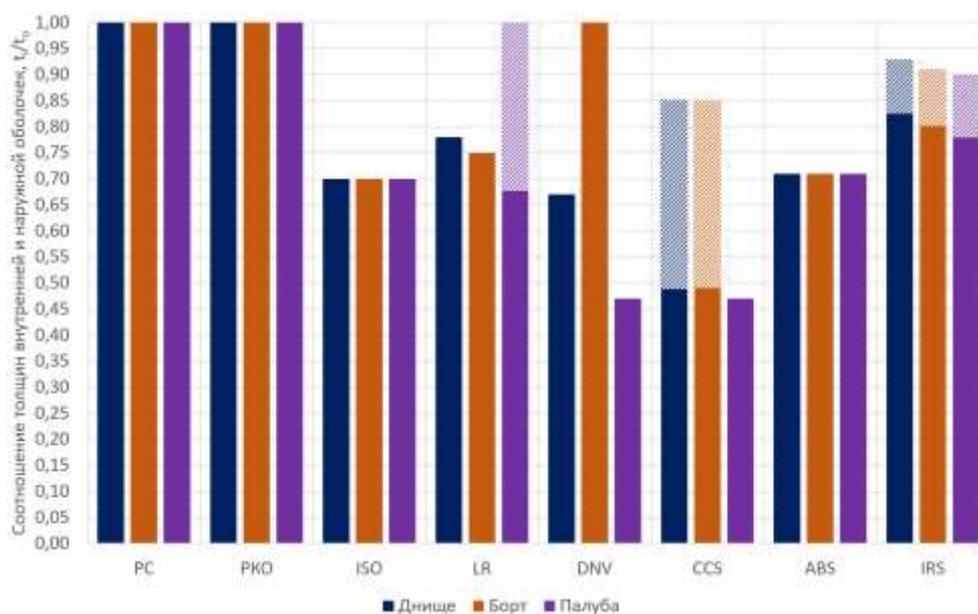


Рис. 6. Соотношение толщин внутренней и наружной оболочек трехслойных конструкций по правилам КО и стандартам для разных зон корпуса

Совершенствование норм

В качестве развития норм РС и РКО, предлагается задавать требования к минимальной толщине оболочек t из КМ на основе стекла в виде:

$$t = \max \left\{ \frac{a \times \exp(bL)}{t_0} \right\} \quad (2)$$

где коэффициенты a и b зависят от зоны корпуса и типа конструкции (однослойная либо трехслойная) – см. табл. 2; L - длина корпуса, м. Величина t_0 составляет 2,5 для днища и 2,0мм для остальных трехслойных конструкций, и 3,5мм для однослойных в соответствии с действующими правилами РС [9] для судов до 15м.

В случае, если для армирования конструкции применяются волокна углерода или арамидные, величину t предлагается умножить на корректирующий коэффициент k_{CA} , определяемый с учетом массы стекла w_G и массы углерода или арамида w_{CA} :

$$k_{CA} = \frac{w_G + 0,8w_{CA}}{w_G + w_{CA}}$$

Во избежание проблем с отличием фактической толщины от расчетной из-за технологических факторов, рекомендуется ввести допуск $\pm 15\%$ на толщину оболочек при соблюдении расчетного количества и масса арматуры слоев. Предложенный метод, с одной стороны обеспечивает полную преемственность с действующими нормами РС [9], с другой – позволяет избежать ступенчатого изменения требований и учитывает возможность применения высокомодульных волокон.

Таблица 2

Коэффициенты к формуле (2)

Элемент	Однослойная обшивка		Трехслойная обшивка	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Днище	5,2339	0,0142	2,2073	0,0166
Борт	4,4935	0,0123	1,6946	0,0159
Палуба	4,3701	0,0110	1,6064	0,0136
Переборки	4,2427	0,0095	1,5227	0,0120

Заключение

Как правило, и это подтверждается опытом расчёта конструкций судов, однослойная обшивка, спроектированная из условий прочности и жесткости имеет толщину, по умолчанию соответствующую требованиям к минимальной толщине. Это напрямую отражено в требованиях LR [7] и ABS [6]. В случае с трехслойными конструкциями – наоборот, требования к минимальной толщине оболочек часто превалируют над требованиями прочности.

Как можно заметить, большинство КО применяют для минимальных толщин линейную зависимость от длины, но единого подхода не существует. Ограничения по минимальной толщине обшивки можно расценивать не более чем как «положительную практику», т.к. для реально существующего судна всегда существуют условия, когда обшивка будет повреждена.

В первую очередь, выбор толщин обшивки является задачей проектировщика и основан на опыте и особенностях эксплуатации судов.

Список литературы

1. Королев С.А. Сравнительный анализ критериев местной прочности судовых конструкций из композиционных материалов / Королев С.А., Назаров А.Г. // Научные проблемы водного транспорта, Выпуск 73, 2022. С. 45-56.
DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi73.274>
2. Rules for Classification of High Speed and Light Craft. DNV, 2021.
3. Rules for Construction and Classification of Sea-Going High Speed Craft. China Classification Society. Beijing, 2015.
4. Rules and Regulations for the Construction and Classification of High Speed and Light Craft. Indian Register of Shipping, 2021.
5. ISO-12215 - 5:2019 Small craft - Hull construction and scantlings - Part 5 design pressures, design stresses, scantling determination. International Standards Organization.
6. Rules for Building and Classing High Speed Craft, ABS, 2022.
7. Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft. Lloyd’s Register, 2020.
8. Российский Речной Регистр. Правила (в 5-и томах). Правила классификации и постройки судов (ПКПС). – М.: Российский Речной Регистр, 2019, 1506 с.

9. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XVI. Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов. Российский морской регистр судоходства, 2022.
10. Rules and Guidance notes. Hull in Composite Materials and Plywood, Material Approval, Design Principles, Construction and Survey, BV, 2018.
11. Rules for Classification and Construction of High Speed Craft. Germanischer Lloyd, 2012.
12. Kamath P. Design and Construction of SM16 Fast Interceptor Craft: Case Study / Kamath P., Nazarov A. // WARSHIP 2013: Minor Warships, June 2013, Bath, UK, p.131-139.

References

1. Korolev S.A. Sravnitel'nyi analiz kriteriev mestnoi prochnosti su-dovykh kon struktzii iz kompozitsionnykh materialov. [Comparative analysis of criteria for local strength of ship structures made of composite materials] / Korolev S.A., Nazarov A.G. // Nauchnye problemy vodnogo transporta, Vypusk 73, 2022.
2. Rules for Classification of High Speed and Light Craft. DNV, 2021.
3. Rules for Construction and Classification of Sea-Going High Speed Craft. China Classification Society. Beijing, 2015.
4. Rules and Regulations for the Construction and Classification of High Speed and Light Craft. Indian Register of Shipping, 2021.
5. ISO-12215 - 5:2019 Small craft - Hull construction and scantlings - Part 5 design pressures, design stresses, scantling determination. International Standards Organization.
6. Rules for Building and Classing High Speed Craft, ABS, 2022.
7. Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft. Lloyd's Register, 2020.
8. Rossiiskii Rechnoi Registr. Pravila (v 5-i tomakh). Pravila klassifikatsii i postroiki sudov (PKPS) [Rules of classification and construction of ships]. – М.: Rossiiskii Rechnoi Registr, 2019, 1506 p.
9. Pravila klassifikatsii i postroiki morskikh sudov. Chast' XVI. Konstruktsiya i prochnost' sudov iz polimernykh kompozitsionnykh materialov. [Rules for the classification and construction of ships. Part XVI. Design and strength of ships made of polymer composite materials] Rossiiskii morskoi registr sudokhodstva, 2022.
10. Rules and Guidance notes. Hull in Composite Materials and Plywood, Material Approval, Design Principles, Construction and Survey, BV, 2018.
11. Rules for Classification and Construction of High Speed Craft. Germanischer Lloyd, 2012.
12. Kamath P. Design and Construction of SM16 Fast Interceptor Craft: Case Study / Kamath P., Nazarov A. // WARSHIP 2013: Minor Warships, June 2013, Bath, UK, p.131-139.

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

Коляченко Кирилл Сергеевич, инженер-стажер «АН Марин Консалтинг», 107113, Москва, ул. Шумкина, д.20, с.1, офис 501/502, e-mail: 9858538359k@gmail.com

Назарова Светлана Георгиевна, специалист по контролю качества «АН Марин Консалтинг», 107113, Москва, ул. Шумкина, д.20, с.1, офис 501/502, e-mail: svetnazar2015@gmail.com

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

Kirill S. Kolyachenko, trainee engineer, "AN Marine Consulting", Shumkina str., 20, p.1, office 501/502, Moscow, 107113, Russian Federation, e-mail: 9858538359k@gmail.com

Svetlana G. Nazarova, quality control specialist, "AN Marine Consulting", Shumkina str., 20, p.1, office 501/502, Moscow, 107113, Russian Federation, e-mail: svetnazar2015@gmail.com

Статья поступила в редакцию 07.11.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 07.11.2022; published online 20.03.2023.

СУДОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

SHIP POWER EQUIPMENT

УДК 663.551

DOI: 10.37890/jwt.vi74.349

Оценка возможности исключения потерь нефтепродуктов при их испарении в процессе транспортировки танкерами

А.М. Пичурин¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2885-3008>

А.С. Дмитриев¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1559-0421>

¹*Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. Значительное количество нефтепродуктов теряется при транспортировке. Основной причиной этих потерь следует считать их испарение. Это негативно отражается на качестве оставшегося груза и повышает пожароопасность на транспорте. В ходе исследования определено влияние теплового воздействия на испарение бензина. Выполнен численный эксперимент по оценке нестационарного прогрева груза при тепловом его взаимодействии с окружающей средой. Для решения этой задачи предложено теплоизолировать поверхность теплообмена, и незначительное количество пара, образующегося при испарении, для снижения давления в танках в период суточного повышения температуры, перегонять в специальный отсек, имеющий меньший объем и более прочный корпус. При суточном понижении температуры этот пар будет возвращен обратно в основные танки.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, бензин, испаряемость, фракционный состав, нестационарный теплообмен, тепловой поток, танк, грузовой отсек, теплоизоляция.

Evaluation of the possibility of eliminating the loss of oil products during their evaporation in the process of transportation by tankers

Aleksandr M. Pichurin¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2885-3008>

Aleksandr S. Dmitriev¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1559-0421>

¹*Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia*

Abstract. A significant amount of oil products is lost during transportation. Evaporation should be considered to be the main reason for these losses. This negatively affects the quality of the remaining cargo and increases flammability in the transport sector. In the course of the study, the influence of thermal exposure on the evaporation of gasoline has been determined. A numerical experiment has been carried out to assess the non-stationary heating of the load during its thermal interaction with the environment. For solving this problem it is proposed to implement thermal insulation for the heat exchange surface and a small amount of steam formed during evaporation, to reduce the pressure in the tanks, to distill into a special compartment, which has a smaller volume and a more durable body. When the temperature drops daily this steam will be returned to the main tanks.

Keywords: oil, oil products, gasoline, volatility, fractional composition, non-stationary heat transfer, heat flow, tank, cargo compartment, thermal insulation.

Введение

При транспортировке нефти и нефтепродуктов, содержащих в своем составе большое количество легких фракций, наблюдаются значительные их потери [1,2].

По данным исследований, более 75% потерь бензинов (это один из основных продуктов переработки нефти) связано с испарением. [3].

На танкере при перевозке нефти и нефтепродуктов происходит газообмен между паровоздушной смесью, содержащейся в подпалубном пространстве и внешней атмосферой. Выброс этой паровоздушной смеси в атмосферу является крайне нежелательным явлением, так как, во-первых, это приводит к загрязнению окружающей среды [4], усилению парникового эффекта, загрязнению рабочей среды на судне и значительным потерям груза, а также создает пожарную опасность на судне и т. п. Во-вторых, при испарении теряются наиболее ценные фракции нефти [5]. При этом потери нефти за один рейс продолжительностью 3–4 недели могут превышать 0,7 % от общего количества груза. [6]. Анализ существующих методик расчета потерь от испарения не позволяет решить эту задачу [7-10].

Поэтому хорошо организованная последовательная и систематическая борьба с потерями нефтепродуктов и, в частности, бензинов от испарения на всех этапах транспортирования и хранения имеет большое значение [11].

Согласно изложенному, основной задачей является анализ этих проблем и поиск путей их решения.

Постановка проблемы

Основные потери при транспортировке груза водным транспортом связаны с «малым дыханием» и, соответственно, потерями груза при суточных колебаниях температур [9,12-14]. Эти колебания приводят к периодическому изменению избыточного давления в танках нефтеналивных судов. Для поддержания давления в приемлемых границах, обеспечивающих прочность корпуса танка, возникает необходимость снижать его путем выброса в атмосферу части испарившегося груза. Основной задачей является установление наиболее значимых причин испаряемости и оценка возможности их исключения или минимизации.

Материалы и методы

Для определения данного условия использовалась экспериментальная установка, представленная на рисунке 1. В ходе исследования отслеживался расход этого вида топлива при различных температурах.

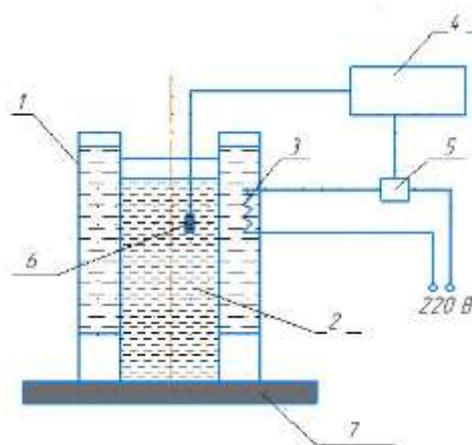


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Резервуар с испытуемым топливом 2 объемом 2000 мл. помещался внутри кольцевой водяной «бани» 1 (сосуда с водой объемом 3000 мл), который нагревался до температур, максимально близких к наибольшим температурам окружающей среды, характерным для летнего периода. В качестве нагревателя использовался ТЭН для водонагревателя мощностью 500 Вт и напряжением 220В. Температура фиксировалась посредством термопары 6, и потенциометра 4. Термопара устанавливалась в центре емкость с топливом на глубине 5 см. Встроенное в потенциометр температурное реле 5, с источником питания 12В поддерживало стабильную температуру в водяной «бани». Эта установка размещалась на электронных весах 7 с пределом взвешивания 6 кг и точностью измерения массы 1 гр. ТЭН устанавливался посередине кольцевой бани. При такой подводимой мощности скорость изменения температуры воды в объеме 3 литров составляла не более 2,5 град/мин. Это давало возможность обеспечить равномерный прогрев воды в кольцевом объеме «водяной бани». В ходе исследования было установлено, что наиболее интенсивно начинает уменьшаться масса при достижении температуры топлива 35 °С. Потери массы в течение двух часов составляли около 0,1%. При поддержании такого температурного режима на стационарном уровне происходило постепенное снижение потерь от испарения и через 4 часа активный процесс снижения массы практически остановился. Его невозможно было отслеживать при использовании весов с такой точностью. Дальнейший аналогичный рост испарения топлива в виде скачка наблюдался уже при подъеме температуры до 50 °С.

Реальные температуры окружающей среды 35–40 °С вполне достижимы в летний период даже в северных широтах России. Такой характер испаряемости можно объяснить только особенностью фракционного состава бензина. Испаряемость самых легких фракций (практически их кипение) наблюдается при температурах близких к 35 °С. В ходе транспортировки именно эта часть топлива оказывается потерянной при «малом дыхании».

Результаты

Для подтверждения этой гипотезы был проведен численный эксперимент, характеризующий возможное реальное влияние внешней среды (ее температуры) на характер испаряемости и потери груза.

Рассматривалась задача нестационарного теплообмена между грузом и окружающей средой [15-18].

В качестве математической модели использовалось уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) = c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

где T – температура топлива °С;
 λ – теплопроводность топлива, Вт/м °С;
 c – теплоемкость топлива, Дж/кг °С;
 ρ – плотность топлива, кг/м³.

В ходе решения этой задачи теплопроводность, теплоемкость и плотность топлива принимались постоянными, соответствующими бензину АИ92.

В качестве геометрической модели был взят танк речного судна проекта №795 грузоподъемностью 150 тонн. Учитывалась только часть площади поверхности танка, находящаяся под тепловым воздействием внешней воздушной среды. Эта площадь принята равной 25 м². Граничное условие, описывающее конвективный теплообмен с окружающей средой, определялось уравнением Ньютона-Рихмана.

Коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке был принят постоянным и равным 5 Вт/м²К. Передача теплоты конвекцией от внутренней стенки танка к топливу не учитывалась. Но если предположить, что вся теплота, подведенная к внешней стенке и прошедшая через стенку будет передана грузу путем теплопроводности в нестационарном режиме прогрева, что и хотелось определить в этой задаче, то данное допущение можно считать приемлемым. Начальная температура груза принималась равной 20 °С, температура окружающей среды принималась постоянной и равной 35°С.

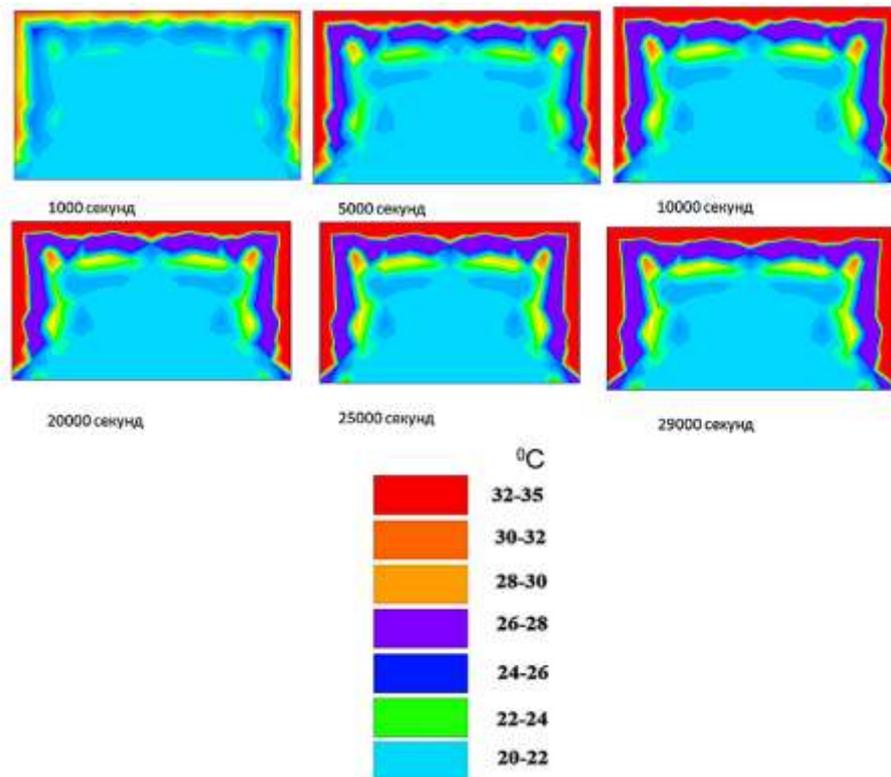


Рис. 2. Динамика прогрева бензина в танке

Здесь, на рисунке 2, красно-оранжево-желтые тона определяют высокие температуры. (Красный цвет соответствует температуре окружающей среды. Цвет

голубой – начальной температуре топлива. Со временем интенсивность теплообмена снижалась, что связано, видимо, с формированием топливного слоя вблизи стенки, имеющего температуру, близкую к температуре окружающей среды, и выполняющую роль изолятора для остальной массы груза, расположенной в центральной части танка.

Полученные численные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Изменение теплового потока передаваемого в перевозимый груз (бензин) во времени

Время теплообмена, с	Тепловой поток, Вт	Время теплообмена, с	Тепловой поток, Вт	Время теплообмена, с	Тепловой поток, Вт
1000	3048	13000	711	25000	248
2000	2675	14000	639	26000	233
3000	2351	15000	576	27000	219
4000	2068	16000	520	28000	208
5000	1823	17000	472	44000	129
6000	1609	18000	430	45000	127
7000	1423	19000	393	46000	125
8000	1261	20000	360	47000	125
9000	1119	21000	331	48000	123
10000	995	22000	303	49000	121
11000	887	23000	283	50000	120
12000	793	24000	265		

Анализируя то, как меняется тепловой поток в течение представленного времени, была определена теплота, переданная грузу за отмеченный в таблице промежуток времени (это примерно 12–13 часов). В течение этого времени возможен суточный прогрев топлива и его потери от испарения.

Принимая значение теплоты парообразования бензина, равную 250 кДж/кг, было установлено, что потери груза от испарения составили 0,1–0,6 % от всего его количества.

Таким образом, основной причиной потери груза от испарения можно считать теплообмен с окружающей средой, а также то, что подводимая теплота к грузу практически полностью расходуется на процесс испарения (выпаривания) легких фракций.

Для снижения теплообмена, с целью сокращения (и даже исключения) потерь груза от испарения предлагается нанести на поверхность танка теплоизоляционный слой из пеноуретана.

Решая аналогичную задачу по оценке теплообмена между грузом и внешней средой при наличии изоляционного слоя, толщиной 200 мм установили, что температура груза во всем объеме практически остается начальной. Изменения наблюдаются только вблизи пограничного пристеночного слоя.

Динамика теплового потока в этом случае представлена в таблице 2.

Таблица 2

Изменение теплового потока передаваемого в перевозимый груз во времени при наличии изоляционного слоя

Время теплообмена, с	Тепловой поток, Вт	Время теплообмена, с	Тепловой поток, Вт
1000	774	9000	30.6
2000	180	10000	30.6
3000	60	26000	30.6
4000	36	27000	30.6

Время теплообмена, с	Тепловой поток, Вт	Время теплообмена, с	Тепловой поток, Вт
5000	31	28000	30.6
6000	30.9	29000	30.6
7000	30.7		
8000	30.6		

Графически характер изменения тепловых потоков для двух представленных случаев приведен на рисунке 3.

При нанесении изоляции испаряемость груза снизилась более чем на порядок.

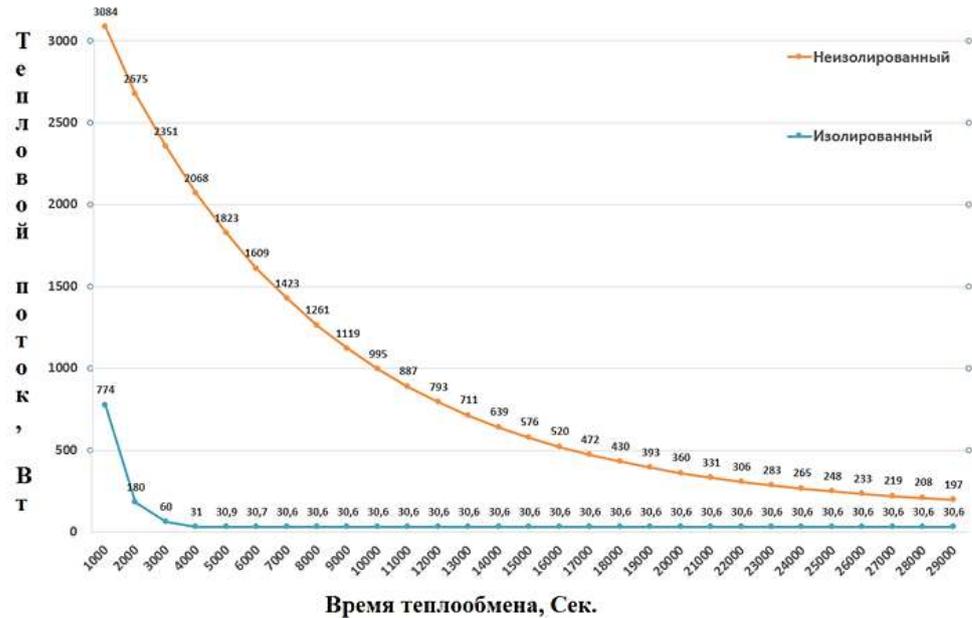


Рис. 3. Изменение теплового потока, передаваемого от окружающей среды в перевозимый груз при наличии изоляции на поверхности танка и при ее отсутствии

Обсуждение

Для судов, которые эксплуатируются в относительно умеренных климатических условиях, достаточно на поверхности танков нанести теплозащитное покрытие. Это позволит убрать дыхательные клапаны и исключить потери перевозимого груза.

Для судов, которые эксплуатируются в климатических зонах с более высокими температурами, можно дополнительно предложить вместо дыхательных клапанов установить дополнительный набольших размеров грузовой отсек, отличающийся от основных танков более прочным корпусом. При повышении давления в основных танках из-за испаряемости груза, образующийся пар перекачивать компрессором в этот танк. В ночное время, когда теплообмен будет обратным, груз будет охлаждаться и, соответственно, будет падать давление; через редуционный клапан пар можно возвращать обратно в основные танки.

Выводы

1. На основании опытных исследований и численного эксперимента установлена основная причина испаряемости груза – теплообмен.

2. Предложен способ полного исключения потерь бензина (и любых нефтепродуктов, содержащих в себе легкоиспаряющиеся фракции) путем теплоизоляции грузовых отсеков.
3. Предложен способ перекачивания испаряющегося груза в свободный более прочный танк при подводе теплоты и обратный возврат при охлаждении танка.

Список литературы

1. Макушев Ю.П. Хранение нефтепродуктов и снижение их потерь / Ю.П. Макушев, В.В. Рындин // Наука и техника Казахстана. 2011. №3-4. Павлодар: Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова. С. 49-60.
2. Козачок О.В. Применение полимерных защитных покрытий при хранении нефти и нефтепродуктов // Записки горного института. Санкт-Петербург: 2009. С.132-134.
3. Никольский Б.П. Справочник химика. Москва-Ленинград: Госхимиздат, 1968. 1071 с.
4. Савельев А.В. Технические аспекты сокращения естественной убыли нефтепродуктов при хранении в резервуарном парке / А.В. Савельев, В.Ф. Данилов, Р.И. Кюннап // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. Москва: Обракадемнаука. 2013. №3. С. 36-39.
5. Тирон Д.В. Исследование процесса испарения фаз в буровых растворах на углеводородной основе / Тирон Д.В., Уляшева Н.М. // Известия Томского политехнического университета. Томск: 2016. №4. С. 97-107.
6. Бобырь В. А. Судовая эргатическая функция сокращения потерь нефти от испарения // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2014. №4 (26). С. 115-120.
7. Берёзина И. С. Анализ методик расчета процесса испарения светлых нефтепродуктов при перевозке, хранении и сливно-наливных операций / И.С. Берёзина, С.Н. Головчун // Вестник АГТУ. 2008. №6 (47) С. 188-191. – ISSN 1812-9498
8. Дьяков К. В. Сверхнормативные потери топлива от испарения при хранении в резервуарах / К.В. Дьяков, Р.Е. Левитин, Ю.Д. Земенков // ГИАБ. 2014. №S4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sverhnormativnyye-poteri-topliva-ot-ispareniya-pri-hranenii-v-rezervuarah> (дата обращения: 26.12.2022).
9. Любин Е.А. Прогнозирование потерь нефти из вертикальных цилиндрических резервуаров // Записки горного института. Санкт-Петербург: 2009. Т.181. С.132-134.
10. Кузнецов Е.В. Методы сокращения потерь светлых нефтепродуктов при проведении технологических операций на нефтебазах. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: 2008. № S10 С. 316-322.
11. Нурман А.Д. Снижение потерь легких углеводородов в резервуарных парках. / А.Д. Нурман, Э.В. Осипов // Вестник технологического университета. Казань: 2015. №9. С. 157-159.
12. Кириллов Н.Г. Новая технология хранения нефтепродуктов. Энергетика и промышленность России: электронный журнал. 2003. №2 (30). URL: <https://www.eprussia.ru/epr/30/2000.htm/> (дата обращения: 26.12.2022).
13. Сафонова Е.В. Современные методы улавливания углеводородов при хранении и транспортировке / Е.В. Сафонова, А.В. Спиридонов, Т.В. Голубев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2021. №11. С. 79-85.
14. Габдинуров Р.Р. Применение мягких оболочек внутри резервуара для предотвращения потерь от испарения нефти и нефтепродуктов / Р.Р. Габдинуров, М.М. Гареев //Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2021. №4. С. 39-44.
15. Туснина О.А. Теплотехнический расчет конструкций численными методами // Вестник МГСУ. 2013. №11. С. 91-98.
16. Кузин А.Я. Математическое моделирование нестационарного двухмерного теплопереноса в неоднородных деревянных наружных ограждениях / А.Я. Кузин, А.Н. Хуторной, Н.А. Цветков, С.В. Хон, Т.А. Мирошниченко // Известия ТПУ. 2006. №1. С.138-142.

17. Садыков Р.А. Численный расчет процессов теплопереноса в отдельных узлах многослойных ограждающих конструкций / Р.А.Садыков, Л.А. Халиуллина, Я. Э. Ломоносов // Известия КГАСУ. Казань: 2014. №2 (28). С. 136-143.
18. Кузнецов Е.В. Математическая модель и методика расчета тепло- и массообменных процессов в нефтяных резервуарах. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: 2010. № 55. С. 121-136.

References

1. Makushev YU.P. Khranenie nefteproduktov i snizhenie ikh poter' [Storage of petroleum products and reduction of their losses] / YU.P. Makushev, V.V. Ryndin // Nauka i tekhnika Kazakhstana, 2011, №3-4, Pavlodar: Pavlodarskii gosudarstvennyi universitet im. S. Toraigyrova. pp. 49-60.
2. Kozachok O.V. Primenenie polimernykh zashchitnykh pokrytii pri khranении нефти i nefteproduktov [The use of polymeric protective coatings in the storage of oil and oil products] // Zapiski gornogo instituta, Sankt-Peterburg: 2009, pp.132-134.
3. Nikol'skii B.P. Spravochnik khimika [Chemist's Handbook]. Moskva-Leningrad: Goskhimizdat Publ, 1968, 1071 p.
4. Savel'ev A.V. Tekhnicheskie aspekty sokrashcheniya estestvennoi ubyli nefteproduktov pri khranении v rezervuarnom parke [Technical aspects of reducing the natural loss of petroleum products during storage in a tank farm] / A.V. Savel'ev, V.F. Danilov, R.I. Kyunnap // Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya, Moskva: Obrakademnauka Publ, 2013, №3, pp. 36-39.
5. Tiron D.V. Issledovanie protsessa ispareniya faz v burovnykh rastvorakh na uglevodorodnoi osnove [Investigation of the process of phase evaporation in oil-based drilling fluids] / D.V. Tiron, N.M. Ulyasheva // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, Tomsk: 2016, №4, pp. 97-107.
6. Bobyr V. A. Sudovaya ehrgaticheskaya funktsiya sokrashcheniya poter' нефти ot ispareniya [Ship ergatic function to reduce oil loss from evaporation] // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova, 2014 – №4 (26), Sankt-Peterburg pp. 115-120.
7. Berezina I. S. Analiz metodik rascheta protsessa ispareniya svetlykh nefteproduktov pri perevozke, khranении i slivno-nalivnykh operatsii [Analysis of methods for calculating the process of evaporation of light petroleum products during transportation, storage and loading and unloading operations] / I.S. Berezina, S.N. Golovchun // Vestnik AGTU, 2008, №6 (47) pp. 188-191, – ISSN 1812-9498.
8. D'yakov K. V. Sverkhnormativnye poteri topliva ot ispareniya pri khranении v rezervuarakh [Excess losses of fuel from evaporation during storage in tanks] / K.V. D'yakov, R.E. Levitin, YU.D. Zemenkov // GIAB, 2014, №S4, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sverhnormativnye-poteri-topliva-ot-ispareniya-pri-khranении-v-rezervuarah> (accessed 26.12.2022).
9. Lyubin E.A. Prognozirovaniye poter' нефти iz vertikal'nykh tsilindricheskikh rezervuarov [Prediction of Oil Losses from Vertical Cylindrical Tanks] // Zapiski gornogo instituta. Sankt-Peterburg: 2009, T.181, pp.132-134.
10. Kuznetsov E.V. Metody sokrashcheniya poter' svetlykh nefteproduktov pri provedении tekhnologicheskikh operatsii na neftebazakh [Methods for reducing losses of light oil products during technological operations at oil depots] // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal), M.: 2008, № S10, pp. 316-322.
11. Nurman A.D. Snizhenie poter' legkikh uglevodorodov v rezervuarnykh parkakh [Reducing losses of light hydrocarbons in tank farms] / A.D. Nurman, E.H.V. Osipov // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta, Kazan': 2015, №9. pp. 157-159.
12. Kirillov N.G. Novaya tekhnologiya khraneniya nefteproduktov [New technology for storage of petroleum products]. Ehnergetika i promyshlennost' Rossii: ehlektronnyi zhurnal, 2003, №2 (30), URL: <https://www.eprussia.ru/epr/30/2000.htm/> (accessed 26.12.2022).
13. Safonova E.V. Sovremennyye metody ulavlivaniya uglevodorodov pri khranении i transportirovke [Modern methods of capturing hydrocarbons during storage and transportation] / E.V. Safonova, A.V. Spiridonov, T.V. Golubev // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya B. Promyshlennost'. Prikladnye nauki 2021, №11. pp. 79-85.

14. Gabdinurov R.R. Primenenie myagkikh obolochek vnutri rezervuara dlya predotvrashcheniya poter' ot ispareniya nefii i nefteproduktov [The use of soft shells inside the tank to prevent losses from the evaporation of oil and oil products] / R.R. Gabdinurov, M.M. Gareev // Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. Ufimskii gosudarstvennyi neftyanoi tekhnicheskii universitet, Ufa: 2021, №4. pp. 39-44.
15. Tushina O.A. Teplotekhnicheskii raschet konstruktсии chislennymi metodami [Thermal engineering calculation of structures by numerical methods] // Vestnik MGSU, 2013, №11, pp. 91-98.
16. Kuzin A.YA. Matematicheskoe modelirovanie nestatsionarnogo dvukhmernogo teploperenosa v neodnorodnykh derevyannykh naruzhnykh ograzhdeniyakh [Mathematical modeling of non-stationary two-dimensional heat transfer in non-uniform wooden external fences] / A.YA. Kuzin, A.N. Khutornoi, N.A. Tsvetkov, S.V. Khon, T.A. Miroshnichenko // Izvestiya TPU, 2006, №1, pp.138-142
17. Sadykov R.A. Chislennyyi raschet protsessov teploperenosa v ot-del'nykh uzlakh mnogoslouinykh ograzhdayushchikh konstruktсии [Numerical calculation of heat transfer processes in separate nodes of multilayer enclosing structures] / R.A.Sadykov, L.A. Khaliullina, YA. EH. Lomonosov // Izvestiya KGASU, Kazan': 2014, №2 (28), pp. 136-143.
18. Kuznetsov E.V. Matematicheskaya model' i metodika rascheta teplo- i massoobmennykh protsessov v neftyanykh rezervuarakh [Mathematical model and methodology for calculating heat and mass transfer processes in oil reservoirs] // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal), M.: 2010, № S5, pp. 121-136.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пичурин Александр Михайлович, доцент, к.т.н., доцент кафедры судовых энергетических установок, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: pichurinam64@mail.ru

Alexander M. Pichurin, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Ship Power Plants Department, Siberian State University of Water Transport, 33, Shchetinkina st, Novosibirsk, 630099

Дмитриев Александр Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры судовых энергетических установок, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: a.s.dmitriev@nsawt.ru

Alexander S. Dmitriev, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Ship Power Plants Department, Siberian State University of Water Transport, 33, Shchetinkina st, Novosibirsk, 630099

Статья поступила в редакцию 11.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 11.01.2023; published online 20.03.2023.

**ЭКОНОМИКА, ЛОГИСТИКА И МЕНЕДЖМЕНТ НА
ТРАНСПОРТЕ**

ECONOMICS, LOGISTICS AND TRANSPORT MANAGEMENT

УДК 656.615

DOI: 10.37890/jwt.vi74.352

**Методический подход к оценке эффективности системы
управления логистической инфраструктурой портового
оператора**

М.Ю. Артамонова¹

Т.Ю. Костюченко²

¹*Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск, Россия*

²*АО «Новорослесэкспорт», г. Новороссийск, Россия*

Аннотация. В условиях стремительно меняющейся внешней среды одним из основных факторов совершенствования работы портового оператора является развитие его логистической инфраструктуры. В сложившихся условиях процесс управления логистической инфраструктурой портового оператора должен носить комплексный и взаимообусловленный характер, что определяет необходимость использования системного подхода. Существующие методы управления инфраструктурными объектами порта слабо адаптированы к отраслевой специфике, построены на ограниченном количестве параметров, не позволяют оперативно и всесторонне оценить уровень использования инфраструктуры с определением проблемных зон. Необходим такой подход к управлению логистической инфраструктурой, который позволит одновременно эффективно решать текущие задачи, гибко перестраиваясь вслед за производственной программой порта и в то же время учитывать долгосрочное развитие его объектов. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанной методики оценки эффективности управления логистического инфраструктурного обслуживания в целях оптимизации портовой деятельности. Полученные результаты исследования позволяют количественно и качественно мониторить текущее использование логистической инфраструктуры портового оператора, выявить узкие места и на основе такой расчетной информации обосновать дальнейшие направления совершенствования и развития.

Ключевые слова: морской портовый оператор, логистическая инфраструктура, системный подход, индексы развития логистической инфраструктуры.

**Methodological approach to efficiency assessment of the
management system of the logistics infrastructure of a port
operator**

Maria Y. Artamonova¹

Tatiana Y. Kostyuchenko²

¹*Ushakov state Maritime University, Novorossiysk, Russia*

²*General cargo handling terminal of NLE JSC, Novorossiysk, Russia*

Abstract. In a rapidly changing external environment, one of the main factors for the improving the work of a port operator is the development of its logistics infrastructure. Under the current conditions, the process of managing the logistics infrastructure of a port operator should be complex and interdependent, which determines the need to use a systematic approach. The existing methods of managing the infrastructure facilities of the port, based on a limited number of parameters, are poorly adapted to industry specifics, don't allow quickly and comprehensively assess the level of the usage of infrastructure with the identification of problem areas. We need an approach to logistics infrastructure management that will allow us to simultaneously effectively solve current tasks, flexibly change after the production program of the port and, at the same time, take into account the long-term development of its facilities. The practical significance of the study is in the possibility of applying the developed methodology for assessing the effectiveness of logistics infrastructure service management in order to optimize port activities. The obtained research results will allow us to monitor the current use of the logistics infrastructure of the port operator quantitatively and qualitatively, identify bottlenecks and, based on such calculated information, justify further areas of improvement and development.

Keywords: sea port operator, logistics infrastructure, system approach, indices of logistics infrastructure development.

Введение

Логистическая инфраструктура портового оператора – это комплекс материально-технических объектов, производственных ресурсов и средств информатизации, обеспечивающий бесперебойное функционирование транспортно-складских систем при движении груза от грузоотправителя до грузополучателя. Сегодня, ввиду отсутствия единых эффективных методов управления логистической инфраструктурой, портовые операторы РФ испытывают ряд проблем. Грузооборот морских портов РФ все еще не преодолел негативный эффект «пандемического» 2020 г., запомнившегося спадом в мировой экономике и в мировой транспортной логистике. По итогам 2020 г. из-за пандемии и сопутствующего сокращения оборота наливных грузов объем перевалки в портах России снизился на 2,3%, а в 2021 г. уже составил 835,21 млн. тонн, что превышает показатель аналогичного периода прошлого года на 1,7%, но и 69,9% от проектной мощности [1]. Это самое низкое значение за последние пять лет. При этом в последние три года темпы ввода мощностей опережали темпы прироста грузооборота, а также отмечалось несоответствие вводимых мощностей требованиям рынка и изменяющейся рыночной конъюнктуре [2].

Современная экономика, характеризующаяся нарастанием кризисных явлений и удорожанием инвестиционных ресурсов, диктует новые требования к логистической инфраструктуре со стороны ключевых клиентов портовых операторов – грузовладельцев и судовладельцев [3]. Существующие на сегодняшний день методы управления инфраструктурными объектами порта слабо адаптированы к отраслевой специфике, построены на ограниченном количестве параметров, не позволяют оперативно и всесторонне оценить уровень использования инфраструктуры с определением проблемных зон (рис. 1).



Рис. 1. Проблемы управления логистической инфраструктурой морских портовых операторов РФ [4,5]

Следовательно, с учетом текущего состояния портовой инфраструктуры, требований законодательства и ожиданий инвесторов процесс управления логистической инфраструктурой должен предусматривать:

- управление созданием новой логистической инфраструктуры на базе функционирующих портовых операторов;
- управление темпами развития существующей (функционирующей) логистической инфраструктуры;
- управление производительностью, загрузкой и техническим состоянием логистической инфраструктуры и ее элементов;
- обеспечение конкурентоспособности и инновативности логистической инфраструктуры;
- дифференциация механизмов управления различными подсистемами логистической инфраструктуры [6,7].

Материалы и методы

В сложившихся условиях процесс управления развитием логистической инфраструктуры портового оператора должен носить комплексный и взаимообусловленный характер, что определяет необходимость использования

системного подхода. Существующие методы управления инфраструктурными объектами порта слабо адаптированы к отраслевой специфике, построены на ограниченном количестве параметров, не позволяют оперативно и всесторонне оценить уровень использования инфраструктуры с определением проблемных зон. Необходим такой подход к управлению логистической инфраструктурой, который позволит одновременно эффективно решать текущие задачи, гибко перестраиваясь вслед за производственной программой порта и, в то же время, учитывать долгосрочное развитие его объектов [8].

В целях комплексной системной оценки уровня эффективности управления логистической инфраструктурой портового оператора предлагается выделение четырех подсистем управления – производственно-технологической, финансовой, информационной и инвестиционной, характеризующихся отдельным набором параметров-индикаторов [9]. Для включения в информационную базу, необходимую для дальнейшей оценки, были отобраны 15 особо значимых, частных показателей, удовлетворяющих требованиям представительности, информационной доступности и достоверности (рис. 2).



Рис. 2. Подсистемы частных показателей-индикаторов управления логистической инфраструктурой портового оператора¹

Следовательно, для расчетов коэффициентов, характеризующих оценку эффективности системы управления логистической инфраструктурой портового оператора, предлагаются следующие формулы (табл. 1).

¹ Составлен авторами

² Разработана авторами

³ Составлен авторами

⁴ Составлен авторами

⁵ Разработана авторами

⁶ Составлена авторами

⁷ Стратегия развития российских морских портов в Каспийском бассейне, железнодорожных и

Таблица 1

Формулы расчета частных показателей-индикаторов, характеризующих оценку эффективности системы управления логистической инфраструктурой портового оператора

Наименование показателя	Расчетная формула	Обозначение величин, входящих в формулу
1	2	3
Коэффициент использования пропускной способности	$k_{nc} = \frac{Q}{P} \cdot 100$	Q – фактический грузооборот, тыс. т; P – возможная пропускная способность, тыс. т.
Коэффициент соответствия складской инфраструктуры	$k_{скл} = \frac{\min(\sum P_{ск}; \sum P_{np})}{\max(\sum P_{ск}; \sum P_{np})}$	$\sum P_{ск}$ – суммарная пропускная способность складов порта, т; $\sum P_{np}$ – суммарная пропускная способность причального фронта, т.
Коэффициент соответствия транспортной инфраструктуры	$k_{mp} = \frac{\min(\sum P_{mp}; \sum P_{np})}{\max(\sum P_{mp}; \sum P_{np})}$	$\sum P_{mp}$ – суммарная пропускная способность наземной инфраструктуры портового оператора, т.
Коэффициент грузонапряженности причалов	$k_{znp} = \frac{Q}{\sum l_{np}}$	Q – годовой грузооборот портового оператора, т; $\sum l_{np}$ – суммарная протяженность причального фронта, м.
Коэффициент грузонапряженности склада	$k_{зск} = \frac{Q_{ск}}{\sum S_{ск}}$	$Q_{ск}$ – годовой грузооборот склада, т; $\sum S_{ск}$ – общая площадь складов, м ² .
Коэффициент качества перевалки	$k_{кп} = \frac{Q - Q_{нс}}{Q}$	$Q_{нс}$ – объем несохранной перевалки грузов, т.
Коэффициент качества организации технологического процесса полной обработки судна	$k_{ко} = \frac{t_{zo}}{t_{вал}} \rightarrow 1$	t_{zo} – продолжительность грузовой обработки судна, сут; $t_{вал}$ – продолжительность валового обслуживания судна, сут.
Себестоимость перевалки одной тонны груза	$s_{1m} = \frac{S}{Q}$	S – эксплуатационные расходы, связанные с ПРР, руб.
Процент автоматизированных задач	$d_3 = \frac{n_{авт}}{N}$	$n_{авт}$ – число авторизированных задач, ед.; N – общее число задач, подлежащих автоматизации, ед.
Процент рабочих мест, охваченных автоматизацией	$d_{арм} = \frac{r_{авт}}{R}$	$r_{авт}$ – количество рабочих мест, охваченных автоматизацией, ед.; R – общее количество рабочих мест в порту, ед.
Объем инвестиций в инфраструктуру, освоенных в течение года	$I = \sum i_{np}$	i_{np} – объем инвестиций по отдельным инвестиционным (инновационным) проектам, руб.
Стоимость основных средств (ОС)	$C = \sum C_n$	C_n – стоимость основных средств по каждому типу инфраструктурных объектов, руб.
Коэффициент сохранности инфраструктуры	$k_{сох} = \frac{C - I}{C}$	I – величина накопленного износа, руб.; C – первоначальная стоимость инфраструктурных объектов, руб.

Наименование показателя	Расчетная формула	Обозначение величин, входящих в формулу
1	2	3
Коэффициент освоения новой техники	$k_{осв} = \frac{n_m}{N} \cdot 100$	n_m – количество новых единиц техники, ед; N – общее количество перегрузочной техники в порту, ед.
Доля грузов, перегружаемых инновационными способами	$k_{ин} = \frac{Q_{ин}}{Q}$	$Q_{ин}$ – объем перевалки грузов, обрабатываемых инновационными способами, т.

Результаты

Для большей эффективности методического обеспечения поддержки принятия решений в сфере управления логистической инфраструктурой портового оператора, помимо представленных выше частных показателей, необходимо учитывать обобщающий индекс развития I_{ii} .

Его отличает зависимость значения от динамики изменения каждого показателя (темпов прироста) за фиксированный промежуток времени. Формула расчета предложенного индекса развития примет следующий вид:

$$I_{ii}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i(t)}{x_i(t-1)} \right) \cdot 100, ^2$$

где $x_{i(t)}$ – значение показателя в момент времени t ; N – количество показателей в группе; i – номер показателя в группе

В общем виде предлагаемый алгоритм управления на основе обобщающего индекса развития логистической инфраструктуры портового оператора представляет собой следующую последовательность шагов (рис. 3).

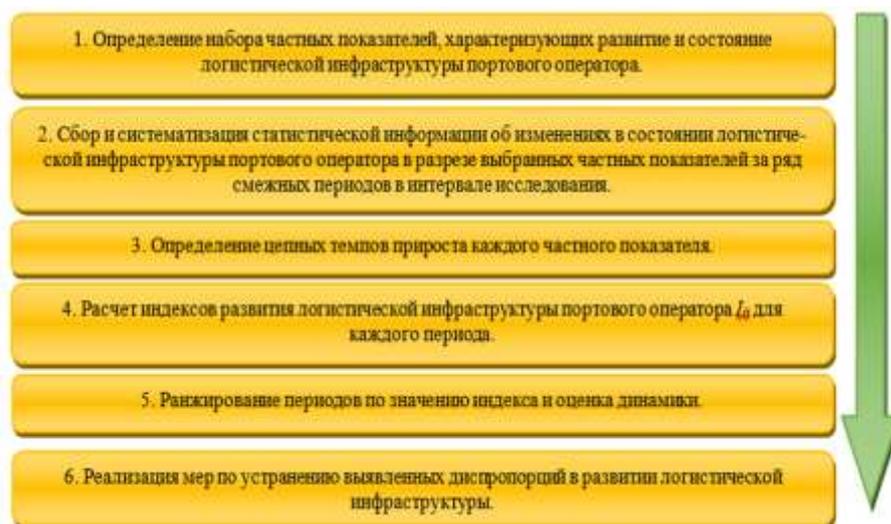


Рис. 3. Последовательность реализации алгоритма управления логистической инфраструктурой портового оператора³

² Разработана авторами

³ Составлен авторами

Ввиду того, что направления развития портов достаточно широки, целесообразно использовать специальный алгоритм управления логистической инфраструктурой портового оператора, формируемый на основе разработанного инструментария и оценочной динамики частных показателей-индикаторов.

Практический расчет и рассуждения

Согласно представленной методике расчета частных показателей управления логистической инфраструктурой предлагается на примере крупнейшего морского порта Юга России АО «Новорослесэкспорт», состоящего из контейнерного и лесного терминалов, подтвердить ее необходимость и целесообразность.

В расчете использовались обобщённые финансовые, производственные и эксплуатационные показатели работы оператора за период 2019-2021 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные частные показатели-индикаторы развития логистической инфраструктуры портового оператора АО «Новорослесэкспорт»

Наименование показателей	Значения частных показателей			Цепные темпы прироста показателей, %	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2020/2019	2021/2020
Коэффициент использования пропускной способности (усреднённый по двум терминалам), %:	67,880	71,680	72,630	5,59	1,33
контейнерный терминал	74,290	68,760	65,630	-7,44	-4,55
терминал для перевалки лесных и генеральных грузов	61,470	74,600	79,630	21,36	6,74
Коэффициент соответствия складской инфраструктуры (усреднённый по двум терминалам):	0,899	0,944	0,944	5,03	0,00
контейнерный терминал	0,919	0,965	0,965	5,01	0,00
терминал для перевалки лесных и генеральных грузов	0,879	0,924	0,924	5,12	0,00
Коэффициент соответствия транспортной инфраструктуры (усреднённый по двум терминалам):	0,895	0,929	0,990	3,82	6,48
контейнерный терминал	0,840	0,866	0,986	3,10	13,86
терминал для перевалки лесных и генеральных грузов	0,950	0,993	0,993	4,53	0,00
Коэффициент грузонапряжённости причалов, тыс. т/пог. м	2,750	2,850	2,530	3,42	-11,12
Коэффициент грузонапряжённости склада, т/м ²	9,830	10,170	10,560	3,42	3,86
Коэффициент качества перевалки	0,994	0,990	0,989	-0,34	-0,16
Коэффициент качества организации технологического процесса полной обработки судна	0,530	0,480	0,470	-10,02	-2,25
Стоимость основных средств,	5284,7	5852,2	6047,1	10,74	3,33

Наименование показателей	Значения частных показателей			Цепные темпы прироста показателей, %	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2020/2019	2021/2020
млн. руб.					
Себестоимость перевалки одной тонны груза, руб./т	444,000	541,000	558,000	-21,85	-3,14
Процент автоматизированных задач от общего числа задач, подлежащих автоматизации, %	30,000	30,000	35,000	0,00	16,67
Количество рабочих мест, охваченных автоматизацией к общему количеству рабочих мест в порту, %	41,000	44,000	48,000	7,32	9,09
Объем инвестиций в инфраструктуру, освоенных в течение года, млн. руб.	807,500	1201,400	1923,700	48,79	60,12
Коэффициент освоения новой техники, %	3,060	3,960	1,940	29,37	-50,97
Коэффициент сохранности инфраструктуры, %	0,540	0,520	0,480	-2,74	-7,85
Коэффициент, отражающий долю грузов, перегружаемых инновационными способами, %	74,500	69,700	68,900	-6,46	-1,14

Расчеты предложенных частных индикаторов позволяют всесторонне оценить уровень развития логистической инфраструктуры портового оператора АО «Новорослесэкспорт» и сделать следующие выводы: показатель усреднённого коэффициента использования пропускной способности оператора улучшился (вырос с 68% до 73%), несмотря на снижение загрузки мощностей контейнерного терминала за анализируемый период. Следовательно, произошло перераспределение грузопотоков между терминалами и грузовыми районами предприятия, что не критично для управления.

Коэффициенты соответствия складской и транспортной инфраструктуры на протяжении трех лет в целом повышались, следовательно, можно констатировать сокращение разрыва между пропускной способностью причалов, складов и транспортной инфраструктуры АО «Новорослесэкспорт», то есть диспропорции в развитии отдельных элементов стали меньше, обеспечивалось большее соответствие в развитии грузовых фронтов.

Коэффициент грузонапряжённости причалов в 2020 г. увеличился на 3,42% по сравнению с 2019 г., а далее, из-за увеличения протяженности причальной стенки (1372,8 м до 1604,2 м), данный показатель снизился на 11,12% к уровню предыдущего периода. Следовательно, денежные вложения в удлинение причального фронта не обеспечили соответствующего роста грузооборота, причалы стали использоваться менее интенсивно (т.е. произошло увеличение складских операций). При неизменной площади складов коэффициент грузонапряжённости склада увеличился – на 3,42% в 2020 г. по сравнению с предыдущим периодом и еще на 3,86% в 2021 г., что говорит о повышении загрузки на один квадратный метр склада.

Коэффициент качества перевалки понемногу сокращался – на 0,34% в 2020 г. и еще на 0,16% в 2021 г., что свидетельствует о снижении надежности функционирования элементов портовой инфраструктуры: причального фронта, парка перегрузочной техники, персонала, системы управления и др.

Коэффициенту качества организации технологического процесса полной обработки судна также присуща отрицательная динамика. Значение данного показателя снизилось с 0,53 до 0,47, то есть доля совмещенных операций при

обработке судна постепенно сокращалась, что означает рост непродуктивного стояночного времени в порту.

Развитие логистической инфраструктуры оператора идет умеренными темпами, поскольку прирост стоимости основных средств в 2020 г. составил 11%, а в 2021 г. замедлился до 3%. Себестоимость перевалки одной тонны груза демонстрировала резкий рост в 2020 г. – на 22% по сравнению с 2019 г. и невысокий в 2021 г. – около 3%. Связано это с диверсификацией перегрузочного производства, изменением структуры грузооборота, с удорожанием ресурсов.

Процессы цифровизации и автоматизации на предприятии ежегодно ускорялись: процент автоматизированных задач от общего числа задач, подлежащих автоматизации, за повысился с 30 до 35%; количество рабочих мест, охваченных автоматизацией к общему количеству рабочих мест в порту – с 41 до 48%. Значения этих показателей невысокие и не достигают 50% ввиду отсутствия регулярного обновления и совершенствования систем автоматизации.

Объем инвестиций в логистическую инфраструктуру АО «Новорослесэкспорт», освоенных в течение года, рос высокими темпами и в 2020 г. составил 49%, а уже в 2021 г. достиг 60%. Основные направления инвестиций следующие: техническое перевооружение терминалов, реконструкция и модернизация вспомогательной инфраструктуры (сетей энергоснабжения). Следовательно, ввиду такого распределения инвестиционных ресурсов коэффициент освоения новой техники в 2020 г. увеличился на 29% по сравнению с 2019 г., а в 2021 г. – снизился на 51% к уровню 2020 г.

Темпы инвестирования и ввода новой техники явно недостаточны для обеспечения надежного функционирования и качественной технической эксплуатации объектов, поскольку коэффициент сохранности логистической инфраструктуры рассматриваемого портового оператора сократился с 0,54 до 0,48, что указывает на рост физического износа инфраструктурных объектов и транспортно-складского оборудования. Его значение не критично, однако, по итогам 2021 г. уровень показателя указывает на значительные дефекты. Коэффициент, отражающий долю грузов, перегружаемых инновационными способами, указывает на отсутствие технологических инноваций в деятельности терминалов предприятия – его значение снижается на 6,46% в 2020 г. и еще на 1,14% в 2021 г.

Подытожив, можно сделать вывод, что инфраструктурное развитие осложнено использованием устаревших порталных кранов, грузовые характеристики которых недостаточны для обработки судов больших размерений; территориальные ограничения и ограничения железнодорожной инфраструктуры порта Новороссийск влекут за собой отсутствие возможностей дальнейшего расширения; отсутствие глубоководного причала делает невозможным обработку крупных судов-контейнеровозов; использование при складировании неэффективного оборудования и способов укладки снижает плотность складирования в целом. Терминалы АО «Новорослесэкспорт» также мало автоматизированы, либо используют устаревшие автоматизированные системы управления (АСУ).

Для определения, в каком направлении развивать логистическую инфраструктуру, необходимо оценить пропускную способность терминала (рис. 4), которая может быть: уменьшена (например, из-за экологических ограничений); увеличена (в связи с физическим расширением или повышением эффективности); или сохранена на прежнем уровне (например, из-за невозможности расширения терминала).



Рис. 4. Алгоритм управления логистической инфраструктурой портового оператора, с учетом предлагаемых показателей-индикаторов⁴

Согласно алгоритму, выделенные выше показатели позволяют дать качественные характеристики динамики, происходящей в результате развития инфраструктурных объектов портового оператора, что является достоверной и объективной оценкой эффективности реализуемых на предприятии мер.

В таблице 3 представлены обобщённые подсистемные данные для оценки индексов развития логистической инфраструктуры АО «Новорослесэкспорт» по отдельным составляющим.

Таблица 3

Динамика обобщающего индекса управления и развития логистической инфраструктуры АО «Новорослесэкспорт» и его составляющих, %⁵

Наименование показателей	Индексы развития логистической инфраструктуры стивидорного оператора I_{ij}		Динамика (отклонение)
	2020/2019	2021/2020	
Производственно-технологическая составляющая	-2,11	-7,74	-5,63
Финансовая составляющая	-11,11	0,19	11,30
Информационная составляющая	7,32	25,76	18,44

⁴ Составлен авторами

⁵ Разработана авторами

Наименование показателей	Индексы развития логистической инфраструктуры стивидорного оператора I_{ii}		Динамика (отклонение)
Инвестиционная составляющая	68,96	0,16	-68,80
Обобщающий индекс развития логистической инфраструктуры I_{ii}	63,06	18,37	-44,69

Из таблицы 3 следует, что результаты развития логистической инфраструктуры АО «Новорослесэкспорт» неэффективны по двум элементам – производственно-технологической составляющей (минус 5,63%) и инвестиционной составляющей (минус 68,8%).

Обобщающий индекс развития логистической инфраструктуры снизился с 63% до 18%, то есть почти на 45%. Следовательно, эффективность решений в сфере управления логистической инфраструктурой предприятия резко снизилась в последнем отчетном периоде.

В управлении и развитии логистической инфраструктуры АО «Новорослесэкспорт» был выявлен ряд проблем. Это снижение загрузки причального фронта, низкое качество перевалки, недостаточная оперативность и интенсивность грузовых работ на фоне низкого уровня совмещения операций, рост логистических затрат и себестоимости перевалки, недостаточные темпы ввода новой техники, сокращение сохранности инфраструктуры и накопление физического износа, минимальная инновативность производственно-технологических процессов. Перечисленные выше обстоятельства являются причиной низких значений производственно-технологической и инвестиционной составляющей развития логистической инфраструктуры оператора и служат областями дальнейшего совершенствования.

Заключение

Основные направления эффективной работы системы управления логистической инфраструктурой портовых операторов России лежат в традиционных областях. Это: модернизация портов, включающая дальнейшее строительство и развитие их инфраструктуры; совершенствование доставки грузов в любых погодных условиях с созданием логистических комплексов; развитие береговой инфраструктуры для обслуживания судов (бункеровка, снабжение, аварийный ремонт); развитие навигационного и картографического обеспечения; совершенствование кадрового обеспечения эксплуатационной работы портов; развитие экологической безопасности портов; повышение безопасности функционирования морской портовой инфраструктуры. Государственное присутствие необходимо при построении системы стимулирования долгосрочного финансирования инвестиций, организации многоуровневой и многофункциональной автоматизированной системы управления работой и развитием морских портов [10].

Одной из важнейших задач развития портового оператора является совершенствование его портовой и околопортовой инфраструктуры, а также наращивание пропускной способности – увеличение емкости причалов, причальных глубин, развитие портовой сети железнодорожного транспорта, автодорог [10]. Однако, не всегда этот путь экономически целесообразен. Так, в АО «Новорослесэкспорт» пропускные способности терминалов использовались более чем на 72% в 2021 г., следовательно, целесообразно оставить установленную пропускную способность, но интенсифицировать технологические процессы и модернизировать отдельные элементы логистической инфраструктуры портового оператора.

Конкретные меры по устранению выявленных диспропорций в развитии логистической инфраструктуры АО «Новорослесэкспорт» приведены в таблице 4.

Таблица 4

Обобщающие предложения по эффективному развитию системы управления логистической инфраструктурой портового оператора АО «Новорослесэкспорт»⁶

Индикаторы с отрицательной динамикой	Направление оптимизации	Мероприятия в данной области
1	2	3
Коэффициент грузонапряжённость и причалов.	Улучшить использование причального фронта, нарастить грузооборот.	Строительство «сухих портов»; увеличение эксплуатационной эффективности (использование эффективного оборудования); увеличение эффективности работы (использование большей длины причальной стенки); улучшение авто- и ж/д подходов к порту (устранение узких мест в транспортной инфраструктуре); увеличение производительной мощности за счет устранения диспропорций в технологических звеньях; производство работ по дноуглублению подходных каналов и операционной акватории причалов до проектных отметок.
Коэффициент качества перевалки.	Повысить качество погрузо-разгрузочных работ (ПРР).	Использование специализированных грузозахватных приспособлений; усиление контроля за ходом погрузки/выгрузки; обеспечение безопасности ПРР; использование техники с повышенной грузоподъемностью и улучшенными характеристиками.
Коэффициент качества организации технологического процесса полной обработки судна.	Сократить стояночное время в порту, время грузовой обработки судна, время вспомогательных операций.	Анализ причин непроизводительных простоев судна и разработка мер по их снижению; оптимизация времени грузовых и вспомогательных операций путем автоматизации и цифровизации; внедрение высокопроизводительного перегрузочного оборудования; обеспечение правильности и своевременности оформления документов; усовершенствование таможенных процедур; устранение административных барьеров; усовершенствование эксплуатационных процедур в терминалах; эффективная координация взаимодействия между различными видами транспорта путем организации логистической информационной поддержки и специализации логистической инфраструктуры; нормирование времени логистических операций.
Себестоимость перевалки одной тонны груза.	Сократить производственные затраты терминалов.	Оптимизация технологии процессов перевалки грузов и обработки судов; оптимизация операций в порту и сокращение их числа, а также повышению их инновационной составляющей; передача отдельных логистических операций на аутсорсинг; повышение энергоэффективности и использование при осуществлении технологических процессов сетевой либо

⁶ Составлена авторами

Индикаторы с отрицательной динамикой	Направление оптимизации	Мероприятия в данной области
1	2	3
		генерируемой (кроме дизельной электростанции) электрической энергии взамен ДВС; унификация техники.
Коэффициент освоения новой техники.	Обновить технику и оборудование.	Закупка новой и списание изношенной техники; приобретение высокопроизводительных аналогов оборудования.
Коэффициент сохранности инфраструктуры.	Обновить материально-техническую базу (МТБ).	Оптимизация межремонтных периодов; своевременная замена инфраструктурных объектов, износ которых относится к 3 категории (свыше 80%); ввод в эксплуатацию новых автомобильных подъездов и ж/д путей.
Коэффициент, отражающий долю грузов, перегружаемых инновационными способами.	Внедрять инновационные технологии перевалки.	Расширение сферы применения контейнеров (освоение технологий погрузки широкой линейки грузов); внедрение современных средств загрузки грузов в контейнеры; использование укрупненных грузовых единиц (УГЕ); применение инновационных грузозахватных приспособлений (например, систем twin-lift).

Таким образом, можно заключить, что разработанное методическое обеспечение поддержки принятия решений в сфере эффективного управления логистической инфраструктурой портового оператора позволяет дать качественные характеристики динамики, происходящей в результате развития инфраструктурных объектов портового оператора, а также выявить наиболее актуальные направления дальнейшего развития логистической инфраструктуры.

Список литературы

1. PortNews [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portnews.ru/news/277473/> (дата обращения 19.10.2022).
2. Болодурина М.П. Концептуальные основы формирования и развития транспортно-логистической инфраструктуры // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2019. – Т. 15. №2. – С. 240-257.
3. Костров В.Н. Государственное регулирование и развитие портовой инфраструктуры: российский и европейский опыт // Экономика и общество. 2019. №9(13). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scipress.ru/economy/articles/gosudarstvennoe-regulirovanie-i-razvitie-portovoj-infrastruktury-rossijskij-i-evropejskij-opyt.html> (дата обращения: 20.10.2022).
4. Артамонова М.Ю., Костюченко Т.Ю. Особенности и проблемы управления логистической инфраструктурой стивидорных операторов России // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. 2021. № 4 (37). С. 20-25. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aumsu.ru/images/vestnik/pdf/Vestnik_4_37.pdf (дата обращения 15.10.2022).
5. Мерзлов И.Ю. Комплексная методика оценки уровня цифровизации организаций // Экономика, предпринимательство и право. 2020. – Т. 10. – №9. – С. 2379-2396.
6. Добровольская К.А. Оценка эффективности логистической инфраструктуры и факторы, ее определяющие // Инновационная наука. 2019. – №12. – С. 208-211.
7. Наша задача – превратить российские порты в современные гавани // Морские порты. 2019. – №7. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://plus.rbc.ru/news/5d19c9527a8aa94bc1ae59> (дата обращения: 14.10.2022).
8. Лепехина Ю.А., Грасс Е.Ю. Формирование показателей для оценки эффективности функционирования транспортного холдинга. Материалы Международного форума «Свобода и ответственность в переломные времена» (FaR), 19-23 апреля, Нижний

- Новгород. 2021. – С. 721-732. [Электрон. ресурс]. – Доступно по адресу: <https://www.europeanproceedings.com/book-series/EpSBS/books/vol125-far-2021> (дата обращения 12.12.2022).
9. Ботнарюк М.В., Классовская М.И. Определение значимости индикаторов достижения целей при построении системы управления предприятий транспортной отрасли в цифровой экономике // *Морские интеллектуальные технологии*. 2021. №2-4(52). – С. 146-152.
 10. Жулева О.И., Кузьменкова В.Н. Логистические инновации и анализ деятельности российских морских портов, динамика грузооборота и перспективы развития // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2019. № 2-2. С. 260-266.

References

1. PortNews [Electron. resource]. – Available at: <http://portnews.ru/news/277473/> (accessed 19.10.2022).
2. Bolodurina M P 2019 Conceptual foundations of the formation and development of transport and logistics infrastructure // *National interests: priorities and security*. – Vol. 15 – 2 – 240-257.
3. Kostrov V N 2019 State regulation and development of port infrastructure: Russian and European Experience *Economy and society* – 9(13) [Electron. resource]. – Available at: <https://scipress.ru/economy/articles/gosudarstvennoe-regulirovanie-i-razvitie-portovoj-infras-truktury-rossijskij-i-evropejskij-opyt> (accessed 20.10.2022).
4. Artamonova M Yu, Kostyuchenko T Yu 2021 Features and problems of managing the logistics infrastructure of stevedoring operators in Russia *Bulletin of the admiral F.F. Ushakov state maritime university*. – 4(37) – 20-25 [Electron. resource]. – Available at: https://aumsu.ru/images/vestnik/pdf/Vestnik_4_37.pdf (accessed 15.10.2022).
5. Merzlov I Y 2020 Comprehensive methodology for assessing the level of digitalization of organizations // *Economics, entrepreneurship and law*. – Vol. 10. – 9 – 2379-2396.
6. Dobrovolskaya K A 2019 Evaluation of the effectiveness of logistics infrastructure and factors determining it // *Innovative science*. – 12 – 208-211.
7. Our task is to turn Russian ports into modern harbors // *Seaports*. 2019 – 7 [Electronic resource]. – Available at: <https://plus.rbc.ru/news/5d19c9527a8aa94bc1aece59> (accessed 14.10.2022).
8. Lepekhina Y A, Grass E Yu 2021 Formation of indicators for assessing the functioning efficiency of a transport holding. *Proceedings of International Forum «Freedom and responsibility in pivotal times»* (FaR), 19-23 April, Nizhny Novgorod. – 721-732. [Electron. resource]. – Available at: <https://www.europeanproceedings.com/book-series/EpSBS/books/vol125-far-2021/table-of-contents?page-no=2> (accessed 12.12.2022).
9. Botnaruyk, M V, & Klassovskaya M I 2021 Determining the significance for indicators of achieving goals when building a management system for transport enterprises in the digital economy. *Marine intellectual technologies*. – 2(53) – 146-152.
10. Zhuleva O I, Kuzmenkova V N 2019 Logistics innovations and analysis of Russian seaports, cargo turnover dynamics and development prospects *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law* – 2(2) – 260-266.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Артамонова Мария Юрьевна, к.э.н., доцент
ФГБОУ ВО «Государственный морской
университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова»,
353900, г. Новороссийск, проспект Ленина 93, e-
mail: mashenjka2005@yandex.ru, Новороссийск,
ул. Мира 2, e-mail: kalif1503@yandex.ru.

Maria Y. Artamonova, Ph. D. in Economics,
associate Professor, Admiral F. F. Ushakov
State Maritime University, 93 Lenin Ave.,
Novorossiysk, 353900.

Костюченко Татьяна Юрьевна, ведущий специалист отдела погрузочно-разгрузочных работ терминала обработки генеральных грузов АО «Новорослесэкспорт», 353900, г Новороссийск, ул. Мира 2, e-mail: kalif1503@yandex.ru

Tatiana Y. Kostyuchenko, leading specialist of the loading and unloading Department of the General cargo handling terminal of NLE JSC, Mira str. 2, Novorossiysk, 353900

Статья поступила в редакцию 28.10.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 28.10.2022; published online 20.03.2023.

УДК 656.07

DOI:10.37890/jwt.vi74.348

Производственная функция Кобба-Дугласа для оценки деятельности морского порта

М.В. Ботнарюк¹

Н.Н. Ксензова¹

¹*Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск, Россия*

Аннотация. Цель настоящей статьи состоит в исследовании зависимостей факторов и разработке модели производственно-экономической деятельности морского порта на основе производственной функции Кобба-Дугласа.

Получены следующие результаты: в работе построена двухфакторная модель Кобба-Дугласа, характеризующая производственный процесс морского порта. Произведена оценка взаимосвязи объемов производства стивидорной компании от основных факторов производства: основных средств и трудовых ресурсов. Информационной базой для разработки модели послужили статистические данные о работе стивидорной компании ПАО «НМТП» за отчетный период. Практическая значимость: с использованием методов корреляционно-регрессионного анализа построена модель Кобба-Дугласа, определены коэффициенты технологической эластичности. Предложенная авторами модель учитывает специфику предприятия и позволяет своевременно корректировать управленческие решения. Произведена оценка тесноты связи между объемом и факторами производства и оценка значимости и качества построенной математической модели.

Ключевые слова: стивидорная компания, ресурсы, функция Кобба-Дугласа, модель, оценка деятельности.

Cobb-Douglas production function for evaluating seaport activity

Marina V. Botnaryuk¹

Natalya N. Ksenzova¹

¹*Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia*

Abstract. The purpose of the article is to study the dependencies of factors and develop a model of the production and economic activity of the seaport based on the Cobb-Douglas production function. The following results have been obtained: a two-factor Cobb-Douglas model characterizing the production process of the seaport was built. The assessment of the relationship between the production volumes of a stevedoring company and the main factors of production: fixed assets and labor resources, has been made. The information base for the development of the model was the statistical data of the functioning of the stevedoring company PJSC "NCSP" for the reporting period. The practical significance is as follows: the Cobb-Douglas model has been built with the usage of methods of correlation-regression analysis, coefficients of technological elasticity have been determined. In the proposed model the specifics of the enterprise is taken into account, it allows promptly adjust management decisions. The tightness of the connection between the volume and factors of production, the significance and quality of the constructed mathematical model were assessed.

Keywords: stevedoring company, resources, Cobb-Douglas function, model, performance evaluation.

Введение

Среди совокупности методов экономического анализа, позволяющих произвести оценку зависимости объемов производства от количества затрат используемых ресурсов [2,3], широкое применение получили производственные функции, позволяющие производить соответствующие исследования как на микро-, так и на макроуровне [4,5,8,11].

Производственная функция представляет собой экономико-математическую модель, отражающую зависимость выпуска продукции от факторов производства. В настоящее время известно множество видов производственных функций для описания таких зависимостей. В микроэкономике чаще всего применяются двухфакторные модели, самой известной из которых является производственная функция Кобба-Дугласа. В качестве достоинств данной модели исследователи отмечают относительную простоту функциональной зависимости, достаточную практическую универсальность и адекватность разработанной модели реальному производственному процессу, а также то обстоятельство, что модель строится на реальных экономических показателях и легко может быть решена [1]. Следует отметить, что ряд ученых в данной области подвергают сомнению теоретическую обоснованность и практическую значимость производственных функций, в том числе и функции Кобба-Дугласа как моделей прогноза экономического роста. Так, в работе [4] изложена проблема применения производственной функции Кобба-Дугласа в силу наличия методологических ошибок, допущенных при выводе данной функции ее разработчиками: впервые предложил математическую функцию полезности шведский экономист, основатель «шведской экономической школы» Кнут Викаксель, а апробацию функции осуществили американские ученые - математик Чарльз Кобб и экономист Пол Дуглас в 1928 году, в честь которых названа производственная функция.

Так, авторы статьи [5] выделяют в качестве первой ошибки использование данных о затратах ресурсов и результатах производства, относящихся к разным периодам времени. Из практики построения производственной функции Кобба-Дугласа известно, что в ней моделируется, как правило, связь годового объема производства продукции и совокупного капитала предприятия, установленного бухгалтерской отчетностью на данный год при том, что этот капитал формируется и используется в производственном процессе в течение многих лет. Вторая методологическая ошибка заключается в некорректном разделении переменных – факторов производства после определения числовых значений степени – технологических коэффициентов эластичности. Недостатком производственной функции Кобба-Дугласа авторы работы [7] считают также то, что разработка модели осуществляется всецело на основе статистической информации за прошлый период без какой-либо оценки и обоснования закономерностей функционирования и развития производственных систем.

Несмотря на критику в адрес функции Кобба-Дугласа, она нашла широкое применение при моделировании производственных процессов на самых разных уровнях управления экономикой. В настоящее время многие экономисты разрабатывают модели Кобба-Дугласа на основе исследования функционирования конкретных производственных систем и не стремятся использовать свои концепции для оценки развития экономики в целом.

В экономической литературе известны исследовательские работы, посвященные построению моделей Кобба-Дугласа для производственных процессов, реализуемых в самых различных отраслях – промышленности [7], сельском хозяйстве [4,5], образовании [1].

В контексте изложенного целью настоящей статьи является проведение исследования и разработка модели производственно-экономической деятельности

морского порта на основе производственной функции Кобба-Дугласа с учетом полученных результатов. В качестве объекта для апробации построенной модели рассматривалось ПАО «Новороссийский морской торговый порт» (далее ПАО «НМТП»).

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи: проведен анализ данных о деятельности ПАО «НМТП» за последние 16 лет, на основе которого выявлены закономерности формирования и развития порта, его основных производственных факторов в этот период, осуществлено аналитическое выравнивание динамических рядов показателей на основе выявленных трендов; построена производственная функция Кобба-Дугласа; а также выполнен корреляционный и регрессионный анализ полученной модели.

Методы и результаты исследования

В работе использованы следующие методы: анализ и синтез научной литературы, эконометрические методы, что позволило исследовать факторы и получить достоверную математическую модель, характеризующую производственный процесс морского порта.

В качестве объекта исследования определено ПАО «НМТП», которое является одной из крупнейших стивидорных компаний, имеющих важное стратегическое значение для развития транспортного комплекса страны и грузоперевозок, в том числе, комбинированных [6,9,10], а также обеспечения ее экономической безопасности. Также стоит подчеркнуть, что на его деятельность оказывают влияние факторы, имеющие значимость и для других стивидорных компаний, что обосновывает необходимость проведения исследования на примере ПАО «НМТП».

Особенности продукции морского порта, а также практически полное отсутствие в составе производственных средств такого вида ресурсов, как сырье и материалы, предопределили выбор показателей для включения их в математическую модель Кобба-Дугласа.

Объемы производства морского порта представлены показателем выручки от осуществления основной производственной деятельности – погрузочно-разгрузочные работы, хранение грузов на складах порта, транспортно-экспедиторские операции, внепортовые работы. Ключевыми среди обозначенных факторов производства морского порта были и остаются основные производственные фонды и трудовые ресурсы, для оценки которых используются показатели среднегодовой стоимости основных производственных средств (уменьшенная в 15 раз) и среднегодовой уровень заработной платы одного работника порта.

С целью нивелирования первой методологической ошибки, обозначенной выше, при построении модели использован простой прием, рекомендованный к применению авторами работы [11] и заключающийся в следующем. Известно, что ежегодное использование основных производственных фондов предприятия можно оценить величиной амортизационных отчислений за год. Производственная функция Кобба-Дугласа изначально в качестве независимой переменной рассматривает капитал предприятия, формирование и использование которого производится в течение многих лет (в течение установленного полезного срока использования основных производственных средств). Зависимая переменная, т.е. годовой объем производства продукции – это годовой результат использования лишь части стоимости основных производственных фондов. Портовое перегрузочное оборудование – активная часть основных фондов морского порта относится к шестой и седьмой амортизационной группе со сроками полезного использования от 10 до 15 лет и от 15 до 20 лет соответственно. Это означает, что независимая переменная – стоимость основных средств порта, как фактор модели Кобба-Дугласа, завышена в среднем в 15 раз. Очевидно, если по каким-либо причинам не представляется возможным получить

значения ежегодных амортизационных отчислений, можно размер независимой переменной – капитал предприятия уменьшить в количество раз, равных сроку полезного использования основных средств., что и было осуществлено в настоящем исследовании – среднегодовая стоимость основных производственных фондов ПАО «НМТП» для включения ее в модель была уменьшена в 15 раз.

Что касается второго производственного фактора – фактора труда, в модель включен показатель среднегодовой заработной платы одного работника Компании. Выбор этого показателя в качестве второй независимой переменной обусловлен особенностями осуществления производственных операций в морском порту и степенью участия в нем человеческого труда. Кроме этого, как показывает статистика работы ПАО «НМТП», темпы роста объемов грузопереработки в исследуемом периоде опережают рост численности работников порта. По годам периода среднесписочная численность колебалась незначительно в пределах от 3100 до 3400 человек. Влияние трудового фактора на результаты деятельности морского порта на современном этапе в большей степени определяется интенсификацией и материальной мотивацией труда персонала. Интенсификация труда портовых рабочих на перегрузке груза обеспечивается за счет применения более производительной перегрузочной техники, совершенствования организации и планирования производственного процесса.

Таким образом, производственная функция Кобба-Дугласа для ПАО «НМТП» в общем виде может быть представлена следующим образом:

$$B = A \times K^a \times L^b \quad (1)$$

где B – стоимостной показатель объемов производства – выручка порта от основной производственной деятельности; A – общий показатель технологической продуктивности факторов, оценивает влияние всех прочих факторов, не вошедших в модель, а также определяет с соответствующей степенью погрешности ошибки, допущенные при оценке вклада труда и капитала в производство; K – затраты вложенного капитала, выраженные частью среднегодовой стоимости основных производственных фондов, используемых в производстве; L – затраты труда, выраженные среднегодовой заработной платой одного работника порта; a , b – коэффициенты технологической эластичности капитала и труда соответственно.

Важнейшими параметрами производственной функции Кобба-Дугласа являются коэффициенты технологической эластичности факторов производства a и b , значения которых и определяют, решая математическую модель. Параметры a и b показывают, на сколько процентов увеличится объем производства при увеличении соответствующего ресурса на 1%. Сумма коэффициентов эластичности определяет коэффициент эластичности производства, на основании значений которого можно выделить:

- пропорционально возрастающую производственную функцию, когда $a + b = 1$ характеризует постоянную отдачу от масштабов производства;
- непропорционально возрастающую производственную функцию, когда $a + b > 1$ характеризует возрастающую отдачу от масштабов производства;
- убывающую производственную функцию, когда $a + b < 1$ характеризует убывающую отдачу от масштабов производства.

С целью выявления закономерностей развития производственной системы и ее элементов во времени авторами данного исследования предлагается использовать следующий подход. При построении эконометрической модели по временному ряду необходимо выяснить, какие компоненты содержит изучаемый временной ряд. Компонентами ряда динамики являются: тренд или устойчивая тенденция развития изучаемого явления во времени; периодические колебания (они могут быть сезонными и циклическими) – отклонение уровней временного ряда от тренда через определенные периоды времени; случайная компонента – случайный шум или

ошибка, которая воздействует на временной ряд нерегулярно. Однако такой подход к изучению уровней временного ряда оказывается довольно полезным для решения проблем анализа и прогнозирования. Выявить компоненты динамического ряда позволяет автокорреляционная функция – это зависимость величины коэффициента автокорреляции от величины лага. Для измерения автокорреляции уровней динамического ряда используется парный линейный коэффициент корреляции:

$$r_h = \frac{\overline{yy'} - \bar{y} \times \bar{y'}}{\sigma_y \times \sigma_{y'}} \quad (2)$$

где y – уровни исходного ряда динамики;

y' – уровни ряда динамики, сдвинутого на h периодов времени;

h – порядок (лаг) коэффициента автокорреляции;

σ_y – среднееквадратическое отклонение, рассчитанное по исходному временному ряду;

$\sigma_{y'}$ – среднееквадратическое отклонение, рассчитанное по ряду динамики, сдвинутому на h периодов времени.

Вид автокорреляционной функции помогает выявить компоненты ряда динамики. Действуют следующие правила: если наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции первого порядка, то исследуемый ряд динамики содержит только тенденцию; если наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции порядка k , то ряд содержит периодические колебания с периодичностью в k периодов времени; если ни один из коэффициентов автокорреляции не является значимым, то либо ряд не содержит тренда и периодических колебаний, либо ряд содержит сильную нелинейную тенденцию, для выявления которой нужно провести дополнительный анализ.

Если временной ряд содержит сильную тенденцию, рекомендуется произвести выравнивание уровней ряда, чтобы исключить влияние периодических колебаний и случайных факторов, которые воздействовали на функционирование производственной системы в исследуемом периоде и являлись причиной существенных отклонений от сложившейся тенденции ее развития.

Метод аналитического выравнивания уровней динамического ряда с помощью функции времени является основным методом представления тренда в аналитическом виде в эконометрике. Построение производственной функции Кобба-Дугласа осуществляется в этом случае по выравненным значениям показателей. При построении производственной функции оценка параметров A , a и b производится методами регрессионного анализа с применением метода наименьших квадратов, для чего предварительно производственную функцию Кобба-Дугласа приводят к линейному виду путем ее логарифмирования. Производственная модель принимает следующий вид:

$$\ln B = \ln A + a \ln L + b \ln K \quad (3)$$

Также проведен корреляционный анализ для оценки тесноты связи между функцией B и переменными L и K , произведены оценка статистической значимости параметров производственной функции и математической модели в целом с помощью t -критерия Стьюдента и F -критерия Фишера, оценка качества построенной модели Кобба-Дугласа на основе расчета средней ошибки аппроксимации.

На основе разработанной модели Кобба-Дугласа проведен анализ деятельности ПАО «НМТП» за 2009-2020 гг. Производственная функция (B) представлена показателем выручки порта от основных видов деятельности, а в качестве факторов K и L рассмотрены реальная среднегодовая стоимость основных фондов, уменьшенная в 15 раз, и среднегодовая заработная плата одного работника порта соответственно.

Предварительный анализ показателей позволил предположить, что инфляционные процессы в одинаковой степени повлияли на динамику показателей, поэтому нет необходимости приводить их значения к сопоставимому виду.

Для определения структуры динамических рядов производственной функции В и факторов производства К и L в работе произведен расчет коэффициентов автокорреляции 1-го, 2-го, 3-го и 4-го порядков, представленных в виде автокорреляционной функции в таблице 1. Все расчеты показателей и построение математических моделей произведены средствами MS Excel.

Из приведенных в таблице 1 автокорреляционных функций следует вывод: рассматриваемые ряды динамики содержат сильную тенденцию, в них отсутствуют периодические колебания.

Таблица 1

Автокорреляционная функция динамических рядов

Лag (h)	Коэффициент автокорреляции (r_h)		
	Ряд динамики В	Ряд динамики L	Ряд динамики К
1	0,92502	0,96689	0,97767
2	0,82019	0,89909	0,95438
3	0,75691	0,80129	0,95515
4	0,61317	0,69189	0,95596

Чтобы исключить последствия воздействия случайных факторов на функционирование морского порта, произведено аналитическое выравнивание уровней приведенных рядов динамики. Для этого строились уравнения трендов для линейной, экспоненциальной, полиномиальной (параболической), степенной и логарифмической функций. Выбор вида функции времени производился по наибольшему значению коэффициента детерминации R^2 . В результате для выравнивания уровней ряда получены следующие модели тенденций (приведены на рисунках 1-3).



Рис. 1. График динамического ряда выручки ПАО «НМТП» и его экспоненциальный тренд

График динамического ряда стоимости основных средств ПАО «НМТП» можно увидеть на рисунке 2.



Рис. 2. График динамического ряда стоимости основных средств и его полиномиальный тренд

График динамического ряда среднегодовой заработной платы одного работника ПАО «НМТП» и его линейный тренд представлена на рисунке 3.



Рис. 3. График динамического ряда среднегодовой заработной платы одного работника ПАО «НМТП» и его линейный тренд

Таким образом, получены следующие модели тенденции развития:

- экспоненциальная для производственной функции V (выручки) $V = 4907,6e^{0,1159t}$, $R^2 = 0,9020$;
- полиномиальная для фактора производства – стоимости основных производственных фондов (K) $K = 6,7922t^2 - 46,16t + 566,73$, $R^2 = 0,9258$;
- линейная для фактора производства – среднегодовой заработной платы одного работника порта (L) $L = 0,0395t + 0,1185$, $R^2 = 0,9767$;

где t – фактор времени, которому при соответствующих расчетах присваивается порядковый номер;

R^2 – коэффициент детерминации, характеризующий долю вариации зависимой переменной, объясняемую рассматриваемой моделью зависимости, то есть фактором времени.

Полученные значения коэффициентов детерминации позволяют сделать вывод о высоком качестве подбора моделей трендов.

По найденным моделям определены выравненные (расчетные) значения показателей.

Исключив, таким образом, влияние случайных факторов на формирование показателей работы ПАО «НМТП» в последующих расчетах используют выравненные значения этих показателей. Произведен расчет модели производственной функции, получены следующие результаты (таблица 2).

Таблица 2

Вывод итогов

Регрессионная статистика			
Множественный R			0,9998
R-квадрат			0,9997
Нормированный R-квадрат			0,9997
Стандартная ошибка			0,0093
Наблюдения			16
Дисперсионный анализ			
	df	SS	F
Регрессия	2	4,566014	26003,28
Остаток	13	0,001141	
Итого	15	4,567155	
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика
Y-пересечение	6,2252	0,090965	68,4353
Переменная X 1	0,5856	0,012475	46,9455
Переменная X 2	0,6257	0,010676	65,1663

Линейная двухфакторная модель принимает вид:

$$\ln(B) = 6,2252 + 0,5856 \ln(K) + 0,6957 \ln(L) \tag{4}$$

Следовательно, исходная производственная функция Кобба-Дугласа, разработанная для ПАО «НМТП», представлена следующей математической моделью:

$$B = 505,33K^{0,5856}L^{0,6257} \tag{5}$$

В результате решения модели получили следующие значения коэффициентов эластичности:

$a = 0,5856$ означает, что при увеличении стоимости основных средств на 1% выручка порта увеличится на 0,5092%;

$b = 0,6257$ означает, что при росте среднегодовой заработной платы на 1% выручка порта увеличится на 0,6257%;

Из приведенных в таблице 2 результатов корреляционно-регрессионного анализа следует:

- значение индекса множественной корреляции $R = 0,9998$ и коэффициент детерминации $R^2 = 0,9997$ подтверждает наличие высокой связи между производственной функцией B и факторами K и L ;
- коэффициенты a и b регрессионной модели Кобба-Дугласа являются статистически значимыми при уровне значимости $\alpha=0,05$;
- оценка значимости в целом двухфакторной модели регрессии с помощью F-критерия Фишера показала значительное превышение расчетного значения ($F_{расч} = 26003,28$) над критическим значением ($F_{табл} = 3,63$), что позволяет принять гипотезу о статистической значимости модели;

- высокую аппроксимацию теоретических значений фактическим данным характеризует также средняя ошибка аппроксимации, равная 13,1%, что подтверждает качество построенной модели.

Вывод: построенная модель производственной функции Кобба-Дугласа для оценки взаимосвязей производственных факторов признается надежной и значимой. Степень влияния фактора L на результаты деятельности Компании несколько выше влияния фактора K , из чего можно сделать вывод о фондосберегающем (экстенсивном) развитии порта. Данный вывод подтверждается реализуемой ПАО «НМТП» инвестиционной политикой в части наращивания его производственных мощностей, что требует больших капитальных затрат. Однако в силу того, что различия в значениях технологических коэффициентов незначительны ($a = 0,5856$, $b = 0,6257$), можно сделать вывод о том, что повышение уровня технической оснащенности, так же, как и стимулирование труда работников порта через рост заработной платы, являются равноправными факторами в производственном процессе ПАО «НМТП». Коэффициенты линейной парной корреляции, полученные при проведении корреляционного анализа между функцией V и факторами K и L , равные соответственно 0,8731 и 0,9091 также подтверждают полученный результат исследования. Высокие значения коэффициентов корреляции указывают на достаточно сильную зависимость выручки порта от размеров его основных фондов и уровня материальной мотивации труда персонала.

Заключение

В ходе проведенного исследования получена производственная функция Кобба-Дугласа как модель производственного процесса ПАО «НМТП», апробация которой позволила выявить особенности формирования денежных потоков Компании: доходы, получаемые от реализации основной деятельности, в равной степени зависят от стоимости основных средств и уровня оплаты труда работников порта. Довольно сильная зависимость результатов работы Компании от указанных факторов производства подтверждается коэффициентами линейной корреляции.

Следует отметить, что рассматриваемая математическая модель предусматривает прямую зависимость между объемами и факторами производства. На практике такой зависимости не существует. Однако представляется возможным, что полученные результаты и приведенный алгоритм расчетов могут иметь теоретическое значение в виде более целостного представления о взаимосвязях и параметрах факторного воздействия на производственные процессы. Также очевидна практическая значимость в плане дальнейшего использования полученных данных при формировании и реализации производственной, инвестиционной и кадровой политики, принятии управленческих решений и выборе приоритетов развития предприятия.

Список литературы

1. Васецкая Н.О., Глухов В.В. Исследование деятельности университета в структуре кластера на основе модели Кобба-Дугласа // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2019. – Т. 12. – №3. – С. 153-161.
2. Грасс Е.Ю. Методика анализа показателей производственной деятельности стивидорных компаний // Экономический вектор. – 2019. – №4 (19). – С. 50-54.
3. Лепехина Ю.А. Перспективные направления роста грузооборота стивидорной компании // Экономика устойчивого развития. – 2019. – №2 (38). – С.220-226.
4. Зюкин Д.А., Жилин В.В. Применение функции Кобба-Дугласа при оценке развития сельскохозяйственного производства Курской области // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – №4-2. – (9-2). С. 299-302.

5. Максимова И.В., Алмосов А.П., Брехова Ю.В., Малышева Е.Н. Использование функции Кобба-Дугласа для анализа производства сельскохозяйственной продукции (на примере регионов ЮФО) // Финансовая экономика. – 2022.– №3. – С. 80-87.
6. Никитин А.А., Костров В.Н., Костров С.В. Моделирование организационно-экономического взаимодействия элементов портовой инфраструктуры комбинированных перевозок // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2017.– №50.– С. 206-212.
7. Суворов Н. В., Ахунов Р. Р., Губарев Р. В., Дзюба Е. И., Файзуллин Ф. С. Применение производственной функции Кобба - Дугласа для анализа промышленного комплекса региона // Экономика региона. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 187-200.
8. Симоненко Е.И. Производственная функция как инструмент исследований в экономике // Colloquium-Journal. – 2021. – №22-2(109). – С.64-67.
9. Тащилина А.Д., Костров В.Н., Смирнова И.П. Международные грузоперевозки в современных условиях // В сборнике: Транспорт: Проблемы, цели, перспективы (TRANSPORT 2021). Материалы II Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Под редакцией Е.В. Чабановой. Пермь.– 2021.– С. 655-662.
10. Худяков С.А., Тимченко Т.Н., Строительство сухогрузного района порта Тамань как стратегическое направление развития транспортно-логистических мощностей Азово-Черноморского бассейна // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2020. – №3 (32). – С. 62-66.
11. Юсим В.Н., Филиппов В.С. Производственная функция Кобба-Дугласа и управление экономико-технологическим развитием // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова.– 2018.– №2 (98). – С. 105-114.

References

1. Vaseckaja N.O., Gluhov V.V. Issledovanie dejatel'nosti universiteta v strukture klastera na osnove modeli Kobb-Duglasa Study of university activities in the cluster structure based on the Cobb-Douglas model. [Study of university activities in the cluster structure based on the Cobb-Douglas model]. Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Jekonomicheskie nauki [π-Economy], 2019, vol. 12, no. 3, pp.153-161.
2. Grass E.Ju. Metodika analiza pokazatelej proizvodstvennoj dejatel'nosti stividornyh kompanij. [Methodology for the analysis of indicators of production activities of stevedoring companies]. Jekonomicheskij vector [Economic vector], 2019, no.4 (19), pp. 50-54.
3. Lephina Ju.A. Perspektivnyye napravlenija rosta gruzooborota stividornoj kompanii. [Perspective directions of growth of cargo turnover of the stevedoring company]. Jekonomika ustojchivogo razvitija . [Economics of Sustainable Development], 2019, no.2 (38), pp.220-226.
4. Zjukin D.A., Zhilin V.V. Primenenie funkcii Kobb-Duglasa pri ocenke razvitija sel'skohozjajstvennogo proizvodstva Kurskoj oblasti [Application of the Cobb-Douglas function in assessing the development of agricultural production in the Kursk region]. Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovatelej XXI veka: teorija i praktika [Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2014, no. 4-2 (9-2), pp. 299-302.
5. Maksimova I.V., Almosov A.P., Brehova Ju.V., Malysheva E.N. Ispol'zovanie funkicii Kobb-Duglasa dlja analiza proizvodstva sel'skohozjajstvennoj produkcii (na primere regionov JuFO). [Using the Cobb-Douglas function to analyze the production of agricultural products (on the example of the regions of the Southern Federal District)]. Finansovaja jekonomika [Financial Economy], 2022, no. 3, pp. 80-87.
6. Nikitin A.A., Kostrov V.N., Kostrov S.V. Modelirovanie organizacionno-ekonomicheskogo vzaimodejstviya elementov portovoj infrastruktury kombinirovannyh perevozok [Modeling of the organizational and economic interaction of the elements of the port infrastructure of combined transportation]. Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta [Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport], 2017. no. №50, pp. 206-212.
7. Suvorov N. V., Ahunov R. R., Gubarev R. V., Dzubja E. I., Fajzullin F. S. Primenenie proizvodstvennoj funkicii Kobb - Duglasa dlja analiza promyshlennogo kompleksa regiona. [Application of the Cobb-Douglas production function to analyze the industrial complex of the region]. Jekonomika regiona [Economy of regions], 2020., vol. 16, no. 1, pp. 187-200.

8. Simonenko E.I. Proizvodstvennaja funkcija kak instrument issledovanij v jekonomike. [Production function as a research tool in economics]. Colloquium-Journal, 2021, no. 22-2(109), pp.64-67.
9. Tashchilina A.D., Kostrov V.N., Smirnova I.P. Mezhdunarodnye gruzopere-vozki v sovremennyh usloviyah [International freight carriers in modern conditions]. V sbornike: Transport: Problemy, celi, perspektivy (TRANSPORT 2021). Materialy II Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Pod redakciej E.V. CHabanovoj [In the collection: Transport: Problems, goals, prospects (TRANSPORT 2021). Materials of the II All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation. Edited by E.V. Chabanova.]. Perm', 2021, pp. 655-662.
10. Hudjakov S.A., Timchenko T.N., Stroitel'stvo suhogruznogo rajona porta Taman' kak strategicheskoe napravlenie razvitiya transportno-logisticheskikh moshhnostej Azovo-Chernomorskogo bassejna [Construction of the dry cargo area of the port of Taman as a strategic direction for the development of transport and logistics capacities of the Azov-Black Sea basin]. Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F.F. Ushakova [Bulletin of the Admiral Ushakov State Maritime University], 2020, no. 3(32), pp. 62-66 (in Russ.).
11. Jusim V.N., Filippov V.S. Proizvodstvennaja funkcija Kobba-Duglasy i upravlenie jekonomiko-tehnologicheskim razvitiem. [Cobb-Douglas production function and management of economic and technological development] . Vestnik RJeU im. G.V. Plehanova [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2018, no. 2 (98), pp. 105-114

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ботнарюк Марина Владимировна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономической теории, экономики и менеджмента, Государственный морской университет, 353924, Новороссийск, пр. Ленина, 93, e-mail: mia-marry@mail.ru.

Ксензова Наталья Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории, экономики и менеджмента, Государственный морской университет, 353924, Новороссийск, пр. Ленина, 93, e-mail: natksenzova@mail.ru

Marina V. Botnaryuk, Dr. Sci. (Econ.), Associate professor, Professor of the economic theory, economics and management Department, maritime state University, Lenin's avenue, 93, Novorossiysk, 353924, Russian Federation, e-mail: mia-marry@mail.ru

Natalya N. Ksenzova, Cn. Sci. (Econ.), Associate professor, Associate professor of the economic theory, economics and management Department, maritime state University, Lenin's avenue, 93, Novorossiysk, 353924, Russian Federation, e-mail: natksenzova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.12.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 08.12.2022; published online 20.03.2023.

УДК 351.791; 656.621/.626

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi74.347>

Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: стратегические задачи, проблемы и перспективы

Д. В. Дрейбанд¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0136-2495>

Д. А. Коршунов¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9908-4026>

А. О. Ничипорук¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7763-2829>

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. В статье приводятся результаты анализа показателей по объему перевозок грузов и грузообороту, приведено сравнение с зарубежными странами и прогноз развития перевозок по указанным показателям. Выполнено сравнение стоимости содержания путевой составляющей речного с наземными видами транспорта (железнодорожным и автомобильным). В результатах показано, что вложения бюджетных средств в инфраструктуру внутреннего водного транспорта является более эффективным и рациональным. Однако это не нашло своего отражения в целевых установках Транспортной стратегии Российской Федерации по изменению пропорций распределения грузовых перевозок в транспортном комплексе страны и увеличению финансирования развития инфраструктуры водного транспорта.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, перевозки, внутренний водный транспорт, проблемы развития, стратегия развития.

Development of river transport infrastructure: strategic objectives, problems and prospects

Dmitry V. Dreiband¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0136-2495>

Dmitry A. Korshunov¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9908-4026>

Andrey O. Nichiporuk¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7763-2829>

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The article presents the results of the analysis of indicators on the volume of cargo transportation and cargo turnover, a comparison with foreign countries and a forecast of the development of transportation according to these indicators. The equalization of the cost of maintaining the track component of the river with land modes of transport (rail and road) was carried out. The results show that the investment of budgetary funds in the infrastructure of inland waterway transport is more efficient and rational. However, this was not reflected in the targets of the Transport Strategy of the Russian Federation to change the proportions of distribution of freight traffic in the transport complex of the country and increase financing for the development of water transport infrastructure.

Keywords: transport infrastructure, transportation, river transport, development programs, development strategy.

Введение

Целью исследования является определение зависимости развития транспортной инфраструктуры внутреннего водного и сухопутных видов транспорта от финансирования в увязке со стратегическими целями и задачами. В связи с этим решались следующие научные задачи:

- провести анализ вклада внутреннего и сухопутных видов транспорта в систему грузодвижения страны через показатели объем перевозок и грузооборот;
- провести сравнительный анализ показателей перевозок внутреннего водного транспорта в России и зарубежных странах;
- провести анализ особенностей финансирования путевой инфраструктуры водного и сухопутных видов транспорта на основе нормативных документов отрасли.
- выявить зависимость показателей работы рассмотренных видов транспорта от объемов финансирования и дать рекомендации по подходу к финансированию путевой инфраструктуры внутреннего водного транспорта.

Инфраструктура внутреннего водного транспорта страны представляет собой обширную сеть судоходных внутренних водных путей с расположенными на ней 723 судоходными гидротехническими сооружениями, более 130 речными портами. Эксплуатируемый флот, принадлежащий российским судоходным компаниям, позволяет выполнять перевозки практически всех видов грузов в больших объемах. При этом на долю внутреннего водного транспорта в России приходится всего 1,5-2% общего объема перевозок грузов и грузооборота по сравнению с сухопутными видами транспорта (рис.1-2) [1]. Данная статья посвящена исследованию актуальной проблемы сбалансированного развития всех видов транспорта, в том числе инфраструктурных аспектов.

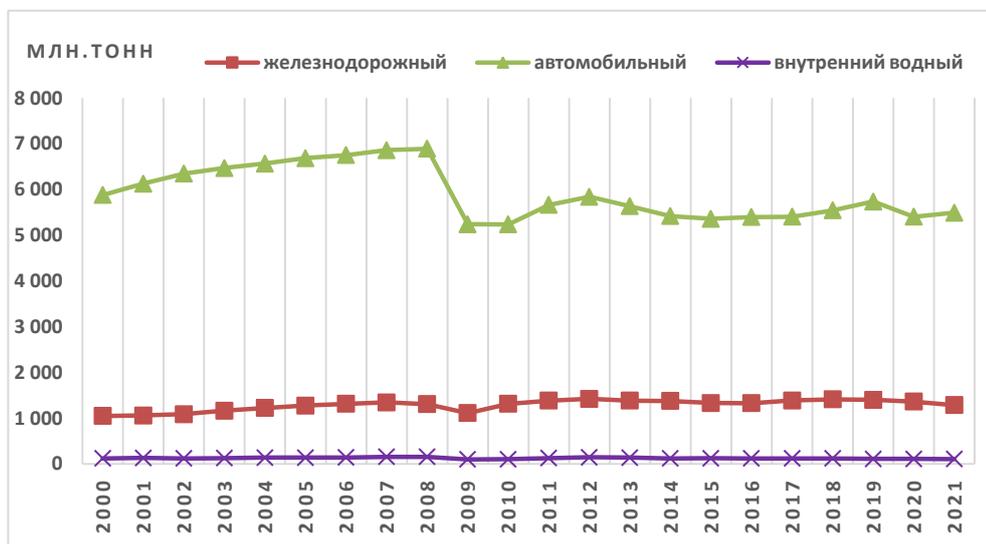


Рис. 1. Объем перевозок по видам транспорта

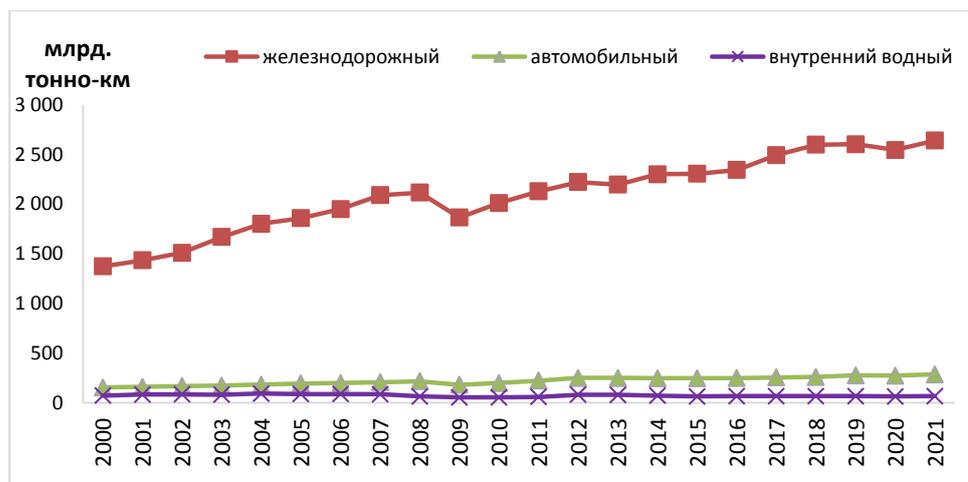


Рис. 2. Грузооборот по видам транспорта

Как видно из рис. 1, не наблюдается роста объема грузоперевозок, который колеблется в интервале 100-150 млн. тонн. При этом наибольший объем грузоперевозок речным транспортом в размере 580 млн.т. был достигнут в 1989 году, а в последние годы он менее 130 млн.т., т.е. меньше в 4-5 раз. При сравнении долей участия речного транспорта в системах грузодвижения зарубежных стран очевидно кратное отставание отечественного (рис. 3) [1].

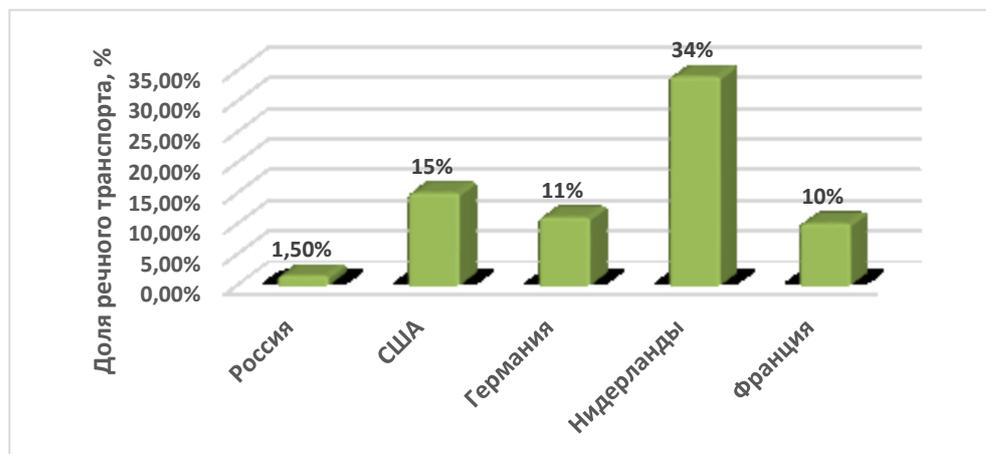


Рис. 3. Доля внутреннего водного транспорта в общем объеме перевозки грузов всеми видами транспорта в России и за рубежом

Далее авторы изучили соотношение общей длины путевой транспортной инфраструктуры внутреннего водного и смежных видов транспорта (железных и автомобильных дорог) в разных странах – рис.4.

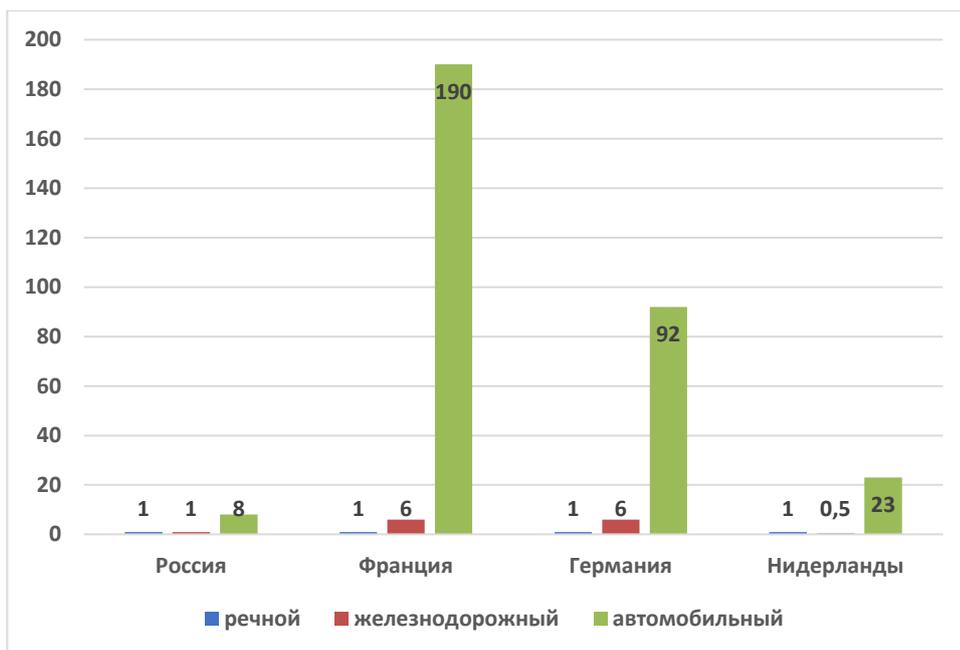


Рис. 4. Соотношение протяженности путей сообщения в разных странах

Таким образом наибольший удельный вес во всех показанных странах занимают смежные виды транспорта, причем в России это соотношение наиболее выгодное с точки зрения обеспеченности экономики страны внутренними водными путями. Однако по ряду причин их использование нельзя назвать интенсивным, и происходит перекос объемов перевозок на сухопутные виды транспорта.

Методы

Далее авторы, анализируя причины этого, обратили внимание на показатели уровня логистических издержек в экономике. Так, в России среднее значение издержек грузодвижения составляет 15% (в мире в среднем это 10,9%), в Германии логистические издержки определяются на уровне 8,8%, в США это сравнимые 8,2%. По мнению авторов статьи объяснить это поможет показатель «индекс эффективности грузовой логистики (Logistics Performance Index), по которому Россия имеет серьезное отставание от лидеров по данному показателю – Германия, Швеция, Бельгия, Япония, Сингапур имеют индекс 4 балла и более, Россия занимает 75-е место при 2,76 баллах.

При этом, Министерством транспорта РФ целевой показатель уровня логистических издержек, также планируется на уровне 15% в ВВП к 2024 г. и до 12,0% в ВВП к 2035 г. Это означает, что эффективность логистики западных стран не будет достигнута в обозримом будущем, а стратегические задачи развития транспорта страны не отражают эффективные ресурсы роста, такие как развитие воднотранспортной отрасли в тех направлениях, которые позволят сократить уровень логистических издержек и приблизиться к показателям западных стран. По мнению авторов статьи, большую роль в сокращении себестоимости перевозок должен играть именно речной транспорт.

Авторами был применен интегрированный подход при исследовании проблем развития транспортной инфраструктуры с учётом стратегических задач развития, рассмотренных ранее [2,3,4]. Исследование текста обновленной Транспортной стратегии на период до 2035 года [5] показало, что данный документ также не предлагает существенных структурных изменений, направленных на развитие

объемов перевозок грузов по внутренним водным путям. В Транспортной стратегии отражены только тенденции по переходу на мультимодальные технологии и цифровизация транспортной отрасли.

Многие научные исследования [6-11] акцентируют внимание на низком уровне использования в России речных путей и маршрутов для перевозки пассажиров и грузов. При этом отмечается низкий уровень качества, прежде всего за счет отсутствия доступности транспортных услуг, в том числе и в регионах, где речной транспорт безальтернативен в системе жизнеобеспечения.

Результаты

Анализ разнообразных источников информации [12-17], проведенный авторами в ходе исследования объемов финансирования транспортной инфраструктуры водного и смежных видов транспорта, показал системное недофинансирование внутреннего водного транспорта, что определяет отставание внутреннего водного транспорта от конкурентов и тем самым ухудшает показатели эффективности логистики страны в целом.

Так, авторы убеждены, что имеет рациональный смысл пересмотреть подходы к финансированию инфраструктуры сухопутных путей, идущих параллельно речным маршрутам [3]. При выделении государственного финансирования, направляемого на содержание путевой инфраструктуры речного и смежных видов транспорта, следует учитывать относительную оценку, приводящую расходы государственного бюджета к пропускной способности путей сообщения. Подробно данный подход описан авторами в раннем исследовании [3]. Здесь мы приведем только результаты сравнения годовой стоимости содержания 1 км путевой инфраструктуры:

- стоимость содержания 1 км автодороги составляет 2,8 млн. руб. [17] при её пропускной способности 3-5 тыс. тонн в сутки;
- аналогичный показатель для железнодорожного транспорта в зависимости от конструкции пути находится в пределах 949,7-996,7 руб. [12] при пропускной способности от 150,5 до 430 тыс. тонн в сутки.
- речная путевая инфраструктура при стоимости содержания в среднем 100-150 тыс. руб. за километр [15] обеспечивает пропускную способность в пределах 30-150 тыс. тонн в сутки (30 судов в сутки).

Наглядно сравнительная оценка величины расходов государственного бюджета к пропускной способности путей сообщения представлена на рис.5.



Рис. 5. Соотношение стоимости содержания одного километра транспортной инфраструктуры, приведенной к тонне пропускной способности пути, руб/ткм [4]

Авторы пришли к заключению, что более активное развитие железнодорожной и речной транспортной инфраструктур, с учетом взаимодействия этих двух видов транспорта (что предполагают стратегические задачи, описанные в обновленной Транспортной стратегии РФ до 2035 г.), представляется более рациональным с точки зрения экономии бюджетных средств, особенно на фоне их острого дефицита из-за увеличения оборонного бюджета начиная с 2022 года.

Обсуждение

Таким образом, на основе представленного авторского анализа и сделанных рекомендаций предлагается на обсуждение вынести вопросы и задачи решения проблем развития внутреннего водного транспорта:

- применить новый подход к финансированию транспортной инфраструктуры на основе соотношения расходов государственного бюджета к пропускной способности путей сообщения.
- повышение эффективности государственного финансирования межрегиональных перевозок в рамках единых транспортно-логистических схем;
- развитие современной системы терминалов и взаимодействующих перевозчиков для качественного обслуживания прямых смешанных, комбинированных и мультимодальных грузопотоков;
- обоснование научно-практических и методических подходов к организации взаимодействия перевозчиков смежных видов транспорта с целью сокращения транспортных издержек грузовладельцев;
- стимулирование постройки новых типов грузовых и пассажирских судов в увязке со стратегическими задачами развития единой транспортной системы страны
- совершенствование законодательства, регулирующего смешанные (комбинированные) и мультимодальные перевозки грузов и пассажиров в части их организации и упрощения документального оформления.

Выводы

В заключение следует отметить, что цель исследования, заключающаяся в определении зависимости развития транспортной инфраструктуры внутреннего водного и сухопутных видов транспорта от финансирования в увязке со стратегическими целями и задачами достигнута. Решены задачи по анализу показателей перевозочной деятельности рассмотренных видов транспорта, в том числе проведена сравнительная оценка востребованности внутреннего водного транспорта в России и зарубежных странах. Данное исследование наглядно показывает недостаточную востребованность речного транспорта несмотря на перспективы его провозной способности и зависимость показателей работы внутреннего водного транспорта от объемов его финансирования.

Проведенный анализ современного состояния и перспектив развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации показывает наличие возможности его эффективного функционирования и обеспечения повышения качества обслуживания потребителей транспортных услуг за счет нового подхода к государственному финансированию развития транспортной инфраструктуры. Так, авторы убеждены, что имеет рациональный смысл предложить подход к финансированию путевой инфраструктуры сухопутных путей, идущих параллельно речным маршрутам, с учетом показателей величины расходов государственного бюджета к пропускной способности путей сообщения водного и конкурирующих сухопутных видов транспорта.

В частности, имеет смысл предусмотреть дополнительное финансирование внутреннего водного транспорта для решения ряда проблем инфраструктурного характера, сдерживающих темпы его развития по следующим направлениям: модернизация портовой инфраструктуры в соответствии с целевым показателем «развитие мультимодальных узловых центров на внутренних водных путях»; реализовать на практике мероприятия по обеспечению гарантированных глубин судового хода на всем протяжении единой глубоководной системы Центральной части страны, что повысит эффективность транспортно-логистических схем с участием внутреннего водного транспорта; развивать мультимодальные транспортные технологии на внутреннем водном транспорте за счет увеличения интенсивности товарообмена посредством судов смешанного река-море плавания. В настоящее время для реализации этих рекомендаций требуется разработать подобные мероприятия и национальные программно-целевые документы.

Список литературы

1. Российский статистический ежегодник. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>
2. Дрейбанд, Д.В., Коршунов Д.А. Программно-целевые задачи формирования и логистического развития объектов береговой инфраструктуры на внутреннем водном транспорте. Научные проблемы водного транспорта. №67(2), 2021, С.53-64.
3. Дрейбанд, Д.В. Проблемы развития инфраструктуры внутреннего водного транспорта с учётом стратегических задач / Дрейбанд Д.В., Коршунов Д.А., Ничипорук А.О. // В сборнике: Транспорт. Горизонты развития. Труды 2-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2022. Режим доступа: http://вф-река-море.рф/2022/PDF/1_10.pdf
4. Дрейбанд, Д.В., Коршунов, Д.А. Актуальные стратегические задачи развития внутреннего водного транспорта с учетом зарубежного опыта. В сборнике: Транспорт. Горизонты развития. Труды 1-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2021. С. 4.
5. Распоряжение Правительства РФ № 3363-р от 27 ноября 2021 г. Режим доступа <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>
6. Барсуков, К.Г. Некоторые аспекты существующего состояния транспортной инфраструктуры России / К. Г. Барсуков, О. В. Романченко // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2015. – № 2 (13). – С. 44–47.
7. Гончаренко, Е.С. Интегральная оценка МТК как производственно-технологических комплексов и объектов многоцелевого назначения. // Вестник университета. – 2015. – № 2. – С.15–20.
8. Давыденко, Е.А. Изменение транспортной инфраструктуры под влиянием экономического развития общества / Е.А. Давыденко, А.В. Галин // Вестник АГТУ. – 2021. – № 1 (71). – С. 72–76. DOI: 10.24143/1812-9498-2021-1-72-76
9. Изотов, О.А. Роль транспортно-логистических кластеров в формировании контейнерных коридоров перевозок сборных грузов / О.А. Изотов, А.Л. Кузнецов, Д.Л. Головцов // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2020. – № 2. – С. 127–136. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-127-136.
10. Кондратьев, В.Б. Инфраструктура как фактор экономического роста / В. Б. Кондратьев // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 11. – № 11. – С. 29–36.
11. Мустакаева, Е.А. Ключевые проблемы функционирования и развития инфраструктуры внутреннего водного транспорта. Вестник Государственного Университета Морского и Речного флота им. адмирала С.О. Макарова, №1, 2013, С. 137-145.
12. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути, утверждённая распоряжением ОАО "РЖД" от 19.10.2021 N 2246/р, Размер затрат на текущее содержание конструкции верхнего строения пути, утвержденных ОАО «РЖД» от 23.04.2021 № 18239/ЦДИ
13. Методика оценки инфраструктурных проектов, источником финансового обеспечения расходов на реализацию которых являются бюджетные кредиты из федерального

- бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на финансовое обеспечение реализации инфраструктурных проектов, направленных на комплексное развитие городского электрического транспорта и автомобильного транспорта общего пользования, выполнение работ по освещению и благоустройству территорий и реализуемых на основании концессионных соглашений с привлечением средств Фонда национального благосостояния. Режим доступа:
<https://mintrans.gov.ru/documents/10/11718>
14. Наумова, Л.В. Методические аспекты развития механизмов распределения бюджетных средств при проектной реализации государственных программ Российской Федерации / Л. В. Наумова, В. В. Клевцов // Финансовая жизнь. - 2017. - № 1. - С.103-108.
 15. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.12.2014 г. № 1295 «Об утверждении нормативов финансовых затрат на содержание внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений».
 16. Плотникова Е.С. Управление инвестициями в развитии путевой инфраструктуры внутреннего водного транспорта: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук: специальность 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством. - Москва, 2016. - 27 с.
 17. Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ (ред. от 15.04.2022) "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", постановление Правительства Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 1737 «Об утверждении Правил ремонта и содержания автомобильных дорог общего пользования федерального значения».

References

1. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik. Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>
2. Drejband, D.V., Korshunov D.A. Programmno-celevye zadachi formirovaniya i logisticheskogo razvitiya ob'ektov beregovoj infrastruktury na vnutrennem vodnom transporte. Nauchnye problemy vodnogo transporta. №67(2), 2021, P.53-64.
3. Drejband, D.V. Problemy razvitiya infrastruktury vnutrennego vodnogo transporta s uchytom strategicheskikh zadach / Drejband D.V., Korshunov D.A., Nichiporuk A.O. // V sbornike: Transport. Gorizonty razvitiya. Trudy 2-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma. Nizhnij Novgorod, 2022. Rezhim dostupa: http://vf-rekamore.rf/2022/PDF/1_10.pdf
4. Drejband, D.V., Korshunov, D.A. Aktual'nye strategicheskie zadachi razvitiya vnutrennego vodnogo transporta s uchetom zarubezhnogo opyta. V sbornike: Transport. Gorizonty razvitiya. Trudy 1-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma. Nizhnij Novgorod, 2021. P. 4.
5. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF № 3363-r ot 27 noyabrya 2021 g. Rezhim dostupa <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>
6. Barsukov, K.G. Nekotorye aspekty sushchestvuyushchego sostoyaniya transportnoj infrastruktury Rossii / K. G. Barsukov, O. V. Romanchenko // Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.YU. Vitte. Seriya 1: Ekonomika i upravlenie. – 2015. – № 2 (13). – P. 44–47.
7. Goncharenko, E.S. Integral'naya ocenka MTK kak proizvodstvenno-tekhnologicheskikh kompleksov i ob'ektov mnogocелеvogo naznacheniya. //Vestnik universiteta. □ 2015. □ № 2. □ P.15□20.
8. Davydenko, E.A. Izmenenie transportnoj infrastruktury pod vliyaniem ekonomicheskogo razvitiya obshchestva / E.A. Davydenko, A.V. Galin // Vestnik AGTU. – 2021. – № 1 (71). – P. 72–76. DOI: 10.24143/1812-9498-2021-1-72-76
9. Izotov, O.A. Rol' transportno-logisticheskikh klasterov v formirovanii kontejnerykh koridorov perevozok sbornyh gruzov / O.A. Izotov, A.L. Kuznecov, D.L. Golovcov // Vestnik AGTU. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. – 2020. – № 2. – P. 127–136. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-127-136.
10. Kondrat'ev, V.B. Infrastruktura kak faktor ekonomicheskogo rosta / V. B. Kondrat'ev // Rossijskoe predprinimatel'stvo. – 2017. – T. 11. – № 11. – P. 29–36.

11. Mustakaeva, E.A. Klyuchevye problemy funkcionirovaniya i razvitiya infrastruktury vnutrennego vodnogo transporta. Vestnik Gosudarstvennogo Universiteta Morskogo i Rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova, №1, 2013, P. 137-145.
12. Instrukciya po tekushchemu sodержaniyu zheleznodorozhnogo puti, utverzhdyonnaya rasporyazheniem OAO "RZHD" ot 19.10.2021 N 2246/r, Razmer zatrat na tekushchee sodержanie konstrukcii verhnego stroeniya puti, utverzhdeny OAO «RZHD» ot 23.04.2021 № 18239/CDI
13. Metodika ocenki infrastrukturnykh proektov, istochnikom finansovogo obespecheniya raskhodov na realizaciyu kotorykh yavlyayutsya byudzhetye kredyty iz federal'nogo byudzheta byudzheta sub"ektov Rossijskoj Federacii na finansovoe obespechenie realizacii infrastrukturnykh proektov, napravlennykh na kompleksnoe razvitiye gorodskogo elektricheskogo transporta i avtomobil'nogo transporta obshchego pol'zovaniya, vypolnenie rabot po osveshcheniyu i blagoustrojstvu territorij i realizuemykh na osnovanii koncessionnykh soglashenij s privlecheniem sredstv Fonda nacional'nogo blagosostoyaniya. Rezhim dostupa: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/11718>
14. Naumova, L.V. Metodicheskie aspekty razvitiya mekhanizmov raspredeleniya byudzhetykh sredstv pri proektnoj realizacii gosudarstvennykh programm Rossijskoj Federacii / L. V. Naumova, V. V. Klevcov // Finansovaya zhizn'. - 2017. - № 1. - P. 103-108.
15. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 02.12.2014 g. № 1295 «Ob utverzhdenii normativov finansovykh zatrat na sodержanie vnutrennih vodnykh putej i sudohodnykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij».
16. Plotnikova E.S. Upravlenie investitsiyami v razvitiy putevoj infrastruktury vnutrennego vodnogo transporta: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk: special'nost' 08.00.05 Ekonomika i upravlenie narodnym hozyajstvom. - Moskva, 2016. - 27 p.
17. Federal'nyj zakon ot 08.11.2007 № 257-FZ (red. ot 15.04.2022) "Ob avtomobil'nykh dorogah i o dorozhnoj deyatel'nosti v Rossijskoj Federacii i o vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii", postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 26.10.2020 g. № 1737 «Ob utverzhdenii Pravil remonta i sodержaniya avtomobil'nykh dorog obshchego pol'zovaniya federal'nogo znacheniya».

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Дрейбанд Дмитрий Владимирович, к.э.н., доцент, доцент кафедры управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г.Нижний Новгород, ул.Нестерова, 5, e-mail: dreyband_dv@inbox.ru

Коршунов Дмитрий Александрович, к.э.н., доцент, доцент кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г.Нижний Новгород, ул.Нестерова, 5, e-mail: voi82@yandex.ru

Ничипорук Андрей Олегович, д.т.н., доцент, профессор кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г.Нижний Новгород, ул.Нестерова, 5, e-mail: nichiporouk@rambler.ru

Dmitry V. Dreiband, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Management, Volga State University of Water Transport (VSUVT), 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-mail: dreyband_dv@inbox.ru

Dmitry A. Korshunov, Ph.D. in Economic Science, Associate professor of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water transport, 5, Nesterovst. Nizhny Novgorod, 603950, e-mail: voi82@yandex.ru

Andrey O. Nichiporuk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport (VSUVT), 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-mail: nichiporouk@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 29.11.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 29.11.2022; published online 20.03.2023.

УДК 338.242.2

DOI: 10.37890/jwt.vi74.350

Перезагрузка международного транспортного коридора «Север – Юг»

В.И. Минеев¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5079-7922>

Д.А. Почекаев¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8856-8079>

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Соглашение о создании международного транспортного коридора «Север – Юг» между Россией, Ираном и Индией было подписано в сентябре 2000 года. Договаривающиеся стороны предполагали увеличить торговый обмен и транзитные перевозки в целях ускорения экономического роста как в самих странах, так и в регионах прохождения маршрута. Последующие события в мире способствовали внесению серьезных корректив, оказавших негативное влияние на его развитие: ряд волн экономического спада, вторжение США в Ирак и Афганистан, возникновение инициативы «один пояс- один путь», специальная военная операция России на Украине. Все это привело к существенному изменению товарных потоков и пониманию значимости данного транспортного коридора.

Ключевые слова. Международные транспортные коридоры, внешнеторговые перевозки водным транспортом, их эффективность, конкурентоспособность.

Reloading of the international transport corridor "North-South"

Valery I. Mineev¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-000-5079-7922>

Dmitry A. Pochekaev¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8856-8079>

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The agreement on the creation of the international transport corridor "North-South" between Russia, Iran and India was signed in September 2000. The contracting parties intended to increase trade exchange and transit traffic in order to accelerate economic growth both in the countries themselves and in the regions of the route. Subsequent events in the world contributed to the introduction of serious adjustments that had a negative impact on its development: a series of economic downturns, the US invasion in Iraq and Afghanistan, the emergence of the One Belt, One Road Initiative, and Russia's special military operation in Ukraine. All this led to a significant change in commodity flows and an understanding of the significance of this transport corridor.

Keywords. International transport corridors, foreign trade transportation by water transport, their efficiency, competitiveness.

Введение

В результате экономических санкций, введенных коллективным Западом после начала специальной операции России в Украине, грузооборот портов Азово - Черноморского и Балтийского бассейнов резко сократился. Одно из возможных решений проблемы – это переориентация грузопотоков с западного направления на южное и использование мультимодального маршрута МТК «Север – Юг».

В 1999 г. группа российских, иранских и индийских транспортных фирм подписала соглашение об экспортно-импортной транспортировке контейнеров по этому пути, придав ему официальный статус. В сентябре 2000 г. на второй Евроазиатской конференции по транспорту в Санкт-Петербурге между Россией, Ираном и Индией было подписано межправительственное соглашение, которое провозглашало создание транспортного коридора под названием «Север – Юг». В феврале 2002 г. РФ ратифицировала это соглашение, а в мае страны-участницы подписали протокол об официальном открытии МТК.

Начало было многообещающим и за 2000 и 2001 годы было перевезено 2400 сорокафутовых контейнеров группой ирано-индийской и ирано-российской компаний. Однако в 2002 году движение по коридору было прекращено. Остался действующим лишь участок, соединяющий Россию и Иран по Каспийскому морю. Причины приостановки называют разные: и технико-логистические, и финансовые, и политические, и стратегические [1].

Несмотря на это, проект МТК «Север – Юг» остается привлекательным не только в сложившейся геополитической обстановке, но и в перспективе [2,3].

Методология

Санкции коллективного Запада привели к закрытию не только Европы, но, по большому счету, и Мирового океана. В этих условиях МТК «Север – Юг» может стать одним из основных маршрутов экспортно-импортных перевозок. Однако на протяжении более 20 лет ни Россия, ни Иран не проявляли к нему особого интереса. В итоге транспортный коридор представляет собой набор логистически не связанных между собой маршрутов с неразвитой инфраструктурой и проблемами юридического характера. Однако страны, тяготеющие к нему, заинтересованы в реализации его транзитного потенциала. Сегодня России крайне важно превратить его в работающий транспортный коридор с соответствующей инфраструктурой, что может послужить хорошим стимулом для российской экономики.

Целью настоящего исследования является оценка возможности эффективного функционирования МТК «Север – Юг» и потенциального строительства транс-Иранского Каспийского канала. При проведении исследований были использованы методы сравнительного анализа и типологии.

Результаты

Анализ стратегических документов развития транспортной системы России свидетельствует о том, что проект МТК «Север – Юг» около двадцати лет находит себе место в стратегических документах Российского Правительства, однако конкретные задачи по нему не ставились и соответствующие расходы не предусматривались [4 -8].

Так, стратегия развития железнодорожного транспорта 2008 года не предусматривала строительство участков железных дорог, которые могли бы быть частью МТК «Север – Юг».

В стратегии развития транспорта до 2030 года, утвержденной Правительством в 2011 году, актуализированы целевые ориентиры по видам транспортной деятельности ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)» и Государственной программы РФ «Развитие транспортной системы». Однако развитию южного направления в стратегии внимание практически не уделяется.

В Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной в 2016 году предусматривались мероприятия способствующие повышению провозной способности Единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации, реализация которых привела бы к увеличению объемов перевозок в европейских бассейнах к 2030 году в 2,2 раза по

сравнению с 2010 годом, в том числе транзитных грузов по МТК «Север – Юг». Однако объем перевозок грузов и объем их переработки в портах внутренним водным транспортом после 2012 года имеет тенденцию к снижению, и его удельный вес в общем объеме перевозок в 2021 году составил лишь 1,6 % (Рис.1). Федеральным проектом «Внутренние водные пути» за счет строительства Нижегородского низконапорного гидроузла и Багаевского гидроузла на Дону планировалось увеличение пропускной способности внутренних водных путей соответственно на 36,6 и 19 млн. т. Однако строительство гидроузлов по тем или иным причинам сдвинулось на более позднюю перспективу.

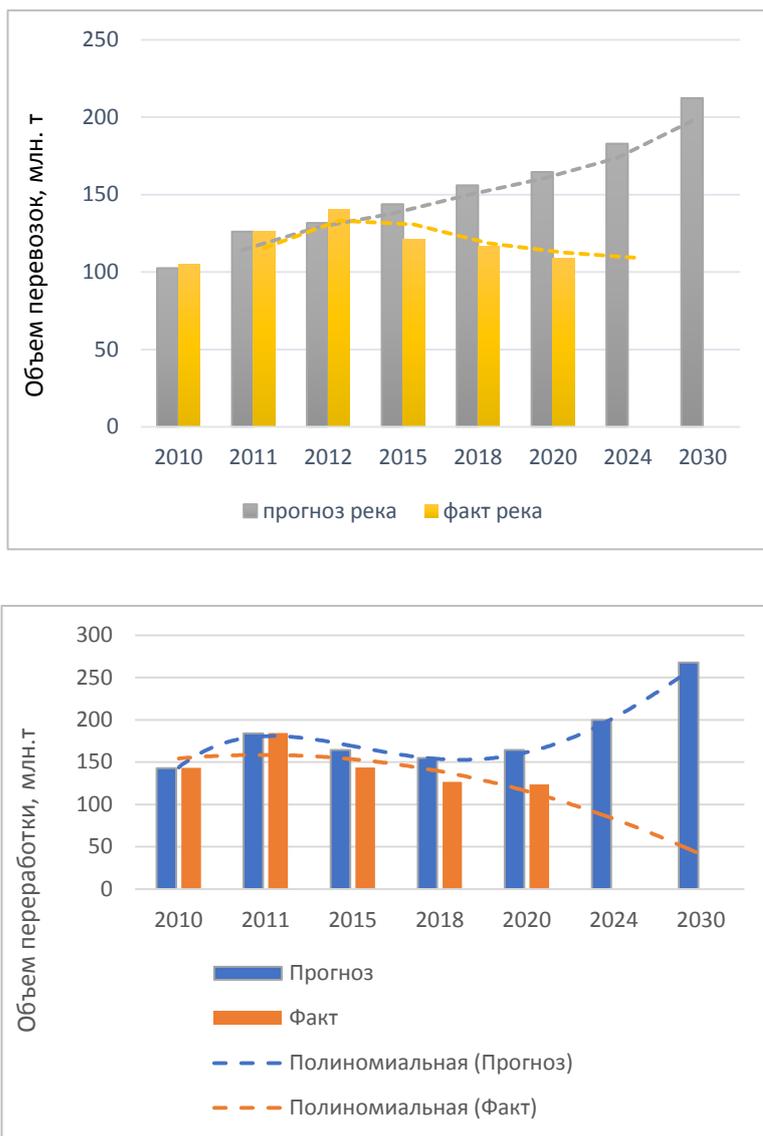


Рис. 1. Прогноз объема перевозок и переработки в портах внутренним водным транспортом по базовому варианту стратегии и его выполнение.

Источник: по данным информационно-статистического бюллетеня Транспорт России и [7]

Из всего перечня стратегических правительственных документов в области транспорта наиболее конкретным в отношении МТК «Север – Юг» является «Стратегия развития российских морских портов в Каспийском бассейне, железнодорожных и автомобильных подходов к ним в период до 2030 г.». В документе отмечается, что сотрудничество в Каспийском регионе могло бы быть более эффективным и создать необходимые условия для увеличения объемов грузопотоков через российские порты⁷. Несмотря на положительные сдвиги в торговле между Россией и Ираном, доля последнего в российской торговле остается едва заметной: всего 0,5%. При этом экспорт из России превышает импорт из Ирана более, чем в три раза. Проблема участия Индии в транспортном коридоре заключается в том, что основными торговыми партнерами Индии являются Китай, США и ОАЭ, на их долю приходится порядка 30% всей внешней торговли Индии. Доля России во внешней торговле Индии так же, как и доля Индии во внешней торговле России находится на уровне 1-2 %⁸. В перспективе с целью увеличения товарооборота в качестве обратной загрузки в порты Ирана и Индии предполагается использование сельхозпродукции Северо-Кавказского Федерального округа, что также положительно скажется на развитии этого региона. Реализация предусмотренных мероприятий предполагала строительство к 2025 году нового морского глубоководного порта в г. Каспийске, а также сопутствующей инфраструктуры: железнодорожных и автомобильных подходов, складских помещений. Финансирование строительства порта планировалось на основе государственно-частного партнерства, при этом частные инвестиции должны были быть основными, источник которых неочевиден.

Неопределенность с источниками финансирования послужила, по всей видимости, причиной отсутствия упоминания о терминале в Каспийске в «Комплексном плане модернизации и расширения магистральной инфраструктуры до 2024 года». В федеральном проекте «Морские порты России» отсутствуют также сведения о строительстве терминала. В данном документе лишь отмечается, что в портах Каспия в 2019–2024 годах предусмотрено увеличение мощности каспийских портов на один млн. тонн в результате развития портовой инфраструктуры.

В своем указе от 07.05.2018 г. Президент России упоминает МТК «Север – Юг» дважды. Во-первых, согласно этому указу, правительство на основе стратегии пространственного развития России должно до 1 октября 2018 года утвердить комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, обеспечивающий к 2024 году развитие транспортных коридоров «Запад-Восток» и «Север – Юг». Однако список поручений к этому пункту из 7 подпунктов относится лишь к МТК «Запад – Восток». Еще одно упоминание встречается в пункте касающемся электрификации МТК «Север – Юг».

В Стратегии пространственного развития России до 2025 года, утвержденной в феврале 2019 г. отмечается, наряду с МТК «Восток – Запад», приоритетность МТК «Север – Юг» для целей развития магистральной транспортной инфраструктуры. Стратегией предусматривается *«увеличения мощностей морских портов Российской Федерации, включая порты Азово-Черноморского, Балтийского, Дальневосточного, Арктического и Каспийского бассейнов; создание инфраструктуры связи для беспроводной передачи данных на автомобильных дорогах федерального значения и железных дорогах, входящих в первую очередь в транспортные коридоры "Запад - Восток" и "Север – Юг"»*⁹. Этот документ свидетельствует также о том, что МТК

⁷ Стратегия развития российских морских портов в Каспийском бассейне, железнодорожных и автомобильных подходов к ним в период до 2030 г.

⁸ Коновалова Ю. А. Россия – Индия: особенности взаимной торговли на современном этапе. Вестник РУДН. Серия: Экономика. Т.25. №3. С7295-308

⁹ Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года

«Север – Юг» как проект с конкретными датами исполнения и целевыми показателями не просматривается.

В ноябре 2021 г. утверждена Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г., в которой скорректированы цели и задачи транспорта с учетом негативных последствий, вызванных пандемией коронавирусной инфекцией. В документе декларируется развитие международных транспортных коридоров, проходящих через Россию. Отмечается, что наличие конкретных железнодорожных маршрутов между Россией и Азербайджаном обеспечивают грузопоток по МТК «Север – Юг». Однако для реализации его как проекта региональной интеграции необходимо наращивать мощности товаропотока. В этой связи существует потенциал привлечения транзитных грузопотоков из стран глобального Востока, Персидского и Оманского заливов¹⁰. В качестве цели при ликвидации лимитирующих участков на Единой глубоководной системе России планируется увеличение на 13 млн. тонн транзитной пропускной способности по МТК «Север – Юг». Однако примечательным является то, что в Стратегии Каспийский бассейн как таковой не упоминается, а подается в совокупности с Азово-Черноморским бассейном.

Проведенный анализ показал, что до недавнего времени МТК «Север – Юг» не являлся проработанной стратегической целью правительства России. Он мало упоминался в стратегических документах развития транспорта, целевые показатели его развития и сроки их достижения приводились без подробностей. Развитие транспортного коридора предусматривалось лишь в будущем. Причиной такого состояния дел могли быть вторичные санкции, грозившие тем, кто сотрудничает с Ираном без специального разрешения ООН.

Антироссийские санкции, введенные коллективным Западом, вынуждают активно работать над преодолением препятствий в отношении внешней торговли, поскольку импорт упал на 40%. В этих условиях Россия вспомнила о планах развития перевозок в южном направлении. Эксперты утверждают, что транзит грузов через Иран в Персидский залив и далее в Индию и Юго-Восточную Азию может стать значительным стимулом для российской экономики [9,10].



Рис. 2. Международный транспортный коридор «Север – Юг»
Источник: Википедия

¹⁰Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года

МТК «Север-Юг» состоит из восточной и западной ветки (Рис.2). Западная ветка через Азербайджан предусматривает перевозку автомобильным транспортом через г. Решат, восточная – через Казахстан и Туркмению железнодорожным транспортом. Возможны также перевозки водным транспортом из России в Иран. Конечной точкой иранской составляющей маршрута является порт Бендер-Аббас.

В сложившейся ситуации этот маршрут может стать не столько альтернативой перевозок грузов из Европы, сколько более короткой альтернативой для перевозки грузов из Индии и Латинской Америки в нашу европейскую часть. Вместе с тем анализ показал, что МТК «Север – Юг» представляет собой набор различных логистически не связанных между собой маршрутов. Приобретает особое значение координация и взаимодействие всех составляющих транспортного коридора – автомобильного, железнодорожного, водного видов транспорта, выстраивание эффективных систем управления перевозками на основе информационных платформ, формирование цифрового транспортного коридора.

Данный международный маршрут задумывался как драйвер экономического развития юга России и активизации торговли с Индией и Ираном, однако полностью достичь этих целей на сегодняшний день не удалось в связи с отсутствием инвестиций в последние десять лет в его развитие. Портовая инфраструктура в российских портах на Каспии не может обеспечить их эффективную эксплуатацию, поскольку порт Астрахань замерзает, а порт Махачкала не имеет контейнерного терминала. В итоге имеем тот факт, что в 2021 году все три порта на Каспии перевалили всего 7 млн. тонн, в то время как грузооборот портов на других направлениях (Дальний Восток, Санкт-Петербург и Новороссийск) превышал по каждому направлению 200 млн. тонн [11]. Сегодня маршрут не готов к кратному увеличению перевозок из-за проблем с инфраструктурой и юридической составляющей.

Однако России сейчас жизненно важно добиться того, чтобы МТК «Север – Юг» стал полностью работающим транспортным коридором с развитой инфраструктурой. И в этом направлении делаются определенные шаги.

В феврале 2020 г. российская компания «РЖД Логистика» и индийская корпорация CONCOR подписали соглашение о предоставлении индийской стороной контейнерного парка и другого оборудования для организации перевозок по транспортному коридору «Север – Юг». В июле 2022 г. со станции Чехов в Подмоскowie был отправлен поезд из 39 контейнеров в иранский порт Бендер-Аббас и далее паромом в индийский порт Мумбаи. Транзитное время по этому маршруту составляет 35-37 дней. Необходимо отметить, что тестовая отправка грузов по этому маршруту состоялась еще в 2014 году и выявила значительное превышение ожидаемого времени доставки. Существенное влияние на это оказали простои в портах. Строительство логистического комплекса в порту Оля и зернового терминала в Махачкале, увеличение проходной осадки до 4,3 м. на Волго-Каспийском канале будут способствовать увеличению транзита по МТК «Север – Юг». Сегодня России необходимо реформирование экспортно-импортных коридоров.

Отметив заинтересованность России в развитии сотрудничества и транспортного коридора, Иран подал заявку на вступление в БРИКС. Для него чрезвычайно важно развитие проектов «Один пояс – один путь» и коридора «Север – Юг», поскольку в этом случае Иран превращается в «торговые ворота» для китайских и южноазиатских товаров в Среднюю Азию и Россию; для Ближнего Востока и Афганистана – в продавца товаров из этих регионов, а для Индии и Пакистана – в транзитера сырья [12]. Иран все для этого делает в силу своих возможностей. Порты на Каспии модернизированы, в течение последних лет достроен участок железной дороги Казвин – Решт. В итоге Казвин соединен железнодорожным сообщением с Тегераном и портами Бендер-Аббас и Амиробад. Строительство железнодорожного участка Решт – Астара (Иран) – Астара (Азербайджан) планируется завершить к 2025 году и это

последнее недостающее звено западной ветки международного транспортного коридора. В странах Средней Азии и России развернуты представительства, в которых аналитики и торговые агенты мониторят цены, количество и качество зерна в фермерских хозяйствах Поволжья. Однако, по оценкам экспертов, Иран не является ответственным транзитером, там нет необходимой инфраструктуры и за сохранность грузов никто не отвечает [13-16].

Как бы то ни было, России на фоне санкций и логистического разворота крайне важно получить полномасштабный выход через железнодорожные и морские пути в Персидский залив, что обеспечит кратчайший выход на развивающийся рынок Индии. В этой связи приобретает определенный интерес тема строительства судоходного канала Каспий – Персидский залив.

Концепцию судоходного пути из Каспийского моря в Индийский океан сформулировал еще Петр Первый. Но только в конце 19 века была создана российско–иранская комиссия по проектированию канала. К 1908 году проект практически был готов, но договориться о статусе канала стороны так и не смогли. Практическая реализация проекта была отложена. Затем – две мировые войны и революции в России. К этой идее возвращаются в 1943 году уже СССР и Иран. Было признано, что проект перспективный и обоюдовыгодный. Однако состояние советских и иранских отношений в пятидесятые годы прошлого столетия оставляли желать лучшего, да и США внесли свою лепту. В очередной раз реализация проекта была приостановлена. В восьмидесятые годы по инициативе иранской стороны вновь возвращаются к данному проекту, а в девяностые иранские специалисты изучают российский опыт в области гидростроения. В 1998 году совместная российско–иранская экспертная группа представила технико-экономическое обоснование водного проекта, которое затем было одобрено правительством Ирана.

В настоящее время существует два маршрута прокладки канала: западный и восточный (Рис. 3). Западный маршрут должен пройти по руслам частично судоходных рек Кызылузен, Керхе, Карун и Шатт-эль-Араб. По рекам предполагалось пройти около 400 км из 1000 км общей протяженности канала. Однако главное препятствие на этом маршруте – горные системы Загрос и Эльбруса, которые необходимо преодолеть на высоте порядка 900 метров. Маршрут свяжет Каспийское море с Мировым океаном в порту Бандар-и-Эмам Хомейни. Для Ирана маршрут является более привлекательным с геополитической точки зрения, поскольку обеспечит зависимость от контролируемого Ормузского пролива.

Восточный маршрут более продолжительный (1500 км), но он может обеспечить орошение сельхозугодий в центральных и восточных районах Ирана, где выпадают мало осадков и нередки засухи. Этот маршрут свяжет Каспийское море с Мировым океаном в районе порта Чехбехар, который с 2017 года находится в аренде у Индии. Восточному маршруту отдают предпочтение страны Каспийского региона и Индия.



Рис. 3. Два маршрута канала: западный и восточный.
Источник: <http://orientalreview.org/2016/04/11/a-caspian-canal-not-so-fast/>

Хотя канал как таковой пока и не состоялся, его сооружению препятствовали такие факторы, как изменения политической обстановки, масштабность строительства и экономические причины.

Основным противником строительства канала из Каспия в Персидский залив была и остается Турция, поскольку данный проект создает жесткую конкуренцию турецким проливам Босфор и Дарданеллы, практически в два раза сокращая доставку груза по сравнению с традиционным турецким маршрутом. Кроме того, США в 1997 году распространило антииранские санкции на проект канала, угрожая наказанием компаниям и странам, оказывающим содействие в реализации этого проекта.

Строительство канала связано с рядом технических и экологических проблем. Прежде всего, это перепад высот на западном маршруте от 900 м на плато между горными системами Заргос и Эльбрус до минус 28 м над уровнем океана на Каспии. На Волго-Донском канале при перепаде высот порядка 130 м возведено 13 шлюзов или на каждые 10 м один шлюз. Тогда для иранского канала потребуется построить как минимум 90 шлюзов в не самой благоприятной местности. Вместе с тем, чтобы обеспечить проход по каналу судов типа «Волго-Дон макс» необходимо поддерживать глубину на канале не менее 4 метров. Однако для современных минибалкеров с дедвейтом 15000 тонн потребуется глубина уже в 7-8 метров. Габариты судов определяют габариты шлюзов и самого канала. При этом ширина шлюза должна быть не менее 18-20 метров, а ширина самого канала с учетом возможного расхождения не менее 50 метров.

Аналитический портал «Инвест-форсайт» 25 мая 2018 года отмечает, что «Россия и Иран стремятся реанимировать проект, вложив 10 млрд. долл. ... По оценкам экспертов с иранской и российской стороны, эти вложения окупятся в течение пяти лет с начала эксплуатации канала... При этом российские ежегодные доходы от эксплуатации канала составят от 1,2 до 1,4 млрд долл., а иранские – 1,4-1,7 млрд.» Однако это затраты при глубине канала 4-5 метров, увеличение глубины и габаритов гидротехнических сооружений потребует дополнительных средств. Кроме того, мировой опыт свидетельствует о том, что стоимость таких масштабных проектов по мере их строительства только увеличивается (Никарагуанский канал).

Заключение

Санкции оказали серьёзное влияние на логистику в России и вместе с тем создали стимул для развития перевозок в южном направлении. Анализ показал, что до недавнего времени МТК «Север – Юг» для России так же, как и для Ирана не представлял особого интереса. Однако отдельные участки коридора работали, достаточно эффективно обслуживая региональные грузопотоки.

России сейчас крайне важно превратить МТК «Север – Юг» в эффективно работающий транспортный коридор с развитой инфраструктурой. Определенные шаги в этом направлении уже делаются. Так, в текущем году АО «Особая экономическая зона «Лотос»» было подписано соглашение о сотрудничестве с иранским фондом «Мостазафон» по созданию совместных предприятий для развития коридора. Решается вопрос о создании совместной российско-иранской свободной экономической зоны с организацией финансовых бирж на территории портовой особой экономической зоны в Астраханской области и свободной экономической зоной «Энзели» в Иране. На Каспии Россия также активно должна инвестировать в свободные экономические зоны Амирабада, Туркменбаши и Актау. Кроме того, при наличии у прикаспийских государств свободных или недозагруженных терминалов выкупить их или войти в доли. По такому пути пошли Индия и Китай.

Согласно трехстороннему соглашению (Индия, Афганистан, Иран 2016 г.) Индия в иранской зоне свободной торговли (порт Чабахар) вводит в эксплуатацию два терминала и пять причалов и в течение 10 лет ведет оформление и обработку грузов. В 2013 году было заключено соглашение между Пакистаном и Китаем на строительство и эксплуатацию порта Гавард; при этом порт оставался в собственности Пакистана, но управлялся китайской государственной компанией СОРНС. Соглашением предусматривалось строительство девяти причалов и грузовых терминалов, плавучего завода по производству сжиженного газа и целый ряд других проектов. Кроме того, 26 октября 2022 года стало известно о том, что власти Германии разрешили китайской логистической компании Cosco приобрести долю в 24,9% в одном из трех терминалов, принадлежащих одному из основных операторов гамбургского порта.

Обращает на себя внимание тот факт, что на Каспии не было и нет крупных перевозчиков, таких как Maersk, Fesco, MSC, Yang Ming и других. Причина кроется в отсутствии удобной для бизнеса инфраструктуры и наличие относительно небольших объемов грузопотоков. С момента реализации проекта МТК «Север – Юг» прогнозные объемы перевозок по нему постоянно снижались. В начале 2000 годов объем перевозок по транспортному коридору прогнозировался в объеме 30-50 млн. тонн, но уже к 2010 году прогнозы транзита стали скромнее и оценивались в объеме 15-20 млн. тонн при стартовых объёмах в 5 млн. тонн.

Одним из направлений, способствующих наполнению транспортного коридора грузами, может быть развитие массового регионального производства товаров вдоль транспортного коридора. В качестве примера реализации этого направления можно назвать нефтехимическое производство в Азербайджане (Сумгаитский технопарк, Шамкирский агропарк), свободные экономические зоны в Казахстане (технопарк Атырау, порт Актау и др.), особую экономическую зону «Лотос» в России и особые экономические зоны «Алабуга» и «Иннополис» в Татарстане.

По оценкам Аналитического центра при правительстве РФ рост грузовой базы в каспийском регионе в ближайшие годы ожидается за счет перевалки зерна до 7 млн. тонн к 2030 году, нефти до 3-5,5 млн. тонн, контейнеров до 265 тыс. TEU, прочих сухогрузов до 7 млн. тонн.

Относительно канала из Каспия в Персидский залив необходимо отметить, что на сегодняшний день нет никаких данных, свидетельствующих о том, что его строительство технически невозможно. Вместе с тем, эксперты отмечают, что ни у

России, ни у Ирана и других заинтересованных стран нет в достаточном количестве необходимых ресурсов, чтобы пойти на риски и осуществить проект в ближайшем будущем. Поэтому в ближайшей перспективе грузы из каспийских в персидские порты Ирана будут доставляться по железной дороге.

В контексте жестких ограничительных мер со стороны коллективного Запада транспортный коридор «Север – Юг» может стать основным маршрутом транспортировки товаров в Россию и из нее. Однако предстоит решить целый ряд проблем, связанных с устаревшей инфраструктурой российских портов на Каспии, дефицитом контейнеров и их возврата в порожнем состоянии, ликвидацией узких мест на Единой Глубоководной Системе и многими другими.

Список литературы

1. Елена Шелеметьева. Диалоги о коридоре Север – Юг. Сайт ИА Sea News. <https://seanews.ru/2022/05/11/ru-dialogi-o-koridore-sever-jug/>
2. Гурова М.В., Филь А.В. Анализ и направления развития МТК «Север – Юг». Сборник научных трудов III международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 2019, С.103-106.
3. Широких С.В. Развитие контейнерных перевозок в Каспийском регионе в рамках МТК «Север – Юг». Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии №2(31), Ростов-на-Дону, 2018, С.58-64.
4. Стратегия развития российских морских портов в Каспийском бассейне, железнодорожных и автомобильных подходов к ним в период до 2030 г.
5. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года
6. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года
7. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 год.
8. Стратегия развития российских морских портов в Каспийском бассейне, железнодорожных и автомобильных подходов к ним в период до 2030 г.
9. Сайт РИА Новости. 31.03.2022. Эксперт оценил санкции против российского морского судоходства. <https://ria.ru/20220331/sanktsii-1781056735.html>
10. Владимир Прохвятилов. Когда Европа закрылась... Россия – Иран: заработал транспортный коридор «Север – Юг». Сайт Фонд стратегической культуры. https://www.fondsk.ru/news/2022/07/15/kogda-evropa-zakrylas-56696.html?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Ffyandex.ru%2Fnews%2Fsearch%3Ftext%3D
11. Грузооборот морских портов России за 12 месяцев 2021 года. Сайт ассоциации морских торговых портов. <https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-12-mesyacev-2021-g>
12. Международный транспортный коридор «Север – Юг»: создание транспортного каркаса Евразии. Доклады и рабочие документы 21/5. Евразийский банк развития. 2021. <https://eabr.org/analytics/special-reports/>; <https://eabr.org/analytics/special-reports/mezhdunarodnyy-transportnyy-koridor-sever-yug-sozdanie-transportnogo-karkasa-evrazii/>
13. Acar A.Z., Gürol P. An innovative solution for transportation among Caspian region // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 229, 19, 2016, pp. 78-87.
14. Lei, Y. (2021). A Tripartite Evolutionary Game Analysis of the Co-Construction of an International Transport Corridor. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/7886886>
15. Kryukova, E. (2021). Development of International Transport Corridors in Russia. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Ekonomika*, (2), 97–106. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2021.2.8>
16. Lunev, S., & Yurtaev, V. (2021). Prospects for establishing partnership relations between India and Iran (significance for Russia). *Mezhdunarodnye Protsessy*, 19(2), 121–137. <https://doi.org/10.17994/IT.2021.19.2.65.3>

References

1. Elena Shelemetyeva. Dialogues on the North-South Corridor. Website of IA Sea News. <https://seanews.ru/2022/05/11/ru-dialogi-o-koridore-sever-jug/>
2. Gurova M.V., Fil A.V. Analysis and directions of development of the ITC "North-South". Collection of scientific papers of the III International Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, 2019, pp.103-106.
3. Shirokikh S.V. Development of container transportation in the Caspian region within the framework of the ITC "North-South". Academic Bulletin of the Rostov Branch of the Russian Customs Academy No. 2 (31), Rostov-on-Don, 2018, pp. 58-64.
4. Strategy for the development of Russian seaports in the Caspian basin, rail and road approaches to them in the period up to 2030
5. Strategy for Spatial Development of the Russian Federation for the period up to 2025
6. Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035
7. Strategy for the development of inland water transport of the Russian Federation for the period up to 2030.
8. Strategy for the development of Russian seaports in the Caspian Basin, rail and road approaches to them in the period up to 2030
9. RIA Novosti website. 03/31/2022. The expert assessed the sanctions against Russian maritime shipping. <https://ria.ru/20220331/sanktsii-1781056735.html>
10. Vladimir Prokhvatilov. When Europe closed... Russia-Iran: the North-South transport corridor was launched. Website of the Foundation for Strategic Culture. https://www.fondsk.ru/news/2022/07/15/kogda-evropa-zakrylas-56696.html?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2Fnews%2Fsearch%3Ftext%3D
11. Cargo turnover of Russian seaports for 12 months of 2021. Website of the Association of Sea Trade Ports. <https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-12-mesyacev-2021-g>
12. International transport corridor "North - South": the creation of a transport framework for Eurasia. Reports and working papers 21/5. Eurasian Development Bank. 2021. <https://eabr.org/analytics/special-reports/>; <https://eabr.org/analytics/special-reports/mezhdunarodnyy-transportnyy-koridor-sever-yug-sozhdanie-transportnogo-karkasa-evrazii/>
13. Acar A.Z., Gürol P. An innovative solution for transportation among the Caspian region // Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 229, 19, 2016, pp. 78-87.
14. Lei, Y. (2021). A Tripartite Evolutionary Game Analysis of the Co-Construction of an International Transport Corridor. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/7886886>
15. Kryukova, E. (2021). Development of International Transport Corridors in Russia. *Vestnik Volgograd State University. Economics*, (2), 97–106. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2021.2.8>
16. Lunev, S., & Yurtaev, V. (2021). Prospects for establishing partnership relations between India and Iran (significance for Russia). *Mezhdunarodnye Protsessy*, 19(2), 121–137. <https://doi.org/10.17994/IT.2021.19.2.65.3>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Минеев Валерий Иванович, д.э.н., профессор, главный научный сотрудник кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: vljmineev@gmail.com

Valery I. Mineev, Doctor of Economics, Professor, Chief Scientific Officer of the Department of Economics and management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Почекаев Дмитрий Александрович, аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),

Dmitry A. Pochekaev, postgraduate student, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: nis_2019@bk.ru

Статья поступила в редакцию 10.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 10.01.2023; published online 20.03.2023.

УДК 004.418:629.5

DOI: 10.37890/jwt.vi74.312

Концептуальный подход к созданию информационной системы отраслевой аналитики по флоту

О.А. Казьмина¹

ORCID: 0000-0002-6886-6383

С.А. Казьмин²

ORCID: 0000-0002-6327-0214

Н.Ю. Пышкина¹

ORCID: 0000-0003-4008-5531

А.А. Холопова³

ORCID: 0000-0001-6584-2346

¹Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербург, Россия

³ГБУ ДО ДТ «Измайловский», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В статье представлено описание концепции создания информационной системы отраслевой аналитики по флоту. Система разработана на базе аналитической платформы QlikView. Целью создания информационной системы отраслевой аналитики по флоту является оперативная подготовка аналитики по показателям флота в требуемых разрезах на основе анализа больших объемов данных в едином пространстве. Потребность в создании такой системы связана с необходимостью оперативного принятия управленческих решений на основе многообразной аналитики и регулярного мониторинга отраслевых показателей, что связано с трудоемкой обработкой и анализом больших объемов данных, визуализацией показателей в требуемых разрезах. Использование разработанной системы позволит оптимизировать текущие бизнес-процессы предприятий отрасли любого уровня.

Ключевые слова: информационная система, отраслевая аналитика, информационное обеспечение, флот, оптимизация, бизнес-процесс.

A conceptual approach to the creation of an information system of industry analytics for the fleet

Olesya A. Kazmina¹

ORCID: 000-0002-6886-6383

Sergei A. Kazmin²

ORCID: 0000-0002-6327-0214

Nadezhda Y. Pyshkina¹

ORCID: 0000-0003-4008-5531

Anna A. Kholopova³

ORCID: 0000-0001-6584-2346

¹Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russia

²State Marine Technical University, Saint-Petersburg, Russia

³State budgetary institution of additional education House of creativity "Izmailovsky"

Abstract. The article presents a description of the concept of creating an information system for industry analytics for the fleet. The system was developed on the basis of the analytical platform QlikView. The purpose of creating an information system of industry analytics for

the fleet is the operational preparation of analytics on fleet indicators in the required sections based on the analysis of large amounts of data in a single space. The need to create such a system is associated with the need for operational management decision-making based on a variety of analytics and regular monitoring of industry indicators, which is associated with time-consuming processing and analysis of large amounts of data, visualization of indicators in the required sections. The use of the developed system will optimize the current business processes of enterprises of the industry at any level.

Keywords: information system, industry analytics, information support, fleet, optimization, business processes.

Введение

Текущий этап цифрового развития отрасли характеризуется отсутствием универсального аналитического инструмента, обеспечивающего возможность мониторинга показателей на водном транспорте и оперативного управления предприятием на основе полученной информации. Такая потребность в принятии управленческих решений возникает на предприятиях водного транспорта любого уровня ежедневно, в зависимости от целей и задач потребность в анализируемом объеме данных может меняться.

Для возможности принятия таких оперативных решений необходимы актуальные обосновывающие материалы и аналитика текущих целевых значений отраслевых показателей, что связано с быстрой обработкой больших объемов данных в требуемых разрезах. Целесообразно было бы иметь универсальный инструмент в виде аналитической системы, которая позволит объединить требуемые показатели и в оперативном режиме формировать различные отчеты и визуализацию по ним.

Актуальность создания информационной системы отраслевой аналитики по флоту

В настоящее время на сайтах официальных государственных открытых источников представлены наборы показателей и данных, в том числе и показатели по флоту. В открытом доступе имеется отраслевая текстовая или графическая информация на сайтах и различных информационных отраслевых ресурсах. Но готовой отраслевой аналитики, тем более в виде динамически меняющихся дашбордов, в открытом доступе нет.

В случае возникновения потребности такая аналитика строится преимущественно вручную (например, в табличном процессоре MS Excel), что занимает достаточно много времени. Также при необходимости внесения изменений (например, временного ряда, аналитического разреза или необходимости изменить прогноз), корректировки осуществляются в режиме ручной корректировки.

Таким образом, основными предпосылками создания информационной системы отраслевой аналитики по флоту являются: необходимость регулярного мониторинга отраслевых показателей, быстрый анализ больших объемов данных, отсутствие готовых аналитических средств в отрасли. Актуальность исследования обусловлена потребностью в оперативной подготовке аналитики показателей в требуемых разрезах на основе анализа больших объемов данных со стороны предприятий водного транспорта и отрасли в целом на регулярной основе.

Информационное обеспечение показателей отечественного транспортного флота

Показатели по флоту прогнозируются и находят свое отражение в ряде стратегических документов, определяющих развитие экономики страны и отрасли [1,2]. В данных документах содержатся плановые значения показателей и индикаторов, установленные для отслеживания реализации поставленных целей и

задач в рамках развития отечественного флота, либо косвенные показатели, от которых также зависит развитие флота (например, объемы перевозок). Выявленные показатели в области флота, в структурированном виде представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1

Целевые показатели и индикаторы в области флота, содержащиеся в стратегических документах

Показатель/ Индикатор	Единица измерения	Ожидаемые результаты
Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года		
Объем грузовых перевозок на внутреннем водном транспорте	млн. тонн	к 2035 году: консервативный сценарий - 215 млн. тонн базовый сценарий - 222 млн. тонн
Перевозки пассажиров внутренним водным транспортом во всех видах сообщения	млн. пассажиров	к 2035 году: консервативный сценарий – 21,1 млн. пассажиров базовый сценарий – 21,1 млн. пассажиров
Государственная программа «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 годы»		
Динамика выпуска гражданских судов и морской техники на отечественных судостроительных и судоремонтных предприятиях в денежном выражении по отношению к 2013 году	проценты	к 2030 году 500% по отношению к 2013 году
Объем выпуска судостроительной продукции предприятий отрасли (водоизмещение порожнем)	тыс. тонн	к 2030 году 450 тыс. тонн
Доля отечественной продукции судостроительной отрасли на внутреннем рынке	проценты	к 2030 году 80%
Доля гражданских судов (в денежном выражении), приобретенных с использованием механизма лизинга	проценты	к 2030 году 14%
Товарный выпуск пассажирских судов лизинговой программы акционерного общества «Объединенная судостроительная корпорация» (нарастающим итогом)	млн. рублей	к 2030 году 200000 млн. рублей
Государственная программа «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 годы»		
Количество судов, приобретенных с использованием механизма лизинга и кредитования	единиц	к 2030 году 250 единиц

Показатель/ Индикатор	Единица измерения	Ожидаемые результаты
(нарастающим итогом)		
Доля гражданских судов (в денежном выражении), приобретенных с использованием механизма кредитования	проценты	к 2030 году 6%
Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года		
Объем выпуска гражданских судов и морской техники в судостроительных и судоремонтных организациях промышленности судостроительной отрасли в денежном выражении по отношению к 2018 году	проценты	к 2035 году 673%
Объем выпуска гражданских судов и морской техники водоизмещением более 80 тонн для внутреннего рынка и на экспорт нарастающим итогом с 2019 года	единицы	к 2035 году 358 единиц
Объем работ судоремонта на судоремонтных предприятиях	млрд. рублей	к 2035 году 144 млрд. рублей
Строительство морских транспортных судов	единиц	за 2031 – 2035 годы иннов. сценарий – 10 единиц цел. сценарий – 19 единиц конс. сценарий – 4 единицы
Строительство судов класса «река-море»	единиц	за 2031 – 2035 годы иннов. сценарий – 7 единиц цел. сценарий – 11 единиц конс. сценарий – 9 единиц
Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года		
Строительство судов и морской техники для освоения шельфовых месторождений	единиц	за 2031 – 2035 годы иннов. сценарий – 36 единиц цел. сценарий – 71 единицы конс. сценарий – 22 единицы
Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года		
Объем перевозок грузов в акватории Северного морского пути	млн. тонн	к 2024 году 80 млн. тонн

Сбор фактических данных по показателям в области флота посредством утвержденных форм статистической отчетности на регулярной основе обеспечивают органы федеральной исполнительной власти на транспорте, в частности, Росморречфлот. Ряд показателей для аналитики в области флота находится в открытом доступе в системе ЕМИСС (табл.2)¹¹

Для своевременной оценки процесса развития отрасли водного транспорта необходим постоянный мониторинг этих показателей, оперативный расчет и анализ отклонений фактических значений от плановых, а также их визуальная аналитика. Это позволит более эффективно принимать управленческие решения.

¹¹ Официальный сайт ЕМИСС. URL://www.fedstat.ru

Таблица 2

Целевые индикаторы и показатели в области флота, содержащиеся в ЕМИСС

Показатель	Раздел ФПСР	Источник/адрес	Источник формирования	НПА
Наличие морских судов	35.02. Наличие морских судов и их характеристика	https://www.fedstat.ru/indicator/35057	53-М (суд). Сведения о наличии морских судов в Российской Федерации	Приказ Росстата от 03.02.2017 № 75
Фактическое наличие судов в годном техническом состоянии на ВВТ РФ	35.06. Наличие судов внутреннего водного транспорта	https://www.fedstat.ru/indicator/35038	53-ВТ. Сведения о наличии судов внутреннего водного транспорта	Приказ Росстата от 03.02.2017 № 75
Количество пассажиров, перевезенных на внутреннем водном транспорте	35.15. Перевозки пассажиров пассажирооборот на морском и внутреннем водном транспорте	https://www.fedstat.ru/indicator/57667	1-ТР (вод) Сведения о перевозочной деятельности на внутреннем водном транспорте	Приказ Росстата от 28.03.2018 № 138
Количество пассажиров, перевезенных на морском транспорте	35.15. Перевозки пассажиров пассажирооборот на морском и внутреннем водном транспорте	https://www.fedstat.ru/indicator/57666	1-ТР (мор) Сведения о перевозочной деятельности на морском транспорте	Приказ Росстата от 28.03.2018 № 138
Объем перевозок грузов на внутреннем водном транспорте	35.14. Перевозки грузов и грузооборот на морском и внутреннем водном транспорте	https://www.fedstat.ru/indicator/57672	1-ТР (вод) Сведения о перевозочной деятельности на внутреннем водном транспорте	Приказ Росстата от 28.03.2018 № 138
Объем перевозок грузов на морском транспорте	35.14. Перевозки грузов и грузооборот на морском и внутреннем водном транспорте	https://www.fedstat.ru/indicator/57671	1-ТР (мор) Сведения о перевозочной деятельности на морском транспорте	Приказ Росстата от 28.03.2018 № 138

Концепция создания информационной системы отраслевой аналитики

С учетом вышеизложенного сформирована концептуальная модель информационной системы отраслевой аналитики по флоту, которая отражает актуальность разработки, этапы проектирования, цели и задачи разработки (рис. 1).

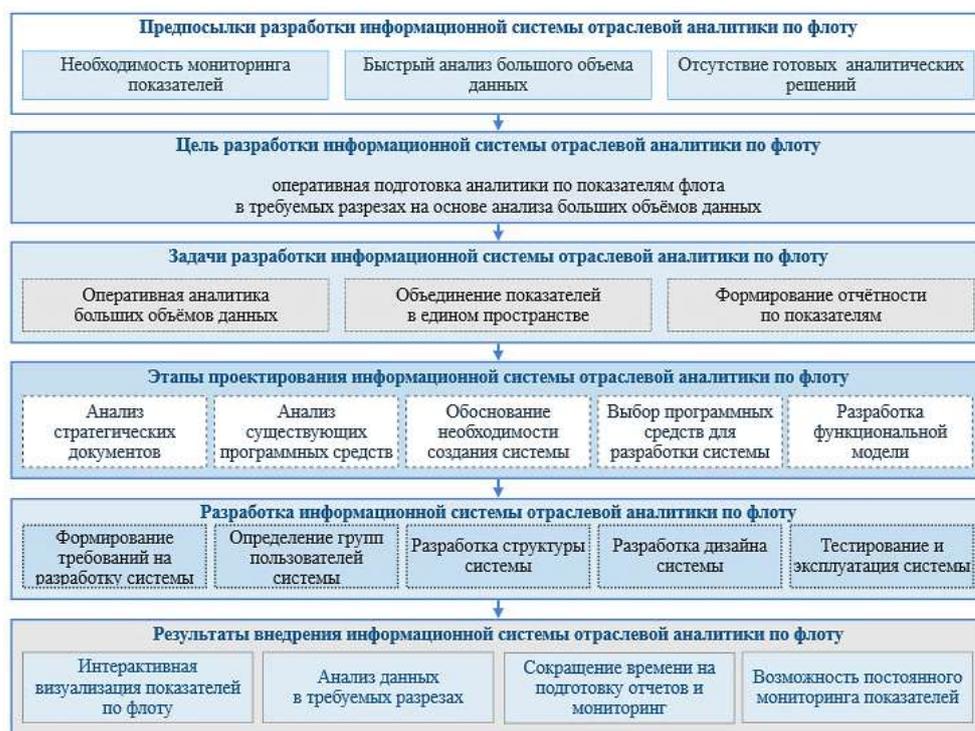


Рис. 1. Концептуальный подход к созданию информационной системы отраслевой аналитики по флоту

Основными предпосылками для создания системы являются:

- необходимость оперативного мониторинга показателей;
- быстрый анализ большого объема данных;
- необходимость формирования отчетов в разных аналитических разрезах;
- отсутствие аналитических инструментов в области флота.

Целью создания информационной системы отраслевой аналитики по флоту является оперативная подготовка аналитики по показателям флота в требуемых разрезах на основе анализа больших объемов данных в едином пространстве.

Основные задачи информационной системы отраслевой аналитики по флоту:

- оперативная аналитика больших объемов данных;
- объединение показателей в едином пространстве;
- формирование отчетности по показателям.

После разработки системы ожидаются следующие эффекты:

- сокращение трудозатрат на подготовку отчетов за счет интерактивной визуализации данных;
- возможность динамического изменения аналитик (разрезов) показателей на визуализации;
- возможность постоянного мониторинга требуемых показателей за счет создания единого пространства данных;
- сокращение времени на подготовку отчетов за счет возможности получения графиков и таблиц по запросу;
- повышение эффективности принятия решений за счет гибкости информационной системы.

В целом, информационная система является одним из способов повышения эффективности деятельности предприятий водного транспорта, позволяет реализовать

оптимизацию бизнес-процессов, способствует достижению более высоких результатов в деятельности как в отрасли в целом, так и в каждой транспортной организации отдельно [3, 4, 10, 11].

Кроме того, концепция системы предполагает доступ к ней разных групп пользователей. Например, система предоставит следующие возможности: различным органам власти в области водного транспорта осуществлять мониторинг показателей и индикаторов по флоту; учебным заведениям и научным организациям проводить различные исследования, лизинговым компаниям отслеживать статистику пополнения флота и т.д.[5–7].

Апробация информационной системы отраслевой аналитики по флоту

Для разработки информационной системы отраслевой аналитики по флоту была выбрана платформа QlikView, поскольку она отвечает всем пользовательским требованиям и обеспечивает перечисленные выше системные возможности бизнес-аналитики [8, 9].

Разработанная информационная система объединяет ключевые показатели по флоту в одном пространстве, содержит визуализацию фактических и плановых показателей по флоту, позволяет формировать отчеты по требуемым аналитикам (разрезам данных), осуществлять мониторинг значений показателей. Структура разработанной информационной системы показана на рисунке (рис. 2).

Главная страница информационной системы отраслевой аналитики по флоту структурирована следующим образом и обеспечивает навигацию по аналитике морского и внутреннего водного транспорта путем ссылки на соответствующие дашборды (информационные панели).

Дашборд «Морской транспорт» содержит аналитику по показателям морского транспорта и ряд фильтров для удобства работы с ними (рис. 3).

Например, подробная аналитика по показателям флота представлена в виде интерактивных диаграмм, графиков и таблиц, она отражает динамику и структуру исследуемого показателя, обеспечивает сравнительный анализ показателей. Данные в имеющихся объектах на дашборде меняются соответственно выбранным фильтрам. Так, если выбрать период с 2014 по 2018 гг., аналитические данные автоматически перестроятся во всех блоках соответственно значениям фильтра.

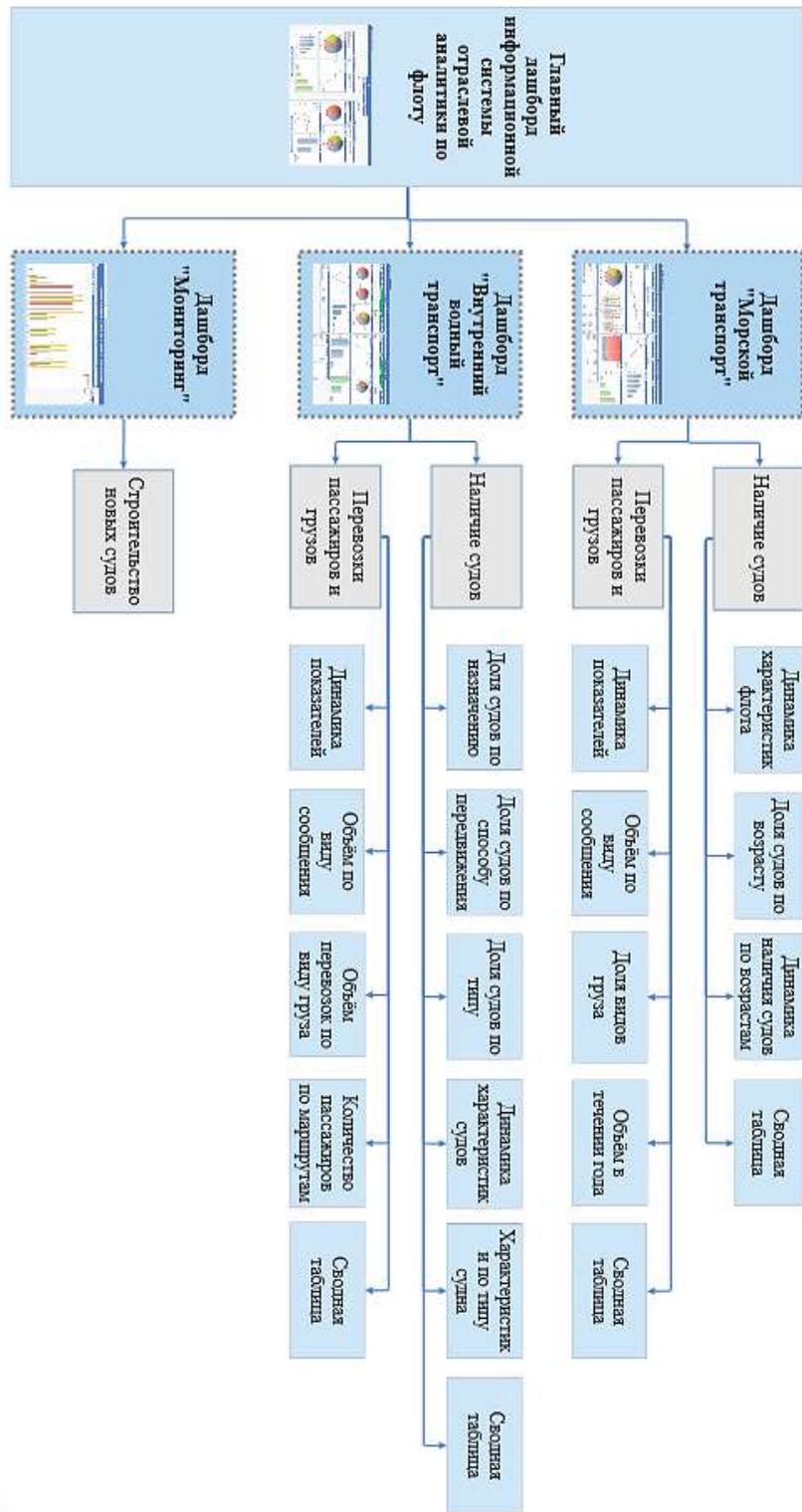


Рис. 2. Структура информационной системы отраслевой аналитики по флоту



Рис. 3. Дашборд «Морской транспорт»

Дашборд «Внутренний водный транспорт» содержит аналитику по показателям внутреннего водного транспорта и набор удобных фильтров (рис. 4).

В качестве примера на нем представлена аналитика показателей по грузам и пассажирам, отражающая их динамику и структуру по годам.

Система предоставляет гибкие возможности, что хорошо видно на примере блока «Динамика общих показателей», который содержит аналитику в виде линейного графика и гистограмм по разрезам показателя: количество судов, пассажировместимость, грузоподъемность и мощность. Для настройки визуализации по нужному показателю требуется переключать соответствующие кнопки в верхней части блока.



Рис. 4. Дашборд «Внутренний водный транспорт»

В системе также предусматривается мониторинг показателей путем сравнения прогнозируемых и фактических значений, например, в виде ежегодного прироста по количеству построенных морских транспортных судов за выбранный период (рис. 5).

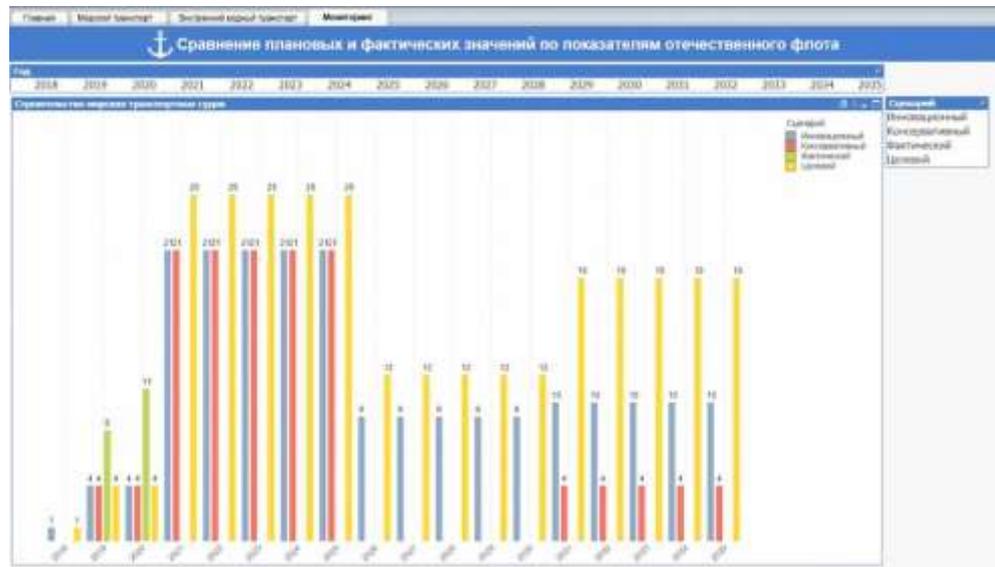


Рис. 5. Мониторинг показателей

Заключение

Разработанная информационная система отраслевой аналитики по флоту объединяет ключевые показатели по флоту в одном пространстве, содержит интерактивную визуализацию фактических и плановых показателей по флоту, позволяет в динамическом режиме формировать отчеты по требуемым аналитикам (разрезам данных), осуществлять мониторинг значений показателей.

Такой функционал системы позволит обеспечить информационную поддержку процесса принятия управленческих решений для организаций водного транспорта любого уровня, что будет способствовать оптимизации бизнес-процессов предприятий отрасли, а также сократит время и снизит трудозатраты на подготовку различных отчетов, повысит эффективность принятия управленческих решений.

Список литературы

1. Казьмина, О. А. Актуальность разработки информационно-аналитической системы по флоту и портам / О. А. Казьмина, А. С. Городилова, К. М. Кившовацкий // *Цифровая трансформация: тенденции, проблемы, решения: сборник статей II Международной научно-практической конференции*, Петрозаводск, 26 мая 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 7-13.
2. Королева, Е. А. Цифровизация морских портов как ключевого субъекта транспортного пространства / Е. А. Королева, И. В. Черепанов, Е. В. Филатова // *Транспортное дело России*. – 2020. – № 1. – С. 163-168. – EDN ОВАРКQ.
3. ГОСТ Р ИСО. 9000- 2015. СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Основные положения и словарь.
4. Назарова, Т. К. Применение case-средства Egwin process Modeler для разработки логистических моделей в транспортной отрасли / Т. К. Назарова, С. Н. Тарануха // *Логистика: современные тенденции развития: Материалы XVIII Международной научно-практической конференции*, Санкт-Петербург, 04–05 апреля 2019 года. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное бюджетное

- образовательное учреждение высшего образования Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2019. – С. 3-7. – EDN WEPPVU.
5. Буянов, А. С. Формирование основных направлений программы лизинга водного транспорта / А. С. Буянов, О. А. Казьмина // Сборник научных трудов АО "ЦНИИМФ": Сборник статей. – Санкт-Петербург: Акционерное общество «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота», 2020. – С. 36-46. – EDN GJUDRJ. (дата обращения 14.05.2022).
 6. Трухинова, О. Л. Лизинг как эффективный инструмент повышения инвестиционной активности в судостроении / О. Л. Трухинова // Научные проблемы водного транспорта. – 2021. – № 67. – С. 135-147. – DOI 10.37890/jwt.vi67.196. – EDN HXAWQY.
 7. Самбур, А. О. Проблемы практического применения лизинга при обновлении и модернизации внутреннего водного транспорта / А. О. Самбур // Политранспортные системы: материалы IX Международной научно-технической конференции, Новосибирск, 17–18 ноября 2016 года / Сибирский государственный университет путей сообщения. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 218-221. – EDN ZWVQWD.
 8. Короткая, Н. В. Современные платформы BI: возможности и инструменты / Н. В. Короткая // Системы управления, информационные технологии и математическое моделирование: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Омск, 19 мая 2022 года / Отв. редактор В.Н. Задорожный. Том I. – Омск: Омский государственный технический университет, 2022. – С. 179-184. – DOI 10.25206/978-5-8149-3487-1-2022-1-179-184.
 9. Петров Я. А. Business intelligence как современный инструмент бизнес-аналитики / Я. А. Петров, С. Ю. Степанов, А. Ю. Сидоренко, К. А. Глебова // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2020. – № 1(37). – С. 135-140.
 10. Комаров А. Анализ портовых бизнес-процессов: контроль от перевалки до морской перевозки // Морские порты–2019 – №6. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/81211/> (дата обращения: 10.02.2023)
 11. История успеха «QLIK в ПАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ». URL: <https://www.qlik.com/ru-ru/-/media/files/resource-library/global-us/direct/case-studies/cs-gazpromneft-ru.pdf?rev=-1> (дата обращения: 10.02.2023)

References

1. Kaz'mina, O. A. Aktual'nost' razrabotki informatsionno-analiticheskoi sistemy po flotu i portam [Relevance of the development of an information and analytical system for the fleet and ports] / O. A. Kaz'mina, A. S. Gorodilova, K. M. Kivshovatskii // Tsifrovaya transformatsiya: tendentsii, problemy, resheniya : sbornik statei II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Petrozavodsk, 26 maya 2022 goda. – Petrozavodsk: Mezhdunarodnyi tsentr nauchnogo partnerstva «Novaya Nauka» (IP Ivanovskaya I.I.), 2022. – S. 7-13.
2. Koroleva, E. A. Tsifrovizatsiya morskikh portov kak klyuchevogo sub"ekta transportnogo prostranstva [Digitalization of seaports as a key subject of the transport space] / E. A. Koroleva, I. V. Cherepanov, E. V. Filatova // Transportnoe delo Rossii. – 2020. – № 1. – S. 163-168. – EDN OBAPKQ.
3. GOST R ISO. 9000-. 2015. SISTEMY MENEDZHMENTA KACHESTVA. [QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS] Osnovnye polozheniya i slovar'.
4. Nazarova, T. K. Primenenie case-sredstva Erwin process Modeler dlya razrabotki logisticheskikh modelei v transportnoi otrasli [Application of the Erwin process Modeler case tool for the development of logistics models in the transport industry] / T. K. Nazarova, S. N. Taranukha // Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya : Materialy XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Sankt-Peterburg, 04–05 aprelya 2019 goda. Tom Chast' 2. – Sankt-Peterburg: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Gosudarstvennyi universitet morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova, 2019. – S. 3-7. – EDN WEPPVU.

5. Buyanov, A. S. Formirovanie osnovnykh napravlenii programmy lizinga vodnogo transporta [Formation of the main directions of the water transport leasing program] / A. S. Buyanov, O. A. Kaz'mina // Sbornik nauchnykh trudov AO "TSNIIMF" : Sbornik statei. – Sankt-Peterburg: Aktsionerное obshchestvo «Tsentral'nyi ordena Trudovogo Krasnogo Znameni nauchno- issledovatel'skii i proektno-konstruktorskii institut morskogo flota», 2020. – S. 36-46. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43872101> (accessed 14.05.2022).
6. Trukhinova, O. L. Lizing kak ehffektivnyi instrument povysheniya investitsionnoi aktivnosti v sudostroenii [Leasing as an effective tool for increasing investment activity in shipbuilding] / O. L. Trukhinova // Nauchnye problemy vodnogo transporta. – 2021. – № 67. – S. 135-147. – DOI 10.37890/jwt.vi67.196. – EDN HXAWQY
7. Sambur, A. O. Problemy prakticheskogo primeneniya lizinga pri obnovlenii i modernizatsii vnutrennego vodnogo transporta [Problems of practical application of leasing in the renewal and modernization of inland waterway transport] / A. O. Sambur // Polittransportnye sistemy : materialy IX Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Novosibirsk, 17–18 noyabrya 2016 goda / Sibirskii gosudarstvennyi universitet putei soobshcheniya. – Novosibirsk: Sibirskii gosudarstvennyi universitet putei soobshcheniya, 2017. – S. 218-221. – EDN ZWVQWD.
8. Korotkaya, N. V. Sovremennye platformy Bi: vozmozhnosti i instrumenty [Modern Bi platforms: capabilities and tools] / N. V. Korotkaya // Sistemy upravleniya, informatsionnye tekhnologii i matematicheskoe modelirovanie : Materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. V 2-kh tomakh, Omsk, 19 maya 2022 goda / Otv. redaktor V.N. Zadorozhnyi. Tom I. – Omsk: Omskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2022. – S. 179-184. – DOI 10.25206/978-5-8149-3487-1-2022-1-179-184.
9. Petrov YA. A. Business intelligence kak sovremennyi instrument biznes-analitiki [Business intelligence as a modern business intelligence tool] / YA. A. Petrov, S. YU. Stepanov, A. YU. Sidorenko, K. A. Glebova // Informatsionnye tekhnologii i sistemy: upravlenie, ehkonomika, transport, pravo. – 2020. – № 1(37). – S. 135-140.
10. Komarov A. Analysis of port business processes: control from transshipment to sea transportation // Seaports–2019 – No. 6. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/81211/> (date of access: 10.02.2023)
11. Success story "QLIK in PAO" GAZPROMNEFT ". URL: <https://www.qlik.com/ru-ru/-/media/files/resource-library/global-us/direct/case-studies/cs-gazpromneft-ru.pdf?rev=-1> (date circulation: 10.02.2023)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Казьмина Олеся Александровна, канд. экон. наук, доцент кафедры «Математического моделирования и прикладной информатики», Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, дом 5/7, e-mail: kazminaoa@gumrf.ru

Казьмин Сергей Алексеевич, студент, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 190121, Санкт-Петербург, улица Лоцманская, дом 3, e-mail: kazmin.energy@gmail.com

Пышкина Надежда Юрьевна, доцент кафедры «Математического моделирования и прикладной информатики», Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, дом 5/7, e-mail: kaf_mathmod@gumrf.ru

Olesya A. Kazmina, candidate of economic sciences, assistant professor of the Department Mathematical Modeling and Applied Computer Science, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7 Dvinskaya street, Saint-Petersburg, 198035, e-mail: kazminaoa@gumrf.ru

Sergei A. Kazmin, student of the State Marine Technical University, Lotsmanskaya Ulitsa, 10, Sankt-Peterburg, 190121, e-mail: kazmin.energy@gmail.com

Nadezhda Y. Pyshkina, assistant professor of the Department Mathematical Modeling and Applied Computer Science, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7 Dvinskaya street, Saint-Petersburg, 198035, e-mail: kaf_mathmod@gumrf.ru

Холопова Анна Александровна, методист,
ГБУ ДО ДТ «Измайловский», 190005, Санкт-
Петербург, ул. Егорова, дом 26а, литера А, е-
mail: AA_kholopova@rambler.ru

Anna A. Kholopova, methodist of the State
budgetary institution of additional education
House of creativity "Izmailovsky", 26a, letter A,
st. Egorova, Saint-Petersburg 190005, e-mail:
AA_kholopova@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 24.10.2022; published online 20.03.2023.

УДК 656.624.3

DOI:10.37890/jwt.vi74.346

Концепция формирования комбинированной транспортно-логистической инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и Арктической зоны России

И.К. Кузьмичев¹

ORCID 0000-0001-8186-0544

В.Н. Костров¹

ORCID 0000-0003-1139-102X

В.Н. Бутченко¹

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются проблемы и излагается концептуальный подход к развитию удаленных регионов России с большими запасами природных ресурсов и сложными географическими и климатическими условиями, обеспечивающий экономический рост страны через обеспечение транспортной доступности данных регионов и роста промышленности в них. В работе выполнено концептуальное обоснование необходимости развития кооперации всех видов транспорта с применением мультимодальных и интермодальных перевозок. Обращается внимание на необходимость интеграции наземных и водных видов транспорта, а также формирования особой комбинированной транспортной схемы, сочетающей в себе широтные и меридиональные магистральные транспортные направления.

Ключевые слова: транспорт, логистика, удаленные регионы, внутренние водные пути.

Concept of formation of combined transport and logistics infrastructure of Siberia, Far East and Arctic zone of Russia

Igor K. Kuzmichev¹

ORCID 0000-0001-8186-0544

Vladimir N. Kostrov¹

ORCID 0000-0003-1139-102X

Viktor N. Butchenko¹

¹Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract. This article discusses the problems and outlines a conceptual approach to the development of Russian remote regions with large natural resources reserves and complex geographical and climatic conditions that ensure the country's economic growth, through ensuring the transport accessibility of these regions and the growth of industry in them. The work made a conceptual justification of the need to develop cooperation of all transport types using multimodal and intermodal transportation. Attention is drawn to the need to integrate land and water modes of transport, as well as the formation of a special combined transport scheme that combines latitudinal and meridional trunk transport directions.

Keywords: transport, logistics, remote regions, inland waterways.

Введение

Указания Президента России В.В. Путина по приоритетному развитию Сибири, Дальнего Востока и Российской Арктики открывают при системной организации

широкие возможности для возрождения гигантского сибирско-дальневосточного макрорегиона, занимающего 2/3 территории и имеющего порядка 9/10 полезных ископаемых, лесов и пресной воды нашей страны, а также обеспечения оборонной безопасности государства.

Эти указания и предложения стратегического характера вызвали обоснованный энтузиазм и множество предложений от деловых кругов, федеральных и региональных властей и бизнес-структур по развитию существующих и созданию новых хозяйственных комплексов в дополнение к Национальной программе социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 года и на перспективу до 2035 года (Указ Президента России от 26.06.2020 г. № 427 и Распоряжение Правительства РФ от 24.09.2020 г. № 2464), Основам государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года (Указ Президента России от 5 марта 2020 г. № 164) и Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года (Указ Президента России от 26 октября 2020 г. № 645), а также к целому ряду исполнительных федеральных стратегических документов и правовых актов – причём количество инициатив всё увеличивается. Однако во многих предложениях не проглядываются единый, системный подход и комплексная логистическая взаимосвязка различных сфер развития в цикле «ресурсы – переработка – продукция – транспортировка – потребление/использование», а также оборонное значение Сибири, Дальнего Востока и Арктики (далее: СДВ/СДВА), всё более актуальное на фоне обостряющихся геополитических и общемировых экономических вызовов, в связи с чем Россией в Сибири, на Дальнем Востоке и в Арктической зоне создаются мощные функционально-целевые комплексы двойного (гражданского и оборонного) назначения. Это определяет необходимость формирования современных транспортных коридоров.

В России понятие «транспортный коридор» трактуется слишком «геометрически» – как наличие дорог в определённом направлении. Однако в деловых кругах мира под транспортным коридором понимается унифицированная совокупность путевой и грузообработывающей инфраструктуры, унифицированных грузовых единиц (20- и 40- футовые контейнеры, трейлеры, сменные кузова и их эквиваленты), организационно-правовых и институциональных механизмов, взаимных предпочтений взаимодействующих территорий и хозяйствующих субъектов и т.п., обеспечивающая грузо- и инвестопригодность данного плеча по сравнению с другими возможными [1-3]. В разделе 6 документа СЕМАТ «Основополагающие принципы устойчивого пространственного развития Европейского континента» (Ганновер, 7-8 сентября 2000 г.) транспортные коридоры характеризуются как «региональные стимулы». При отсутствии достаточно полного набора стимулов грузы по нарисованному «коридору» не пойдут (даже если он намного короче другого, более надёжного и комфортного в отношении инфраструктуры, организации, таможенно-тарифного и информационного обеспечения). Для развитых стран характерна не «коридорная», а сетевая конфигурация транспортно-распределительной системы. Базовые трансконтинентальные коридоры служат лишь «остовом» для последующего выстраивания логистического цикла и включают в себя: Закупки – Производство – Распределение – Утилизацию (повторное использование).

1. Содержание

Недра СДВ и континентального шельфа Арктики характеризуются беспрецедентными в мире запасами природных ресурсов: 85% энергоресурсов (нефть, газ, уголь), 75% запасов пресных вод, основная масса запасов алмазов, золота, руд цветных и редких металлов. В морях, реках и озёрах развит рыбный промысел, в

лесах – охота. Доля СДВ в мировых и отечественных запасах только некоторых видов минерального сырья отражена в табл. 1.

Таблица 1

Доля России в мировых запасах сырья

Показатель	Доля России в мировых запасах	Доля СДВ в общих запасах России
Никель	13,7%	79%
Железная руда	26,3%	18%
Медь	3,3%	79%
Золото	12%	75%

Ещё более перспективны в ресурсном отношении не только морские, но и особенно береговые и приречные месторождения наиболее промышленно ценного сырья в Арктической зоне РФ (рис. 1). Кроме того, в Арктике ещё не разведано 90% российского арктического шельфа и 53% перспективных участков на суше [4].

В то же время, главным сдерживающим фактором развития СДВА является слабое развитие транспортной инфраструктуры по сравнению с европейской частью России. Магистральное железнодорожное сообщение (ТрансСиб, БАМ, СевСиб, АЯМ) действует пока только в самом южном поясе СДВ. Автомобильные дороги с бетонным покрытием проложены локально. Недостаточна сеть авиаперевозок. Магистральный же Северный морской путь (СМП) и его инфраструктура обеспечивают развитие в основном только арктической зоны [5].

Схемы железнодорожных и автомобильных магистралей России (по открытым источникам) показаны на рисунках 2 и 3 соответственно, на которых бросается в глаза «транспортная пустышь» срединного и субарктического поясов СДВ к востоку от Урала и к северу от Транссиба / БАМа.



Рис. 1. Минеральное богатство арктической зоны России (высокотехнологичные металлы)

трубопроводы, ЛЭП). Грузовые авиаперевозки слишком дороги. Автомобильный и воздушный грузовой транспорт по грузопроизводительности несравнимы с железнодорожным. Крупнейшие в Евразии реки (Обь-Иртыш, Енисей, Лена, Колыма) как естественные пути сообщения – как будто не существуют, хотя именно в СДВ до 60% перевозок в летнее время осуществляется именно по рекам. Акцент только на возможности Севморпути (тоже ограниченные по грузопроизводительности и рентабельности) может привести к тому, что стратегическое сырьё будет перевозиться по Севморпути исключительно в виде сырья на запад России и/или экспортироваться в Европу, Америку и Юго-Восточную Азию без получения прибыли от производства отечественной продукции.

2. Обсуждение

Такое положение, как бы законсервированное до 2035 года Транспортной Стратегией Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года (Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 г. № 3363), не согласуется со следующими программными документами:

- Стратегией пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 г. № 207) (транспортная связанность);
- Стратегией национальной безопасности Российской Федерации (Указ Президента России от 02.07.2021 г. № 400): «Достижение целей обеспечения экономической безопасности Российской Федерации осуществляется путем решения следующих задач: укрепление единства экономического пространства Российской Федерации; развитие кооперации и хозяйственных связей между субъектами Российской Федерации; совершенствование системы расселения и размещения производительных сил на территории Российской Федерации, преодоление тенденции концентрации субъектов экономической деятельности и населения в столичных агломерациях, обеспечение социально-экономического развития малых и средних городов, а также сельских территорий; обеспечение развития эффективной транспортной инфраструктуры и транспортной связанности страны»;
- Указом Президента России от 5 марта 2020 г. № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года»: «13. Основными задачами в сфере развития инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации являются: д) расширение возможностей судоходства по рекам Арктической зоны Российской Федерации, включая проведение дноуглубительных работ, обустройство портов и портопунктов; е) строительство железнодорожных магистралей, обеспечивающих вывоз продукции из регионов европейской и азиатской частей страны по Северному морскому пути; з) обеспечение транспортной доступности населенных пунктов, не имеющих связи с сетью автомобильных дорог общего пользования; и) развитие системы и средств постоянного комплексного космического мониторинга Арктики, независимых от иностранных технологий и средств информационного обеспечения;...».

Мощным, надёжным, эффективным и действительно массовым видом грузоперевозок, в значительной мере обеспечивающим транспортную связность территории страны, признан железнодорожный транспорт. До последнего времени в России господствует традиционное стремление сооружать всё новые и новые железные дороги в широтном направлении «всё севернее и севернее». Однако в

уникально тяжёлых геологических и погодных условиях СДВА это стремление встретилось с практически непреодолимыми препятствиями, такими как:

- необходимость протяжённого пересечения средних и устьевых течений крупнейших в Евразии рек и десятков их притоков/рукавов и проходки множества уникально мощных скалистых образований (Плато Путорана, Верхоянский хребет, Хребет Черского, Колымское нагорье, Чукотское нагорье и т.д.);
- сейсмоопасность и опасность деформаций грунта при таянии «вечной мерзлоты»;
- чрезвычайная трудоёмкость технического обслуживания разновысотных по рельефу магистральных транспортных линий и относящихся к ним трубопроводов, ЛЭП, башен сотовой связи, ВОЛС, беспомеховых радиотелекоммуникаций и др.);
- высокая стоимость жизнеобеспечения обслуживающего персонала и содержания вспомогательных технических средств (в том числе средств телекоммуникаций) в суровых климатических условиях.

Таким образом, для регионов СДВА на фоне перегруженности железных дорог и экологической нагрузки со стороны «дальнобойного» грузового автотранспорта требуется дополнительный транспортный ресурс, который обеспечил бы надёжные грузовые коридоры в меридиональном направлении (Трассиб/БАМ – Севморпуть) и одновременно транспортную связанность территорий СДВА между собой и с другими регионами страны, а также – Юг».

Таким мощным ресурсом именно в СДВА являются десятки крупных и средних и многие сотни малых рек, притоков и рукавов – порядка трёх Хуанхэ вместе с Янцзы или пяти Волг (вместе с Единой глубоководной системой Европейской части России (ЕГС)) или десяти Миссисипи. Необходима интеграция наземных и водных видов транспорта. Для СДВА нужна особая комбинированная транспортная схема, сочетающая в себе широтные и меридиональные магистральные транспортные направления (рис. 4).

В данной схеме предполагается сооружение в долинах рек меридиональных железнодорожных линий на Севморпуть – например красные пунктирные линии:

- 1) вдоль Оби от Сургута до Сабетты)
- 2) вдоль Енисея от СевСиба до Диксона;
- 3) от СевСиба через р. Нижняя Тунгуска на Хатангу;
- 4) вдоль Лены от Якутска до Тикси;
- 5) вдоль Колымы от Зырянки до Певека.

«Жёлтый пояс» – виртуальный пояс центров тяжести потенциальной продуктивности с пятью (как предлагает МО РФ) региональными опорными логистическими комплексами системы МТО.

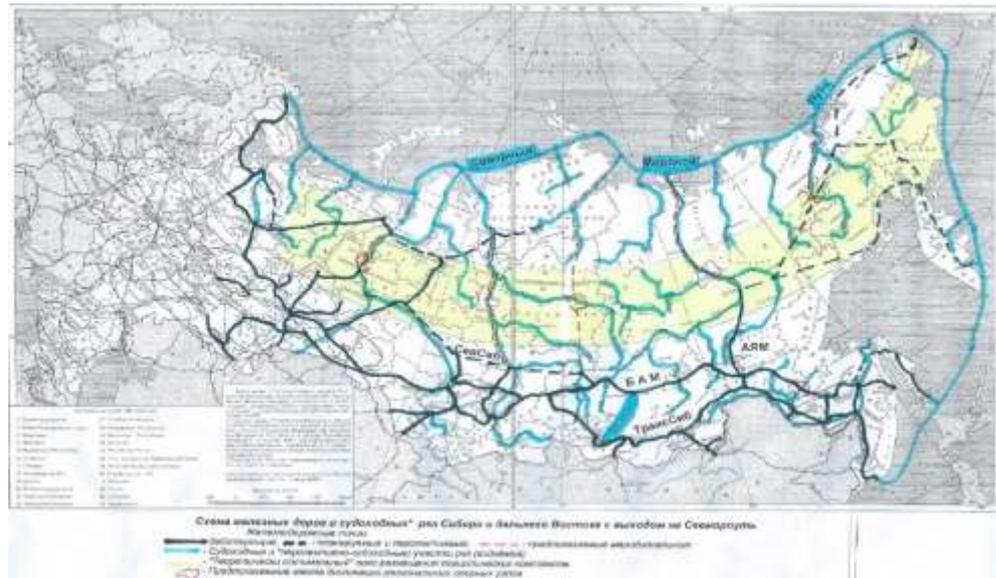


Рис. 4. Предлагаемая комбинированная транспортная система

Выводы

Формирование предложенной авторами конфигурации комбинированной транспортной сети позволила бы:

- избежать необходимости преодоления уникально сложных рельефных преград широтного субарктического пояса (см. выше). Относительно более ровный ландшафт в долинах рек облегчает сооружение в этих районах капитальных объектов, сухопутных дорог, трубопроводов и ЛЭП;
- обеспечить более короткие и экономически эффективные «коридоры» в направлении «Север – Юг».

Относительно более ровный ландшафт в долинах рек облегчает сооружение в этих районах капитальных объектов, сухопутных дорог, мостов, тоннелей, виадуков, каналов, трубопроводов, ЛЭП, линий связи и др.

За рубежом сухопутные магистрали стремятся прокладывать вдоль рек (где это только возможно).

Помимо чисто географических преимуществ, реки и речной транспорт признаны в мире как «высшее благо». На заседании Президиума Государственного Совета РФ в Волгограде 15 августа 2016 г. Президент России В.В. Путин подчеркнул чрезвычайную важность внутренних водных путей цитату из его высказывания вы можете увидеть на данном слайде: «Судоходные пути сообщения проходят по 60 регионам Российской Федерации. Здесь проживает 80% населения России, производится до 90% ВВП... Это не только транспортная артерия протяжённостью 100 тысяч километров: предназначение водных путей имеет комплексный характер. Они задействованы для решения задач в таких ключевых сферах, как гидроэнергетика, жилищно-коммунальное хозяйство, сельское хозяйство... Внутренний водный транспорт имеет большой конкурентный потенциал. Это низкая себестоимость перевозок, особенно на дальние расстояния, энергоэффективность и относительно невысокие затраты на содержание водных путей...».

ВВТ имеет более низкие инфраструктурные издержки (в 22 раза ниже, чем автомобильные и в 7 ниже, чем железные дороги), поэтому развитие ВВТ позволит более рационально использовать средства федерального бюджета, в частности

сократить колоссальные расходы на ремонт автодорожной сети (особенно это ощущается в жаркий сезон, когда резко возрастает количество грузовых автомобилей, перевозящих сельхозпродукцию, разрушающе действующих на дорожное покрытие) [6-8].

Во всех странах, имеющих реки, ВВТ играет всё возрастающую роль в общем транспортно-логистическом цикле (в России ВВТ финансируется государством по остаточному принципу [9], а в Транспортной Стратегии РФ до 2035 года положение о господдержке ВВТ исключено по сравнению с ТС-2030); без его эффективного использования транспортный комплекс не может считаться полноценным. Например, в Китае объём грузовых перевозок по рекам уже обогнал железнодорожный и почти сравнялся с морским [10]. Всему миру известен Великий китайский канал длиной 1930 км (с ответвлениями – 2470 км), связывающий главные реки – Хуанхэ и Янцзы). В странах, имеющих реки и внутренние акватории, ВВТ получает мощную государственную поддержку (в США вся инфраструктура ВВТ контролируется Армейским инженерным корпусом (АИК = USACE).

По данным ВГУВТ, удельная интенсивность (на 1 километр ВВП) грузового использования рек в России – ведущей речной державы – на порядки ниже, чем у большинства развитых и «развивающихся» стран (например, в 13 и 6 раз соответственно ниже чем по Европе, в 26/12 раз чем в Германии, в 50/13 раз чем в Нидерландах, в 14/17 раз чем в США, в 19 раз чем в Канаде, в 33 раза чем в Бразилии и в 40/60 раз ниже, чем в Китае!). То есть рек у этих стран меньше, а «работают» они намного интенсивнее!

Восприятие рек как конкурентов, а не как необходимых партнёров со стороны российского железнодорожного и автомобильного транспорта (реки рассматриваются ими как препятствия, требующие сооружения мостов, тоннелей, виадуков, обходов и т.п.) наносит ущерб как государству, так и самим транспортным отраслям. Во всём мире в связи с перезагруженностью железных и автомобильных дорог перевод значительной части грузов с сухопутного на водный транспорт признаётся рациональным и рентабельным. Потенциальная синергия от взаимодействия и партнёрства более выгодна, чем конкуренция и отсутствие единой стратегии у разных ведомств и бизнес-структур со своими задачами. Эффективные проекты увязки автомобильного, речного и воздушного транспорта с соответствующими энергетическими решениями разработаны Госкорпорацией «Росатом» совместно с руководством Республики Саха (Якутия).

Список литературы

1. Логистика смешанных перевозок : монография. под ред. В.Н. Кострова. Нижний Новгород : Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. 124 с.
2. Обеспечение качества и эффективности перевозок сухих грузов речным транспортом в современных условиях : монография. Под ред. А.И. Телегина. Нижний Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. 132 с.
3. Троилина А.В. Тенденции, факторы и индикаторы развития транзитной транспортной инфраструктуры Российской Федерации *Научные проблемы водного транспорта*. 2021. №66. С. 123–137. DOI:10.37890/jwt.vi66.152
4. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Арктической Зоны РФ на 15 марта 2021 г. (ФБГУ ВСЕГЕИ). URL:<https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/45bb8bcc7b844220954744c0149a86f4.pdf>
5. Синицын, М. Г. Глоденис, Т. В. Масленников С. Н. Перспективы внутреннего водного транспорта при освоении континентального шельфа Российской Федерации. *Научные проблемы водного транспорта*, 2022. №72. С. 134-143. DOI:10.37890/jwt.vi72.292
6. Железнов, С. В., Лисин, А. А., Уртминцев, Ю. Н. Оценка потенциала переключения части автомобильных контейнерных перевозок из морских портов на внутренний

- водный транспорт. Научные проблемы водного транспорта. 2022. №72. С. 180-188. DOI:10.37890/jwt.vi72.280
7. Костров В.Н., Ничипорук А.О. Современные проблемы и направления государственного регулирования на внутреннем водном транспорте. Вестник ВГАВТ. 2012. Выпуск 33. С. 123–127.
 8. Телегин А.И., Милославская С.В., Коршунов Д.А., Наседкина Е.С. Программно-целевые задачи формирования и логистического развития объектов береговой инфраструктуры на внутреннем водном транспорте. Научные проблемы водного транспорта. 2021. №68. С. 163–171. DOI:10.37890/jwt.vi68.190
 9. Транспорт в России 2020. Статистический сборник. Росстат. М.: ООО «Буки Веди», 2020. 108 с.
 10. Россия и страны мира. 2020 : стат. сб. Росстат. М.: Статистика России, 2020. 385 с.

References

1. Logistika smeshannykh perevozk : monografiya [Logistics of mixed transportation: monograph]. Pod. red. V.N. Kostrova. Nizhnii Novgorod : Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2020. 124 p.
2. Obespechenie kachestva i ehffektivnosti perevozk sukhhikh gruzov rechnym transportom v sovremennykh usloviyakh : monografiya [Ensuring the quality and efficiency of dry cargo transportation by river transport in modern conditions: monograph]. Pod red. A.I. Telegina. Nizhnii Novgorod: Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2020. 132 p.
3. Troilina A.V. Tendentsii, faktory i indikatory razvitiya tranzitnoj transportnoj infrastruktury Rossijskoj Federacii [Trends, factors and indicators of development of the transit transport infrastructure of the Russian Federation], Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport], 2021, vol. 66, pp. 123–137. doi:10.37890/jwt.vi66.152
4. Spravka o sostoyanii i perspektivakh ispol'zovaniya mineral'no-syr'evoi bazy Arkticheskoi Zony RF na 15 marta 2021 g. [Certificate on the state and prospects of using the mineral resource base of the Arctic Zone of the Russian Federation as of March 15, 2021] (FBGU VSEGEI). URL:<https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/45bb8bcc7b844220954744c0149a86f4.pdf>
5. Sinitsyn, M. G. Glodenis, T. V. Maslennikov S. N. Perspektivy vnutrennego vodnogo transporta pri osvoenii kontinental'nogo shel'fa Rossijskoj Federatsii [Prospects for inland water transport in the development of the continental shelf of the Russian Federation], Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport], 2022. vol. 72, pp. 134-143. DOI:10.37890/jwt.vi72.292
6. Zheleznov, S. V., Lisin, A. A., Urtmintsev, YU. N. Otsenka potentsiala pereklyucheniya chasti avtomobil'nykh konteynernykh perevozk iz morskikh portov na vnutrennii vodnyi transport, Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport], 2022, vol. 72, pp. 180-188. DOI:10.37890/jwt.vi72.280
7. Kostrov V.N., Nichiporuk A.O. Sovremennye problemy i napravleniya gosudarstvennogo regulirovaniya na vnutrennem vodnom transporte [Modern problems and directions of state regulation in inland water transport], Vestnik VGAVT [VSUWT Bulletin], 2012, vol. 33, pp. 123–127.
8. Telegin A.I., Miloslavskaya S.V., Korshunov D.A., Nasedkina E.S. Programmno-tselevye zadachi formirovaniya i logisticheskogo razvitiya obektov beregovoii infrastruktury na vnutrennem vodnom transporte. Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport], 2021, vol. 68, pp. 163–171. DOI:10.37890/jwt.vi68.190
9. Transport v Rossii 2020. Statisticheskii sbornik [Transport in Russia 2020. Statistical compendium]. Rosstat. M.: ООО «Буки Веди», 2020. 108 p.
10. Rossiya i strany mira. 2020 : stat. sb. [Russia and countries of the world. 2020. Statistical compendium] Rosstat. M.: Statistika Rossii, 2020. 385 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кузьмичев Игорь Константинович, доктор технических наук, профессор, ректор, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: rector@vsuwt.ru

Igor K. Kuzmichev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, Volga State University of Water Transport, Nesterova, 5, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, e-mail: rector@vsuwt.ru

Костров Владимир Николаевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Vladimir N. Kostrov, Doctor of Economics, Professor, Head of Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, Nesterova, 5, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Бутченко Виктор Николаевич, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортного права, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: butchenko.vn@vsuwt.ru

Viktor N. Butchenko, Ph.D. in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Transport Law, Volga State University of Water Transport, Nesterova, 5, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, e-mail: butchenko.vn@vsuwt.ru

Статья поступила в редакцию 10.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 10.01.2023; published online 20.03.2023.

УДК 338.246

DOI: 10.37890/jwt.vi74.345

Особенности бизнес-модели транспортных предприятий

Е.С. Мишачева

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6646-3409>

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
г. Владимир, Россия*

Аннотация: Актуальность данной статьи обусловлена тем, что на сегодняшний день руководители обращают всё больше внимания на бизнес-модели своих компаний. Бизнес-модели стали инструментом, который способствует получению всех ключевых сведений о предприятии или организации и который позволяет сделать выводы о потенциальных возможностях для развития предприятия. В статье рассмотрено, что представляет собой бизнес-модель, а также базовые элементы необходимые для её построения. В статье приведена канва для построения бизнес-модели, состоящая из девяти блоков, а на её основе построена типовая бизнес-модель транспортного предприятия. Также статья включает в себя рассмотрение внешней и внутренней среды транспортной компании и построение на основе данной информации типовой модели транспортной компании.

Ключевые слова: бизнес-модель; элементы бизнес-модели; канва бизнес-модели; Остервальдер и Пенъё; типовая бизнес-модель; внешняя среда; внутренняя среда; транспортные предприятия.

Features of the business model of transport enterprises

Evgenia S. Mishacheva

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6646-3409>

Vladimir State University, Vladimir, Russia

Abstract: The relevance of this article is due to the fact that today, managers are paying more and more attention to the business models of their companies. Business models have become a tool that helps to obtain all the key information about an enterprise or organization, and which allows you to draw conclusions about potential opportunities for the development of the enterprise. The article discusses what a business model is, as well as the basic elements necessary for its construction. The article provides a canvas for building a business model consisting of nine blocks, and on its basis a typical business model of a transport enterprise is built. The article also includes consideration of the external and internal environment of a transport company and the construction of a transport company typical model based on this information.

Keywords: business model; elements of the business model; outline of the business model; Osterwalder and Pinier; typical business model; external environment; internal environment; transport enterprises.

Введение

В настоящее время бизнес-модели набирают популярность и всё более широко используются компаниями и организациями; не исключениями являются и транспортные компании.

Правильное построение бизнес-модели многое значит для компании: позволяет сделать выводы о текущей деятельности фирмы, её сильных и слабых сторонах, возможностях для развития. Бизнес-модель позволяет принимать во внимание основы

стратегии компании при осуществлении выбора в сложных и быстро изменяющихся обстоятельствах.

Цель исследования в данной статье – выявление особенностей в бизнес-модели транспортных предприятий.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- проектирование бизнес-модели современного транспортного предприятия;
- анализ бизнес-модели транспортного предприятия;
- выделение особенностей бизнес-модели транспортного предприятия.

Методы

При проведении исследования применяется подход, базирующийся на теории бизнес-моделирования совместно с теоретическими методами научного исследования, такими как дедукция, анализ и синтез.

Результаты

Единого определения бизнес-модели нет, но есть много разнообразных подходов к данному определению. Одно из них заключается в том, что понятие «бизнес-модель» можно рассматривать с точки зрения сочетания 2-х искомых понятий. Рассмотрим это на рисунке 1.

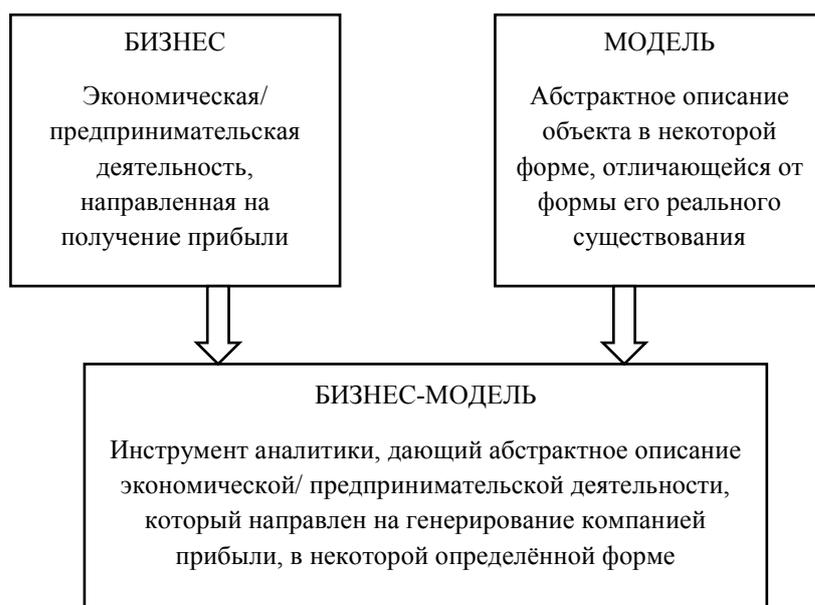


Рис. 1. Понятие «бизнес-модель»

В широком смысле бизнес-модель – это «концептуальный инструмент для исследования сложного объекта (бизнес-системы), отражающий логику бизнеса» [1–4].

Существует два подхода, которые используются при определении сути понятия бизнес-модель:

- 1) Внутренний, направленный на бизнес-процессы;
- 2) Внешний, ориентированный на окружение предприятия, направленный на клиентов.

Первый подход основан на том, что деятельность компании рассматривается с точки зрения протекающих бизнес-процессов и используемых технологий, т.е. под наблюдением находится внутренние процессы компании.

Второй подход основан на том, что в фокусе внимания находится ценность, которую компания может предложить своим клиентам, также с особым интересом изучаются результаты деятельности компании.

Элементами бизнес-модели, имеющими первостепенное значение и формирующими её содержание, являются:

- Финансовая модель компании, включающая определение структуры затрат, а также методы генерирования прибыли;
- Ценность, которая является основным предложением для клиентов, основанная на предлагаемых компанией товарах, работах или услугах;
- Система производства ценности, при учёте всех ближайших заинтересованных сторон (поставщиков, посредников, целевых клиентов и т.п.), а также непосредственный алгоритм создания искомой ценности;
- Активы, используемые компанией при создании ценности.

На текущий момент внимание бизнес-моделям оказывается не только со стороны научного-исследовательского сообщества, но и непосредственно со стороны предпринимателей [2].

В распоряжении руководителей и менеджеров предприятий есть несколько вариантов для формирования бизнес-модели своего предприятия. Наиболее часто при составлении бизнес-модели используется канва бизнес-модели из подхода Остервальдера и Пеньё. Шаблон для составления бизнес-модели был модифицирован Стивом Бланком, создателем многих успешных стартапов. Шаблон представлен ниже на рисунке 2 [5].



Рис. 2. Шаблон для составления бизнес-модели по Остервальдеру и Пинье

Канва включает в себя 9 основных тематических блоков, каждый из которых рассматривает важный аспект для развития и исследования предприятия и бизнеса в таком виде, чтобы была возможность презентовать её должным образом заинтересованным лицам. Обычно канва заполняется в следующем порядке:

- 1) Потребительские сегменты – выделяется целевая аудитория; те, на кого в первую очередь нацелен товар, работа или услуга; те люди, чья именно «боль» решается;
- 2) Ценностные предложения – здесь объясняется, почему предложение компании будет пользоваться спросом, т.е. в чём заключается его уникальность, привлекательность и ценность;
- 3) Каналы сбыта – данная позиция включает в себя не только перечисление непосредственных точек для реализации, но и пути взаимодействия с клиентами, пред- и постобслуживание. Например, на сегодняшний день пользуются популярностью приложения, поэтому, если ценностные предложения реально предлагать в виртуальном пространстве, то следует обозначить этот момент;
- 4) Взаимоотношения с клиентами – данный блок касается описания того, каким образом выстроено взаимодействие с клиентами, алгоритм оказания услуги, по какому типу он идёт. Варианты чаще всего следующие: самообслуживание, персональное обслуживание, особое персональное обслуживание (отличается от предыдущего закреплением менеджера за каждым клиентом), автоматизированное обслуживание;
- 5) Потоки поступления доходов – описывают непосредственно то, за что и каким путём поступают деньги. Это может быть продажа, аренда, лизинг, подписка комиссия и т.д. Не лишним будет также обозначить, как именно предположительно будет осуществляться оплата;
- 6) Ключевые ресурсы – блок, который должен включать в себя описание всех ресурсов, что необходимы, не только на производство, но и на реализацию. Обычно все ресурсы касаются 4 категорий: материальные, интеллектуальные, человеческие, а также финансовые ресурсы;
- 7) Ключевые виды деятельности – данный раздел должен включать описание, как будет осуществляться производство, оказываться услуга или выполняться работа, или, говоря общими словами, как будет создаваться и реализоваться то, что запланировано;
- 8) Ключевые партнёры – список компаний, сотрудничество с которыми идёт или планируется на постоянной основе. Обычно приводится список поставщиков, поставляющих всё необходимое, и партнёров;
- 9) Структура издержек – блок, который включает приведение и анализ всех постоянных и переменных затрат. Желательно отдельно выделить сумму начальных инвестиций и регулярные затраты, которые будут необходимы на поддержку постоянного функционирования. Поскольку отчёты подобного рода не всегда могут в точности отразить действительность, то следует заложить процент погрешности.

Таково содержание 9 основных блоков в подходе А. Остервальдера и И.Пиньё, помимо них авторы выделяют ещё 3 дополнительных блока: стиль, дизайн и стратегия [6-7].

Типовая бизнес-модель транспортного предприятия представлена в таблице 1.

Таблица 1

Типовая бизнес-модель транспортного предприятия

№	Название блока	Содержание
1	Потребительские сегменты	Государство; Экспортно-импортные предприятия; Торгово-промышленные компании; Частные лица.
2	Ценностные предложения	Перевоз грузов по разным видам путей: водным, железнодорожным, воздушным, автомобильным (транспортные компании могут специализироваться, как на одном виде транспорта, так и на нескольких); Возможность перевозки больших грузов Программы лояльности при долгосрочном сотрудничестве.
3	Каналы сбыта	Интернет (различные социальные сети, контекстная реклама, официальный сайт и т.д.); Реклама; Тендеры; Выставки / Экспоцентры; Репутация (предполагается, что если услуга будет оказана качественно, то будет установлено долгосрочное партнёрство / порекомендуется другим потенциальным клиентам).
4	Взаимодействие с клиентами	Официальный сайт транспортного предприятия; Почта; Мессенджеры; Отдел связи с клиентами; Личные встречи (персональное обслуживание или особое персональное обслуживание).
5	Потоки поступления доходов	Доходы от текущей деятельности; Субсидии государства; Доходы от продажи/ реализации имущества.
6	Ключевые ресурсы	Квалифицированный персонал; Широкий парк транспортных средств (одного или нескольких видов);
7	Ключевые виды деятельности	Транспортировка грузов; Перевозка пассажиров; Разгрузка и погрузка грузов; Экспедирование; Лизинг / аренда / прокат транспортных средств.
8	Ключевые партнёры	Частные лица; Российские компании, предприятия; Зарубежные компании и предприятия; Государство.
9	Структура издержек	Оплата труда сотрудников; Административно-хозяйственная часть; Расходы на рекламу; Расходы на содержание / обслуживание / приобретение транспорта; Оплата внутренних проектов и мероприятий.

Современное транспортное предприятие – это не просто обособленное предприятие, это компания, уделяющая значительное внимание своим внутренним процессам функционирования и вовлечённая в широкую сеть партнёрских

отношений. Иначе говоря, для успешного функционирования предприятия важна его и внешняя, и внутренняя деятельность [6-8,11].

К внутренней среде транспортного предприятия относится не только вся инфраструктура компании, но и внутренняя политика. Чем больше времени и внимания ей уделяется, тем больше возникает различных возможностей для развития и реализации потенциала сотрудников, и, как следствие, самой компании.

К внешней среде транспортного предприятия относятся все, с кем так или иначе контактирует искомое предприятие. Внешние партнёры делятся на несколько групп:

- Первая группа: те, кого привлекают к сотрудничеству, или клиенты;
- Вторая группа: те, кого привлекают к партнёрству (отношения между транспортными компаниями);
- Третья группа: те, кто помогают успешно функционировать и осуществлять деятельность (например, банки);
- Четвёртая группа: те, кто определяют требования к деятельности (обычно это государство и органы власти).

На рисунке 3 представлена типовая модель транспортной компании, включающая в себя как внутреннюю, так и внешнюю среду транспортной компании.

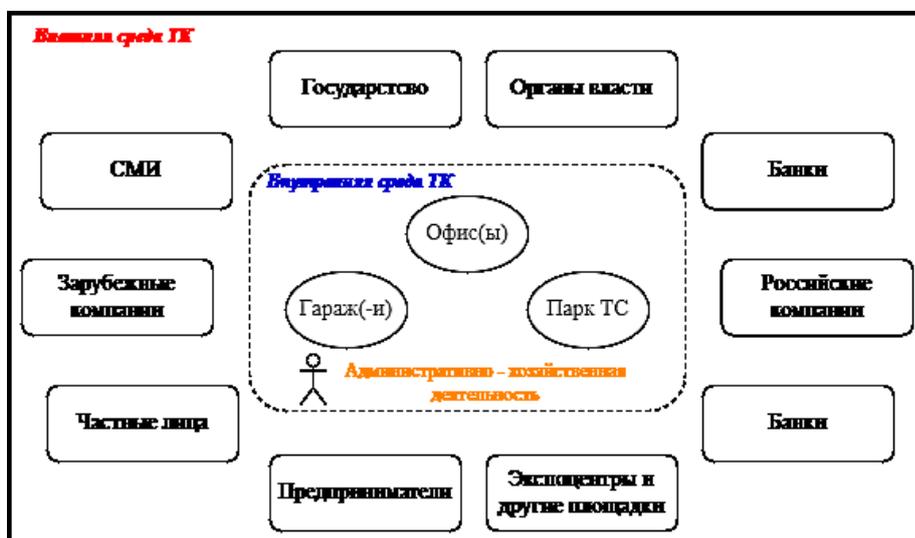


Рис. 3. Типовая модель транспортной компании

Современное транспортное предприятие при осуществлении своей деятельности находится в тесной взаимосвязи со своими клиентами и партнёрами, т.к. партнёрство устанавливается на долгосрочной основе. Чем больше и масштабнее транспортная компания, тем больше в ней проявляются признаки бизнес-экосистемы. Создание бизнес-экосистемы заключается в агрегации сервисов личных и/или партнёрских для формирования возможности более лёгкого доступа к ним [9].

Важный аспект, который отмечается в различных источниках информации по бизнес-моделям заключается в том, что необходимо принимать во внимание временной фактор, т.е. с течением времени любая бизнес-модель нуждается в смене, изменениях или коренных переменах, исключением не являются и транспортные компании. Руководству необходимо обращать внимание на тренды, которые появляются в транспортном бизнесе и бизнес-среде, в целом, чтобы оценить, возможно ли их внедрение в конкретной компании [10].

Заключение

Таким образом, бизнес-модель представляет собой особый инструмент, который позволяет проанализировать собственное предприятие, а также его потенциальные возможности.

Бизнес-модель современного транспортного предприятия включает в себя не только внутреннюю среду и внутренние процессы, но и внешнюю. Поскольку для компаний транспортной отрасли характерно устанавливать долгосрочное сотрудничество с партнёрами, то в связи с этим бизнес-модель транспортной компании приобретает черты бизнес-экосистемы.

Список литературы

1. Casadesus-Masanell, R. and Ricart, J. E. (2011). «How to design a winning business model». Harvard Business Review, Jan-Feb, 101–07;
2. Bigelow, L.S. and Barney, J.B. (2021), What can Strategy Learn from the Business Model Approach? J. Manage. Stud., 58: 528-539. - URL: <https://doi.org/10.1111/joms.12579>;
3. Стрекалова, Н.Д. Концепция бизнес-модели: методология системного анализа // Известия Российского государственного педагогического университета имени И.Герцена.- 2009 - N 92 - С. 96;
4. Архипова, Л. И. Технологии менеджмента как инструмент развития бизнес-моделей / Л. И. Архипова, Л. Ф. Медведева // Проблемы управления (Минск). – 2017. – № 2(64). – С. 55-62. – EDN YSUEWV;
5. Терешкина Н.Е. Бизнес-модели инноваций в цифровой экономике // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Том 12. – № 1. – С. 179-194. – doi: 10.18334/vines.12.1.114100;
6. Магретта, Д. Трансформация бизнес-модели : научно-популярное издание / . - Москва : Альпина Паблишер, 2021. - 170 с. - (Серия «Harvard Business Review: 10 лучших статей»). - ISBN 978-5-9614-3999-1. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1841901>;
7. Муковнина, Е. Ю. Бизнес-модель транспортной компании на рынке транспортных услуг Калининградской области / Е. Ю. Муковнина // . – 2019. – № 2(25). – С. 31-37. – EDN YSGUHA;
8. Удальцова Н.Л. Современные методы анализа и моделирования бизнес-процессов // Лидерство и менеджмент. – 2021. – Том 8. – № 2. – С. 185-200. – doi: 10.18334/lim.8.2.112126;
9. Мишачева, Е. С. Бизнес-экосистема / Е. С. Мишачева // Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8, № 11. – С. 414-418. – DOI 10.33619/2414-2948/84/51. – EDN FLHWKM;
10. Макейкина С.М., Родина Е.Е., Артемов А.В., Горчакова Э.Р. Развитие бизнес-экосистем отечественных компаний в цифровой среде в контексте обеспечения синергетического эффекта // Вестник МФЮА. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-biznes-ekosistem-otechestvennyh-kompaniy-v-tsifrovoy-srede-v-kontekste-obespecheniya-sinergeticheskogo-effekta>;
11. Баталова Н. В. Формирование бизнес-модели транспортной организации в условиях трансформации концепции транспортной услуги // Бюллетень результатов научных исследований. — 2022. — Вып. 4. — С. 190-202. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-190-202.

References

1. Casadesus-Masanell, R. and Ricart, J. E. (2011). «How to design a winning business model». Harvard Business Review, Jan-Feb, 101–07;
2. Bigelow, L.S. and Barney, J.B. (2021), What can Strategy Learn from the Business Model Approach? J. Manage. Stud., 58: 528-539. - URL: <https://doi.org/10.1111/joms.12579>;
3. Strekalova, N.D. Business model concept: methodology of system analysis // Proceedings of the I.Herzen Russian State Pedagogical University.- 2009 - N 92 - P . 96;
4. Arkhipova, L. I. Management technologies as a tool for the development of business models / L. I. Arkhipova, L. F. Medvedeva // Problems of Management (Minsk). – 2017. – № 2(64). – Pp. 55-62. – EDN YSUEWV;

5. Tereshkina N.E. Business models of innovations in the digital economy // Issues of innovative economics. – 2022. – Volume 12. – No. 1. – pp. 179-194. – doi: 10.18334/vinec.12.1.114100;
6. Magretta, D. Transformation of the business model: popular science edition / . - Moscow : Alpina Publisher, 2021. - 170 p. - (Series "Harvard Business Review: 10 best articles"). - ISBN 978-5-9614-3999-1. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1841901>;
7. Mukovnina, E. Yu. Business model of a transport company in the market of transport services in the Kaliningrad region / E. Yu. Mukovnina // . - 2019. - No. 2 (25). - S. 31-37. – EDN YSGUHA;
8. Udaltsova N.L. Modern methods of analysis and modeling of business processes // Leadership and management. – 2021. – Volume 8. – No. 2. – pp. 185-200. – doi: 10.18334/lm.8.2.112126;
9. Mishacheva, E. S. Business ecosystem / E. S. Mishacheva // Bulletin of Science and Practice. - 2022. - V. 8, No. 11. - S. 414-418. – DOI 10.33619/2414-2948/84/51. – EDN FLHWKM;
10. Makeikina S.M., Rodina E.E., Artemov A.V., Gorchakova E.R. Development of business ecosystems of domestic companies in the digital environment in the context of ensuring a synergetic effect // Bulletin of MFUA. 2021. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-biznes-ekosistem-otechestvennyh-kompaniy-v-tsifrovoy-srede-v-kontekste-obespecheniya-sinergeticheskogo-effekta>;
11. Batalova N.V. Formation of business models of a transport organization in the context of the discovery of transport services // Bulletin of the results of scientific research. - 2022. - Issue. 4. - S. 190-202. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-190-202.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Мишачева Евгения Сергеевна, ассистент кафедры менеджмента и маркетинга, преподаватель без предъявления требований к стажу, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, 600000, г. Владимир, ул. Горького, 79, e-mail: Mishacheva.ru@yandex.ru

Evgenia S. Mishacheva, Assistant of management and marketing chair, teacher with no experience requirements, Vladimir State University, 600000, Gorkogo st. 79, Vladimir, Russia, e-mail: Mishacheva.ru@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.11.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 15.11.2022; published online 20.03.2023.

УДК 332.1

DOI: 10.37890/jwt.vi74.353

Инновации в речных пассажирских перевозках как фактор развития человеческого капитала регионов

Н.В. Пумбрасова¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9644-1721>

Е.В. Упадышева¹

¹*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Объектом исследования в данной статье является взаимосвязь инновационного развития речных пассажирских перевозок, повышения производительности труда в экономике соответствующих территорий и стоимости человеческого капитала, принимающего участие в производственном процессе. Предметом исследования выступили трудовые ресурсы, уровень их территориальной разрозненности с производственными мощностями и определение путей восполнения потребностей производств в недостающих квалифицированных кадрах. Особое внимание при этом уделяется развитию внутреннего водного транспорта как связующего звена между трудовыми ресурсами и производственными мощностями. Актуальность данного исследования подтверждается наличием большого потенциала развития пассажирских перевозок речным транспортом с использованием инновационных судов, современных цифровых систем и средств навигации.

Методологической базой исследования выступили методы статистического наблюдения, анализа и расчета возможного к получению эффекта. Применение метода абстрагирования дало авторам возможность получения приблизительной количественной оценки эффекта, получаемого от повышения трудовой мобильности населения в результате развития инновационных пассажирских перевозок речным транспортом.

Основными научными результатами исследования являются: 1) подтверждение гипотезы о взаимосвязи роста экономической активности при повышении трудовой мобильности, 2) обоснование необходимости инновационного развития пассажирских перевозок внутренним водным транспортом. Научная новизна работы заключается в обосновании необходимости повышения трудовой мобильности внутри одного региона и между регионами, связанными водными транспортными артериями, путем инновационного развития пассажирских перевозок речным транспортом, а также в попытке количественного измерения развития человеческого капитала на примере внутренней трудовой миграции в целях восполнения недостающих квалифицированных кадров на современных (в том числе инновационных) производствах.

Ключевые слова: инновации, транспорт, производительность труда, человеческий капитал, внутренняя трудовая миграция.

Innovations in river passenger transportation as a factor in the development of the human capital of the regions

Natalya V. Pumbrasova¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9644-1721>

Elena V. Upadysheva¹

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The object of research in this article is the relationship between the innovative development of river passenger transportation, increasing labor productivity in the economy

of the respective territories and the cost of human capital involved in the production process. The subject of the study was the labor resources, the level of their territorial fragmentation with production capacities and the determination of ways to fill the needs of production in the missing qualified personnel. Particular attention is paid to the development of inland waterway transport as a link between labor resources and production facilities. The relevance of this study is confirmed by the presence of a large potential for the development of passenger transportation by river transport using innovative vessels, modern digital systems and navigation tools.

The methodological basis of the study was the methods of statistical observation, analysis and calculation of the possible effect. The use of the abstraction method gave the authors the opportunity to obtain an approximate quantitative assessment of the effect obtained from increasing the labor mobility of the population as a result of the development of innovative passenger transportation by river transport. The main scientific results of the study are: 1) confirmation of the hypothesis about the relationship between the growth of economic activity with increased labor mobility, 2) justification of the need for innovative development of passenger transportation by inland waterway. The scientific novelty of the work is to substantiate the need to increase labor mobility within one region and between regions connected by waterways by innovative development of passenger transportation by river transport, as well as in an attempt to quantify the development of human capital on the example of internal labor migration in order to fill in the missing qualified personnel in modern (including innovative) industries.

Keywords: innovation, transport, labor productivity, human capital, internal labor migration.

Введение

Несмотря на повсеместную цифровизацию и автоматизацию производственных процессов, человеческий капитал остается основополагающим критерием развития экономики любой страны. Человек как элемент системы трудовых ресурсов, как потребитель и просто как гражданин своего государства подпадает под влияние происходящих технических и технологических изменений в определенных сферах и сам оказывает воздействие на различные сферы, связанные каким-либо образом с его жизнедеятельностью.

Одной из таких сфер выступает транспортная система, являющаяся в свою очередь связующим звеном во многих производственных процессах и играющая значимую роль в создании внутреннего валового продукта.

Инновации в транспортной сфере делают производственный процесс более четким, слаженным, оптимизированным по финансовым затратам и времени, а в части пассажироперевозок – более мобильным.

Учитывая все вышесказанное, необходимо отметить роль инноваций на транспорте именно в пассажирских перевозках как основу обеспечения мобильности трудовых ресурсов внутри одного региона, либо в смежных регионах.

Расположение современных производств и наличие кадров соответствующей квалификации далеко не всегда совпадают территориально, что приводит с одной стороны к непрофильному трудоустройству, снижая тем самым качество производимых товаров (работ, услуг), а с другой стороны - к росту безработицы среди трудоспособного населения, имеющего высшее образование, на территориях, не имеющих предприятий с соответствующими рабочими специальностями.

Теория Бережливого производства и бережливых инноваций рассматривает проблему выполнения высококвалифицированными работниками не свойственной их специальности и квалификации работы как одну из восьми видов потерь, сдерживающих развитие производства [1, с.145]. Повышение мобильности трудовых ресурсов внутри региона и между регионами создаст возможность снижения таких потерь и повышения производительности труда на предприятиях, заинтересованных в квалифицированных кадрах соответствующих специальностей.

Удобным и сравнительно недорогим видом транспорта, объединяющим территории во многих регионах Российской Федерации, является внутренний водный транспорт, получивший за последнее десятилетие новый виток развития в части внедрения инноваций. Однако следует отметить, что для более масштабного внедрения инноваций в сфере речного транспорта требуются значительные инвестиции [2, с. 129].

В целях обеспечения возможности круглогодичного использования данного вида транспорта в российских условиях следует учесть необходимость применения инновационных типов судов (к примеру, современных судов на воздушной подушке) [3, с.148 - 156] с одновременной интеграцией с электронными картами внутренних водных путей [4, с. 43] для синхронизации работы речного транспорта с другими видами транспорта (автомобильным и железнодорожным) как элемента эффективного функционирования единой транспортной системы страны [5, с. 15 - 19].

Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» одними из основных целей развития государства определены «достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство».

В контексте повышения мобильности граждан внутри региона, либо между регионами, развитие пассажирских речных перевозок инновационными судами способно оказать непосредственное влияние на достижение указанных целей. К тому же внедрение инновационных систем управления, ориентированных на использование электронных карт внутренних водных путей, потребует более высокой квалификации работников речных судов, в частности высокой цифровой грамотности и технологических компетенций, что в свою очередь будет способствовать повышению производительности труда в транспортной сфере.

Таким образом, по мнению авторов статьи, развитие инновационных пассажирских перевозок именно речным транспортом, недостаточно задействованным в настоящее время в транспортной системе страны, будет способствовать повышению производительности труда в целом в регионах, имеющих водные транспортные артерии.

Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» расшифровывает намеченные ориентиры по достижению поставленных в исходном документе целей путем установления определенных значений показателей достижения цели (индикаторов). Однако цель «эффективный труд» не имеет количественного индикатора, к примеру, такого как «повышение производительности труда» хотя бы в привязке к определенной территории.

В связи с этим авторами сделано предположение о необходимости научного описания такого индикатора в условиях инновационного развития пассажирских перевозок речным транспортом как дополнительной возможности (а для некоторых отдаленных от регионального центра населенных пунктов как единственной возможности) повышения уровня мобильности трудовых ресурсов при одновременном сохранении численности постоянного населения периферии, что со своей стороны выступает гарантом и условием развития малых городов, т.к. непосредственно влияет на уровень инвестиций и развитие предпринимательства на территориях, отдаленных от регионального центра.

Целью научного исследования авторы определили выявление зависимости роста производительности труда в регионе от внедрения инноваций в пассажирских перевозках речным транспортом.

Для достижения указанной цели авторами предложено выполнение следующих **задач**:

1. Определение методической базы для установления зависимости между транспортировкой трудовых ресурсов к месту работы речным транспортом и повышением производительности труда.
2. Исследование фактического положения дел в плане внедрения инноваций в речных пассажирских перевозках и возможности тиражирования подобных практик.
3. Определение объемов пассажирских перевозок речным транспортом за последний отчетный период, часть которых выступает потенциальными квалифицированными работниками, востребованными в производственной сфере.
4. Определение численности работников внутреннего водного транспорта за последний отчетный период, представляющих собой человеческий капитал в транспортной сфере, имеющий большой потенциал развития.
5. Определение среднегодовой потребности предприятий в квалифицированных кадрах.
6. Определение резервов повышения эффективности использования человеческого капитала (количество недоиспользуемой рабочей силы, человек)
7. Определение возможности количественной оценки повышения производительности труда.

Понятие инноваций на транспорте рассматривалось авторами статьи в одной из предыдущих научных работ [6, с. 829 - 830] и определено как «внедренное или внедряемое новшество (нововведение), основанное на использовании новых информационно-коммуникационных технологий и современных технических решениях, позволяющее как повысить эффективность бизнес-процессов, так и улучшить качество продукции (транспортных услуг)».

Кроме того, авторами научно доказана возможность получения мультипликативного эффекта в развитии малых городов в результате внедрения инноваций в речном туризме [7, с. 133 - 146].

Изучение зарубежной научной литературы дало основание полагать, что западные и азиатские ученые активно рассматривают инновации в транспортной сфере в основном как инструмент повышения экологической безопасности [8, с. 249-256], [9, с. 489-498], [10, с. 437-440], в том числе с точки зрения эффективности их финансирования [11, с. 1 - 10], [12, с. 4 - 12], а также как отрасль экономики, требующую совершенствования в части инновационного развития внутригородских пассажирских перевозок, т.е. на коротких расстояниях [13, с. 2056-2062], в том числе в части повышения комфорта для пассажиров с использованием современных цифровых технологий [14, с. 1 - 23]. В зарубежных мегаполисах также набирают популярность системы мультимодальных пассажирских перевозок [15, с. 1 - 13], [16, с. 76 - 92]. Авторами данной статьи, напротив, делается акцент на необходимости внедрения инноваций на речном транспорте в целях развития перевозок на дальних расстояниях (междугородних и межрегиональных) для обеспечения восполнения недостатка квалифицированной рабочей силы посредством внутренней трудовой миграции.

Проблемы и перспективы развития экономических систем в результате воздействия внутренней трудовой миграции подробно исследуются как отечественными учеными [17, с. 1156-1163], [18, с. 54 - 59], так и зарубежными [19, с. 267 - 283], как правило, с позиции восполнения недостающей производственной силы в больших городах и соответствующей демографической убыли периферии.

Однако мало исследованной остается проблематика эффективности внедрения инноваций в транспортной сфере как посреднике между трудовыми ресурсами и

добавленной стоимостью, инвестициями в человеческий капитал и ростом производительности труда в экономике. При этом возможность круглогодичного доступа к высокооплачиваемым рабочим местам, расположенным в крупных городах, для трудовых ресурсов, проживающих в отдаленных малых поселениях, снижает проблему убыли трудоспособного населения на периферии, поскольку обеспечение мобильности трудовых ресурсов с помощью инновационных транспортных средств позволяет менять место работы без изменения места жительства, т.к. повышает комфорт и скорость передвижения при сравнительно невысокой стоимости проезда [20, с. 618 - 622].

Поэтому авторами статьи делается акцент на изучении зависимости роста производительности труда региона при внедрении инноваций именно в транспортной сфере, и конкретно в сфере речных пассажирских перевозок, как в связующем звене между территориями одного муниципалитета, разделенного водной артерией, и между территориями разных муниципалитетов одного региона, существенно отдаленных друг от друга, протяженность водного пути между которыми значительно ниже протяженности автомобильных путей, представляющих альтернативу водным.

Материалы и методы

В качестве основных методов исследования авторами использовались методы статистического наблюдения, расчетно-аналитический, а также методы абстрагирования, обобщения, научного предположения и математического моделирования.

Источниками статистических данных по исследуемым в соответствии с установленными задачами показателями выступили интернет-ресурсы Росстата (rosstat.gov.ru), Нижегородстата (nizhstat.gks.ru) и Министерства транспорта Российской Федерации (mintrans.gov.ru).

Так, исследования указанных статистических данных позволили сделать вывод о подтверждении установленной авторами гипотезы о наличии в России разрозненности в концентрации производственных мощностей с соответствующими потребностями в трудовых ресурсах и самих трудовых ресурсах, имеющих необходимую квалификацию, что приводит к территориальному несоответствию потребности и наличия факторов производства.

Проблема производственно – ресурсного несоответствия, приводящего к внутренней трудовой миграции между субъектами Российской Федерации, наглядно представлена на рисунке 1.

Общая численность россиян, работающих за пределами своего региона, по данным Росстата, составляет порядка 3 млн. человек (или 4,1 % от численности занятого населения России).

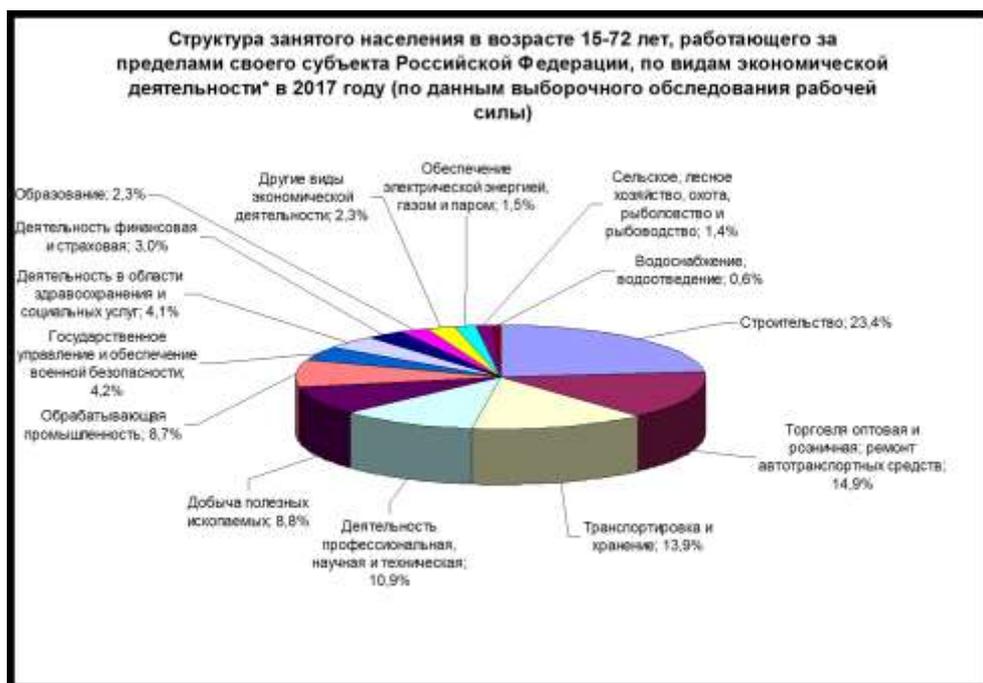


Рис. 1. Структура внутренней трудовой миграции в разрезе отраслей экономики (видов экономической деятельности)¹²

При этом объемы потребности в квалифицированной рабочей силе и удельный вес потребности в работниках для замещения вакантных рабочих мест в общем числе рабочих мест по стране (в %) по состоянию на 31 октября 2020 года выглядит следующим образом (Таблица 1)¹³.

Таблица 1

Списочная численность работников и потребность организаций в работниках для замещения вакантных рабочих мест по профессиональным группам на 31 октября 2020 года

Всего по обследованным видам деятельности			
	<i>Списочная численность работников - всего, человек</i>	<i>Потребность в работниках для замещения вакантных рабочих мест, человек</i>	<i>Удельный вес потребности в работниках для замещения вакантных рабочих мест в общем числе рабочих мест, в %</i>
Всего специалистов	26445158	1029753	3,7
Руководители	2277527	49050	2,1
Специалисты высшего уровня квалификации (в сфере науки и техники, здравоохранения,	7405693	254068	3,3

¹² rosstat.gov.ru. Ситуация на рынке труда в таблицах, графиках, диаграммах (результаты федерального статистического наблюдения).

¹³ По данным федеральной службы государственной статистики.

Всего по обследованным видам деятельности			
	<i>Списочная численность работников - всего, человек</i>	<i>Потребность в работниках для замещения вакантных рабочих мест, человек</i>	<i>Удельный вес потребности в работниках для замещения вакантных рабо-</i>
образования, администрирования, культуры, спорта, информационно-телекоммуникационных технологий и др.)			
Специалисты среднего уровня квалификации (в сфере науки и техники, здравоохранения, образования, администрирования, культуры, спорта, информационно-телекоммуникационных технологий и др.)	3058046	119070	3,7
Служащие, занятые подготовкой и оформлением документации, учетом и обслуживанием	1256540	45181	3,5
Работники сферы обслуживания и торговли, охраны граждан и собственности	2439277	136651	5,3
Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства	186013	9370	4,8
Квалифицированные рабочие промышленности, строительства, транспорта и рабочие родственных занятий	3634298	179266	4,7
в том числе в сфере строительства	740832	52969	6,7
в сфере металлообработки и машиностроения	1630393	60321	3,6
в области электротехники и электроники	668342	32818	4,7
в области пищевой, деревообрабатывающей, текстильной и швейной промышленности и рабочие родственных занятий	550121	31660	5,4
Операторы производственных установок и машин, сборщики и водители	3423430	124349	3,5
Неквалифицированные рабочие	2764335	112748	3,9

Из таблицы видно, что общая потребность в кадрах по стране составляет достаточно внушительную цифру (1 млн. 029 тысяч 753 человека), а средний удельный вес потребности от общего количества рабочих мест составляет 3,7%. При

этом самая высокая потребность в квалифицированных рабочих кадрах (и как следствие – недозагруженные производственные мощности) наблюдается в сфере промышленности (в первую очередь, в области машиностроения и металлообработки), строительства и транспорта и составляет 179 тыс. 266 человек с удельным весом потребности в общем количестве рабочих мест 4,7%, что наглядно представлено на рисунке 2.

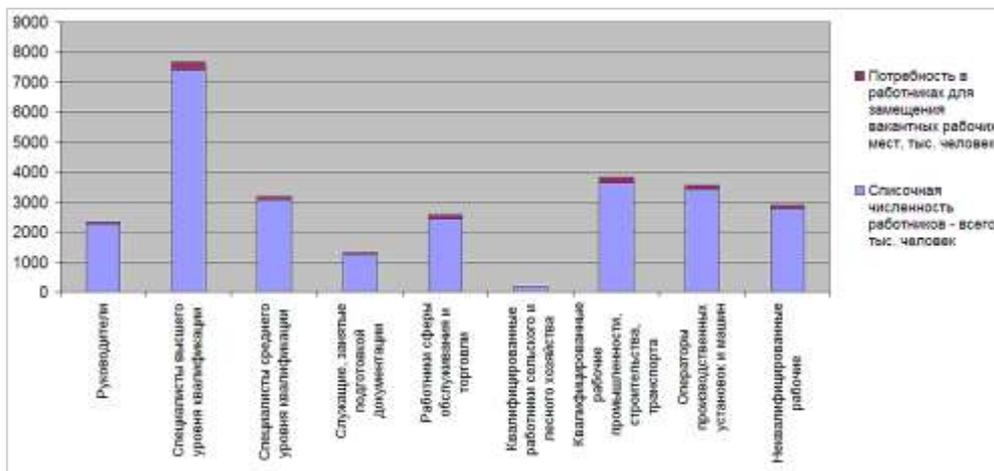


Рис.2. Соотношение потребности в работниках и общей численности работников организаций в разрезе рода занятий и специализации (по профессиональным группам) на территории Российской Федерации по состоянию на 31 октября 2020 года

Таким образом, статистические данные свидетельствуют о наличии в России проблемы территориальной разрозненности производственных мощностей и трудовых ресурсов (человеческого капитала), что приводит к неполному либо неэффективному использованию мощностей и невыполнения показателей по запланированной производительности труда.

Повышение мобильности трудовых ресурсов в результате обеспечения доступности инновационных пассажирских перевозок речным транспортом, по мнению авторов, позволит достичь требуемых производственных показателей и снизить уровень безработицы в целом по стране и, в первую очередь, в регионах, имеющих водные транспортные артерии.

При этом сама сфера речных перевозок представляет собой часть транспортной отрасли, имеющей резерв к повышению производительности труда путем внедрения инноваций на речном транспорте и повышения уровня квалификации работников данной сферы в соответствии с необходимыми технологическими и информационными требованиями.

Данные, представленные министерством транспорта Российской Федерации¹⁴, демонстрируют довольно широкое поле для деятельности в этом плане (Таблица 2)

¹⁴ mintrans.gov.ru. Транспорт России - информационно-статистический бюллетень, 2021 год.

Таблица 2

Среднесписочная численность работников крупных и средних организаций транспортного комплекса (без внешних совместителей)

за 2020–2021 годы (человек)

	2020 г.	2021 г.	2021 г. в % к 2020 г.
Транспортный комплекс – всего	1 908 932	1 907 751	99,9
в том числе			
Деятельность железнодорожного транспорта – всего	446 237	426 736	95,6
в том числе			
деятельность железнодорожного транспорта: междугородные и международные пассажирские перевозки	126 247	112 123	88,8
деятельность железнодорожного транспорта: грузовые перевозки	293 185	284 831	97,2
перевозка пассажиров железнодорожным транспортом в пригородном сообщении	26 805	29 782	111,1
Деятельность автомобильного транспорта – всего	441 091	445 580	101,0
в том числе			
регулярные перевозки пассажиров автобусами в городском и пригородном сообщении	156 707	158 114	100,9
регулярные перевозки пассажиров автобусами в междугородном сообщении	8 442	5 268	62,4
деятельность автомобильного грузового транспорта и услуги по перевозкам	270 914	277 687	102,5
Деятельность городского электрического транспорта – всего	173 587	166 563	96,0
Деятельность внутреннего водного транспорта – всего	23 642	23 959	101,3
в том числе,			
деятельность внутреннего водного пассажирского транспорта	2 937	3 176	108,1
деятельность внутреннего водного грузового транспорта	20 705	20 783	100,4

Как видно из таблицы, численность работников, занятых в сфере пассажирских перевозок внутренним водным транспортом, составляет наименьшую величину из всех видов деятельности пассажирского транспорта в городском и междугородном сообщении (3 176 человек); однако наблюдается тенденция к увеличению численности работников, занятых в данной сфере в 2021 году по сравнению с 2020 годом (на 8,1%), чего нельзя сказать о деятельности других видов транспорта, за исключением железнодорожного транспорта, работающего в пригородном сообщении.

Авторы статьи считают, что данные Таблицы 2 демонстрируют наличие потенциала к развитию человеческого капитала в сфере пассажирских перевозок внутренним водным транспортом (как в количественном плане, так и в качественном).

Таким образом, авторами делается вывод о наличии предпосылок к более эффективному и рациональному использованию человеческого капитала за счет увеличения мобильности трудовых ресурсов, а также роста численности и повышения

квалификации работников сферы внутреннего водного транспорта в результате внедрения инноваций в пассажирских речных перевозках.

Российскими учеными активно изучается методология количественной оценки стоимости человеческого капитала [21, с. 109 - 111] и его влияние на инновационное развитие регионов [22, с. 215 - 218.].

В целях количественного описания возможного к получению положительного эффекта авторами принимается за основу наиболее распространенная формула производственной функции полезности, разработанная американскими учеными Чарльзом Коббом и Полом Дугласом, отражающая зависимость объёмов производства от создающих его факторов производства — затрат труда и капитала, впоследствии усовершенствованная исследователями И. Бенхабиб и М. Шпигель и получившая следующий вид (формула 1)¹⁵:

$$Y = A \times K^\alpha \times L^\beta \times H \quad (1)$$

где Y - объем производства в стоимостном выражении,

A - технологический коэффициент (коэффициент заимствования технологий),

K - затраты капитала (наличие основных фондов),

L - затраты труда (численность занятых),

H - стоимость человеческого капитала, определяемое как среднее число лет обучения человека в регионе,

α - коэффициент эластичности по труду, $\alpha \geq 0$,

β - коэффициент эластичности по капиталу, $\beta \geq 0$.

Для адаптации данной формулы к российским реалиям авторы предлагают использовать рассмотренные ранее статистические данные с допущением определенных условностей в расчетах (обобщения и усреднения) в целях акцентирования внимания на основном исследуемом показателе (стоимости человеческого капитала).

При этом следует отметить, что современные российские и зарубежные ученые не пришли к единому мнению по поводу стоимостной оценки самого человеческого капитала как доли стоимости производимого товара (работ, услуг). Поэтому у авторов статьи также остается возможность субъективной интерпретации данного показателя.

Результаты

Используя метод абстрагирования и обобщения, проанализировав статистические показатели по резерву повышения численности трудовых ресурсов и стоимости человеческого капитала, подобрав теоретическую основу по определению зависимости экономического развития от увеличения стоимости человеческого капитала, авторы произвели расчет количественных характеристик получаемого экономического эффекта от внедрения инноваций и развития человеческого капитала.

Итак, используя формулу 1, в целях упрощения расчетов и акцентирования внимания на основном показателе, примем значения показателей A и K равными единице.

При этом для описания эффекта от повышения трудовой мобильности (т.е. от увеличения количества трудовых ресурсов) при организации инновационных речных перевозок, на примере отрасли промышленности, строительства, транспорта и рабочие родственных занятий, примем значение L равным потребности предприятий в таких квалифицированных работниках (179266 человек, таблица 1), увеличенное на количество работников сферы пассажирских перевозок внутренним водным транспортом, подлежащим инновационной модернизации (3176 человек, таблица 2),

¹⁵ Benhabib I., Spiegel M. The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data // Journal of Monetary Economics. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 1994. V. 34. Js. 2.

поскольку обе эти группы людей примут участие в дополнительном формировании стоимости валового внутреннего продукта:

$$L = 179266 \text{ человек} + 3176 \text{ человек} = 182442 \text{ человека}$$

Значение показателя H авторы предлагают принять равным удельному весу инновационных товаров (работ, услуг) в общем объеме производимых товаров (работ, услуг), получаемых в результате повышения трудовой мобильности, и гипотетически установить его на уровне 4%.

Таким образом, в случае повышения трудовой мобильности за счет внутренней трудовой миграции посредством инновационного развития пассажирских речных перевозок, принесет экономике $182442 \text{ чел.} \times 4\% = 7297,68$ человек, занятых в сфере производства наукоемкой продукции (работ, услуг).

Для более подробного описания стоимостного выражения экономического эффекта необходимо дополнительное исследование соотношения вложения капитала и трудовых затрат в соответствующей отрасли экономики.

Выводы

В результате проведенных исследований авторами подтверждена гипотеза о влиянии инновационного развития пассажирских перевозок внутренним водным транспортом на увеличение стоимости человеческого капитала, занятого в экономике. В первую очередь это касается квалифицированных работников, проживающих на территориях, удаленных от региональных центров, но связанных с ними водными транспортными артериями.

По мнению авторов, дискуссионным остается вопрос о стоимостной оценке самого человеческого капитала, принимающего участие в повышении производственной и инновационной активности экономики. Для ее проведения требуются более детальные исследования зависимости роста объемов производства инновационной продукции от инвестиций, вложенных в развитие человеческого капитала, в частности при внедрении инновационных речных перевозок.

Список литературы

1. М.А. Мирошниченко, А.В. Ковтун, К.А. Кузнецова. Менеджмент качества и управление человеческим капиталом на основе бережливых инноваций. Естественно-гуманитарные исследования №26(4), 2019, С. 142 – 147.
2. Клименко В.Е., Гречушкин Д.О. Инновации в транспортных системах. В сборнике: Институты и механизмы инновационного развития: мировой опыт и российская практика. сборник статей 12-й Международной научно-практической конференции. Курский филиал Финансового университета при Правительстве РФ. Курск, 2022. С. 127-131.
3. Юлова А.В., Ничипорук А.О. Методика расчета эксплуатационных расходов для судна на воздушной подушке, используемого при социальных региональных перевозках. Научные проблемы водного транспорта, №71(2), 2022, С. 147 – 158. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.260>
4. С.А. Владимиров. Об основных направлениях развития мировой транспортной системы и логистики. «Транспорт на альтернативном топливе» № 1 (49) / 2016 г. С. 34 – 45.
5. Оторбай Н., Акилова П.О. Анализ рынка транспортных услуг. Экономический вестник, 3, 4, 2020 г. С. 15 – 19.
6. N. Pumbrasova, E. Upadyшева. The Factor of Innovation in the System of Assessing the Quality of Transport Services (2022) Lecture Notes in Networks and Systems, 403 LNNS, pp. 827-836. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_91.
7. Пумбрасова Н.В., Упадышева Е.В. Инновации в экономическом развитии речного туризма как основа мультипликативного эффекта в развитии малых городов. Научные проблемы водного транспорта. 2022. № 71. С. 133-146. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.264>

8. Neugebauer F. EMAS and ISO 14001 in the German industry complements or substitutes. *Journal of Cleaner Production* 37 (2012) 249-256.
9. To W.M., Lee P.K.C.. Diffusion of ISO 14001 environmental management system: global, regional and country-level analyses. *Journal of Cleaner Production* 66 (2014) Pp.489-498.
10. Okrut S.V., Bezgina J.A., Stepanenko E.E., Zelenskaya T.G., Khalikova V.A. Assessment of the Impact of Motor Transport on the Ecological State of Atmospheric Air of Urbanized Areas. *Transportation Research Procedia* 61 (2022) Pp. 437–440.
11. Varsolo Sunio, Jaime Mendejar. Financing low-carbon transport transition in the Philippines: Mapping financing sources, gaps and directionality of innovation. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 14 (2022) 100590, 1 – 11.
12. Anastasios Tsakalidis, Elisa Boelman, Alain Marmier, Konstantinos Gkoumas, Ferenc Pekar. Horizon scanning for transport research and innovation governance: A European perspective. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 11 (2021) 100424, Pp. 1 – 13.
13. Fatima E. Al-Thawadi, Yemane W. Weldu, Sami G. Al-Ghamdi. Sustainable Urban Transportation Approaches: Life-Cycle Assessment Perspective of Passenger Transport Modes in Qatar. *Transportation Research Procedia* 48 (2020) 2056–2062.
14. Claudio Roncoli Ektoros, Chandakas Ioannis Kaparias. Estimating on-board passenger comfort in public transport vehicles using incomplete automatic passenger counting data. *Transportation Research Part C Emerging Technologies* 1 December 2022 / (2023) 103963, Pp. 1 – 23.
15. F. Torabi K., Yashar Araghi, Niels van Oort, Serge Hoogendoorn. Passengers preferences for using emerging modes as first/last mile transport to and from a multimodal hub case study Delft Campus railway station. *Case Studies on Transport Policy* 10 (2022). Pp.300 – 314.
16. Otto Anker Nielsen, Morten Eltvæd, Marie Karen Anderson, Carlo Giacomo Prato. Relevance of detailed transfer attributes in large-scale multimodal route choice models for metropolitan public transport passengers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Volume 147, May 2021, Pp. 76-92.
17. Воробьева О.Д., Топилин А.В., Аликова А.С. Социально-демографические последствия внутренней миграции трудовых ресурсов. *Вестник Российской академии наук*, 2020, том 90, № 12, С. 1156–1163.
18. Трофимова Я.В. Доходы региона и внутренняя трудовая миграция. *Экономика и управление: научно-практический журнал*, № 1 (163), 2022, с. 54 – 59.
19. Tabassum S., Eapen L.M. Nature of internal labor migration in India: do education and digitalization matter? В сборнике: *Digital transformation of society, economics, management and education*. 2020. С. 267-283.
20. Никитина А.Ю., Уртминцев Ю.Н. Обоснование сферы рационального использования скоростных судов на подводных крыльях. В сборнике: *Транспорт: проблемы, цели, перспективы (Transport 2021)*. Материалы II Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Под редакцией Е.В. Чабановой. Пермь, 2021. С. 618-622.
21. Игнатьева С.Н. Индекс человеческого развития – количественная оценка человеческого капитала. В сборнике: *WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS*. сборник статей XIV Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. С. 109-111.
22. Конопацкая Е.А. Человеческий капитал как фактор инновационного развития регионов. *Проблемы развития предприятий: теория и практика*. 2020. № 1-2. С. 215-218.

References

1. M.A. Miroshnichenko, A.V. Kovtun, K.A. Kuznetsova. Quality management and human capital management based on lean innovations. *Natural and Humanitarian Studies* No.26(4), 2019, pp. 142 – 147.
2. Klimenko V.E., Grechushkin D.O. Innovations in transport systems. In the collection: *Institutions and mechanisms of innovative development: world experience and Russian practice*. collection of articles of the 12th International Scientific and Practical Conference.

- Kursk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation. Kursk, 2022. pp. 127-131.
3. Yulova A.V., Nichiporuk A.O. Methodology for calculating operating costs for a hovercraft used in social regional transportation. *Scientific Problems of Water Transport*, No.71(2), 2022, pp. 147 – 158.
 4. S.A. Vladimirov. About the main directions of development of the world transport system and logistics. "Alternative fuel transport" No. 1 (49) / 2016 p. 34-45.
 5. Otorbay N., Akilova P.O. Analysis of the transport services market. *Economic Bulletin*, 3, 4, 2020, pp. 15-19.
 6. N. Pumbrasova, E.Upadysheva. The Factor of Innovation in the System of Assessing the Quality of Transport Services (2022) *Lecture Notes in Networks and Systems*, 403 LNNS, pp. 827-836. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_91.
 7. Pumbrasova N.V., Upadysheva E.V. Innovations in the economic development of river tourism as the basis of the multiplicative effect in the development of small towns. *Scientific problems of water transport*. 2022. No. 71. pp. 133-146.
 8. Neugebauer F. EMAS and ISO 14001 in the German industry complements or substitutes. *Journal of Cleaner Production* 37 (2012) 249-256.
 9. To W.M., Lee P.K.C.. Diffusion of ISO 14001 environmental management system: global, regional and country-level analyses. *Journal of Cleaner Production* 66 (2014) 489-498.
 10. Okrut S.V., Bezgina J.A., Stepanenko E.E., Zelenskaya T.G., Khalikova V.A. Assessment of the Impact of Motor Transport on the Ecological State of Atmospheric Air of Urbanized Areas. *Transportation Research Procedia* 61 (2022) 437–440.
 11. Varsolo Sunio, Jaime Mendez. Financing low-carbon transport transition in the Philippines: Mapping financing sources, gaps and directionality of innovation. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 14 (2022) 100590, 1 – 11.
 12. Anastasios Tsakalidis, Elisa Boelman, Alain Marmier, Konstantinos Gkoumas, Ferenc Pekar. Horizon scanning for transport research and innovation governance: A European perspective. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 11 (2021) 100424, 1 – 13.
 13. Fatima E. Al-Thawadi, Yemane W. Weldu, Sami G. Al-Ghamdi. Sustainable Urban Transportation Approaches: Life-Cycle Assessment Perspective of Passenger Transport Modes in Qatar. *Transportation Research Procedia* 48 (2020) 2056–2062.
 14. Claudio Roncoli Ektoros, Chandakas Ioannis Kaparias. Estimating on-board passenger comfort in public transport vehicles using incomplete automatic passenger counting data. *Transportation Research Part C Emerging Technologies* 1 December 2022 / (2023) 103963, pp.1 – 23.
 15. F. Torabi K., Yashar Araghi, Niels van Oort, Serge Hoogendoorn. Passengers preferences for using emerging modes as first/last mile transport to and from a multimodal hub case study Delft Campus railway station. *Case Studies on Transport Policy* 10 (2022). Pp.300 – 314.
 16. Otto Anker Nielsen, Morten Eltveda, Marie Karen Anderson, Carlo Giacomo Prato. Relevance of detailed transfer attributes in large-scale multimodal route choice models for metropolitan public transport passengers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Volume 147, May 2021, Pp. 76-92.
 17. Vorobyeva O.D., Topilin A.V., Alikova A.S. Socio-demographic consequences of internal migration of labor resources. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2020, volume 90, No. 12, pp. 1156-1163.
 18. Trofimova Ya.V. Regional incomes and internal labor migration. *Economics and Management: Scientific and Practical Journal*, No. 1 (163), 2022, pp. 54-59.
 19. Tabassum S., Eapen L.M. Nature of internal labor migration in India: do education and digitalization matter? In the collection: *Digital transformation of society, economics, management and education*. 2020. pp. 267-283.
 20. Nikitina A.Yu., Urtmintsev Yu.N. Justification of the sphere of rational use of high-speed hydrofoils. In the collection: *Transport: problems, goals, prospects (Transport 2021)*. Materials of the II All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation. Edited by E.V. Chabanova. Perm, 2021. pp. 618-622.
 21. Ignatieva S.N. Human Development Index – quantitative assessment of human capital. In the collection: *WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS*. collection of

- articles of the XIV International Scientific and Practical Conference: in 2 parts. 2017. pp. 109-111.
22. Konopatskaya E.A. Human capital as a factor of innovative development of regions. Problems of enterprise development: theory and practice. 2020. No. 1-2. pp. 215-218.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пумбрасова Наталья Владимировна, к.э.н., доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: target75@mail.ru

Natalya V. Pumbrasova, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of accounting, analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: target75@mail.ru

Упадышева Елена Владимировна, аспирант кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: upadysheva@bk.ru

Elena V. Upadysheva, postgraduate of the Department of accounting, analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: upadysheva@bk.ru

Статья поступила в редакцию 23.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 23.01.2023; published online 20.03.2023.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА,
СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА**

**OPERATION OF WATER TRANSPORT, NAVIGATION AND
SAFETY OF NAVIGATION**

УДК 629.5.051.5

DOI: 10.37890/jwt.vi74.356

**О выборе математической модели для построения траектории
движения судна в системе поддержки принятия решений
судоводителем**

Р.Э. Галеев

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

Аннотация. В статье показано, что моделирование движения судов позволяет строить прогнозные траектории движения как собственного судна, так и других судов в акватории. Рассмотрены вопросы моделирования и программного построения предполагаемой динамической траектории движения судна как части судовой системы поддержки принятия решений в судовождении (СППР). Проведен анализ математических моделей движения судна, положительно зарекомендовавших себя в исследовательской и проектной практике. Выполнена оценка адекватности математической модели с учетом определения границ её применимости, т.е. выявление типовых режимов движения и проекта (типа) судна, для которых можно пользоваться выбранной моделью. Проведен анализ теоретических расчетов и осциллограмм натурных испытаний серийных судов, показывающий, что динамика речных водоизмещающих судов характеризуется рядом специфических особенностей. Предложена методика выбора математической модели движения судна в целях создания СППР при управлении движением на ближних дистанциях в стесненных навигационных условиях.

Ключевые слова: система прогнозирования движения судна, система поддержки принятия решений в судовождении, математическое моделирование движения судна, траектория.

**On the choice of a mathematical model for constructing the
trajectory of the vessel in the decision support system by the
boatmaster**

Rustem E. Galeev

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article shows that modeling the movement of ships allows you to build predictive trajectories of movement of both your own vessel and other vessels in the water area. The issues of modeling and software construction of the proposed dynamic trajectory of the vessel as part of the ship's decision support system in navigation (DSS) are considered. The analysis of mathematical models of vessel movement that have proven themselves positively in research and design practice is carried out. The adequacy of the mathematical model was assessed taking into account the definition of the limits of its applicability, i.e. identification of typical modes of movement and the design (type) of the vessel for which the

selected model can be used. The analysis of theoretical calculations and oscillograms of full-scale tests of serial vessels is carried out, showing that the dynamics of river displacement vessels is characterized by a number of specific features. The method of choosing a mathematical model of ship movement in order to create a DSS when controlling movement at short distances in cramped navigation conditions is proposed.

Keywords: ship movement forecasting system, decision support system in navigation, mathematical modeling of ship movement, trajectory.

Введение

Основной задачей «систем поддержки принятия решений» [1] в судовождении является повышение безопасности судоходства, учитывающей особенности акваторий, навигационные и гидрометеорологические условия, а также техническую оснащенность судов и подготовку судоводителей. СППР должна минимизировать возможность ошибочных действий судоводителей, в особенности, при управлении по курсу речным водоизмещающим судном, как наиболее сложному варианту движения в условиях ограниченной ширины судового хода и высокой плотности навигационных опасностей.

Актуальность исследований

Очередной этап развития разноплановых цифровых телематических решений в судостроении и судовождении связан с созданием цифровых платформ мониторинга и поддержки управления судовыми технологическими процессами [2]–[6] в целях повышения их эффективности.

На государственном уровне созданию и повсеместному внедрению цифровых технологий и основанных на них систем управления уделяется существенное внимание, о чем свидетельствует Программа «Цифровая экономика РФ», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 г. №1632-р и План мероприятий по направлению «Маринет», (утвержден распоряжением Правительства РФ от 29.03.2018 г. №534-р).

В сфере водного транспорта одной из основных тем в контексте указанных государственных программ является создание новых продвинутых технологий для систем поддержки принятия решений при управлении движением судна, позволяющих минимизировать и даже насколько это окажется возможным снизить влияние человеческого фактора, обеспечивая наилучшим образом в конкретных условиях безопасность судоходства и снижение эксплуатационных расходов.

Актуальность данной темы наглядно проявляется при управлении движением судна на ближних дистанциях в стесненных навигационных условиях – судоходных проливах и узкостях, районах с установленными путями, фарватерами, регулируемым движением и интенсивным судоходством, на мелководье (а также в специфических нештатных ситуациях).

В перечисленных ограничивающих условиях плавания водных районах и акваториях судоводитель в целях обеспечения безопасного движения судна должен уметь в предельно короткие временные промежутки принимать решения, направленные на совместное удовлетворение множества требований, обусловливаемых текущей эксплуатационной обстановкой.

Ошибочное прогнозирование судоводителем траектории движения судна в стесненных навигационных условиях с последующим принятием не вполне корректного решения по управлению движением судна может привести к нештатным ситуациям, по большей части классифицируемым на документальном уровне как навигационные происшествия и аварийные случаи.

Методы и материалы

За последние десятилетия в организации безопасности на водном транспорте произошли существенные изменения с технической стороны, особенно в коммуникационных и интеллектуальных аспектах. Появились технические возможности моделирования судна, отображения окружающей среды ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), обмена информацией (АИС) между цифровыми системами служб движения судов и бортовыми компьютерами судов. С помощью этих средств, возможно, оперативно просчитать результаты решений по различным событийным вариантам, исходным данным и критериям. Опытная эксплуатация указанных технических средств и систем позволяет формулировать направления совершенствования и развития механизмов обеспечения безопасности судовождения.

Моделирование движения судов позволяет строить прогнозные траектории движения, как собственного судна, так и других судов в акватории. Проблематике разработки математических моделей движения судов различных типов посвящено большое количество отечественных и зарубежных работ, в частности [7]–[9].

Моделирование и программное построение предполагаемой динамической траектории движения судна (ПДТДС), как части судовой системы поддержки принятия решений в судовождении, возможно на основе данных о маневренных и инерционных характеристиках судна, информации, получаемой в непрерывном режиме от датчиков положения органов управления движительно-рулевым комплексом, показаний линейной и угловой скоростей судна, но все это становится возможным при наличии адекватной математической модели судна, которая должна учитывать его статические и динамические характеристики.

Для целей построения прогнозной траектории движения судна в зависимости от начальных условий и актуального состояния внешней среды необходим алгоритм ситуационного выбора адекватной математической модели из представленных ниже (1.2)–(1.6), как наиболее положительно зарекомендовавших себя в исследовательской и проектной практике.

$$\tau_1 \dot{\omega}(\tau) + \omega(\tau) = k\alpha(\tau) \tag{1.2}$$

$$\tau_1 \dot{\omega}(\tau) + \omega(\tau) = k\alpha(\tau) + |\omega_0| \operatorname{sign} \alpha \tag{1.3}$$

$$\tau_1 \dot{\omega}(\tau) + h\omega(\tau)|\omega(\tau)| + \omega(\tau) = k\alpha(\tau) \tag{1.4}$$

$$\begin{cases} \dot{\beta}(\tau) = -q_{21}\beta(\tau) - r_{21}\omega(\tau) - s_{21}\alpha(\tau), \\ \dot{\omega}(\tau) = -q_{31}\beta(\tau) - r_{31}\omega(\tau) - s_{31}\alpha(\tau), \end{cases} \tag{1.5}$$

$$\begin{cases} \dot{\beta}(\tau) = -q_{21}\beta(\tau) - r_{21}\omega(\tau) - s_{21}\alpha(\tau) - h_1\beta(\tau)|\beta(\tau)|, \\ \dot{\omega}(\tau) = -q_{31}\beta(\tau) - r_{31}\omega(\tau) - s_{31}\alpha(\tau), \\ \dot{\varphi}(\tau) = \omega(\tau) \end{cases} \tag{1.6}$$

где приняты следующие обозначения:

- τ – значение постоянной времени,
- k – коэффициент, характеризующий значение установившейся скорости циркуляции в зависимости от угла перекладки руля,
- ω_0 – скорость самопроизвольной циркуляции,
- h – коэффициент, учитывающий нелинейные особенности судна,
- β – угол дрейфа судна,
- ω – угловая скорость судна,

φ – угол отклонения судна от заданного направления,
 α – угол перекладки пера руля,
 $q_{21}, r_{21}, s_{21}, q_{31}, r_{31}, s_{31}, h_1$ – коэффициенты, характеризующие гидродинамику судна и его движительно-рулевого комплекса (ДРК).

Под адекватностью математической модели будем понимать полноту описания особенностей поведения управляемого судна на ближних дистанциях в реальных условиях плавания [9]. Именно такой подход как критерий оценки адекватности при отборе моделей для СППР принят в настоящей работе.

Каждая из моделей (1.2)-(1.6) адекватно описывает конкретный, «свой» набор режимов движения судна.

Решение задачи оценки адекватности выбранной математической модели заключается в определении границ её применимости, т.е. выявление типовых режимов движения и проекта (типа) судна, для которых можно уверенно пользоваться выбранной моделью.

Теоретические расчеты и осциллограммы натурных испытаний [10] массовых проектов 26-37, 588, 302, 19620, 1565, Н-3291, покрывающие 99% парка судов, эксплуатируемых на ВВП, показали, что динамика речных водоизмещающих судов характеризуется рядом специфических особенностей приведенных на рисунке 1:

- «S»-образная статическая характеристик управляемости судна;
- правосторонняя с угловой скоростью $+\omega_0$ или левосторонняя с угловой скоростью $-\omega_0$ самопроизвольная циркуляции, если отсутствует управляющее воздействие, т.е. угол поворота пера руля $\alpha = 0$ [11];
- при некоторых сочетаниях фазовых координат текущего состояния, воздействий внешней среды и управления судно может оказаться в области пониженной управляемости (область А) [12]-[13]. При изменении состояния внешней среды меняется также и топология этой области, также существенное влияние на расположение и размер области А оказывают участки акватории с малыми глубинами (0,5 - 1,0 м под килем);
- при управляющем воздействии α менее некоторой предельной критической величины $\alpha_{кр}$, т.е. для $|\alpha| \leq \alpha_{кр}$ возможна непрогнозируемая изменение траектории движения судна (количество измеряемых координат состояния (φ, ω, V) меньше, чем общее количество координат в полной модели $(\varphi, \omega, \beta, V)$);
- возможна реализация продолжительного колебательного процесса (область В).

Именно с позиций наличия в совокупности этих четырёх специфических особенностей динамики речных водоизмещающих судов, т.е. по значимым (хотя и косвенным признакам) предлагается оцениваться степень адекватности математической модели судна для СППР при управлении движением водоизмещающего судна в стесненных навигационных условиях.

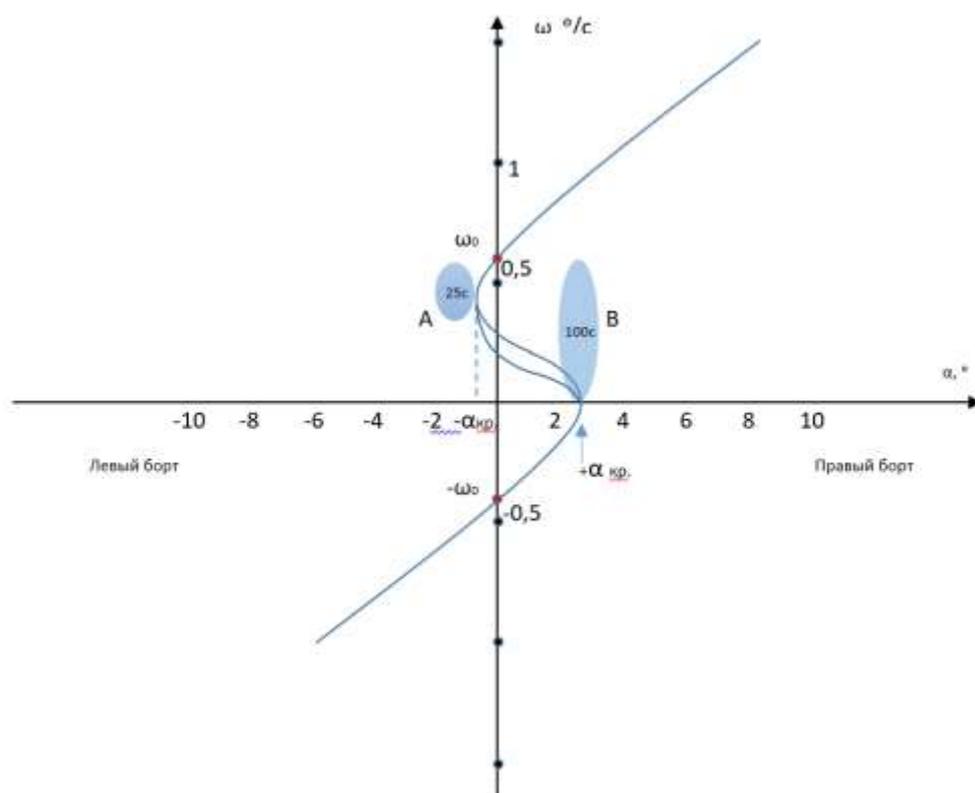


Рис. 1. Статическая характеристика управляемости судов проектов 26-37 и 588

Результаты

Анализ статических характеристик управляемости, которые построены по рассматриваемым моделям (рисунки 2- 4), показывает, что только модели (1.3), (1.4) и (1.6) отражают первую особенность речного водоизмещающего судна – выходить на самопроизвольную циркуляцию при отсутствии управляющего воздействия. Модель Першица (1.6) наиболее точно воспроизводит характеристику управляемости неустойчивых на курсе судов.

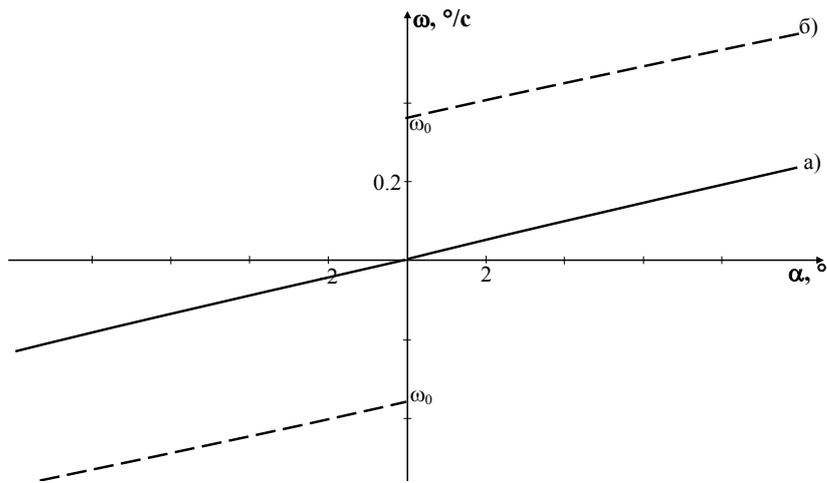


Рис. 2. Статическая характеристика управляемости судна для моделей: а) (1.2); б) (1.3)

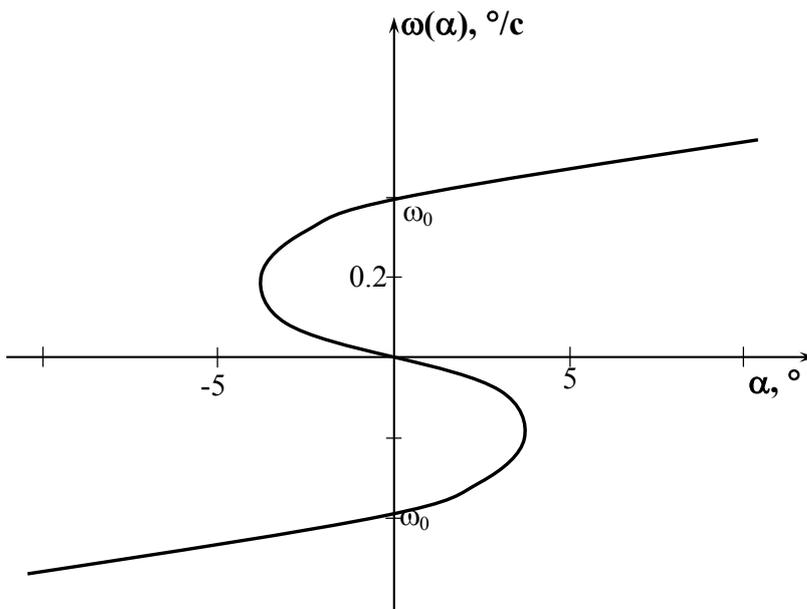


Рис. 3. Статическая характеристика управляемости судна для модели (1.4)
при $\tau = 33, k = 0.023, h = -2.5$

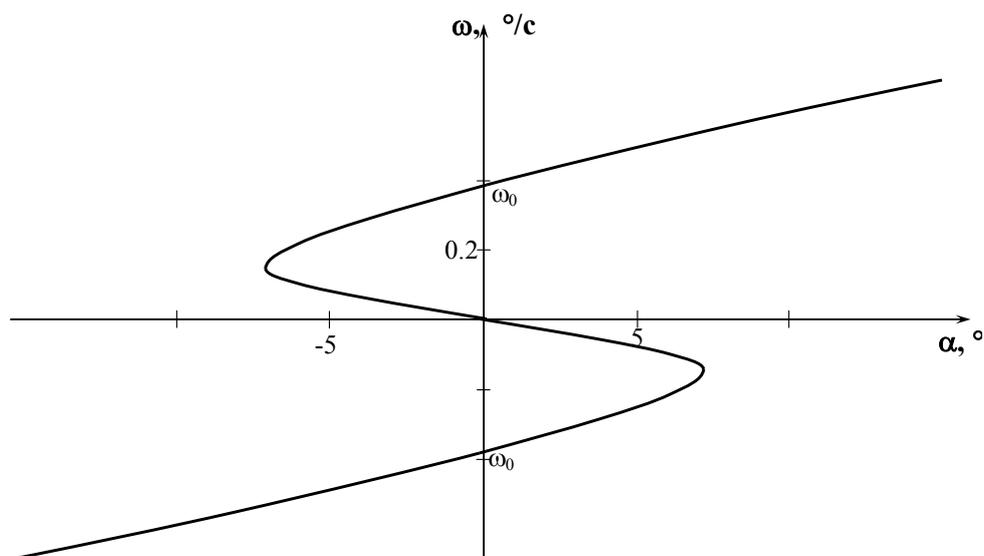


Рис. 4. Статическая характеристика управляемости судна для модели (1.6).
 $q_{21} = -0.066, r_{21} = -0.021, s_{21} = -0.0007, q_{31} = -0.127, r_{31} = 0.083, s_{31} = -0.0008, h_1 = 0.376$

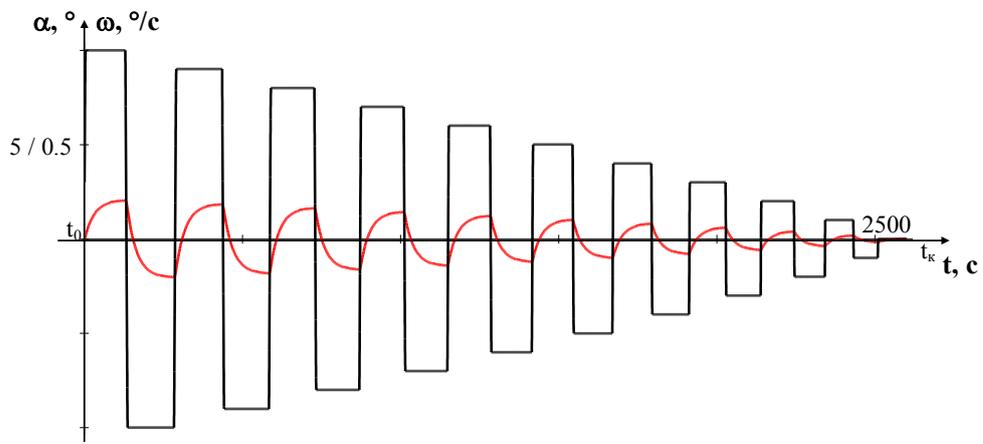
При анализе моделей (1.2)-(1.6) с позиций наличия свойств отражать динамические особенности речного водоизмещающего судна используя полученные характеристики управляемости и статико-динамические портреты (рисунки 5 -7) для рассматриваемых моделей можно сделать следующие выводы.

1) Если судно, теоретически устойчиво на курсе, то использование для целей реализации в СППР практически любой модели допустимо, поскольку такие суда не обладают ни одной из особенностей, присущих неустойчивым на курсе речным водоизмещающим судам.

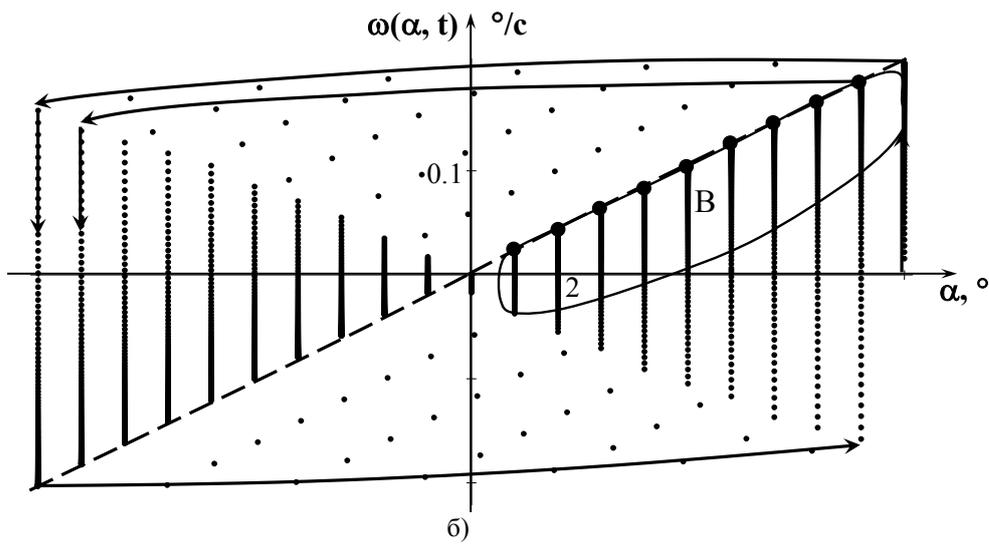
Для неустойчивых судов приемлемой для целей реализации в СППР является модель (1.6), ибо из рассмотренных моделей только она отражает три из четырех особенностей неустойчивых на курсе судов, а именно:

- «S» – образный характер статической характеристики и способность выходить на самопроизвольную циркуляцию при отсутствии управляющего воздействия;
- попадание в области пониженной управляемости;
- возможность непредсказуемой реакции, если управление меньше критической величины.

2) Динамическая особенность «блуждание» координаты состояния $\omega(t)$ (рис. 2.1, область В) не выявляется ни одной из рассмотренных моделей.



а)



б)

Рис. 5. Сканирование плоскости $\omega(\alpha)$ по модели (1.2)

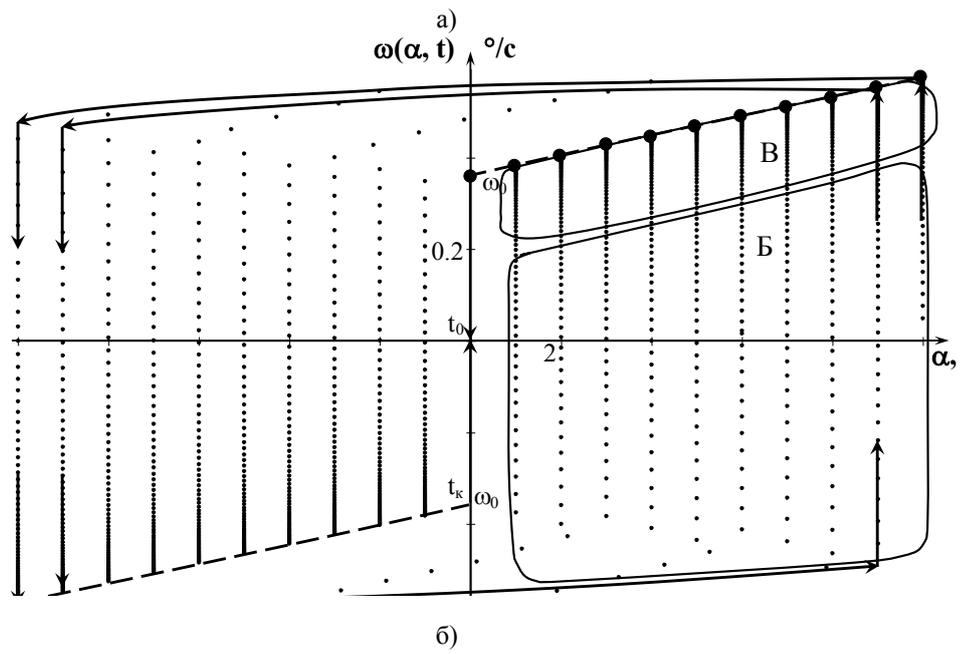
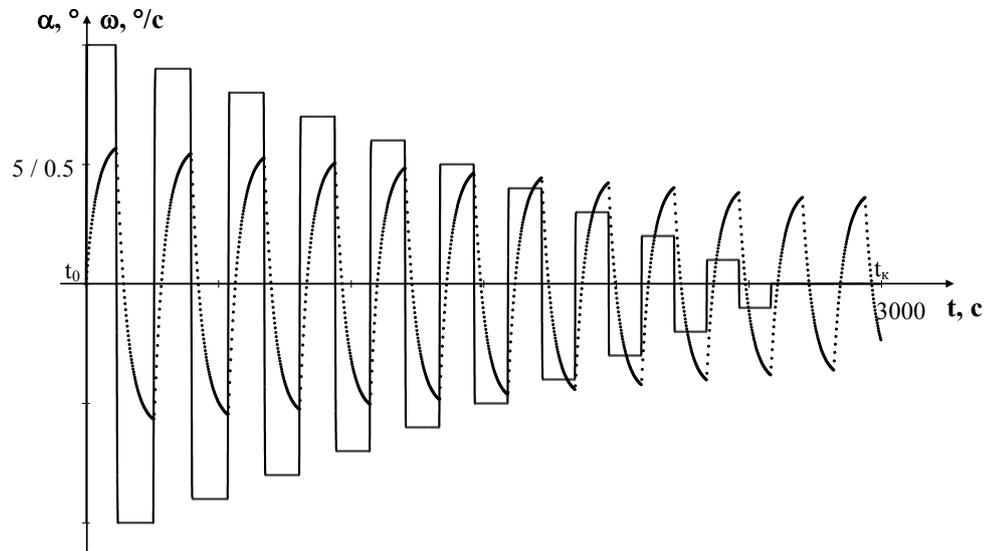


Рис. 6. Сканирование плоскости $\omega(\alpha)$ по модели (1.3)

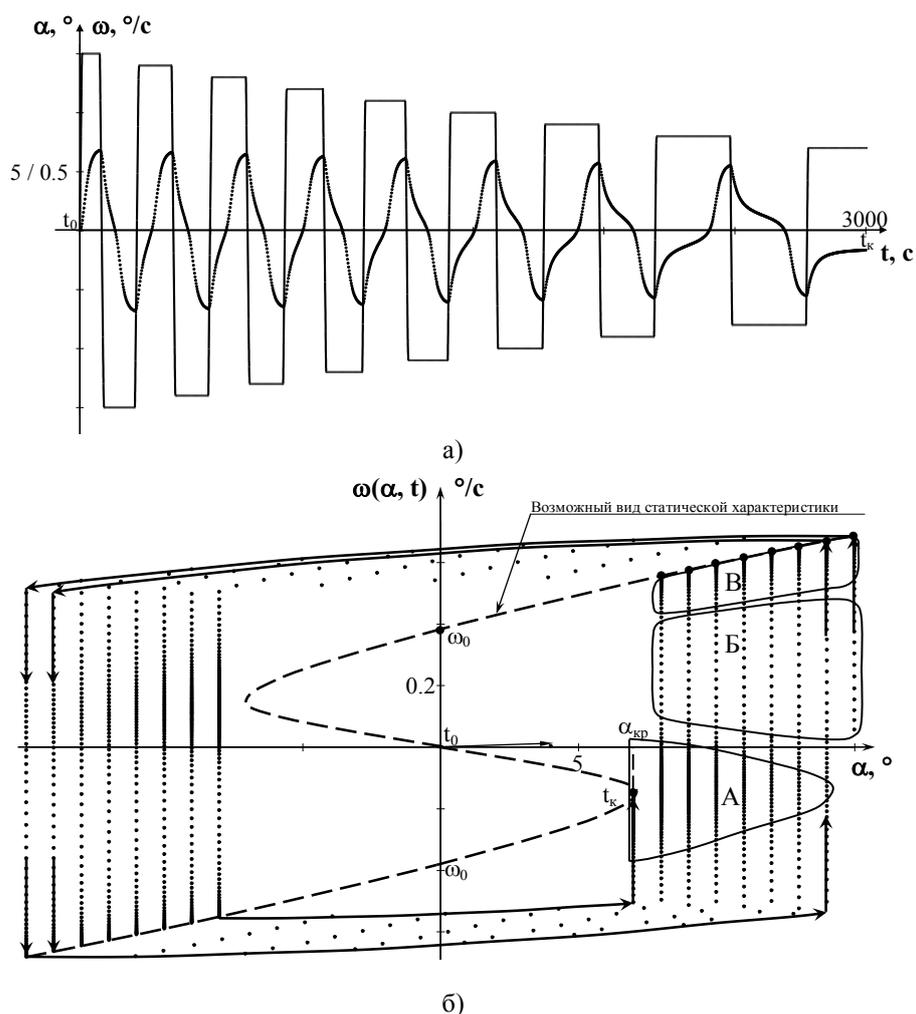


Рис. 7. Сканирование плоскости $\omega(\alpha)$ по модели (1.6)

Таким образом, для дальнейших исследований в условиях неустойчивого на курсе речного водоизмещающего судна наибольшей степенью адекватности отличается модель (1.6), которая отражает три из вышеуказанных особенностей поведения реального судна. По одной особенности отражают модели (1.3) и (1.4), а у моделей (1.2) и (1.5) вышеотмеченные существенные особенности динамики неустойчивого на курсе речного водоизмещающего судна отсутствуют.

С учетом данных динамических особенностей речного водоизмещающего предлагается [14] брать за основу линеаризованную модель, дополненную значениями гидродинамических коэффициентов $q_{21}, r_{21}, s_{21}, q_{31}, r_{31}, s_{31}, h_1$ судна типового проекта, что позволит получить приемлемую качественную и количественную близость модельной и экспериментальной прогнозных траектории движения управляемого по курсу речного водоизмещающего судна на ближних дистанциях.

Заключение

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. В целях создания СППР при управлении движением на ближних дистанциях в стесненных навигационных условиях устойчивого на курсе речного водоизмещающего судна и отсутствии внешних факторов влияния можно ограничиться использованием базовых моделей (1.2), (1.3).
2. В условиях неустойчивого на курсе речного водоизмещающего судна для СППР при управлении движением на ближних дистанциях в стесненных навигационных условиях применима модель (1.6).

Список литературы

1. Галеев Р.Э. Программный комплекс моделирования и визуализации траектории движения судна «поворот» в системе поддержки принятия решений / Р.Э. Галеев, Ю.С. Федосенко, А.В. Соловьёв // Транспорт (XXI век), 2021. – № 3(99) – С. 37—38.
2. Дерябин В.В. Обзор исследований, посвященных использованию нейросетевых технологий в судовождении / В.В. Дерябин. – М.: Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник, 2015, № 11, С. 52-60.
3. Каретников В.В. Перспективы внедрения безэкипажного судоходства на внутренних водных путях Российской Федерации / В.В. Каретников, И.В. Пашенко, А.И. Соколов – СПб.: Вестник ГУМРФ им. Адмирала Макарова 2017, Т9, №3, С. 619 – 627.
4. Балущкин Е.М. Автоматизация современного судна: перспективы / Е.М. Балущкин, С.С. Коротков – СПб.: Морской вестник, 2018, №3(67), С. 115-116.
5. Титов А.В. Системы управления безэкипажными судами / А.В. Титов, Л.Баракат, В.А. Чанчиков, Г.А. Тактаров, О.Л. Ковалев – СПб.: Морские интеллектуальные технологии, 2019, №1-4(43), С. 109-120.
6. Кирилова М.А. Перспективы развития безэкипажных судов в Российской Федерации / М.А. Кириллова, А.И. Рожко – А.: Вестник Астраханского ГТУ, 2020, №3, С. 16-22.
7. Соловьёв А.В. Информационное обеспечение системы управления судном / А.В. Соловьёв, А.В. Чернышов, М.М. Чиркова, // Морские интеллектуальные технологии, 2021. – №1 том 1 – С.71-75.
8. Abdel-latif S. Simulation of ship maneuvering behavior based on the modular mathematical model / S. Abdel-latif, M. Abdel-Geliel, E. E. Zakzouk // Control & Automation (MED), 2013 21st Mediterranean Conference on. — IEEE, 2013. — Pp. 94–99. DOI: 10.1109/MED.2013.6608704.
9. Тумашик А.П. Идентификация судна как объекта управления по данным модельных испытаний / А.П. Тумашик // Судостроение. – 1981. - №7. - С.9-13.
10. Чиркова М.М. Методика проведения испытаний для определения скрытых свойств подвижных объектов с одной неизмеряемой координатой состояния / М.М. Чиркова // Межвуз. сб. науч. тр.: Моделирование и оптимизация сложных систем. – Н.Новгород: ВГАВТ. - 1996. - вып. 273. - С.175-184.
11. Чиркова М.М. Разработка методов идентификации и управления движением неустойчивого на курсе объекта со скрытыми динамическими особенностями. дис. на соискание ученой степени доктора технических наук [текст] / М.М. Чиркова - Н.Новгород.1998. – С.207.
12. Фейгин М.И. Динамика неустойчивого на прямом курсе судна / М.И. Фейгин, М.М. Чиркова // Судостроение. – 1987. - №7. - С.23-25.
13. Чиркова, М.М. Исследование скрытых динамических свойств подвижных объектов с одной неизмеряемой координатой состояния / М.М. Чиркова // Нелинейные колебания механических систем. Тез. докл. IV Межд. конф. 17-19 сентября 1996 г. – Н.Новгород, 1996. – С.161.
14. Мартюк Г.И. Учет мелководья в математической модели судна с целью оценки его влияния на маневренные характеристики / Г.И. Мартюк, Ю.И. Юдин, А.Ю. Юдин // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2004. Т. 7. № 3. С.390-397.

References

1. Galeev R.E. Software package for modeling and visualization of the trajectory of the vessel "turn" in the decision support system / R.E. Galeev, Yu.S. Fedosenko, A.V. Soloviev // *Transport (XXI century)*, 2021. – № 3(99) – Pp. 37-38.
2. Deryabin V.V. Review of research on the use of neural network technologies in navigation / V.V. Deryabin. – M.: *Transport: science, technology, management. Scientific Information Collection*, 2015, No. 11, pp. 52-60.
3. Karetnikov V.V. Prospects for the introduction of unmanned navigation on the inland waterways of the Russian Federation / V.V. Karetnikov, I.V. Pashchenko, A.I. Sokolov – St. Petersburg: *Bulletin of the GUMRF. Admiral Makarov 2017*, T9, No.3, pp. 619 – 627.
4. Balushkin E.M. Automation of a modern vessel: prospects / E.M. Balushkin, S.S. Korotkov – St. Petersburg: *Marine Bulletin*, 2018, No. 3(67), pp. 115-116.
5. Titov A.V. Control systems for unmanned vessels/ A.V. Titov, L.Barakat, V.A. Chanchikov, G.A. Taktarov, O.L. Kovalev – St. Petersburg: *Marine Intelligent Technologies*, 2019, No. 1-4(43), pp. 109-120.
6. Kirilova M.A. Prospects for the development of unmanned vessels in the Russian Federation / M.A. Kirilova, A.I. Rozhko – A.: *Bulletin of the Astrakhan State Technical University*, 2020, No. 3, pp. 16-22.
7. Solovev A.V. Data support of ship's control system / A.V. Solovev, A.V. Chernyshov, M.M. Chirkova // *Marine intellectual technologies*, 2021. – №1 T. 1 — Pp. 71–75.
8. Abdel-latif S. Simulation of ship maneuvering behavior based on the modular mathematical model / S. Abdel-latif, M. Abdel-Geliel, E.E. Zakzouk // *Control & Automation (MED)*, 2013 21st Mediterranean Conference on. — IEEE, 2013. - Pp. 94–99. DOI: 10.1109/MED.2013.6608704.
9. Tumashik A.P. Identification of a vessel as a control object according to the data of model tests / A.P. Tumashik // *Shipbuilding*. – 1981. - No.7. - Pp.9-13.
10. Chirkova M.M. Test procedure for determining the hidden properties of moving objects with one immeasurable state coordinate / M.M. Chirkova // *Mezhvuz. sb. scientific tr.: Modeling and optimization of complex systems*. – N.Novgorod: VGAVT. - 1996. - issue 273. - Pp.175-184.
11. Chirkova M.M. Development of methods for identifying and controlling the movement of an unstable object on the course with hidden dynamic features. dis. for the degree of Doctor of Technical Sciences [text] / M.M. Chirkova - N.Novgorod.1998. – P.207.
12. Feigin M.I. Dynamics of an unstable vessel on a straight course / M.I. Feigin, M.M. Chirkova // *Shipbuilding*. – 1987. - No.7. - pp.23-25.
13. Chirkova, M.M. Investigation of hidden dynamic properties of moving objects with one immeasurable state coordinate / M.M. Chirkova // *Nonlinear oscillations of mechanical systems. Tez. dokl. IV Inter. conf. 17-19 September 1996* – N.Novgorod, 1996. – P.161.
14. Martyuk G.I. Accounting for shallow water in a mathematical model of a vessel in order to assess its effect on maneuverability characteristics / G.I. Martyuk, Yu.I. Yudin, A.Yu. Yudin // *Bulletin of the Moscow State Technical University. Proceedings of the Murmansk State Technical University*. 2004. Vol. 7. No. 3. Pp.390-397.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Галеев Рустем Эдуардович, аспирант,
Волжский государственный университет
водного транспорта, 603951, г. Нижний
Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:
R.Galeev@volgafлот.com

Rustem E. Galeev, postgraduate student,
Volga State University of Water Transport,
603951, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-
mail: R.Galeev@volgafлот.com

Статья поступила в редакцию 12.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 12.01.2023; published online 20.03.2023.

УДК629.5.061
DOI: 10.37890/jwt.vi74.336

Динамика колесного судна при изменении курса

Л.С. Грошева¹
В.И. Плющаев¹

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Маневрирование колесного судна осуществляется изменением соотношения частот вращения гребных колес, расположенных по бортам в корме судна. В статье на основе математической модели колесного судна рассматриваются динамические характеристики комплекса судно-система управления при изменении курса судна. Предложено при синтезе траектории движения при смене курса включать в нее участки собственных движений комплекса судно-система управления (движения по которым осуществлялись бы без внешних воздействий). Описан алгоритм управления изменением курса судна с использованием собственных движений комплекса судно-система управления. Приведены результаты математического моделирования динамических характеристик комплекса при реализации алгоритма перехода судна на новый курс с использованием предложенного подхода.

Ключевые слова: колесное судно, безэкипажное судовождение, курс, динамические характеристики, система управления, алгоритм управления.

Wheeled vessel dynamics at heading change

Ludmila S. Grosheva¹
Valery I. Plyushchayev¹

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. Wheeled vessel maneuvering is carried out by changing the ratio of rotation speeds of propeller wheels located alongside in the stern of the vessel. Based on the wheeled vessel mathematical model the article considers the dynamic characteristics of the vessel-control system complex when changing vessel's heading. It is proposed to include sections of own movements of the vessel-control system complex (movements along which would be carried out without external influences) when synthesizing the movement trajectory at heading change. An algorithm for controlling the change in the vessel's heading using its own movements of the ship control system complex is described. The results of mathematical modeling of the complex dynamic characteristics when implementing the algorithm for the vessel's transition to a new heading using the proposed approach are given.

Keywords: wheeled vessel, unmanned navigation, heading, dynamic characteristics, control system, control algorithm.

Введение

Система управления безэкипажным судном должна выполнять широкий круг задач для обеспечения плавания по заданному маршруту [1-4]. Одна из них – управление движительно-рулевым комплексом судна при изменении курса. Должен быть обеспечен переход с одной прямолинейной траектории на другую с минимальными отклонениями от этих траекторий без существенного изменения скорости движения, при этом судно не должно выходить за пределы судового хода (пунктирные линии на рис. 1).

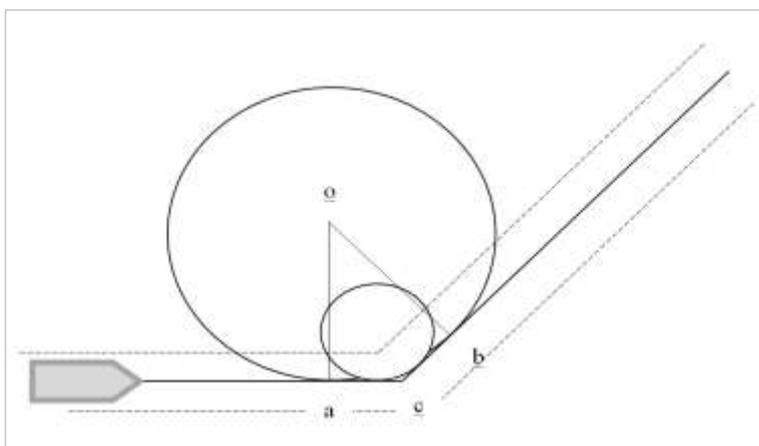


Рис. 1. Изменение курса судна

В данной статье эта задача решается для судна с колесным движительно-рулевым комплексом. Сейчас в России эксплуатируется 3 судна такого типа, спущено на воду крупное пассажирское судно с этим типом движителей [5]. Компьютеризированная система управления (КСУ) судна обеспечивает маневрирование судна с помощью двух независимых частотных электроприводов гребных колес, расположенных по бортам судна в кормовой части [5,6].

Для формирования управляющих воздействий в КСУ используется вспомогательная функция [7,8]

$$R = k_{\alpha}(\alpha - \alpha_0) + k_{\omega}\omega + k_y(y - y_0), \quad (1)$$

где $(\alpha - \alpha_0)$ – отклонение от заданного курса судна, рад;

ω - угловая скорость поворота судна, рад/с;

$(y - y_0)$ - отклонение от заданной траектории, м;

$k_{\alpha}, k_{\omega}, k_y$ - коэффициенты пропорциональности.

Динамика судна при переходе на новый курс с использованием (1) представлена на рис. 2 при изменении курса с 0^0 на 30^0 . На рисунке красными отрезками показано положение ДП судна (кружок – корма судна, крестик – нос судна). Длина отрезка не связана с длиной судна и определяет только положение ДП. Алгоритм удержания судна на курсе, использующий (1) не учитывает в полной мере инерционность судна, поэтому не в состоянии обеспечить выход судна на новый курс. Это связано с тем, что для каждого промежуточного положения судна по координате x при переходе на следующий отрезок траектории неверно определяется отклонение по координате y (уравнение (1) работает в неподвижной системе координат xu , «привязанной» к первому участку траектории). Эта ошибка приводит к неудовлетворительной динамике.

Выход на новый курс можно обеспечить, исключив из (1) третий член. В этом случае система управления может вывести судна на новый курс (рис. 2б), однако при этом наблюдается колебательный переходный процесс и значительное смещение траектории движения от заданной.

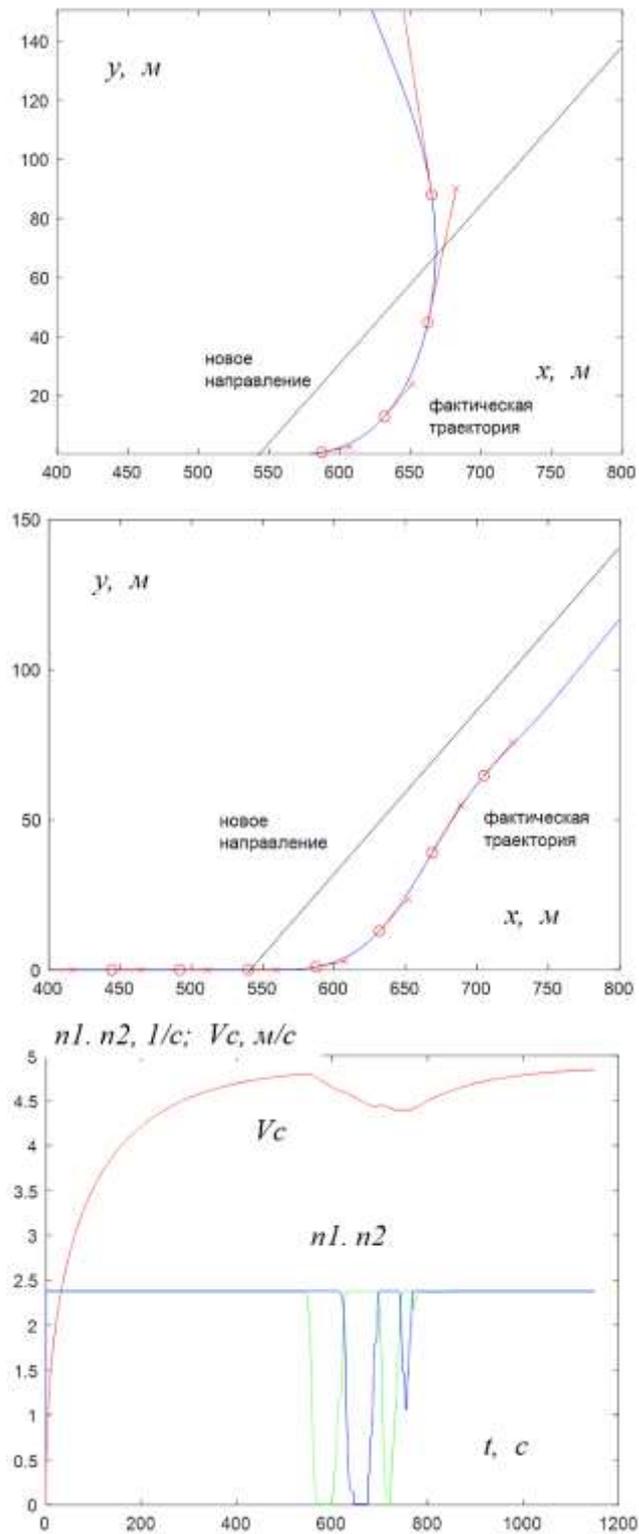


Рис. 2. Переход судна на новый курс: а – с использованием третьего члена (1), б, в – при исключении третьего члена в (1)

На рис. 2в показано изменение скорости судна V_c (наблюдается падение более, чем на 8%), а также изменения частот вращения гребных колес. В этом случае наблюдается очень энергонапряженный режим управления – частоты вращения меняются в пределах 100%, что неприемлемо для практики. К недостаткам алгоритма можно отнести существенное запаздывание процесса поворота при его инициации в заданной точке, т.е. необходимо начинать поворот заранее, не доходя до точки поворота.

Синтез алгоритма управления судном при маневрировании

Высокое качество управления можно получить, используя знания динамических особенностей объекта. Это позволяет сформировать некоторую траектории перехода из одного состояния в другое, «сшитую» из собственных движений объекта, что позволяет осуществить переход из одного состояния в другое при минимальных управляющих воздействиях. Для неустойчивого на курсе судна в фазовом пространстве координат имеется три стационарных состояния: два устойчивых (соответствуют правой и левой циркуляциям) и одно неустойчивое (движение заданным курсом). В данном случае задача управления сводится к переводу объекта из одного квазиустановившегося состояния (движение по первому участку траектории) в другое (движение по второму участку траектории на рис. 1). В качестве «соединения» этих двух участков может быть использован участок траектории циркуляции судна (движение судна в режиме циркуляции является собственным движением и не требует затрат энергии на управление). На рис.1 представлены два возможных варианта перехода судна с одного курса на другой.

Параметры циркуляции (радиус, скорость движения судна) полностью определяются соотношением частот вращения гребных колес [8]. На рис. 3 представлены две возможных траектории движения судна при различных соотношениях частот вращения гребных колес.

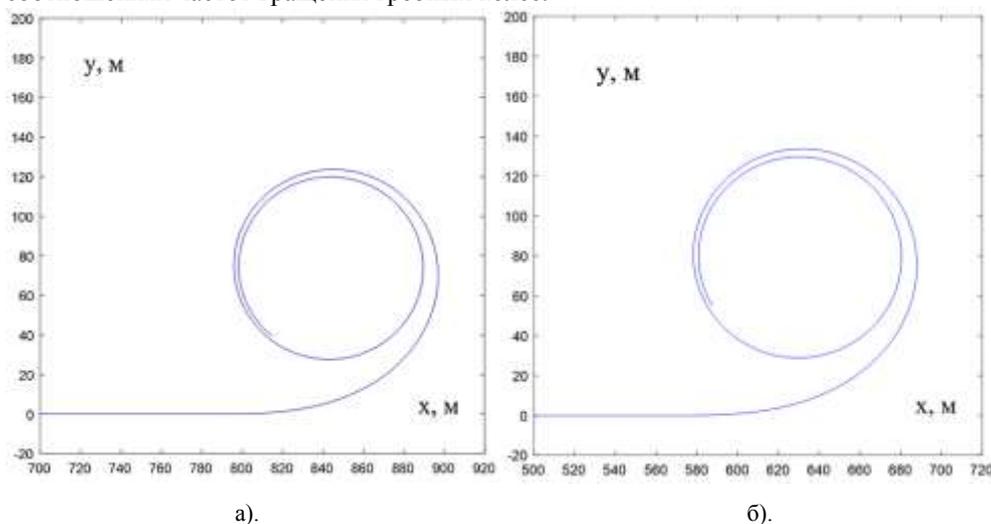


Рис. 3. Выход на циркуляцию: (а) при $n_2 = n_{max} = 1, n_1 = 0$;
(б) при $n_2 = 0,75, n_1 = 0$

Необходимо отметить, что при заходе на циркуляцию ее радиус меняется от бесконечности до установившегося значения за довольно значительный период времени. Т.е. использовать для перехода с одного курса на другой участок циркуляции с установившимся радиусом, как показано на рис. 1, некорректно.

Участок траектории движения судна при заходе на циркуляцию можно заменить на окружность радиуса R_c , близко совпадающую на участке от точки (б) до точки (г) с реальной траекторией движения судна. Радиус R_c аппроксимирующей окружности вычисляется по точкам траектории движения судна, рассчитанных на интервале (б – в – г).

Аппроксимирующие окружности представлены на рис.4

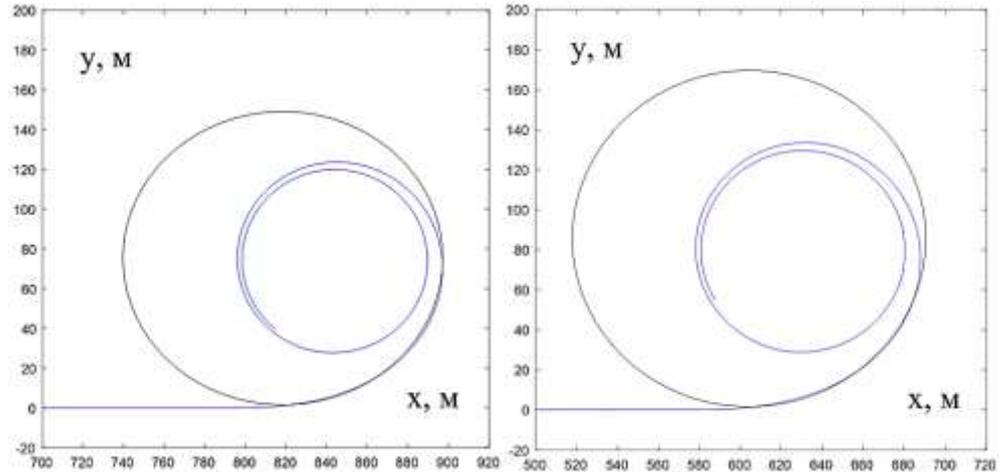


Рис. 4. Аппроксимирующие окружности траектории выхода на циркуляцию

На рис. 5 представлена зависимость установившегося радиуса циркуляции от скорости судна и соотношения частот вращения гребных колес.

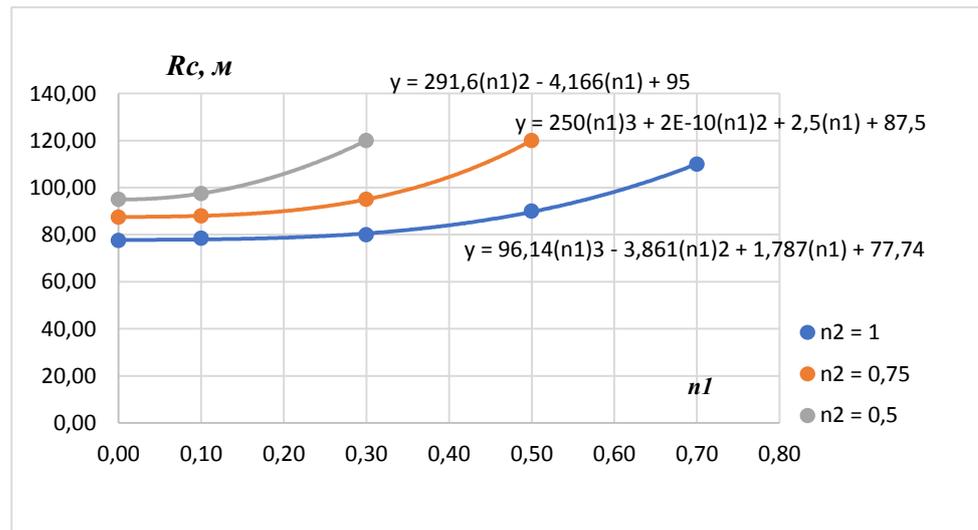


Рис. 5. Зависимость радиуса аппроксимирующей окружности выхода на циркуляцию от частоты вращения гребных колес

В общем случае зависимость радиуса аппроксимирующей окружности от частоты вращения гребных колес будет иметь вид:

$$R_c = (-3230 n_2^2 + 5038 n_2 - 1711)n_1^3 + (2302 n_2^2 - 4044 n_2 + 1738) n_1^2 + (-59 n_2^2 + 100 n_2 - 40)n_1 + (-35 n_2 + 113)$$

Начальный участок процесса перехода на новый курс представлен на рис. 6. Маневр по изменению курса начинается в точке (а). На рисунке представлен заход судна на циркуляцию при максимальной скорости при $n_2 = n_{max} = 1$ и $n_1 = 0$. На участке (а – б) наблюдается медленный уход судна с прямолинейной траектории: в точке (б) он составляет 1 м, что приемлемо на практике для судна размером 82*14 м). Как показывают результаты моделирования, участок (а-б) при различных скоростях движения судна и соотношениях частот вращения гребных колес меняется в весьма узких пределах (не более 7% от длины судна) и может быть принят постоянным ($\Delta = 46$ м) для различных режимов.

Это позволяет вычислить точки входа в режим циркуляции и выхода из этого режима. Начало перехода на новый курс (точка (а)) – на расстоянии $L + Rc/ctg(\alpha/2)$ от точки поворота (в), конец маневра и переход на новую траекторию (точка (г)) – на расстоянии $Rc/ctg(\alpha/2)$ от точки поворота, где α – величина изменения курса.

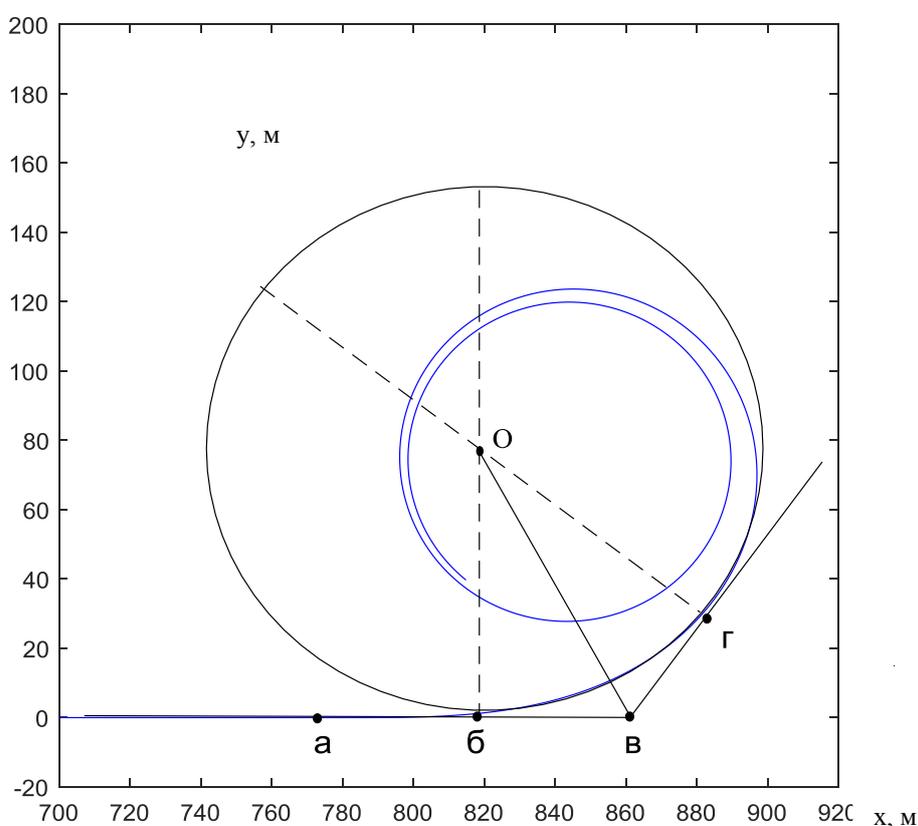


Рис.6. Начальный участок процесса перехода на новый курс

Другим сложным фактором является определение точки выхода из циркуляции. Выход на прямолинейную траекторию также нельзя начинать в момент достижения заданного угла поворота, т.к. набранная угловая скорость не может быть погашена мгновенно и создает существенное отклонение от заданной траектории. Проблема с правильным определением отклонения и выходом из циркуляции может быть решена с помощью введения дополнительной системы координат в каждой точке поворота (рис.7).

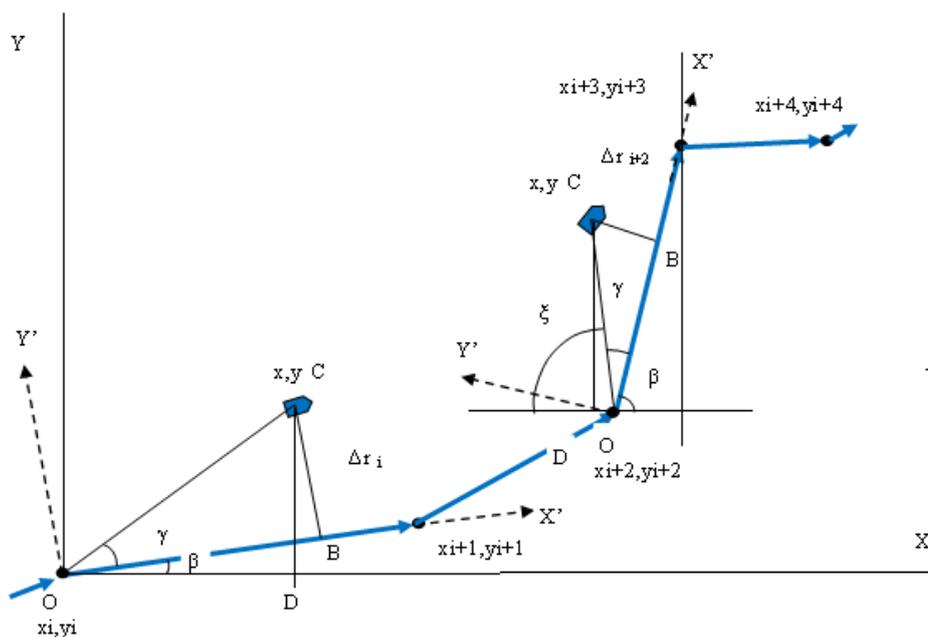


Рис. 7. Расчетная схема для определения отклонения судна от траектории

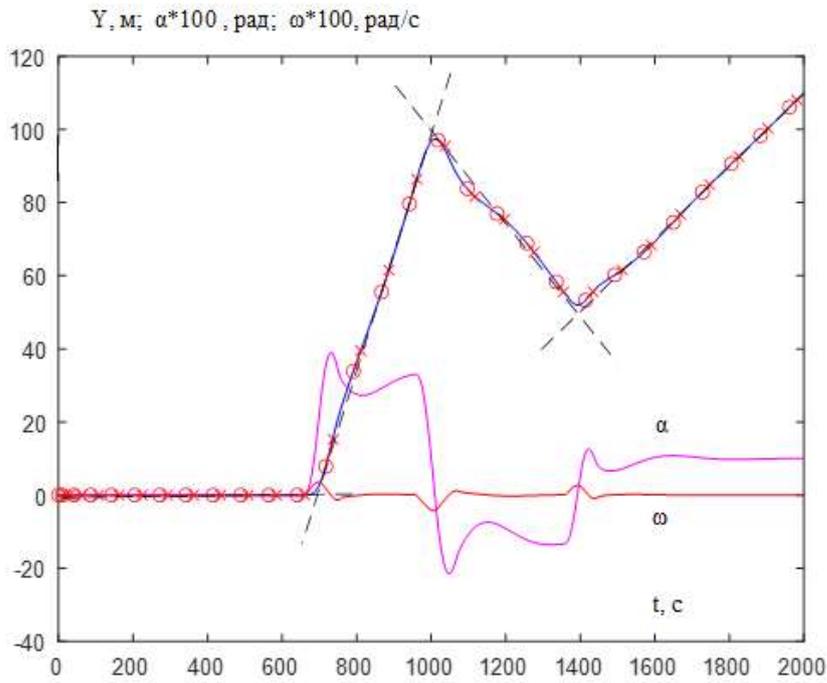
Во вспомогательной функции R (1) третий член служит для компенсации отклонения от траектории при движении судна вдоль оси x . В реальности траекторию движения судна можно представить в виде набора прямолинейных отрезков, соединяющих заданные путевые точки (на рис. 7 траектория движения выделена синим цветом). Для определения отклонения судна от траектории движения в произвольный момент времени ($\Delta r_i = BC$ на рис. 7) введена подвижная система координат $x'y'$. Начало системы координат $x'y'$ совпадает с точкой поворота, ось x' направлена вдоль траектории движения судна. Для любой точки траектории отклонения будет равно:

$$\Delta r_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} * \sin(\arctg\left(\frac{y - y_i}{x - x_i}\right) - \arctg\left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}\right))$$

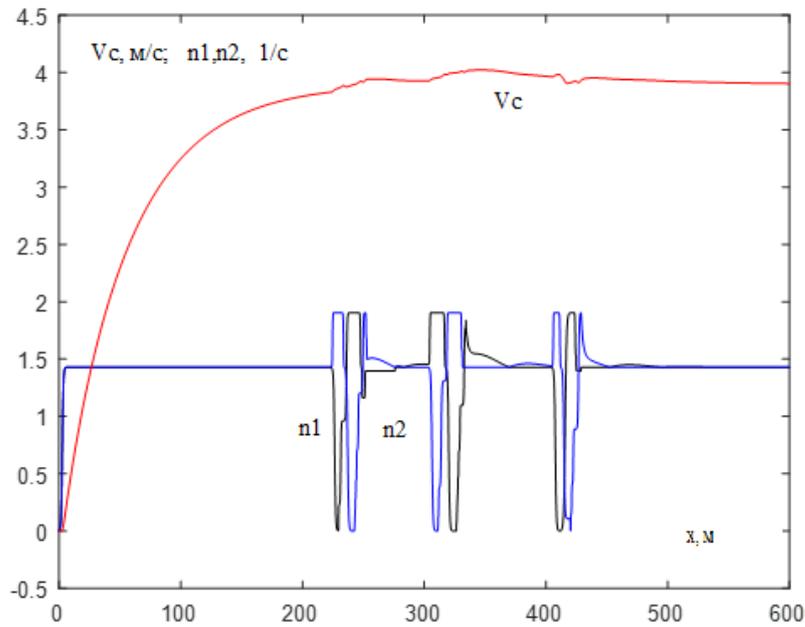
Результаты

На рис. 8а представлены результаты математического моделирования движения колесного судна по заданной траектории при скорости судна $V_c = 0,75 V_{max}$.

Алгоритм управления, использующий собственные движения судового комплекса корпус – движители – система управления, обеспечивает движение по сложной траектории с допустимыми на практике отклонениями. При этом при выполнении поворотов наблюдается минимальное количество переключений электроприводов гребных колес (рис. 7б). Минимизация механических нагрузок на приводы колес обеспечивает увеличение межремонтных периодов. Скорость судна при совершении маневров меняется незначительно.



а).



б).

Рис. 8. Динамические характеристики судна при движении по заданной траектории: а – траектория движения, курс и угловая скорость поворота судна; б – скорость судна и частота вращения гребных колес

Заключение

Таким образом, изучение динамики судна позволяет реализовывать управление с высокими качественными показателями, использующее собственные движения объекта. Движение по траектории, «сшитой» из собственных движений объекта позволяет осуществить переход из одного состояния в другое при минимальных управляющих воздействиях. Это обеспечивает снижение механических нагрузок на приводы и экономию топлива.

Список литературы

1. International Maritime Organization, "Autonomous shipping," IMO, 2021. URL: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HofTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx> (дата доступа: 25.08.2022).
2. Положение по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС) Российский морской регистр судоходства. С.-Петербург, 2020
3. Felski, A.; Zwolak, K. The Ocean-Going Autonomous Ship—Challenges and Threats - Journal of Marine Science and Engineering 2020, 8, 41. <https://doi.org/10.3390/jmse8010041>
4. Krzysztof Wróbel, JakubMontewka, Pentti Kujala. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. Reliability Engineering & System Safety Volume 165, September 2017, Pages 155-169. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.03.029>
5. Ahvenjärvi S. The Human Element and Autonomous Ships. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 10, No. 3, pp. 517-521, 2016
6. Галкин Д.А., Малый Ю.А. От «Суры» к «Золотому кольцу». Речной транспорт (XXI век). 2015. №2(73). с. 32–33.
7. Бурда Е.М., Перевезенцев С.В., Плющаев В.И. Комплексная автоматизация технологических процессов колесных судов. Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 4 Т.1. С.180-1882. <https://doi.org/10.37220/МИТ.2021.54.4.049>
8. Бычков В.Я. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Математическая модель судна с колесным движителем – рулевым комплексом «Золотое кольцо». Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Морская техника и технология. - Астрахань. 2018. №3. С.36-46. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2018-3-36-49>
9. Бычков В.Я., Грошева Л.С., Плющаев В. И. Динамика судна с колесным движителем-рулевым комплексом в условиях внешних воздействий. Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 4 Т.2. С.139-146.

References

14. International Maritime Organization, "Autonomous shipping," IMO, 2021. URL: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HofTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx> (accessed: 25.08.2022).
15. Regulation on the Classification of Marine Autonomous and Remotely Controlled Surface Vessels (MHF) Russian Maritime Register of Shipping. St. Petersburg, 2020
16. Felski, A.; Zwolak, K. The Ocean-Going Autonomous Ship—Challenges and Threats - Journal of Marine Science and Engineering 2020, 8, 41.
17. Krzysztof Wróbel, JakubMontewka, Pentti Kujala. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. Reliability Engineering & System Safety Volume 165, September 2017, pp. 155-169.
18. Ahvenjärvi S. The Human Element and Autonomous Ships. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 10, No. 3, pp. 517-521, 2016
19. Galkin D.A., Maliy Yu.A. From "Sura" to "Golden Ring." River transport (XXI century)). 2015. №2(73). Pp. 32-33.

19. Burda EM, Perevezentsev SV, Plyushchaev V.I. Integrated automation of technological processes of wheeled vessels. *Marine Intelligent Technologies*. 2021. No. 4 T.1. pp.180-1882.
20. Bychkov V.Ya. Grosheva LS, Plyushchaev V.I. Mathematical model of a vessel with a wheeled propulsion - steering complex "Golden Ring." *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Ser. Marine machinery and technology.* -Aastrahan. 2018. №3. Pp. 36-46.
21. Bychkov V.Ya., Grosheva LS, Plyushchaev V.I. Dynamics of a vessel with a wheeled propulsion and steering system in external conditions. *Marine Intelligent Technologies*. 2019. No. 4 T.2. pp. 139-146.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Грошева Людмила Серафимовна, к.т.н.,
доцент кафедры радиоэлектроники,
«Волжский государственный университет
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: kaf_radio@vsuwt.ru

Ludmila S. Grosheva, Ph.D. (Eng), assistant
professor of the Department of Radio
Electronics, Volga State University of Water
Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod,
603951

Плющаев Валерий Иванович, профессор,
д.т.н., зав кафедрой радиоэлектроники,
«Волжский государственный университет
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: vip3345@yandex.ru

Valery I. Plyushchaev, Professor, Doctor of
Technical Sciences, Head of the Department of
Radio Electronics, Volga State University of
Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny
Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 14.11.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 14.11.2022; published online 20.03.2023.

УДК 656.6; 338.58

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi74.337>

Методика оценки сравнительной эффективности перевозок грузов водным транспортом

М.В. Никулина¹

<https://orcid.org/0000-0002-8973-4101>

Ю.И. Платов¹

<https://orcid.org/0000-0003-1758-1684>

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Статья направлена на реализацию задач, поставленных стратегией развития внутреннего водного транспорта, и повышение его роли путем оптимального распределения перевозок грузов между видами транспорта на основе стратегического управления и регулирования со стороны государственных органов. Для этого предлагается методика оценки сравнительной эффективности для стратегического планирования и текущего регулирования, учитывающая интересы трех субъектов: транспортной системы, потребителя ее услуг (грузовладельцев) и народного хозяйства (общества) в целом. Приводятся две группы показателей: стоимостные и физические, отражающие энергоэффективность и экологичность перевозок. Стоимостные показатели разрабатываются на основе применявшихся ранее приведенных затрат, отличающихся содержанием коэффициента эффективности капитальных затрат или основных фондов. Новизна этого коэффициента заключается в определении размера нормы прибыли как для простого, так и для расширенного воспроизводства, в учете нормы амортизации и изменения ценности денежных потоков в течение жизненного цикла путем дисконтирования. Поэтому значение величины приведенных затрат трактуется как стоимость перевозок. На основе предлагаемых стоимостных и физических показателей приводятся расчеты для трех видов транспорта, показывающие работоспособность предлагаемого подхода, дается анализ результатов, делаются предварительные выводы об адекватности подхода.

Ключевые слова: стоимость перевозок, эффективность видов транспорта, энергоэффективность, экологичность перевозок, общественная эффективность, коэффициент эффективности, дисконтирование, связанный капитал, субъекты перевозок грузов.

Methodology for assessing the comparative efficiency of cargo transportation by water transport

Marina V. Nikulina¹

<https://orcid.org/0000-0002-8973-4101>

Juri I. Platov¹

<https://orcid.org/0000-0003-1758-1684>

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The article is aimed at the implementation of the tasks set by the strategy for the development of inland water transport, and increasing its role through the optimal distribution of cargo transportation between transport modes on the basis of strategic management and regulation by government bodies. For this purpose, a methodology for assessing comparative efficiency for strategic planning and current regulation is proposed, considering the interests of three subjects: the transport system, the consumer of its services (cargo owners) and the national economy (society) as a whole. Two groups of indicators are given: cost and physical ones, reflecting the energy efficiency and transportation

environmental friendliness. Cost indicators are developed on the basis of previously used costs, which differ in the content of the efficiency coefficient of capital costs or fixed assets. The novelty of this coefficient lies in determining the size of the return rate, both for simple and extended reproduction, taking into account the depreciation rate and changes in cash flows value during the life cycle by discounting. Therefore, the value of the given costs is treated as transportation cost. Based on the proposed cost and physical indicators, calculations for three transport modes are made, thus showing the proposed approach efficiency; a results analysis is presented, and preliminary conclusions about the approach adequacy are drawn.

Keywords: transportation cost, transport modes efficiency, energy efficiency, transportation environmental friendliness, social efficiency, efficiency ratio, discounting, associated capital, cargo transportation subjects.

Актуальность

Стратегические преимущества внутреннего водного транспорта (ВВТ) приведены в стратегии его развития [1,2]. Ими являются: низкая себестоимость перевозок массовых грузов, высокий уровень энергоэффективности, низкие издержки на развитие и содержание инфраструктуры пути. На их основе предусматривается комплекс мер, направленных на повышение роли ВВТ, в том числе: обновление транспортного флота, переключение части грузопотоков массовых грузов с перегруженных участков автомобильных дорог, оптимизация транспортных схем доставки грузов, повышение инвестиционной привлекательности внутреннего водного транспорта и другие меры, для реализации которых необходима разработка теоретических и методологических основ формирования системы стратегического управления и регулирования на ВВТ.

Реализация этого направления требует разработки методики оценки сравнительной эффективности разных видов транспорта (далее – оценки) и расчета соответствующих критериев (показателей) сравнительной эффективности, дающих возможность оптимального распределения перевозок грузов между видами транспорта на уровнях директивного и индикативного управления со стороны государственных органов. Однако, разработка новых показателей при существующей модели экономики является весьма сложной проблемой.

Формулирование проблемы

Сложность вытекает из согласования интересов как минимум трех субъектов транспортной системы (перевозчиков, грузовладельцев и народного хозяйства в целом), а также особенностей стратегического планирования и текущего регулирования. При этом маловероятно найти одинаковые или полностью совпадающие показатели. На сложность решения этой проблемы указывали крупные учёные и экономисты, даже применительно к модели плановой экономики [3, 4].

На современном этапе сделаны попытки оценки показателей эффективности на примерах железнодорожного [5] и водного [6] видов транспорта. Приводится ряд известных показателей, характеризующих тот или иной вид транспорта, и предлагаются комплексные показатели. Однако в первой работе не ясно, что представляют собой эти показатели, а во второй невозможна их физическая интерпретация. В обеих работах не раскрывается и не приводится количественная оценка, не называются имеющиеся проблемы сопоставимости расходов и затрат по видам транспорта [7], не отмечается противоречивость интересов участников перевозки грузов.

Учитывая теоретическую невозможность разработки единого критерия оценки [3], нами предлагается минимальное число количественных и качественных показателей, позволяющих адекватно сравнивать преимущества ВВТ с другими

видами транспорта с максимально возможным согласованием интересов грузовладельцев и народного хозяйства.

Анализ приведенных источников [1, 2, 5, 6, 7] позволяет назвать главные параметры альтернативных (сравнимых) видов транспорта и вариантов перевозок грузов: стоимость перевозок, время доставки грузов, капиталоемкость, а также энергоэффективность, экологичность. Оптимизация последних соответствует мировым тенденциям. Их сведение к физически корректным показателям оценки, применимой для альтернативных видов транспорта, дает инструментарий для распределения перевозок между ними.

Обоснование стоимостных показателей оценки

В советский период при технико-экономических обоснованиях использовался критерий приведенных затрат (КПЗ). Он предназначался для обоснования и выбора различных вариантов капиталовложений, новой техники, оценки эффективности рационализаторских предложений и многих других мероприятий в плановой экономике, являлся универсальным для всех субъектов народного хозяйства в силу его непротиворечивости. Вместе с тем, многими учёными и специалистами КПЗ с разных сторон подвергался научной критике [8].

Значимый вклад в совершенствование КПЗ внес основоположник теории экономической эффективности А.Л. Лурье [4], а также и другие ученые-экономисты [9, 10]. Главными критическими требованиями к КПЗ являются: необходимость дисконтирования разновременных эксплуатационных расходов и затрат, равенство нормы дисконта и уровня экономической эффективности, исключение двойного списания капитальных вложений путем вывода амортизации из эксплуатационных расходов. Названные подходы, в том числе применительно к рыночным условиям, приведены в [10, 11, 12, 13].

В соответствии с интерпретацией А.Л. Лурье, в зависимости от содержания коэффициента эффективности (E_n), приведенные затраты ($\mathcal{E}_{пр}$) можно трактовать и как стоимость. Такой вывод применительно к водному транспорту подтверждается нами нахождением величины фрахтовой ставки с учетом инвестиционной составляющей при оценке эффективности эксплуатации вновь строящихся судов [14].

При наличии налоговых льгот (на прибыль и на имущество), равномерных эксплуатационных расходах по годам жизненного цикла судна и единовременных капитальных вложениях, выражение по определению ставки имеет следующий вид, полностью совпадающий с ранее действующими методиками [4, 8, 9, 11]:

$$C = c + E_n K^{y_d}, \quad (1)$$

где C – величина фрахтовой ставки с учетом действующих льгот (цена перевозки), руб./т;

c – себестоимость перевозок грузов, руб./т;

K^{y_d} – удельные капиталовложения, необходимые для вновь осваиваемых перевозок грузов, или стоимость основных фондов, привлекаемых для освоения плановых перевозок, руб./т.

Как видно, критерий (1) имеет такую же структуру, что и приведенные затраты. Принципиальное отличие заключается в определении коэффициента эффективности E_n , при нахождении которого использовались рекомендации [4] и принципы, изложенные в [12, 13]. Он имеет следующий вид:

$$E_n = \rho + \frac{d}{1 - (1+d)^{-T_n}} - a_n, \quad (2)$$

где ρ – норма доходности или рентабельности, как отношение прибыли к капитальным вложениям, а также основным фондам, доли ед.;

d – норма дисконта, доли ед. (согласно [1] рекомендован на уровне 13%);

T_n – нормативная длительность эксплуатации судна (жизненный цикл), лет;
 a_n – норма амортизации, доли ед.

Как видно из выражения (2), коэффициент E_n включает в себя норму прибыли для накопления (расширенного воспроизводства), обеспечивает возврат первоначальных затрат, исключает амортизацию, учитывает изменение ценности денежных потоков в течение жизненного цикла путем дисконтирования. Поэтому, во-первых, не имеет значения, как определяется норма прибыли: от стоимости капложений или используемых основных фондов. А во-вторых, величину C в выражении (1) можно интерпретировать как стоимость: для транспорта – как удельные доходы (фрахтовая или тарифная ставки), а для грузовладельца – как удельные расходы (себестоимость перевозки).

В современных рыночных реалиях использование только стоимости при оценке недостаточно, так как должны быть отражены затраты, связанные со временем доставки грузов, и расходы на подвоз и вывоз груза к водным причалам и грузовым железнодорожным станциям автомобильным транспортом в пунктах отправления и назначения груза, то есть, затраты должны быть учтены по всей цепочке доставки («от двери до двери»). Время доставки грузов является наиболее значимым, как для потребителя транспортных услуг (грузовладельца), так и для народного хозяйства, и может быть оценено широко известным способом через размер оборотных средств, заключённых в грузах за время их нахождения в перевозочном процессе.

Поэтому в общем случае (при отсутствии льгот) соответственно для транспорта и грузовладельца выражение (1) принимает следующий вид:

$$D_T = c + i_{cp} + \frac{E_n K^{Y_d}}{1 - n_{np}}, \quad (3)$$

$$C_{гр} = c + i_{cp} + \frac{E_n K^{Y_d}}{1 - n_{np}} + O_{кр} + \Delta C, \quad (4)$$

где D_T – удельные доходы от перевозки грузов для вида транспорта, руб./т;

$C_{гр}$ – удельные расходы по перевозке грузов для грузовладельца, руб./т;

i_{cp} – удельный средний налог на имущество (при льготах отсутствует), руб./т;

n_{np} – налог на прибыль, доли ед. (при льготах отсутствует);

$O_{кр}$ – расходы на оплату оборотных средств, привлечённых для перевозки одной тонны груза, за время нахождения груза в пунктах накопления (отправления и назначения) и в пути, руб./т;

ΔC – расходы на подвоз и вывоз груза к водным причалам и грузовым железнодорожным станциям автомобильным транспортом в пунктах отправления и назначения груза (для автомобильного транспорта отсутствуют), руб./т;

$$O_{кр} = C \left((1 + k_{кр})^{\frac{t_d}{365}} - 1 \right), \quad (5)$$

где C – стоимость груза, руб./т;

$k_{кр}$ – значение кредитной ставки, доли ед.;

t_d – время доставки груза, сут.

При использовании формул (3), (4) для перевозчика, грузовладельца и народного хозяйства необходимо учитывать следующие особенности. Для первых параметры калькулируются на основании инструкций соответствующих видов транспорта [15, 16, 17], а для народного хозяйства они должны включать весь комплекс расходов и затрат, сопоставимых для разных видов транспорта [18, 19]. Это – во-первых. А во-вторых, когда продолжительность жизненных циклов капложений (основных фондов) в сравниваемых видах транспорта различается, или когда эксплуатационные

расходы и капитальные затраты являются разновременными, они должны быть дисконтированными [4,12,13].

Оценка энергоэффективности и экологичности

Энергоэффективность и экологичность являются наиболее важными показателями для жизнедеятельности общества на современном этапе развития и особенно значимыми для речного транспорта [19]. Поэтому учитывая, что они являются техническими, их необходимо оценивать особо. Энергоэффективность через затраты на энергию и горюче-смазочные материалы тесно связана с экологичностью, выраженной в выбросах оксида углерода (CO₂).

В контексте оценки по формулам (1)-(5) целесообразнее использовать показатель энергоёмкости как обратную величину энергоэффективности [20]. Такой подход диктуется тем, что при калькуляции себестоимости перевозок грузов определяются затраты на электроэнергию, топливо и смазочные материалы. Для железнодорожного и автомобильного видов транспорта они рассчитываются по нормам, утвержденным государственными или отраслевыми органами [21, 22]. Для речного транспорта в настоящее время на базе информационных технологий также не существует никаких препятствий для нормирования расхода электроэнергии, топлива и смазочных материалов [19]. Нормирование энергозатрат может осуществляться разными методами и не исчерпывается только методами, приведенными в [19, 21, 22]. Оно освещено во множестве других публикаций и учебной литературе и поэтому не является предметом данной статьи. Необходимо отметить, что приведение этих норм к общему знаменателю путем пересчета в условное топливо, а, следовательно, в энергоёмкость и выбросы CO₂, является уже техническим вопросом [23]. При этом необходимо учитывать все энергозатраты при перевозке грузов между начальным и конечным пунктами (от «двери до двери»), когда основными видами транспорта являются железнодорожный или водный, а автомобильный является вспомогательным и осуществляет только подвоз и вывоз грузов.

Для вариантов перевозки грузов, в которых все сравниваемые виды транспорта являются основными, и смешанных железнодорожно-водных перевозок энергоёмкость, соответственно, определяется по следующим выражениям:

$$E_{ут}^{ж} = \frac{\mathcal{E}^ж k_э + (G_n^a + G_k^a) k_T + \mathcal{E}_{пр} k_э + G_{пр} k_T}{Q_{гр}}, \quad (6)$$

$$E_{ут}^a = \frac{G^a k_T + \mathcal{E}_{пр} k_э + G_{пр} k_T}{Q_{гр}}, \quad (7)$$

$$E_{ут}^в = \frac{G_T^в k_T + G_{ТТ}^в k_{ТТ} + (G_n^a + G_k^a) k_T + \mathcal{E}_{пр} k_э + G_{пр} k_T}{Q_{гр}}, \quad (8)$$

где $E_{ут}^{ж}$, $E_{ут}^a$, $E_{ут}^в$ – удельная энергоёмкость перевозок грузов, соответственно, в железнодорожном, автомобильном, водном сообщениях, тонн условного топлива (т.у.т.) на тонну перевозимого груза;

$\mathcal{E}^ж$, $\mathcal{E}_{пр}$ – соответственно, расход энергии на перевозку грузов железнодорожным транспортом, связанный с тягой локомотивов, и сумма прочих затрат в начальном и конечном пунктах и в пунктах перевалки, хранения и т.д., тыс. кВт·ч;

G^a – расход топлива на перевозку грузов автомобильным транспортом, т;

G_n^a , G_k^a , $G_{пр}$ – соответственно, расход топлива на перевозку грузов автомобильным транспортом в начальном и конечном пунктах и сумма прочих расходов, т;

$Q_{гр}$ – масса (объем) перевозок грузов между пунктами отправления и назначения грузов, т;

G_T^B, G_{TT}^B – соответственно, расход дизельного и высоковязкого топлива на перевозку грузов водным транспортом, т;

$k_э, k_T, k_{TT}$ – соответственно, коэффициенты перевода энергии, расхода дизельного и высоковязкого видов топлива в условное топливо.

Удельные выбросы CO_2 ($B_{CO_2}^ж, B_{CO_2}^a, B_{CO_2}^B$) при перевозках грузов железнодорожным, автомобильным и водным видами транспорта рассчитываются по выражениям, аналогичным (6)-(8), только по другим коэффициентам перевода энергии, расхода дизельного и высоковязкого видов топлива в CO_2 .

Оценка общественной эффективности

Оценка общественной эффективности (ОЭ) является, на наш взгляд, наиболее важной для системы стратегического управления и регулирования в комплексе мер, направленных на повышение роли ВВТ. Состав показателей общественной и бюджетной эффективности (БЭ) и их различия подробно рассмотрены в работе [13]. В контексте обсуждаемой проблемы, при выборе оптимального вида транспорта ОЭ должна отражать экономию расходов, повышение энергоэффективности и экологичности, а БЭ – все притоки (поступления) и оттоки (расходы) для бюджетов всех уровней.

Исходя из разной сущности показателей ОЭ, она может быть представлена тремя параметрами:

$$R_{OЭ} = R(\Delta C_{гр}, \Delta E_{ут}, \Delta B_{CO_2}) \quad (9)$$

где, соответственно, $\Delta C_{гр} = C_{гр}^{ж,a} - C_{гр}^B$, $\Delta E_{ут} = E_{ут}^{ж,a} - E_{ут}^B$, $\Delta B_{CO_2} = B_{CO_2}^{ж,a} - B_{CO_2}^B$, определяются по выражениям (4), (6), (7), (8).

Анализ методики и обсуждение ее применения

Для проверки работоспособности предлагаемых методов оценки альтернативных видов транспорта нами были выбраны две схемы перевозок нефтепродуктов: перевозка нефтегрузов на участке Самара – Туапсе железнодорожным и внутренним водным видами транспорта и завоз грузов на приречные нефтебазы Татарстана автомобильным и внутренним водным видами транспорта. Для контрастности приводятся варианты перевозок каждым видом транспорта в годовом объеме, что снижает преимущества речных перевозок за счет увеличения связанного капитала в межнавигационный период.

Некоторые параметры исходных данных и результаты расчетов приведены в табл. 1, 2; отличие их заключается только в разных значениях величин дисконтной и кредитной ставок. В первой части таблиц базой для сравнения являются железнодорожные перевозки (вар. 1.1, 1.2), а во второй – автомобильные (вар. 5.1, 6.1, 5.2, 6.2). Варианты автомобильных перевозок различаются тем, что в вариантах 6.1, 6.2 на перевозки отнесены затраты на строительство автомобильных дорог.

К сожалению, данные по железнодорожным перевозкам являются приблизительными и неточными, так как реконструированы по разным интернет-источникам в связи с их закрытостью. Исключение составляет значение средней тарифной ставки, которая рассчитана по [24] с учетом рода груза, размеров подвижного состава по участкам пути и т.д. Более достоверными являются данные по автомобильным перевозкам, но и они также реконструированы по интернет-источникам.

Сравниваемые варианты водных перевозок в первой части таблиц представлены новыми танкерами проекта RST27 (вар. 2.1, 2.2, 3.1, 3.2) и танкерами проекта 630, прошедшими модернизацию (реновацию, капитальный ремонт) (вар. 4.1, 4.2). Эти суда эксплуатируются круглогодично, так как использование их только в

навигационный период не может обеспечить их окупаемость. При этом на модернизированные суда действующие льготы (отсутствие налога на имущество и налога на прибыль) не распространяются [25].

Вторая часть таблиц представлена вариантами водных перевозок, осваиваемых танкерами проекта Р-77 типа «Ленанефть» (вар. 7.1, 8.1, 7.2, 8.2). В вариантах 7.1, 7.2 судно представлено как новое, а в вариантах 8.1, 8.2 – прошедшее реновацию.

В целях объективной оценки приведенной методики дополнительно рассчитаны и приведены некоторые показатели: рентабельность, как отношение среднегодовой прибыли к расходам; оценка эффективности капитальных затрат; относительная экономическая прибыль, равная разности отношения среднегодовой прибыли к капвложениям и значения кредитной ставки. Эти показатели в основном рассчитаны по среднерыночным фрахтам и тарифным ставкам (вар. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 табл. 1, 2), кроме фрахтов, рассчитанных по предлагаемой в данной статье методике (вар. 3 табл. 1, 2).

Приведенная в табл. 1, 2 информация свидетельствует, на наш взгляд, об адекватности оценки альтернативных перевозок, исходя из следующих позиций: подбора уровня нормы рентабельности капитальных вложений или основных фондов, обеспечивающей окупаемость при заданной норме дисконта и возврат затрат в пределах жизненного цикла; времени доставки грузов, то есть, с учетом связанного капитала; энергоэффективности, а, следовательно, и экологичности. Несмотря на условность некоторых исходных данных по железнодорожным и автомобильным перевозкам, результаты апробации представленной методики оценки позволяют авторам надеяться на то, что она будет содействовать внедрению действенной системы распределения перевозок грузов между видами транспорта на уровне государственных органов. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению эффективности с точки зрения общества и сглаживанию противоречий между субъектами транспортной системы, что является залогом коллективного «выживания».

Кроме того, использование показателя удельных доходов от перевозки грузов в качестве фрахтовой ставки является универсальным, так как может учитывать и другие надбавки к норме прибыли, которые зависят от вида груза, величины грузопотока, особенностей рынка, целей судоходной компании и т. д. При этом необходимо заметить, что представленные в табл. 1, 2 фрахтовые ставки в одних вариантах ниже, а в других – выше рассчитанных по методике и отражают современное не оптимальное распределение перевозок грузов между видами транспорта с точки зрения критериев общественной эффективности с учетом энергоэффективности и экологичности.

Как видно из анализа данных табл. 1, 2, связанный капитал больше снижает эффективность ВВТ на короткопробежных перевозках грузов и незначительно – на дальнепробежных. Однако, нет необходимости учитывать его при перевозках таких грузов, как сезонных, накапливаемых в пунктах отправления, назначения, в том числе грузов Северного завоза. Снижение дисконтных и кредитных ставок, перевозка недорогих грузов ведут к повышению эффективности ВВТ, в том числе и за счет снижения стоимости судов [13, 25], которая в анализируемых данных нами не учтена.

Сравнительные показатели перевозок грузов водным, железнодорожным и автомобильным видами транспорта
 Стоимость груза - 50 тыс. руб.
 Заданные значения: норма дисконта - 13%, кредитная ставка - 13%,
 рентабельность одновременных затрат или основных фондов - 5%

Таблица 1

№ вар	Себестоимость, руб./т	Коэффициент эффективности, %	Удельные капвложения, руб./т	Удельная прибыль, руб./т	Удельные доходы, руб./т	Связанный капитал, руб./т	Всего стоимость, руб./т	Рентабельность перевозок, %	Энергоемкость, т/тыс. т	Выбросы CO ₂ , кг/тыс. т	Общественная эффективность водного транспорта			Фрахт, руб./т	Валовая прибыль, тыс. руб.	Срок окупаемости, лет		Относительная экономическая прибыль, доли ед.
											ΔC _{гр} , руб./т	ΔE _{ут} , т/тыс. т	ΔB _{со} , кг/тыс. т			номинальный	дисконтированный	
Перевозка дизельного топлива на линии Самара-Туапсе: годовой объем перевозок - 400 тыс. т																		
1.1	2824	14	4683	816	3641	168	3808	4,3	9	23	0	0	0	2945	34517	65	нет	-0,03
2.1	2555	15	9333	1384	3939	315	4254	20,9	22	57	-513	-13	-34	3090	321000	17,5	нет	-0,007
3.1	2555	15	9333	1384	3939	315	4254	54,2	22	57	-513	-13	-34	3939	830400	6,74	17,13	0,0182
4.1	2300	15	3339	618	2917	369	3287	34,4	21,3	55	521	-12,3	-32	3090	344240	5,3	9,56	0,138
Перевозка нефтепродуктов по Казанским причалам базис: годовой объем перевозок - 188 тыс. т																		
5.1	745	10	1779	214	965	38	1003	100	15,11	46,9	0	0	0	1500	112884	2,96	3,98	0,217
6.1	745	10	3357	408	1157	38	1195	100	15,11	46,9	-192	0	0	1500	112884	5,60	10,65	0,048
7.1	162	15	2660	394	557	537	1093	177	2,07	5,36	-90	13,04	41,3	450	54104	9,25	нет	0,0217
8.1	157	15	798	148	395	537	842	185	2,67	5,36	161	13,03	41,3	450	42694	3,51	4,99	0,1342

Сравнительные показатели перевозок грузов водным, железнодорожным и автомобильным видами транспорта
 Стоимость груза - 50 тыс. руб.
 Заданные значения: норма дисконта - 7%, кредитная ставка - 5%,
 рентабельность единовременных затрат или основных фондов - 5%

Таблица 2

№ вар	Себестоимость, руб./т	Коэффициент эффективности, %	Удельные капвложения, руб./т	Удельная прибыль, руб./т	Удельные доходы, руб./т	Связанный капитал, руб./т	Всего стоимость, руб./т	Рентабельность перевозок, %	Энергоемкость, т/тыс. т	Выбросы CO ₂ , кг/тыс. т	Общественная эффективность водного транспорта			Фрахт, руб./т	Валовая прибыль, тыс. руб.	Срок окупаемости, лет		Относительная экономическая прибыль, доли ед.
											ΔC _{гр} , руб./т	ΔE _{уг} , т/тыс. т	ΔB _{co} , кг/тыс. т			номинальный	дисконтированный	
Перевозка дизельного топлива на линии Самара-Туапсе, годовой объем перевозок - 400 тыс. т																		
1.2	2824	9	4683	529	3353	30	3383	4,3	9	23	0	0	0	2945	34517	65	нет	0,034
2.2	2555	10	9333	915	3471	314	3786	20,9	22	57	-402	-13	-34	3090	321000	17,5	нет	-0,007
3.2	2555	10	9333	915	3471	314	3786	35,9	22	57	-402	-13	-34	3471	549600	10,2	18,46	0,048
4.2	2300	10	3339	309	2709	212	2925	36,9	21,3	55	458	-12,3	-32	3090	344240	6,8	9,64	0,09
Перевозка нефтепродуктов по Казанским причальным базам, годовой объем перевозок - 188 тыс. т																		
5.2	745	9	1779	195	854	30	884	100	15,11	46,9	0	0	0	1500	112884	2,96	3,53	0,267
6.2	745	9	3357	366	1115	30	1145	100	15,11	46,9	-262	0	0	1500	112884	5,6	7,35	0,108
7.2	162	10	2660	281	423	537	960	177	2,07	5,36	24	13,04	41,3	450	54104	9,25	15,38	0,038
8.2	157	10	798	98	255	537	792	185	2,67	5,36	132	13,03	41,3	450	42694	3,51	4,17	0,213

Значения фрахтовых ставок грузовых перевозок по внутренним водным путям (ВВП), хотя и находятся на уровне тарифов РЖД, но не обеспечивают дисконтированную окупаемость новых судов и не привлекательны для грузовладельцев. Эта окупаемость будет гарантированно обеспечиваться при фрахтовых ставках, приближенных к тарифам РЖД, в случае отмены скидок на эти тарифы (порядка 25-37 %) по маршрутам, дублирующим ВВП [26], что повысит в целом эффективность экономики страны. Отсюда следует вывод о конкурентности перевозок высокотарифицированных грузов по ВВП по сравнению с РЖД, даже в случае обновления флота при действующих механизмах поддержки со стороны государства [1, 2, 25, 26].

Значения же фрахтовых ставок по завозу нефтепродуктов ВВТ по сравнению с автомобильным транспортом намного ниже, и ВВТ является конкурентоспособным даже при годовом объеме завоза. В настоящее время этот завоз осуществляется, в основном, автомобильным транспортом, тогда как в советский период завоз в годовое объеме осуществлялся, в основном, ВВТ.

Заключение

Для применения предлагаемого подхода к оценке при регулировании перевозок на государственном уровне необходима разработка соответствующих механизмов на базе современных информационных технологий, в том числе достижение единообразия методик определения затрат для сравниваемых видов транспорта для всех субъектов, участвующих в перевозках грузов.

Предлагаемые методы, безусловно, могут совершенствоваться в направлении денежной оценки энергоэффективности и экологичности для повышения мотивации охраны окружающей среды и ресурсосбережения разными путями [27, 28].

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ № 327-р от 29 февраля 2016 г. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 01.10.2022 <http://static.government.ru/media/files/YxvWxYkzMqwAsfBmAX6anAVViKnFgYwA.pdf>
2. Распоряжение Правительства РФ № 1734-р от 22 ноября 2008 г. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 01.10.2022 <http://static.government.ru/media/files/Z31ADuvq0eoXlknPdhwWRY122ISdhpaS.pdf>
3. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. - Ак. Наук СССР. - М.:1960 г. 345 с.
4. Лурье А. Л. О некоторых рекомендациях типовой методики экономической эффективности капиталовложений // Экономика и математические методы. т. VI, вып. 6., 1970. с. 827-834
5. Филина В.Н. Современные подходы к оценке эффективности транспортных проектов // Проблемы прогнозирования, №2, 2020. с.128-136 [Электронный ресурс] – Режим доступа: 27.11.2022, <https://ecfor.ru/publication/sovremennye-podhody-k-otsenke-effektivnosti-transportnyh-proektov/>
6. Телегин А.Н., Чуплыгин Г.Н., Шабров В.Н. ВВТ в национальной транспортной системе // Транспортное дело России, №2 (141), 2019. С. 52 – 54
7. Телегин А.И., Кожухарь В.И, Ничипорук А.О., Гончарова Н.В. Об экономической оценке конкурентоспособности различных видов транспорта, осуществляющих перевозки грузов // «Речной транспорт (XXI век)», №2 (82), 2017. С. 46-48
8. Кузмин В.Н. Развитие методов определения экономической эффективности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 27.11.2022 <https://www.e-rej.ru/Articles/2008/Kuzmin.pdf>
9. Канторович Л.В., Вайнштейн Альб. Л. Еще об исчислении нормы эффективности на основе однопродуктовой модели развития народного хозяйства. Экономика и математические методы. т. VI, вып. 8, 1970 г. С. 407-415

10. Лившиц В.Н. Развитие экономической теории в работах Александра Львовича Лурье. // Журнал экономической теории, №1, ООО «Олимп». 2004 г. С. 142-151
11. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: «Экономика», 1977 г., 45 с.
12. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция): утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 N ВК 477. М.: Экономика, 2000. 421 с.
13. Виленский, П.Л. «Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика: учеб. пособие / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2002. – 888 с.
14. Платов Ю.И. Определение стоимости фрахтования судов / Ю.И. Платов // Вестник ВГАВТ / ФГБОУ ВО «ВГАВТ». – Н.Новгород, 2014. – Вып. 41. С. 326–331
15. Приказ Минтранса РФ от 30.09.2003 N 194 «Об утверждении Инструкции по учету доходов и расходов по обычным видам деятельности на внутреннем водном транспорте». [Электронный ресурс] – Режим доступа: 20.11.2022, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45600/e0f44fedf5bfb13e7719a87878850eb22d96349/
16. Приказ Минтранса РФ от 24.06.2003 N 153. «Об утверждении Инструкции по учету доходов и расходов по обычным видам деятельности на автомобильном транспорте». [Электронный ресурс] – Режим доступа: 20.11.2022, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43547/
17. Приказ Минтранса России от 15 сентября 2015 года N 271. «Порядок ведения раздельного учета доходов, расходов и финансовых результатов по видам деятельности, тарифным составляющим и укрупненным видам работ открытого акционерного общества «Российские железные дороги». [Электронный ресурс] – Режим доступа: 20.11.2022, <https://docs.cntd.ru/document/902257090>
18. Абдулин Г.Х., Никулина М.В. К проблеме сопоставимости показателей расходов и себестоимости перевозок на различных видах транспорта. Материалы научно-технической конференции «Транспорт-XXI-век». Ч.2. ВГАВТ, Н. Новгород, 2003 г. С.142-145
19. Платов А.Ю., Платов Ю.И., Молькин В.Н. О возможности отраслевой методики нормирования энергоэффективности речного транспорта. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта, 2015. – № 44 (44). – С. 289-295.
20. Показатели энергоэффективности: основы формирования политики. Международное энергетическое агентство. OECD/IEA, 2014. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 27.11.2022, <https://altenergiya.ru/wp-content/uploads/books/common/pokazateli-energoeffektivnosti.pdf>
21. Распоряжение ОАО РЖД от 17.09.2007 N 1808р. О планировании и нормировании расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов в ОАО «РЖД». [Электронный ресурс] – Режим доступа: 20.11.2022 <https://docs.cntd.ru/document/902081064>
22. Методические рекомендации «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте», утвержденные распоряжением Минтранса России от 14 марта 2008 года N АМ-23-р (с изменениями на 30 сентября 2021 года). [Электронный ресурс] – Режим доступа: 27.11.2022 <https://docs.cntd.ru/document/902092963?marker=6500IL>
23. Калькулятор перевода в т у.т. Саморегулируемая организация в области энергетического обследования (СРО-Э-150) Некоммерческое партнерство «Межрегиональный альянс энергоаудиторов». [Электронный ресурс] – Режим доступа: 27.11.2022 <https://sro150.ru/kalkulyatory/287-kalkulyator-perevoda-v-t-u-t>
24. Расчет железнодорожного тарифа по России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 20.11.2022 <https://rtoapi.ctm.ru/>
25. Корьев В.Ю., Никулина М.В., Платов Ю.И., Уставщиков И.В. Проблемы и методы обновления речных судов. Научные проблемы водного транспорта, № 70 (2022). С. 189-202. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi70.241>
26. Терентьева А. Почему Владимир Лисин недоволен госрегулированием. Ведомости. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 20.11.2022, <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2018/02/09/750538-novost>

27. Налоги на выбросы (CO₂) в мире. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 20.11.2022 <https://aftershock.news/?q=node/902383&full>.
28. Расчет CO₂ - пример расчета. Рубрика: Экологическое нормирование. [Электронный ресурс] – Режим доступа: 27.11.2022 <https://ecolog-info.ru/topic/739/>

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF № 327-r ot 29 fevralja 2016 g. Strategija razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda. [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 01.10.2022 <http://static.government.ru/media/files/YxvWxYkzMqwAsfBmAX6anAVViKnFgYwA.pdf>
2. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF № 1734-r ot 22 nojabrja 2008 g. Transportnaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda. [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 01.10.2022, <http://static.government.ru/media/files/Z31ADuvq0eoXlknPdhwWRY122ISdhpaS.pdf>
3. Kantorovich L.V. Jekonomicheskij raschet nailuchshego ispol'zovanija resursov. - Ak. Nauk SSSR. - M.:1960 g. 345 s.
4. Lur'e A. L. O nekotoryh rekomendacijah tipovoj metodiki jekonomicheskoj jeffektivnosti kapitalovlozhenij // Jekonomika i matematicheskie metody. t. VI, vyp. 6., 1970. s. 827-834
5. Filina V.N. Sovremennye podhody k ocenke jeffektivnosti transportnyh projektov // Problemy prognozirovaniya, №2, 2020. s.128-136 [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 27.11.2022, <https://ecfor.ru/publication/sovremennye-podhody-k-otsenke-effektivnosti-transportnyh-proektov/>
6. Telegin A.N., Chuplygin G.N., Shabrov V.N. VVT v nacional'noj transportnoj sisteme // Transportnoe delo Rossii, №2 (141), 2019. S. 52 – 54
7. Telegin A.I., Kozuhar' V.I, Nichiporuk A.O., Goncharova N.V. Ob jekonomicheskoj ocenke konkurentosposobnosti razlichnyh vidov transporta, osushhestvljajushhh perevozki грузов // «Rechnoj transport (XXI vek)», №2 (82), 2017. S. 46-48
8. Kuzmin V.N. Razvitie metodov opredelenija jekonomicheskoj jeffektivnosti. [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 27.11.2022 <https://www.e-rej.ru/Articles/2008/Kuzmin.pdf>
9. Kantorovich L.V., Vajnshtejn Al'b. L. Eshhe ob ischislenii normy jeffektivnosti na osnove odnoproductovoj modeli razvitiya narodnogo hozjajstva. Jekonomika i matematicheskie metody. t. VI, vyp. 8, 1970 g. S. 407-415
10. Livshic V.N. Razvitie jekonomicheskoj teorii v rabotah Aleksandra L'vovicha Lur'e. // Zhurnal jekonomicheskoj teorii, №1, OOO «Olimp». 2004 g. S. 142-151
11. Metodika (osnovnye polozhenija) opredelenija jekonomicheskoj jeffektivnosti ispol'zovanija v narodnom hozjajstve novej tehniki, izobretenij i racionalizatorskih pred-lozhenij. M.: «Jekonomika»,1977 g., 45 s.
12. Metodicheskie rekomendacii po ocenke jeffektivnosti investicionnyh projektov (vtoraja redakcija): utv. Ministerstvom jekonomiki RF, Ministerstvom finansov RF, Gosudarstvennym komitetom RF po stroitel'noj, arhitekturnoj i zhilishhnoj politike 21.06.1999 N VK 477. M.: Jekonomika, 2000. 421 s.
13. Vilenskij, P.L. «Ocenka jeffektivnosti investicionnyh projektov: teorija i praktika: ucheb. posobie / P.L. Vilenskij, V.N. Livshic, S.A. Smoljak. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Delo, 2002. – 888 s.
14. Platov Ju.I. Opredelenie stoimosti frahtovanija sudov / Ju.I. Platov // Vestnik VGAVT / FGBOU VO «VGAVT». – N.Novgorod, 2014. – Vyp. 41. S. 326–331
15. Prikaz Mintransa RF ot 30.09.2003 N 194 «Ob utverzhenii Instrukcii po uchetu dohodov i rashodov po obychnym vidam dejatel'nosti na vnutrennem vodnom transporte». [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 20.11.2022, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45600/e0f44fedf5bfb13e7719a87878850eb e22d96349/
16. Prikaz Mintransa RF ot 24.06.2003 N 153. «Ob utverzhenii Instrukcii po uchetu dohodov i rashodov po obychnym vidam dejatel'nosti na avtomobil'nom transporte». [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 20.11.2022, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43547/
17. Prikaz Mintransa Rossii ot 15 sentjabrja 2015 goda N 271. «Porjadok vedenija razdel'nogo ucheta dohodov, rashodov i finansovyh rezul'tatov po vidam dejatel'nosti, tarif-nym sostavljajushhim i ukрупnennym vidam rabot otkrytogo akcionernogo obshhestva «Ros-sijskie zheleznje dorogi». [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 20.11.2022, <https://docs.cntd.ru/document/902257090>

18. Abdulin G.H., Nikulina M.V. K probleme sopostavimosti pokazatelej rashodov i sebestoimosti perevozok na razlichnyh vidah transporta. Materialy nauchno-tehnicheskoy konferencii «Transport-XXI-vek». Ch.2. V.GAVT, N. Novgorod, 2003 g. S.142-145
19. Platov A.Ju., Platov Ju.I., Mol'kin V.N. O vozmozhnosti otraslevoj metodiki nor-mirovaniya jenergojeffektivnosti rechnogo transporta. Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta, 2015. – № 44 (44). – S. 289-295.
20. Pokazateli jenergojeffektivnosti: osnovy formirovaniya politiki. Mezhdunarodnoe jenergeticheskoe agentstvo. OECD/IEA, 2014. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 27.11.2022, <https://altenergiya.ru/wp-content/uploads/books/common/pokazateli-energoeffektivnosti.pdf>
21. Rasporjazhenie OAO RZhD ot 17.09.2007 N 1808r. O planirovanii i normirovanii rashoda toplivno-jenergeticheskikh resursov na tjagu poezdov v OAO «RZhD». [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 20.11.2022 <https://docs.cntd.ru/document/902081064>
22. Metodicheskie rekomendacii «Normy rashoda topliv i smazochnyh materialov na avtomobil'nom transporte», utverzhdennye rasporjazheniem Mintransa Rossii ot 14 marta 2008 goda N AM-23-r (s izmenenijami na 30 sentjabrja 2021 goda). [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 27.11.2022 <https://docs.cntd.ru/document/902092963?marker=6500IL>
23. Kal'kuljator perevoda v t u.t. Samoreguliruemaja organizacija v oblasti jenergeticheskogo obsledovanija (SRO-Je-150) Nekommercheskoe partnerstvo «Mezhhregional'nyj al'-jans jergoauditorov». [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 27.11.2022 <https://sro150.ru/kalkulyatory/287-kalkulyator-perevoda-v-t-u-t>
24. Raschet zheleznodorozhnogo tarifa po Rossii. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 20.11.2022 <https://rtoapi.ctm.ru/>
25. Kor'ev V.Ju., Nikulina M.V., Platov Ju.I., Ustavshnikov I.V. Problemy i metody obnovlenija rechnyh sudov. Nauchnye problemy vodnogo transporta, № 70 (2022). S. 189-202. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi70.241>
26. Teren'teva A. Pochemu Vladimir Lisin nedovolen gosregulirovaniem. Vedomosti. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 20.11.2022 <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2018/02/09/750538-novost>
27. Nalogi na vybrosy (SO₂) v mire. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 20.11.2022 <https://aftershock.news/?q=node/902383&full>.
28. Raschet SO₂ - primer rascheta. Rubrika: Jekologicheskoe normirovanie. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: 27.11.2022 <https://ecolog-info.ru/topic/739/>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Никulina Марина Владимировна, к.т.н., доцент, доцент кафедры управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: marina_platnik@rambler.ru

Marina V. Nikulina, 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, 603950, e-mail: marina_platnik@rambler.ru

Платов Юрий Иванович, д.т.н., профессор, профессор кафедры управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: platov_ji@mail.ru

Juri I. Platov, Dr. Sci. (Eng), professor of Transport Management Chair, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603950, e-mail: platov_ji@mail.ru

Статья поступила в редакцию 02.12.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 02.12.2022; published online 20.03.2023.

УДК 629.12.001.2

DOI: 10.37890/jwt.vi74.355

Анализ амплитудно-частотной характеристики бортовой качки, полученной в эксплуатационном рейсе

В.И. Сичкарев¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-2404>

В.П. Умрихин¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1164-7857>

А.А. Приваленко¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9128-9932>

¹*Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. Проблемы с обеспечением безопасности плавания судов на волнении и с оптимизацией параметров движения судна в настоящее время возникают, в частности, по причине невозможности использования в судовождении новых достижений смежных научных дисциплин, таких как теория качки корабля, океанография. Отчасти это объясняется отсутствием методов получения спектра фактического волнения в окрестности судна, находящегося в эксплуатационном рейсе и не имеющему возможности делать остановки для выполнения записи волнения, отсутствием в широкой практике мореплавания регистраторов качки судна и отсутствием программного обеспечения для комплексной обработки необходимой информации. В настоящее время в СГУВТ созданы программно-аппаратные комплексы, пригодные для использования силами штатного экипажа на судах в эксплуатации.

Современным программно-аппаратным комплексом обеспечивается возможность автоматизированной записи качки судна и её обработка. Запись качки может быть обработана до получения амплитудно-частотной характеристики качки при условии, что имеется спектр фактического волнения. При отсутствии фактического спектра волнения результат может быть получен с использованием внешней гидрометеорологической информации. В статье приведена процедура обработки этой информации о ветровом волнении и зыби до получения аналитической аппроксимации частотного спектра, с помощью которой представляется возможным получение амплитудно-частотной характеристики качки.

Полученная амплитудно-частотная характеристика обладает свойствами традиционных амплитудно-частотных характеристик и дополнительно выявляет частоты снижения остойчивости на попутном волнении, собственные частоты качки и частоты параметрического резонанса.

Ключевые слова: амплитудно-частотная характеристика качки, спектр смешанного волнения, преобразование кажущихся и истинных частот.

Analysis of the amplitude-frequency characteristics of on-board pitching obtained in the operational voyage

Viktor I. Sichkarev¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-2404>

V.P. Umrikhin¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1164-7857>

A.A. Privalenko¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9128-9932>

¹*Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia*

Abstract. Problems with ensuring navigation safety in heavy waves and with optimizing vessel's movement parameters currently arise, in particular due to inability to use in navigation new achievements of related scientific disciplines, such as ship pitching theory, oceanography. This is partly due to the lack of methods for obtaining the actual waves spectrum in the vicinity of a ship which is on the operational voyage and does not have the ability to make stops for waves recordings, the absence of ship pitching recorders in the widespread navigation practice and the lack of software for complex processing of the necessary information.

At present, the Siberian State University (SSUWT) has created software and hardware complexes suitable for use by the full-time crew on ships in operation.

Modern software and hardware complex provides the possibility of the ship's pitching automated recording and its processing. The pitching record can be processed before obtaining the pitch amplitude-frequency characteristics, provided that there is an actual heavy wave spectrum. In the absence of an actual wave spectrum, the result can be obtained using external hydrometeorological information. The article describes the procedure for processing the information about wind waves and swells before obtaining an analytical approximation of the frequency spectrum, with the help of which it is possible to obtain the pitch amplitude-frequency characteristics.

The resulting amplitude-frequency characteristic has the properties of traditional amplitude-frequency characteristics and additionally reveals stability reduction frequencies in passing waves, natural pitching frequencies and parametric resonance frequencies.

Keywords: pitch amplitude-frequency characteristic, mixed heavy wave spectrum, apparent and true frequencies transformation.

Введение

Разработка приборного обеспечения для автоматической дискретной регистрации качки судна на основе современной элементной базы, [1 – 4], позволяет перейти к текущей обработке результатов записей и их использованию для целей оптимизации и обеспечения безопасности плавания судна в течение этого же рейса. Особенность разрабатываемого подхода состоит в том, что регистрируется качка судна в состоянии его фактической рейсовой загрузки и в условиях фактического волнения. Такой подход существенно изменяет ситуацию с контролем безопасности плавания на волнении и актуализирует развитие предлагаемого метода.

Среди первых шагов развития этого метода необходимо показать, что получаемые результаты не противоречат накопленному опыту в теории и практике кораблестроения, в оценке мореходности судов, в частности, в методах оценки качки судна. Традиционно в теории корабля реакция судна в виде качки на внешнее волновое воздействие оценивается с помощью амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) качки судна. Поэтому целью предлагаемой работы является сравнение получаемых результатов записи качки с априори известным из теории корабля поведением судна на волнении.

Методы

Программно-приборное обеспечение осуществляет регистрацию всех видов качки, но для анализа адекватности получаемых результатов достаточно оценить АЧХ наиболее сложного вида – бортовой качки.

В теории качки АЧХ рассматривается как модуль $|\Phi(\omega)|$ передаточной функции линейной динамической системы, что выражается в виде отношения амплитуды качки θ_0 к амплитуде волнового процесса (волновых ординат ζ_0 или углов волнового склона α_0):

$$|\Phi(\omega)| = \frac{\theta_0}{\zeta_0}; \quad |\Phi(\omega)| = \frac{\theta_0}{\alpha_0}, \quad (1)$$

или в спектральной постановке

$$S_{\theta}(\omega) = \Phi_2(\omega)S_{\zeta}(\omega). \quad (2)$$

Значения амплитуд θ_0 качки и соответствующих им полупериодов $\tau/2$ находятся из обработки записей качки. Полупериоды $\tau/2$ находятся как корни дискретно заданной функции $\theta(t)$, а амплитуды θ_0 выбираются как максимумы θ без учёта вторичных колебаний в пределах рассматриваемого полупериода. Затем полученное множество полупериодов переводится в частоты ω по формулам гармонических волн $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$. Полученные значения частот являются истинными для качки судна, но кажущимися для вызывающего качку волнения.

Пример результатов обработки одной записи представлен на рис. 1.

Для реализации (1) необходимо знать амплитуды ζ_0 или спектр $S_{\zeta}(\omega)$ действующего волнения во время записи качки. Достаточно точно его можно получить путём регистрации волнового поля, но спектр также можно задать по наблюдаемым статистическим параметрам волнения. Наибольшую сложность при этом создаёт смешанное волнение, состоящее из двух или более различных систем зыби и ветровых волн, каждая со своими характеристиками и генеральным направлением распространения. Статистические характеристики фактического волнения поступают на судно в виде внешней гидрометеорологической информации, как, например, на рис. 2.

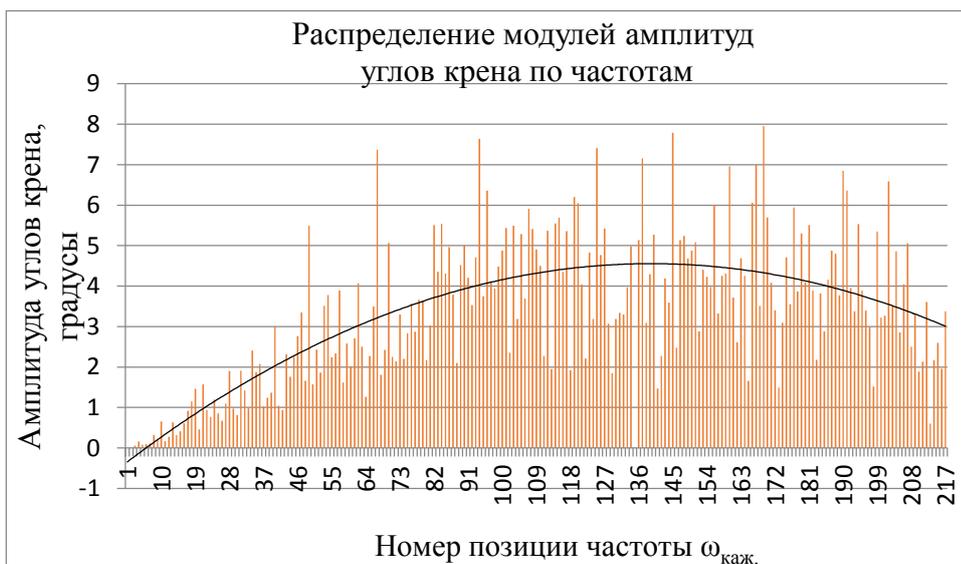


Рис. 1. Распределение модулей амплитуд бортовой качки по частотам за 15.03.19 контейнеровоза

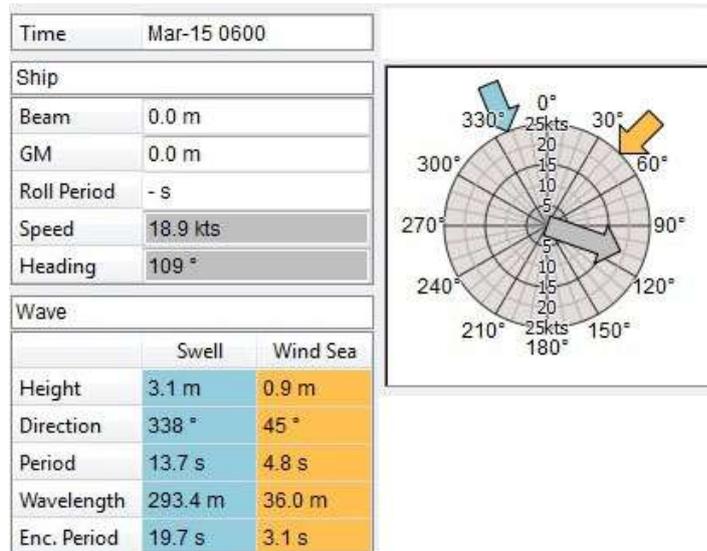


Рис. 2. Гидрометеорологическая информация о волнении

Сводные данные по параметрам волнения на время записи качки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры волнения на время записи качки

Дата и время записи качки	Курс; скорость судна в узлах	Ветровое волнение					Зыбь				
		h, м	K _в	τ, с	λ, м	τ _к , с	h, м	K _з	τ, с	λ, м	τ _к , с
11.03.19 12.37	82°; 21,1	2,2	45°	6,4	63,7	3,4	2,0	338°	7,1	77,1	9,3
14.03.19 19.50	105°; 18,8	0,7	90°	4,8	36,0	2,1	3,4	338°	13,7	293,4	12,9
15.03.19 06.52	109°; 18,9	0,9	45°	4,8	36,0	3,1	3,1	338°	13,7	293,4	19,7

Результаты

Имеется множество аналитических выражений энергетического (частотного) спектра, в том числе приведённого к наблюдаемым параметрам волнения. При этом, безусловно, присутствующее неполное совпадение фактического спектра и аналитического описания можно в какой-то мере компенсировать подбором спектра с более широкой областью частот. Важно, чтобы полученным из обработки записей частотам качки в аналитическом спектре соответствовало ненулевое значение S во избежание деления на 0. В качестве такого аналитического спектра можно использовать спектр Фирсова [5]:

$$S(\omega) = \frac{2}{\pi} D_{\zeta} \alpha_0 \frac{\omega^2 + \alpha_0^2 + \beta_0^2}{\omega^4 + 2\omega^2(\alpha_0^2 - \beta_0^2) + (\alpha_0^2 + \beta_0^2)^2} = 0.11 m_0 \bar{\omega} \frac{\omega^2 + 0.7 \bar{\omega}^2}{\omega^4 - 1.28 \omega^2 \bar{\omega}^2 + 0.49 \bar{\omega}^4}, \quad (3)$$

где $m_0 = D_{\zeta} = \frac{\bar{h}^2}{2\pi}$ – момент нулевого порядка (дисперсия волновых ординат);

\bar{h} – средняя высота волнения;

$\bar{\omega} = \frac{2\pi}{\bar{T}}$ – средняя частота волнения;

$\bar{\tau}$ – средний период волнения.

Расчётные параметры для спектра Фирсова по данным таблицы 1 представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчётные параметры спектров по данным таблицы 1

Дата	Ветровое волнение			Зыбь		
	m_0	$\bar{\omega}$	ω_m	m_0	$\bar{\omega}$	ω_m
11.03.19	0,770	0,982	0,756	0,637	0,885	0,681
14.03.19	0,078	1,309	1,008	1,840	0,458	0,353
15.03.19	0,129	1,309	1,008	1,529	0,458	0,353

Преобразование кажущихся частот качки

Поскольку имеющая хождение в судовождении связь кажущихся периодов волнения τ_k с истинными τ и с параметрами движения судна – скоростью v и курсовым углом волнения q определяется из зависимостей:

$$\tau_k = \frac{\lambda}{c + v \cos q} = \frac{\tau^2}{\tau + \frac{2\pi v}{g \cdot \cos q}} \tag{4}$$

при обратном преобразовании относительно ω даёт неоднозначную связь истинных частот с кажущимися

$$\frac{\omega^2 v}{g \cos q} + \omega - \omega_k = 0,$$

то удобнее перейти к связи кажущихся частот ω_k с истинными ω и параметрами движения судна по формуле Доплера:

$$\omega_k = \frac{\omega}{1 - \frac{\omega v}{g \cdot \cos q}} \tag{5}$$

Из (5) получаем формулу для пересчёта известных кажущихся частот волнения, равных истинным частотам качки, в истинные частоты для расчёта значения спектра

$$\omega = \frac{\omega_k}{1 + \frac{\omega_k v}{g \cdot \cos q}} \tag{6}$$

Параметры движения судна в моменты записи качки для расчётов по (6) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Параметры движения судна относительно волнения для пересчёта кажущихся частот в истинные частоты волнения

Дата записи качки	Ветровое волнение			Зыбь		
	v, м/с	q°	v/g cos q	v, м/с	ε°	v/g cos ε
11.03.19	10,85	37	0,881	10,85	76	0,268
14.03.19	9,66	15	0,951	9,66	53	0,593
15.03.19	9,71	64	0,434	9,71	49	0,649

Получение амплитудно-частотной характеристики бортовой качки

Рассчитанные по (6) частоты служат аргументом для вычисления значения спектров по зависимости (3), а затем и значений АЧХ по (1):

$$|\Phi(\omega)| = \frac{\theta_0}{\zeta_0} = \frac{\theta_0}{\sqrt{2S(\omega)}}; \quad (7)$$

Поскольку воздействие на судно определяется двумя системами волн, нужен механизм учёта спектров, как ветрового волнения, так и зыби. Предполагая волнение составным, но единым процессом, воздействующим на судно, суммируются дискретные значения спектров ветрового волнения и зыби, каждый из которых рассчитан по своим значениям истинных частот в соответствии с таблицей 3:

$$S(\omega_k) = S_{в.в.}(\omega_k) + S_з(\omega_k), \quad (8)$$

а уже затем по суммарной S рассчитывается итоговая АЧХ для дискретных значений ω_k по (7).

Пример расчёта АЧХ по суммарному спектру одной из записей качки представлен на рис. 3, где также показана форма суммарного спектра ветрового волнения и зыби.



Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика, полученная по суммарному спектру ветрового волнения и зыби

Линейчатый спектр АЧХ удобней изучать в распределённом интервальном представлении, осредняющем индивидуальные линейчатые значения АЧХ в пределах интервала частот качки:

$$AЧХ_{распр} = \frac{AЧХ}{\Delta\omega}. \quad (9)$$

Распределённые АЧХ при $\Delta\omega \rightarrow 0$ приближаются к спектральной плотности, поэтому их можно считать аналогом квадрата передаточной функции $\Phi^2(\omega)$. Отсюда

$$|\Phi(\omega)| = \sqrt{\Phi^2(\omega)}. \quad (10)$$

Особенность интервального представления заключается в должном подборе ширины интервала, поскольку от этого зависит форма гистограммы.

Окончательно итоговая распределённая интервальная АЧХ получается осреднением распределённых интервальных АЧХ из всех записей качки по одинаковым интервалам истинных частот качки $\Delta\omega$. Она представлена на рис. 4 для значений ширины интервалов $\Delta\omega = 0,05 \text{ с}^{-1}$ в диапазоне частот $\omega = 0,0 - 2,0 \text{ с}^{-1}$.

Обсуждение

Полученная АЧХ обнаруживает общую закономерность плавного возрастания значений до некоторого максимума на частотах $\omega=1,0-1,05$ и $1,4-1,5 \text{ с}^{-1}$ и последующий более резкий спад значений на более высоких частотах. В этой общей тенденции она соответствует типичным АЧХ судов, получаемым теоретическим путём или экспериментально на регулярном волнении. Это даёт основание для признания разработанного метода обработки записей качки судна в эксплуатационных условиях приемлемым для использования в задачах управления судном с целью оптимизации плавания на волнении.

Однако конкретная обобщённая АЧХ имеет ряд особенностей, причины которых желательно выявить, возможно, с некоторой дополнительной пользой.

Первая особенность заключается в не гладкости функции.

Она в значительной мере обусловлена разным количеством наблюдений, приходящихся на конкретный интервал частот, поскольку обобщённая АЧХ получена осреднением приходящихся на конкретный частотный интервал значений индивидуальных АЧХ. Индивидуальные АЧХ внутри каждого интервала частот имеют довольно значительный разброс значений. Уменьшение числа интервальных наблюдений, вплоть до единичных, существенно снижает доверие к получаемым значениям АЧХ, что особенно характерно на частотах $\omega \geq 1,6-1,8 \text{ с}^{-1}$. Например, пик на частоте $\omega=1,60-1,65 \text{ с}^{-1}$ имеет вероятность $P=5\%$, т.е. $0,5\%$. При более разнообразных волновых условиях распределение числа наблюдений по интервалам частот могло бы быть более равномерным.



Рис. 4. Обобщённое за 11.03.19–15.03.19 распределённое интервальное распределение АЧХ и её вероятность P‰

Анализируя вид обобщённой АЧХ, можно видеть несколько пиков на частотах $\omega=0,20-0,30$; $0,60-0,80$; $1,0-1,1$; $1,4-1,5$, а также и далее, возможно, по причине недостаточной репрезентативности значений. При этом пики на частотах $\omega=0,20-0,30$; $0,60-0,80$ имеют высокую репрезентативность, т.е. не случайны, и поэтому нуждаются в поиске объясняющих причин. В этой низкочастотной области основное воздействие оказывает зыбь. Зыбь во всех записях идёт от кормовых курсовых углов.

В общем случае волнение от кормовых курсовых углов может рассматриваться как попутное волнение. На попутном волнении при длине волн, соразмерной с длиной судна, может наблюдаться как явление снижения остойчивости из-за искажения формы действующей ватерлинии, так и два вида резонанса: основной и параметрический.

Первое явление проявляется при скорости судна, близкой к фазовой скорости волны, которая определяется истинной частотой волны $c = \frac{g}{\omega}$, а проекция скорости волны на направление движения судна $c_x = c \cdot \cos(\varepsilon)$. С учётом данных таблицы 3 для зыби, расчёт проекций фазовых скоростей волнового движения на путь судна представлен в таблице 4.

Таблица 4

Сравнение проекций фазовой скорости волн c_x со скоростью судна v

Дата	ω, c^{-1}	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	$c, m/c$	49,0	32,7	24,5	19,6	16,4	14,0	12,3	10,9
11.03	$c \cdot \cos \varepsilon$	11,9	7,9	5,9	4,7	4,0	3,4	3,0	2,6
	$v, m/c$	10,85							
14.03	$c \cdot \cos \varepsilon$	29,5	19,7	14,7	11,8	9,8	8,4	7,4	6,6
	$v, m/c$	9,66							
15.03	$c \cdot \cos \varepsilon$	32,2	21,4	16,1	12,9	10,7	9,2	8,0	7,2
	$v, m/c$	9,71							

Из таблицы 4 видно, что 11.03.19 проекция фазовой скорости зыби на путь судна близка к скорости судна при частотах волн $\omega=0,2-0,3c^{-1}$; 14.03.19 – при $\omega=0,6-0,7c^{-1}$;

15.03.19 – при тех же значениях $\omega=0,6-0,7\text{c}^{-1}$. Эти значения выделены в таблице 4 другим цветом.

Пересчёт истинных частот зыби в кажущиеся по формуле Доплера

$$\omega_k = \frac{\omega}{1 + \frac{\omega v}{g \cdot \cos \varepsilon}}$$

даёт следующие диапазоны кажущихся частот: 11.03.19 $\omega_k=0,198-0,293$; 14.03.19 $\omega_k=0,495-0,542$; 15.03.19 $\omega_k=0,486-0,531$.

Обобщённая АЧХ на частотах 0,20–0,30 и 0,45–0,50 имеет локальные максимумы. Это значит, что судно реально испытывало эффект снижения остойчивости на попутном волнении, проявившийся в увеличенных углах крена с указанными частотами, а предложенный метод регистрации качки и её обработки этот эффект обнаружил.

Максимум на частотах $\omega=1,00-1,05$, очевидно, и является максимумом АЧХ бортовой качки.

Обобщённая распределённая интервальная АЧХ имеет локальные максимумы и в среднечастотной области спектра: на частотах 1,25–1,30; 1,40–1,45; 1,60–1,65; 1,85–1,95 c^{-1} . Эти частоты соответствуют кажущимся периодам волн 5,0–4,8; 4,5–4,2; 3,9–3,8; 3,4–3,2с. Некоторые из них имеют довольно убедительную вероятность.

Эти локальные максимумы на средних частотах, в том числе и с убедительными значениями вероятности, в рамках линейной теории качки объяснения не имеют. Возможно, это проявление нелинейных процессов качки, возможно – проявление реакции судна на интерференционные процессы в двух системах волн (ветровые и зыбь) или на групповую структуру волнения. Два последних явления в использованных аналитических моделях спектров не описываются, хотя могли бы быть обнаружены в эмпирическом фактическом спектре, а групповой характер качки соответственно групповой структуре волнения хорошо прослеживается в записи качки. Все эти вопросы ещё ждут своего разрешения в дальнейших исследованиях.

Частота, соответствующая собственному периоду качки 21-22с – собственная частота бортовой качки – равна $\omega_c=0,285-0,299\text{c}^{-1}$. Этой частоте на обобщённой распределённой АЧХ бортовой качки соответствует локальный максимум АЧХ и её наибольшая повторяемость Р. Оказалось, что собственная частота входит в интервал частот, на котором проекция скорости попутных волн близка к скорости судна.

Следовательно, информация о частоте максимальной вероятности АЧХ может служить также и маркером собственной частоты качки судна.

Параметрический резонанс наступает, когда частота волн вдвое больше собственной частоты качки:

$$\omega_{\text{парам}} = 2 \omega_c = 2(0,285 - 0,299) \cong 0,6 \text{ c}^{-1}.$$

На этой частоте на обобщённой распределённой АЧХ бортовой качки также имеется локальный максимум с локальным максимумом вероятности Р. Это также может быть маркером параметрического резонанса.

Заключение

Таким образом, амплитудно-частотная характеристика бортовой качки, полученная в эксплуатационном рейсе путём обработки записей качки на основе расчётных спектров смешанного волнения с исходными данными из гидрометеорологических источников, обнаруживает основные закономерности амплитудно-частотных характеристик, получаемых традиционным путём и, кроме того, обнаруживает частоты опасной потери остойчивости на попутном волнении, а также собственные частоты качки судна и параметрического резонанса.

Список литературы

1. Поминов А.Г. Регистрация параметров качки судна с помощью гироскопа и акселерометра / А.Г.Поминов, В.П.Умрихин // Судовождение – 2014: сб. науч. трудов. – Новосибирск: НГАВТ, 2014. – С. 46 – 48.
2. Бабич С.И. Проверка автоматического регистратора параметров качки судна / С.И.Бабич, Л.В.Дьячков, В.И.Сичкарев, В.П. Умрихин // Сибирский научный вестник, №XXII, 2018. – Новосибирск: СГУВТ, 2018. - С. 42–49.
3. Умрихин В.П. Создание аппаратно-программного комплекса для определения параметров качки судна / В.П. Умрихин, А.Г.Поминов // Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сибирского государственного университета водного транспорта «АРКТИКА-ЭКОЛОГИЯ-ТРАНСПОРТ». – Новосибирск: СГУВТ, 2017. – С. 301-304.
4. Умрихин В.П. Определение параметров качки судна в эксплуатационном рейсе / В.П. Умрихин // Научные проблемы водного транспорта, № 71, 2022. – Нижний Новгород: ВГУВТ, 2022. – С. 188-198. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.268>
5. Луговский В.В. Динамика моря / В.В.Луговский. – Л.: Судостроение, 1976. – 200 с.
6. Оськин Д.А., Горшков А.А., Клименко С.А., Погодин Н.А. Информационно-управляющая система сбора и передачи информации для безэкипажного судна. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2021-2-24-31> // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: морская техника и технология том 2021 № 2 , 2021, -с.24-31.
7. Artemiev A. V., Gorshkov A. A., Oskin D. A., Gromasheva O. S. Assessment of Drift of Gyroscopic Systems Built on the Basis of Microelectromechanical Sensors // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018 (Vladivostok, 03–04 October 2018). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 8602489.
8. Титов А. В., Баракат Л. Перспективы технологического развития и внедрения безэкипажных судов // Мор. интеллектуал. технологии. 2018. Т. 1. № 3 (41). С. 94–103.
9. Ершов А.А., Теренчук А.В. Совершенствование методов обеспечения безопасности штормового плавания судов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: морская техника и технология том 2015 № 3 , 2015, -с.7-13.
10. Кондратьев С. И. Полифакторный анализ процесса предупреждения столкновений судов / С. И. Кондратьев, А. Л. Боран-Кешишьян // Вестн. ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. 2013. № 2 (21). С. 7-13.
11. Ершов А. А. Разработка системы интеллектуальной поддержки судоводителя для снижения опасности столкновений судов: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2012. 322 с.

References

1. Pominov A.G. Registration of ship pitching parameters using a gyroscope and accelerometer / A.G.Pominov, V.P.Umrikhin // Navigation – 2014: collection of scientific works. – Novosibirsk: NGAVT, 2014. – pp. 46-48.
2. Babich S.I. Verification of the automatic recorder of vessel pitching parameters / S.I.Babich, L.V.Dyachkov, V.I.Sichkarev, V.P. Umrikhin // Siberian Scientific Bulletin, No.XXII, 2018. – Novosibirsk: SGUVT, 2018. - S. 42-49.
3. Umrikhin V.P. Creation of a hardware and software complex for determining the parameters of ship pitching / V.P. Umrikhin, A.G.Pominov // Materials of the scientific and practical conference of the teaching staff of the Siberian State University of Water Transport "ARCTIC-ECOLOGY-TRANSPORT". – Novosibirsk: SGUVT, 2017. – pp. 301-304.
4. Umrikhin V.P. Determination of ship pitching parameters in an operational voyage / V.P. Umrikhin // Scientific problems of water transport, No. 71, 2022. – Nizhny Novgorod: VGUVT, 2022. – pp. 188-198.
5. Lugovsky V.V. Dynamics of the sea / V.V.Lugovsky. – L.: Shipbuilding, 1976. – 200 p.
6. Oskin D.A., Gorshkov A.A., Klimenko S.A., Pogodin N.A. Information management system for collecting and transmitting information for an unmanned vessel. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2021-2-24-31> // Bulletin of the Astrakhan State

- Technical University. Series: Marine Engineering and Technology volume 2021 No. 2 , 2021, -pp.24-31.
7. Artemiev A. V., Gorhkov A. A., Oskin D. A., Gromasheva O. S. Assessment of Drift of Gyroscopic Systems Built on the Basis of Microelectromechanical Sensors // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018 (Vladivostok, 03–04 October 2018). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 8602489.
 8. Titov A.V., Barakat L. Prospects of technological development and implementation of unmanned vessels // *Mor. an intellectual. technologies.* 2018. Vol. 1. No. 3 (41). pp. 94-103.
 9. Ershov A.A., Terenchuk A.V. Improvement of methods for ensuring the safety of storm navigation of ships// *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology volume 2015 No. 3 , 2015, -pp.7-13.*
 10. Kondratiev S. I. Multifactor analysis of the process of preventing collisions of ships / S. I. Kondratiev, A. L. Boran-Keshishyan // *Vestn. GUMRF named after Admiral S. O. Makarov.* 2013. No. 2 (21). pp. 7-13.
 11. Ershov A. A. Development of a system of intellectual support for a boatmaster to reduce the risk of ship collisions: dis. ... Doctor of Technical Sciences. SPb., 2012. 322 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сичкарев Виктор Иванович, д.т.н., профессор, профессор кафедры Судовождения Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: svny89@mail.ru

Viktor I. Sichkarev, Doctor of Technical Sciences, Professor of Navigation Department Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: svny89@mail.ru

Умрихин Виктор Павлович, к.т.н., доцент, доцент кафедры высшей математики и информатики, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: v.p.umrihin@nsawt.ru

Viktor P. Umrikhin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics and Computer Science, Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: v.p.umrihin@nsawt.ru

Приваленко Алексей Александрович, доцент кафедры судовождения, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: a.a.privalenko@nsawt.ru

Alexey A. Privalenko, Associate Professor of the Department of Navigation, Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: a.a.privalenko@nsawt.ru

Статья поступила в редакцию 30.10.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 30.10.2022; published online 20.03.2023.

УДК 303.094.7

DOI: 10.37890/jwt.vi74.339

Практические аспекты задачи моделирования и сценарного прогнозирования работы пассажирского порта

И.К. Фомина¹

ORCID: 0000-0003-0999-3339

Л.А. Шафикова²

ORCID: 0000-0002-9877-5415

К.В. Сыкалова²

ORCID: 0000-0003-1946-895X

¹*Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия*

²*Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В этой статье представлена имитационная модель сценарного прогнозирования пассажирского терминала с целью получения аналитической информации об оперативной деятельности для принятия решений о работе портовых служб. Основная цель состоит в том, чтобы предоставить инструмент анализа для системы обслуживания пассажиров, зависящей от затраченного времени на различных каналах обслуживания. В работе исследуются внутренние показатели работы модели порта, созданного при помощи программного обеспечения AnyLogic. Назначение этой модели – помочь в принятии стратегических решений с помощью сценариев «что, если». Решения включают в себя определение среднего времени обслуживания в пассажирском терминале. Результаты выявили и предположили решение узких мест. Результаты также свидетельствуют о том, что имитационное моделирование является инструментом, который помогает спрогнозировать устойчивость системы.

Ключевые слова: пассажирский порт, имитационное моделирование, пассажиропоток, AnyLogic, оптимизация, методика, канал обслуживания, диаграмма процесса.

Practical aspects of the task of modeling and scenario forecasting of the passenger port operations

Inga K. Fomina¹

ORCID: 0000-0003-0999-3339

Liliy A. Shafikova²

ORCID: 0000-0002-9877-5415

Kristina V. Sykalova²

ORCID: 0000-0003-1946-895X

¹*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russia*

²*Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg, Russia*

Abstract. This article presents a simulation model of scenario forecasting of a passenger terminal in order to obtain analytical information about operational activities for making decisions about the work of port services. The main goal is to provide an analysis tool for a passenger service system that depends on the time spent on various service channels. The paper examines the internal performance indicators of the port model created using AnyLogic software. The purpose of this model is to help to make strategic decisions using "what if" scenarios. The decisions include determining the average service time in the

passenger terminal. The results revealed and suggested the solution to the problem of bottlenecks. The results also indicate that simulation modeling is a tool that helps to predict the stability of the system.

Keywords: passenger port, simulation modeling, passenger traffic, AnyLogic, optimization, methodology, service channel, process diagram.

Введение

Морские пассажирские порты являются одной из существенных составляющих для развития перевозок, туризма и экономической деятельности, направленной на предоставление широкого спектра туристических услуг и удовлетворение потребностей пассажиров в перевозках.

Большие потоки туристов все чаще оказывают влияние на порты, что требует от портовых властей и менеджеров круизных терминалов активного взаимодействия не только с круизными компаниями, но и с местными портовыми службами [1]. В частности, в исторических направлениях услуги и удобства портов являются первым контактом круизных судов с городом.

Пассажирские порты интегрируются в единую транспортную сеть и должны быть лучше скоординированы с речным, железнодорожным и автомобильным транспортом, чтобы обеспечить максимально возможную скорость пассажирских перевозок [2]. Если рассматривать это системно, то изменились подходы к исследованию и прогнозированию развития самих морских портов и терминалов. В период пандемии Covid-19 порты и терминалы столкнулись с новыми вызовами и новыми трудностями. Критерии анализа работы морских портов, терминалов и паромных компаний были дополнены условиями обеспечения безопасности пассажиров как в терминале, так и на борту. На сегодняшний день прогнозируется резкое увеличение пассажиропотока, граничащее с критическими показателями портовых служб, связанное со снятием ограничения по коронавирусу [3].

Технологические достижения сделали морской туризм безопаснее и интереснее. Вследствие этого из-за растущего спроса удовлетворенностью пассажиров становится все труднее управлять: спрос увеличивает время на обслуживание пассажиров, а не только предоставляет возможность увеличить прибыль портов [4]. Сегодня одно из узких мест анализа для специалистов по планированию работы терминалов и эксплуатации состоит в реалистичном моделировании и анализе пассажиропотоков, ограниченных физическим дизайном.

Обоснование разработки модели сценарного прогнозирования

Терминал пассажирского порта представляет собой сложную инфраструктуру, состоящую из множества подсистем, таких как регистрация пассажиров, проверка безопасности, ожидание в зале морского вокзала, а также посадка на лайнер. Пассажиры являются основными объектами обслуживания во всех этих сегментах системы. Таким образом, анализ поведения и время ожидания пассажиров является основой для улучшения внутреннего планирования терминала, распределения ресурсов и общей организации обслуживания пассажиров [5]. Для описания поведения пассажиров, прибывающих в пассажирский порт, наилучшим способом является создание имитационной модели.

Моделирование и имитация движения пассажиров выходят на первый план в качестве подходящих инструментов анализа такой системы [6]. Ведь как известно, под имитационным моделированием подразумевается разработка и проведение экспериментов программной системы, которая заменяет исследуемую систему ее моделью и на ее основе описывает структуру и поведение изучаемой системы в зависимости от входных параметров.

Имитационное моделирование во многом выигрывает у других способов анализа и исследования в сфере транспортно–логистических систем. В качестве основных преимуществ можно выделить:

- быстрый и наглядный способ формирования статистики по исследуемым процессам как системы в целом, так и отдельных ее элементов;
- получение понятной и качественной анимации процессов;
- возможность рассмотрения поведения пешеходной модели в обычных и в критических ситуациях [7].

Используя метод имитационного моделирования, можно проанализировать сложную систему не нарушая работу реальной системы и сравнить разные модели поведения [8]. Предлагаемая модель в рамках этого исследования хоть и является общей, но охватывает только процесс отправления пассажиров. Лицо, принимающее решения, может оценить анализ производительности и время ожидания, увеличивая или уменьшая время обслуживания.

Разработка имитационной модели пассажирского терминала

Объектом исследования является Пассажирский порт «Морской фасад», расположенный в городе Санкт–Петербург, Россия. Он обслуживает прибывающие и отбывающие суда. Порт работает семь дней в неделю, но основная работа осуществляется в круизный период (обычно с середины апреля до середины октября) [9]. В этой статье моделируются только пассажиры, которые отплывают, прибывающие пассажиры не входят в рамки данного исследования.

Для моделирования пассажирского порта были выделены основные точки обслуживания, которые проходят пассажиры при посадке на борт судна:

- проверка безопасности на входе в терминал;
- регистрация пассажиров и багажа;
- дополнительная инфраструктура;
- паспортный контроль;
- таможенный контроль;
- зал ожидания;
- посадка на судно.

Графическое моделирование имитационной модели заключается в создании прототипа морского вокзала, путем добавления– стен, фундамента, металлоискателей, стоек регистрации, при помощи элементов встроенных библиотек.

Для визуализации и наглядности процессов была построена 3D модель (рис.1).



Рис. 1.. 3D-модель пассажирского порта

Разработка основных процессов включает в себя построение диаграммы процесса, которая будет описывать движения агентов (рис.2). Разработка основных процессов включает в себя построение диаграммы процесса, которая будет описывать движения агентов [10]. Элементы для задания логики движения берутся из встроенных библиотек.

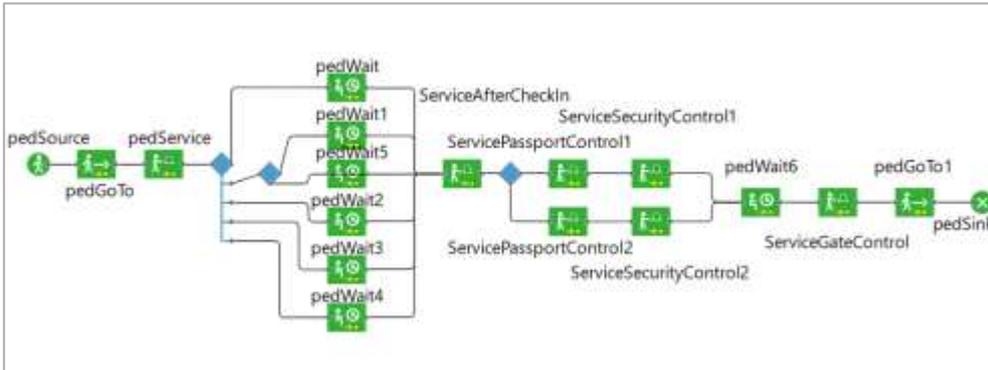


Рис. 2.. Диаграмма процесса работы имитационной модели

В качестве основных элементов для сбора статистики выступают графики и диаграммы (рис.3).

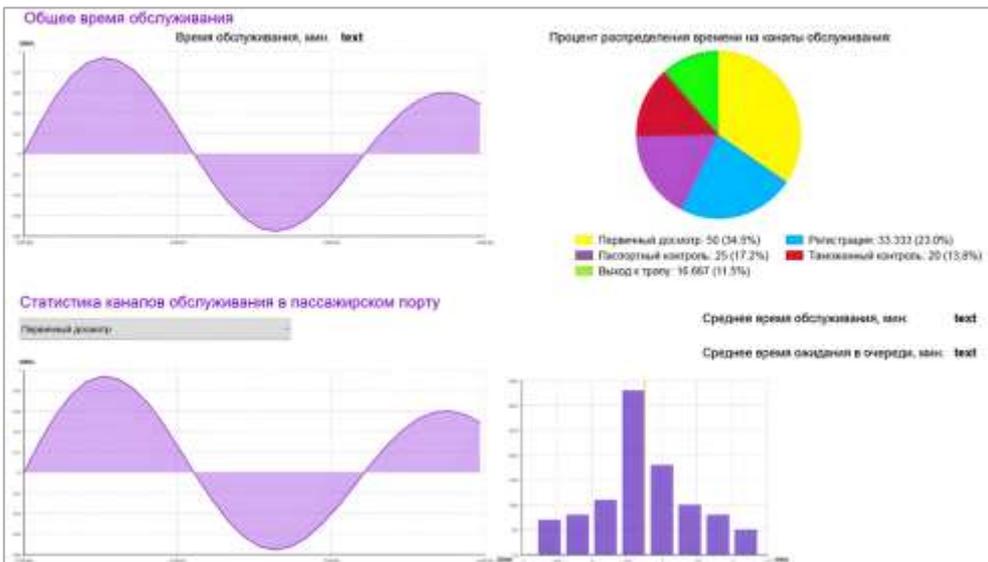


Рис. 3. Элементы сбора статистики имитационной модели терминала

Для проведения экспериментов статистика собирается отдельно для каждого пункта обслуживания, а также считается среднее время полного обслуживания в терминале порта.

Диаграмма, представленная в верхнем правом углу, изображает статистику распределения всего времени обслуживания в процентном соотношении. Слева представлены параметры, которые собирают статистику для ее представления в виде графиков.

Разработанная модель была использована для исследования и анализа наилучших возможных вариантов эффективной эксплуатации пассажирского порта. Модель была

сконструирована таким образом, чтобы продемонстрировать работу одного из морских вокзалов пассажирского порта.

Чтобы продемонстрировать возможности модели, было проведено 250 экспериментов с использованием сценариев «что, если» с учетом различных параметров в отношении увеличении/уменьшении интенсивности пассажиропотока, а также различных параметров времени обслуживания. Это исследование помогло обеспечить более глубокое понимание наилучшей стратегии повышения производительности системы. В таблице 1 представлены наилучшие 4 эксперимента. В качестве имитационного времени на обслуживание пассажиров и на проведение экспериментов было выбрано 5 часов работы терминала.

Таблица 1

Результаты экспериментов

Параметры обслуживания	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3	Эксперимент 4
Интенсивность пассажиропотока, чел.	300	300	300	300
Ср. время на первичном досмотре, мин	39	1	3	5
Ср. время на регистрации, мин	39	36	33	25
Ср. время на паспортном контроле, мин	11	15	11	10
Ср. время на таможенном контроле, мин	20	53	26	18
Ср. время выхода к трапу, мин	3	6	8	5
Общее время, мин	112	111	81	63

Заключение

В статье была рассмотрена имитационная модель пассажиропотока на примере пассажирского порта Санкт–Петербурга «Морской фасад». Для моделирования использовались агентный и дискретно–событийный подходы, основанные на процессах работы терминала.

Предлагаемая имитационная модель позволяет лицу, принимающему решения, проанализировать все процессы и потенциальные узкие места в пассажирских портах. Это также позволяет оценить время ожидания и длину очереди в системе и обеспечивает наилучшее использование ресурсов порта. С помощью статистических данных были выделены каналы обслуживания с наибольшими задержками. Сравнивая результаты различных сценариев, можно выявить вероятность возникновения узкого места, что также позволяет оценить границы, в пределах которых, различается эффективность обслуживания пассажиров.

Моделирование является одним из наиболее полезных инструментов для сценарного прогнозирования взаимосвязи и взаимодействия между процессами в порту. Пассажиры ведут себя по-разному, потому что их личные и физические характеристики независимы друг от друга. При исследовании поведения пассажиров симуляция является важным инструментом для анализа изменений персонала и технического оборудования, используемого в процессе, в зависимости от интенсивности и плотности пассажиропотока.

Существует потребность в системах поддержки принятия решений на основе моделирования, которые оценивают результаты и последствия решений, принимаемых для управления операциями в пассажирских портах. Учитывая ожидаемый в настоящее время и в будущем рост пассажиропотока, имитационные модели сценарного прогнозирования обеспечат высокую общую производительность, качество и удовлетворенность пассажиров, а также предотвратят возможные узкие места.

Список литературы

1. Майоров Н. Н., Фетисов В. А. Планирование работы морского пассажирского терминала на основе исследования интенсивностей заходов круизных судов // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2019. №3. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2019-3-120-128>
2. Майоров Н.Н. Прогнозирование процессов морского пассажирского терминала в классе полиномиальных моделей // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2018. №3. URL: <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2018-3-113-122>
3. Arnaud Serry. Organization and development of cruise shipping in the Baltic Sea // Devport International Conference. Le Havre, 2014. P. 1-16.
4. Майоров Н.Н., Фетисов В.А., Добровольская А.А. Вероятностная модель прогнозирования прибытия круизных или паромных судов в морской порт для оценки инфраструктуры. Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2022;14(2):169-180. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-2-169-180>.
5. Майоров Н. Н., Романев В. А. Вопросы выбора математических моделей для исследования пассажирских потоков в транспортных системах // Системный анализ и логистика. – СПб.: ГУАП. – 2017. –№1(14). – С. 39-45.)
6. Кузнецов А.Л., Кириченко А. В., Погодин В. А., Щербакова-Слюсаренко В. Н. Роль имитационного моделирования в технологическом проектировании и оценке параметров грузовых терминалов // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2017. №2. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2017-2-93-102>
7. Ефимова М.Н., Мамедова Т.Ф. Моделирование поведения толпы в системе Anylogic // математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем. Материалы XIV Международной научно-технической конференции молодых специалистов, аспирантов и студентов. Под редакцией И.В. Бойкова. Пенза. 2020. С. 114–118.
8. Фомина И. К., Тарануха С.Н., Сыкалова К.В., Проблемы использования инструментария платформы ANYLOGIC при подготовке специалистов в области имитационного моделирования // новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве: Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции рантов. Санкт-Петербург. 2022. С. 161–167.
9. Жусупов С. Д. Пассажирский порт Санкт-Петербург: будущее создается сегодня // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2007. №8 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/passazhirskiy-port-sankt-peterburg-budushee-sozdaetsya-segodnya>.
10. Фомин В.В., Фомина И.К., Шафикова Л.А. Реализация агентного подхода имитационного моделирования насыпного и наливного терминалов порта // актуальные проблемы экономики и управления. 2022. № 1(33). С. 51–54.

Referenses

1. Maiorov N. N., Fetisov V. A. Planning work of maritime passenger terminals in terms of intensity of cruise ships calls // Vestnik AGTU. Seria: Morskaia tekhnika i tekhnologiya. 2019. №3 [Vestnik ASTU. Series: Marine engineering and technology. 2019. №3]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-raboty-morskogo-passazhirskogo-terminala-na-osnove-issledovaniya-intensivnostey-zahodov-kruiznyh-sudov> (In Russ.)

2. Maiorov N.N. Forecasting processes of maritime passenger terminal in the class of polynomial models // Vestnik AGTU. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2018. №3. [Vestnik ASTU. Series: Marine engineering and technology. 2018. №3]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-protsessov-morskogo-passazhirskogo-terminala-v-klasse-polinomialnyh-modeley> (In Russ.)
3. Arnaud Serry. Organization and development of cruise shipping in the Baltic Sea // Devport International Conference. Le Havre, 2014. P. 1-16.
4. Maiorov N.N., Fetisov V.A., Dobrovolskaia A.A. Stochastic model for forecasting of cruise or ferry ship arrival at seaport for infrastructure assessment. Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. [Vestnik of the Admiral S. O. Makarov State University of the Sea and River Fleet] 2022;14(2):169-180. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-2-169-180> (In Russ.)
5. Mayorov N. N., Romanov V. A. Questions of the choice of mathematical models for the study of passenger flows in transport systems // System analysis and logistics. – St. Petersburg: GUAP. – 2017. – №1(14). – p. 39-45. (In Russ.)
6. Kuznetsov A.L., Kirichenko A. V., Pogodin V. A., Shcherbakova-Sliusarenko V. N. Importance of simulation modelling for technological design and evaluating parameters of cargo terminals // Vestnik AGTU. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2017. №2. [Vestnik ASTU. Series: Marine engineering and technology. 2017. №2]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-imitatsionnogo-modelirovaniya-v-tehnologicheskomprouktirovanii-i-otsenke-parametrov-gruzovyh-terminalov> (In Russ.)
7. Efimova M.N., Mamedova T.F. Crowd behavior modeling in Anylogic system // matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie estestvenno-nauchnykh i sotsial'nykh problem. Materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii molodykh spetsialistov, aspirantov i studentov. Pod redaktsiei I.V. Boikova. [mathematical and computer modeling of natural science and social problems. Materials of the XIV International Scientific and Technical Conference of Young Specialists, postgraduates and students. Edited by I.V. Boikov]. Penza. 2020. 114–118. (In Russ.)
8. Fomina I. K., Taranukha S.N., Sykalova K.V., Problems of using the anylogic platform toolkit when training specialists in the field of simulation modeling // novye obrazovatel'nye strategii v sovremennom informatsionnom prostranstve: Sbornik nauchnykh statei po materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii rantov. Sankt-Peterburg, [new educational strategies in the modern information space: Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference of the Russian Academy of Sciences. St. Petersburg]. 2022. p. 161-167. (In Russ.)
9. Zhushupov S. D. Passenger Port of Saint Petersburg: the future is being created today // Transport Rossiiskoi Federatsii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike [Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, economics]. 2007. №8 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/passazhirskiy-port-sankt-peterburg-budushee-sozdaetsya-segodnya> (In Russ.)
10. Fomin V. V., Fomina I. K., Shafikova L. A. Implementation of agent approach to simulation of port bulk and load terminals. Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniya [Actual problems of economics and management]. 2022;(1):51–54. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Фомина Инга Константиновна, кандидат технических наук, профессор кафедры математического моделирования и прикладной информатики, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, e-mail: fominga@list.ru

Шафикова Лилия Альбертовна, магистрант кафедры информационных систем, Российский государственный педагогический

Inga K. Fomina, PhD, Tech., Professor of the Department of Mathematical Modeling and Applied Informatics, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Dvinskaya st., 5/7, 198035, e-mail: fominga@list.ru

Liliy A. Shafikova, master's student of the Department of Information System, Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg,

университет им. А.И. Герцена, 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48, e-mail: shafikova12@yandex.ru

48 Moika Embankment, 191186, e-mail: shafikova12@yandex.ru

Сыкалова Кристина Владимировна, магистрант кафедры информационных систем, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 191186, г. Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48, e-mail: kristina090100@gmail.com

Kristina V. Sykalova, master's student of the Department of Information System, Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, 48 Moika Embankment, 191186, e-mail: kristina090100@gmail.com

Статья поступила в редакцию 30.11.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 30.11.2022; published online 20.03.2023.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 504.45.054: 665.6

DOI: 10.37890/jwt.vi74.341

Прогнозирование разливов нефти с судов в Амурском бассейне

А.Н. Каленков¹

ORCID: 0000-0001-8985-5598

А.Е. Пластинин¹

ORCID: 0000-0003-4244-8703

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. В связи с необходимостью разработки и совершенствования мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Амурском бассейне внутренних водных путей в статье выполнено прогнозирование распространения нефтяного загрязнения на реках Амур, Аргунь, Зея, Уссури, Тунгуска и Амгунь. Целью данного исследования является оценка параметров разлива нефти и нефтепродуктов и создание ситуационных математических моделей необходимых для расчета средств борьбы (боновых заграждений и нефтесборщиков). Построены зависимости для оценки длины и ширины нефтяных пятен, а также длины загрязненного берега при разливах в Амурском бассейне. Полученные результаты применены при создании регионального (бассейнового) плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Амурском бассейне.

Ключевые слова: экологическая безопасность, воздействие на окружающую среду, разливы нефти, прогнозирование, Амурский бассейн.

Forecasting of oil spills from ships in the Amur River basin

Aleksandr N. Kalenkov¹

ORCID: 0000-0001-8985-5598

Andrey E. Plastinin¹

ORCID: 0000-0003-4244-8703

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. In connection with the need to develop and improve measures to prevent and eliminate oil spills in the Amur River basin of inland waterways, the article predicts the spread of oil pollution on the Amur, Argun, Zeya, Ussuri, Tunguska and Amgun Rivers. The purpose of this study is to evaluate the parameters of oil and oil product spills and create situational mathematical models necessary for the calculation of control means (booms and oil skimmers). To estimate the length and width of oil slicks, as well as the length of the contaminated coast in case of oil spills in the Amur basin, relationships between different parameters were assessed. The results obtained were applied in the creation of a regional (basin) plan for the prevention and elimination of oil and oil product spills in the Amur basin.

Keywords: environmental safety, environmental impact, oil spills, forecasting, Amur basin.

Введение

В связи с необходимостью разработки и совершенствования мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Амурском бассейне внутренних водных путей прогнозирование распространения нефтяного загрязнения по водной поверхности представляется актуальной задачей [1 – 3].

Следует отметить, что Амурский бассейн включает многочисленные особо охраняемые природные территории, уязвимые при нефтяном загрязнении и требующие оперативной защиты. Например, государственный природный заповедник «Большехехцирский» в Хабаровском районе; бассейн озера Гасси, где расположен модельный лес «Гассинский», первый в России; памятники природы: озеро Синдинское (место обитания бобра), озеро Гасси (место обитания черепахи-трионикса), остров Листвянный (место гнездования цапель), протока Эморон в Нанайском районе [4 – 6].

Государственный природный заповедник «Комсомольский», заповедник Шарголь и Горинский заказник расположены в Комсомольском районе и являются местом обитания множества редких видов (рыбы: желтощек, ауха; пресмыкающиеся: дальневосточная черепаха; птицы: белоплечий орлан, беркут, большой подорлик, дальневосточный аист, дальневосточный кроншнеп, дикуша, мандаринка, нырок, орлан-белохвост, пискулька, рыбный филин, скопа, филин, черный аист, черный журавль, чешуйчатый крохаль; млекопитающие: амурский тигр) [4].

В настоящее время в указанных выше заповедниках описано 12 видов земноводных и пресмыкающихся, 236 видов птиц, 45 видов млекопитающих. Многие из них занесены в Красную книгу Российской Федерации. Богата и ихтиофауна заповедников. Например, по реке Горин проходят сезонные миграции сига, сазана, карася, в верховьях реки и ее притоках нерестятся лососевые: горбуша, ленок, хариус [4].

В Николаевском районе находятся заказники краевого значения «Приозерный» и «Дальжинский».

Государственный биологический заказник «Удыль» (Ульчский район) - федерального значения, в период весенне-осенней миграции отмечается концентрация водных и редких видов птиц и их гнездование.

Зейский заповедник расположен на восточной оконечности хребта Тукурингра, на берегу Зейского водохранилища, на территории Зейского района Амурской области. Целью создания заповедника является охрана и изучение эталонного участка горных ландшафтов северо-западного Приамурья, а также изучение воздействия Зейского водохранилища на природные комплексы [4].

Хинганский заповедник расположен на стыке террасовых равнин среднего течения Амура и предгорий Малого Хингана, на территории Архарского района Амурской области. Основной целью создания Хинганского заповедника является охрана гнездовых стаций уссурийского и даурского журавлей. Территория заповедника отнесена к водно-болотным угодьям международного значения ("Хингано-Архаринская низменность", Рамсарская конвенция). Угодье расположено на крайнем юге Амурской области, у ее границ с Еврейской автономной областью и Китаем, в 175 км к юго-востоку от центра области - г. Благовещенска. Угодье занимает Среднеамурскую равнину (долину Амура) от реки Буреи до реки Хинган, располагаясь юго-западнее Транссибирской железнодорожной магистрали. Уникальные ландшафты восточных влажных лесостепей (прерий) в долине Амура являются местом массового гнездования редких птиц [4].

Создание эффективной системы защиты многочисленных особо охраняемых природных территорий бассейна возможно на основе применения современных систем имитационного моделирования. Основным средством борьбы с разливами нефти являются боновые ограждения, а для расчета их параметров необходимы

оценки длины и ширины нефтяного пятна, протяженности загрязненного берега. В связи с этим, целью наших исследований является оценка параметров разлива нефти и нефтепродуктов и создание ситуационных математических моделей изменения выше перечисленных параметров нефтяного загрязнения для расчета средств борьбы (боновых заграждений и нефтесборщиков) [7 – 9].

Материалы и методы

В этом исследовании для моделирования процесса распространения нефти использовалось программное средство PISCES 2, которое обеспечивает оценку нефтяного загрязнения. Расчеты в PISCES 2 объединяют данные об окружающей среде в реальном времени, такие как скорость ветра, с информацией о химических и физических свойствах нефти. Программа обеспечивает вывод данных о выветривании нефти путем воспроизведения таких процессов, как испарение, диспергирование в толще воды, а также изменения плотности и вязкости нефти. Помимо характеристики нефти, ветра и течения являются основными факторами, влияющими на траекторию разлива [7].

Для оценки нефтяного загрязнения проводилось математическое моделирование следующих показателей: длины и ширины нефтяного пятна, протяженности загрязненного берега [10 – 12].

Транспортный флот Амурского бассейна имеет в своем составе более 30 судов, которые перевозят нефтепродукты на внутренних водных путях или являются бункеровочными объектами, дислоцирующимися в районах, прилегающих к населенным пунктам: г. Хабаровск, г. Комсомольск-на-Амуре, г. Благовещенск г. Николаевск-на-Амуре.

Самыми крупными судами, имеющими значительные запасы нефтепродуктов, являются: нефтеналивные баржи типа «БНТ-3500», «БНБ-2001», «ТН-600», суда типа «НТ-101», «БСТ» и др. В случае наиболее тяжелого развития сценария аварии на них возможно возникновение разлива нефти от 75 до 1750 т.

Судоходные компании, используя находящиеся в их распоряжении суда, осуществляет перевозки следующих видов нефтепродуктов: моторное топливо (дизельное топливо), моторное масло (дизельное масло), мазут, бензин, керосин.

Статистический анализ проводился с помощью математической системы STATISTICA 8.

Результаты и обсуждение

Полученные оценки параметров нефтяного загрязнения в Амурском бассейне при различных скоростях течения представлены в табл. 1.

Моделирование разливов нефти массой 1750 тонн дизельного топлива в меженных и паводковых условиях выполнялось на следующих водных объектах: река Амур, река Аргунь, река Зея, река Усури, река Тунгуска, река Амгунь.

В качестве примера на рис. 1 – 5 приведены построенные карты чрезвычайных ситуаций для источника разлива на реке Амур в районе г. Хабаровск в меженных условиях со скоростью течения 3,6 км/ч и западном ветре со скоростью 3 м/с. (широта 48° 27.983'N, долгота 135° 03.130'E.).

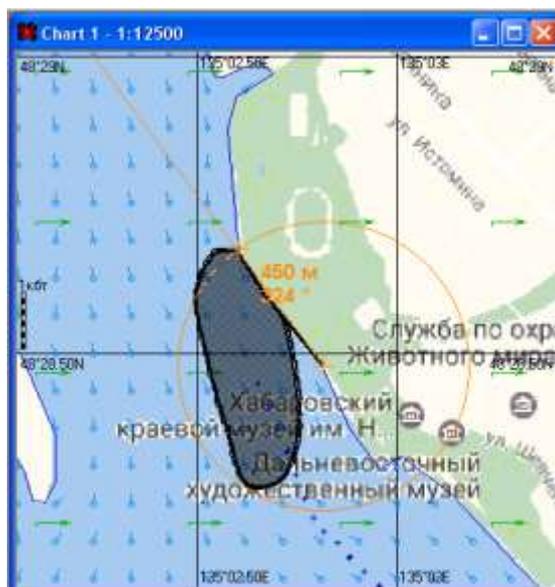


Рис. 1. Карта чрезвычайной ситуации на 0 часов 32 минут с момента разлива. (длина загрязненной части берега)

Таблица 1

Оценки параметров нефтяного загрязнения в Амурском бассейне при различных скоростях течения на 4 часа с момента разлива

№	Дислокация источника	Длина пятна, м	Ширина пятна, м	Загрязненный берег, м	Скорость течения, км/ч
1	2	3	4	5	6
1	Река Амур. Благовещенск. Координаты источника разлива: широта 50 ⁰ 15.348'N, долгота 127 ⁰ 30.596'E. Межень. Ветер южный 5 м/с.	2300	198	5432	5,5
2	Река Амур. Благовещенск. Координаты источника разлива: широта 50 ⁰ 15.348'N, долгота 127 ⁰ 30.596'E. Паводок. Ветер южный 15 м/с.	1700	50	12438	8,5
3	Река Амур. Хабаровск. Координаты источника разлива: широта 48 ⁰ 27.983'N, долгота 135 ⁰ 03.130'E. Межень. Ветер западный 3 м/с.	2300	92,3	11827	3,6
4	Река Амур. Хабаровск. Координаты источника разлива: широта 48 ⁰ 27.983'N, долгота 135 ⁰ 03.130'E. Паводок. Ветер западный 15 м/с	71	50,5	11134	6,1

№	Дислокация источника	Длина пятна, м	Ширина пятна, м	Загрязненный берег, м	Скорость течения, км/ч
1	2	3	4	5	6
5	Река Амур. г. Комсомольск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 50 ⁰ 30.316'N, долгота 137 ⁰ 00.520'E. Межень. Ветер юго-восточный 4 м/с.	120	153	6120	3,2
6	Река Амур. г. Комсомольск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 50 ⁰ 30.316'N, долгота 137 ⁰ 00.520'E. Паводок. Ветер юго-восточный 15 м/с.	90	120	7630	5,2
7	Река Амур. г. Николаевск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 53 ⁰ 07.135'N, долгота 140 ⁰ 41.362'E. Межень. Ветер южный 3 м/с.	400	602	0	2,8
8	Река Амур. г. Николаевск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 53 ⁰ 07.135'N, долгота 140 ⁰ 41.362'E. Паводок. Ветер южный 15 м/с.	1600	63	5308	3,8
9	Река Аргунь. г. Усть-стрелка. Координаты источника разлива: широта 53 ⁰ 19.456'N, долгота 121 ⁰ 22.951'E. Межень. Ветер юго-западный 3 м/с.	6000	106	16213	5,9
10	Река Аргунь. г. Усть-стрелка. Координаты источника разлива: широта 53 ⁰ 19.456'N, долгота 121 ⁰ 22.951'E. Паводок. Ветер юго-западный 15 м/с.	2900	40	23212	8,0
11	Река Зея. г. Зея. Координаты источника разлива: широта 53 ⁰ 44.693'N, долгота 127 ⁰ 18.034'E. Межень. Ветер северо-восточный 3 м/с.	3200	350	12312	7,2
12	Река Зея. г. Зея. Координаты источника разлива: широта 53 ⁰ 44.693'N, долгота 127 ⁰ 18.034'E. Паводок. Ветер северо-восточный 15 м/с.	1300	144	19261	10,0
13	Река Усури. г.	2000	90,7	16751	2,5

№	Дислокация источника	Длина пятна, м	Ширина пятна, м	Загрязненный берег, м	Скорость течения, км/ч
1	2	3	4	5	6
	Лесозаводск. Координаты источника разлива: широта 45 ⁰ 27.688'N, долгота 133 ⁰ 23.236'Е. Межень. Ветер южный 3 м/с.				
14	Река Уссури. г. Лесозаводск. Координаты источника разлива: широта 45 ⁰ 27.688'N, долгота 133 ⁰ 23.236'Е. Паводок. Ветер южный 15 м/с.	500	92	20565	7,2
15	Река Тунгуска. с. Волочаевка. Координаты источника разлива: широта 48 ⁰ 37.945'N, долгота 134 ⁰ 33.086'Е. Межень. Ветер западный 3 м/с.	100	78,2	7087	3,6
16	Река Тунгуска. с. Волочаевка. Координаты источника разлива: широта 48 ⁰ 37.945'N, долгота 134 ⁰ 33.086'Е. Паводок. Ветер западный 15 м/с.	60	63	5950	6,1
17	Река Амгунь. село им. П. Осипенко. Координаты источника разлива: широта 52 ⁰ 25.405'N, долгота 136 ⁰ 29.955'Е. Межень. Ветер юго-западный 5 м/с.	2700	134	7958	2,0
18	Река Амгунь. село им. П. Осипенко. Координаты источника разлива: широта 52 ⁰ 25.405'N, долгота 136 ⁰ 29.955'Е. Паводок. Ветер юго-западный 15 м/с.	1730	128	12789	4,0

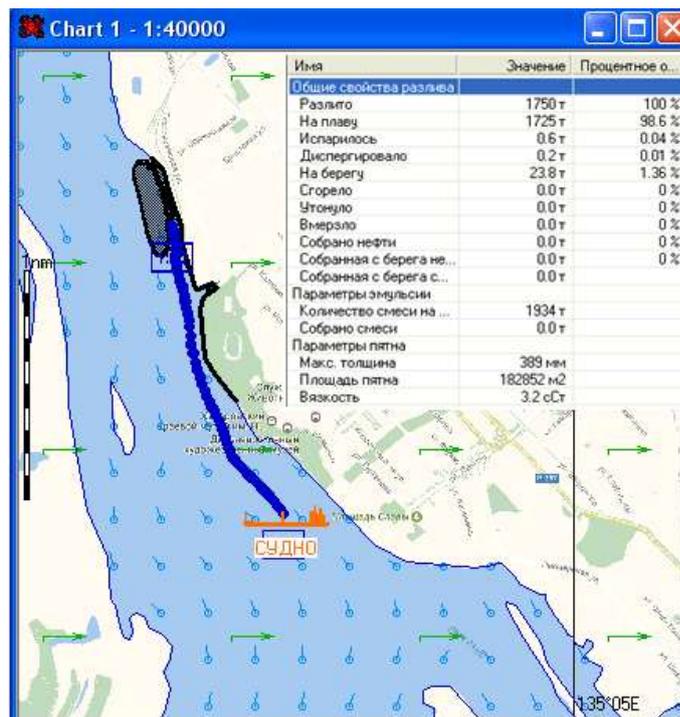


Рис. 2. Карта чрезвычайной ситуации на 1 час с момента разлива

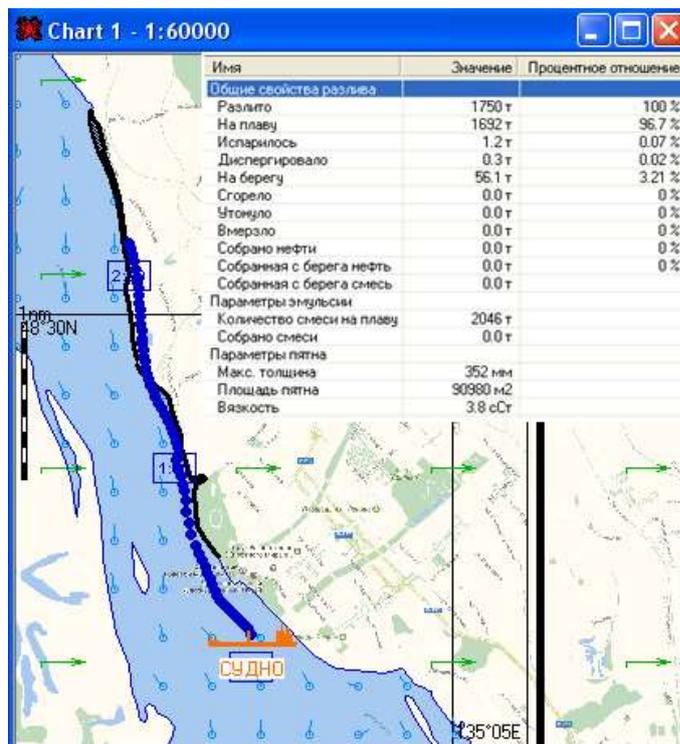


Рис. 3. Карта чрезвычайной ситуации на 2 часа с момента разлива

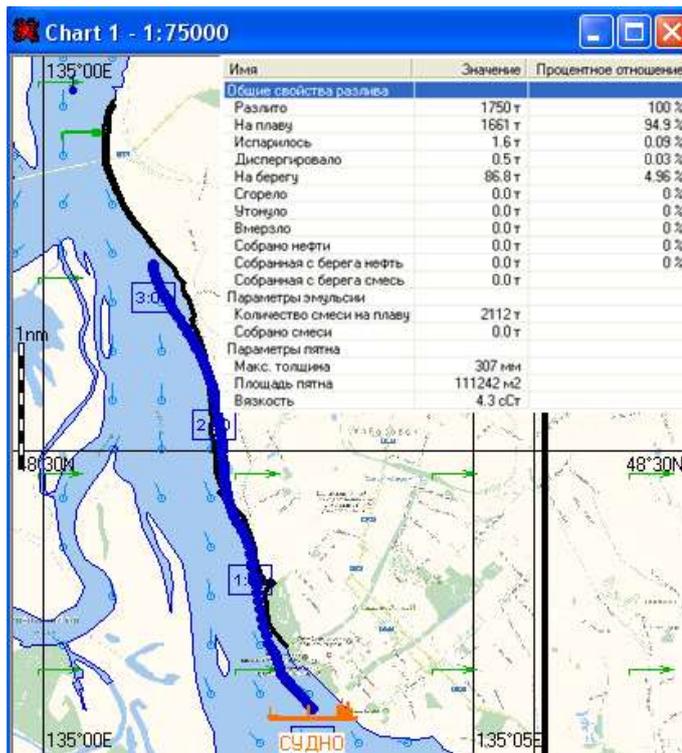


Рис. 4. Карта чрезвычайной ситуации на 3 часа с момента разлива

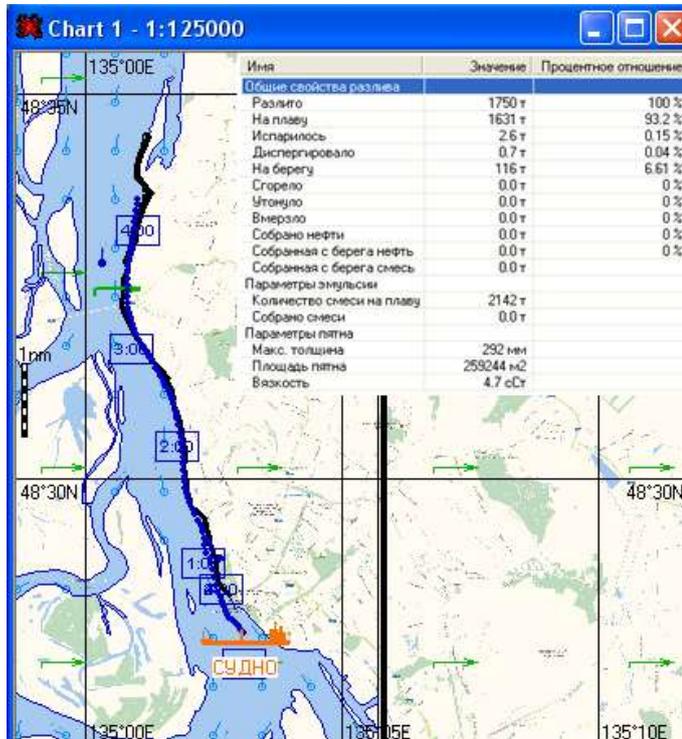


Рис. 5. Карта чрезвычайной ситуации на 4 часа с момента разлива

В ходе обработки результатов моделирования в программном комплексе STATISTICA получены регрессионные уравнения связи длины пятна, ширины пятна и длины загрязненного берега в зависимости от скорости течения (рис. 6).

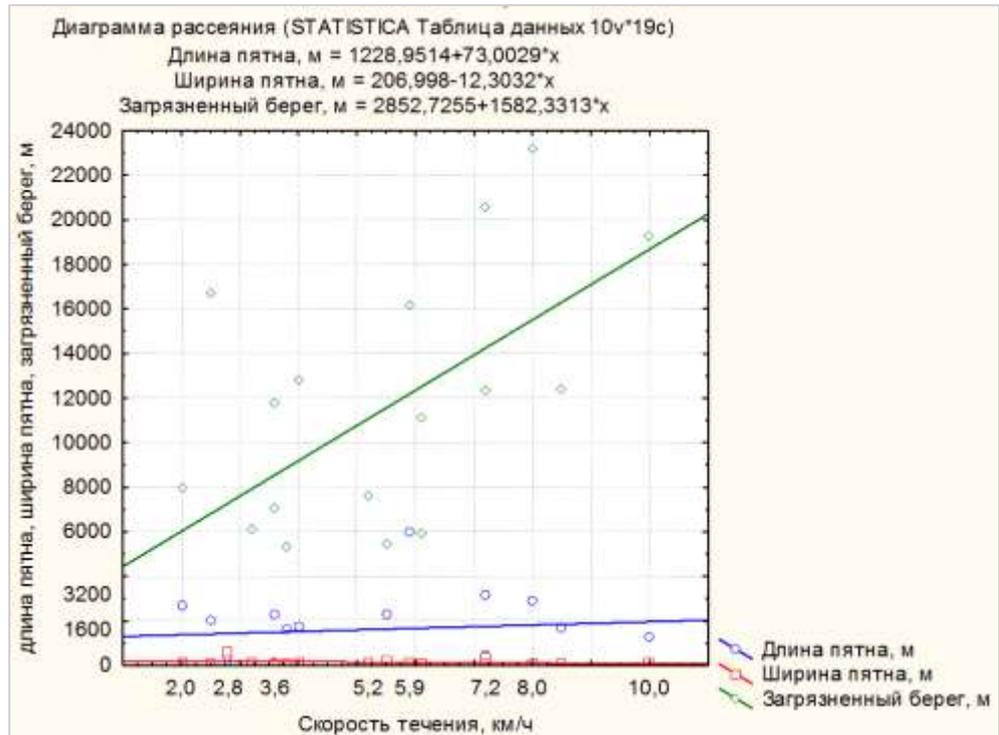


Рис. 6. Графики зависимостей длины пятна, ширины пятна и длины загрязненного берега от скорости течения

По данным рис. 6 уравнения регрессии имеют вид:

$$L = 1228,95 + 73v, \text{ м} \tag{1}$$

$$B = 207 - 12,3v, \text{ м} \tag{2}$$

$$L_b = 2852,73 + 1582,33v, \text{ м}, \tag{3}$$

где L – длина пятна, м;
 B – ширина пятна, м;
 L_б – длина загрязненного берега, м;
 v – скорость течения, км/ч.

Следует отметить, что все суда, осуществляющие деятельность во внутренних водных путях Амурского бассейна, выполняют требования Правил Российского Речного Регистра, что снижает уровень риска разливов нефти. На основании типового плана по предупреждению и ликвидации аварийного разлива нефти и нефтепродуктов судов, разработаны планы для каждого конкретного судна, учитывающего конструктивные особенности судна и объем имеющихся на его борту нефтепродуктов.

Во всех организациях утверждены и действуют «Планы мероприятий по предупреждению загрязнения водоёмов нефтепродуктами при транспортировке, погрузке-выгрузке и организации работ по ликвидации аварийных разливов нефти». Этими планами предусмотрены мероприятия, позволяющие значительно снизить

вероятность возникновения ситуаций, связанных с разливами нефтепродуктов, таких как:

- на перевозках нефтепродуктов закреплять специально подготовленные суда;
- бункеровку транспортного флота и портовых перегрузочных механизмов производить только закрытым способом;
- прием подсланевых вод осуществлять закрытым способом, для чего на судах установить присоединительные устройства;
- не принимать в эксплуатацию суда и перегрузочные механизмы, на которых не выполнены природоохранные мероприятия;
- к работе по ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов привлекать технические средства с исправными пожарными системами, искрогасителями и при наличии индивидуальных средств защиты обслуживающего персонала;
- продолжать ежегодное обучение оперативных и рабочих групп, капитанов судов и их помощников в соответствии с разработанными программами;
- до погрузки судов нефтепродуктами производить проверку исправности судов и т.д.

В Амурском бассейне имеются специальные суда для сбора и обработки сточных фановых, подсланевых нефтесодержащих вод (т/х «Докучаев», баржи типа «БНТ-3500», баржа СППВ «Сахалин», нефтесборщики ОС-1 и ОС-2 и др., пожарные суда «Стрежень», «Прилив» и др.).

Заключение

В результате проведенных исследований выполнены:

- обзор многочисленных и требующих оперативной защиты особо охраняемых природных территорий Амурского бассейна, уязвимых при нефтяном загрязнении;
- прогнозирование распространения нефтяного загрязнения на реках Амур, Аргунь, Зeya, Уссyри, Тунгyска и Амгyнь в количестве 18 сценариев в меженных и паводковых условиях;
- разработка карт чрезвычайных ситуаций с указанием свойств разлива;
- построение зависимостей для оценки длины и ширины нефтяных пятен, а также длины загрязненного берега при разливах в Амурском бассейне;
- обзор защитных мероприятий по предупреждению разливов нефти в Амурском бассейне.

Полученные результаты применены при создании регионального (бассейнового) плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Амурском бассейне.

Список литературы

1. Reshnyak, V. Evaluating environmental hazards of the potential sources of accidental spills / V. Reshnyak, O. Domnina, A. Plastinin. - doi:10.1088/1755-1315/867/1/012046. - Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021". IOP Publishing Ltd. - 2021. - С. 012046. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/867/1/012046/pdf> (дата обращения: 11.04.2022).
2. Проблемы экономической безопасности: новые глобальные вызовы и тенденции / Л. М. Анохин, Н. В. Анохина, О. Г. Аркадьева [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет; Кафедра «Экономическая безопасность». – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2021. – 715 с. – ISBN 978-5-696-05206-9. – Текст: непосредственный.

3. Бородин, А. Н. Совершенствование тренажерной подготовки по ликвидации разливов нефти при эксплуатации судов на внутренних водных путях / А. Н. Бородин. – Текст: электронный // Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В.И. Вернадского. – 2009. – № 9. – С. 259-260. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21213237_42203347.pdf (дата обращения: 05.05.2022).
4. Курорты, санатории, пансионаты Амурская область (ДВФО). АкваЭксперт.Ру. URL: <http://aquaexpert.ru> (дата обращения 5.04.2022).
5. Защита устьевых участков малых рек от разливов нефти с судов / А.Н. Донина, А.Е. Пластинин, А.Н. Бородин, А.Н. Каленков. – Текст: электронный // Транспорт. Горизонты развития: Труды 1-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород - Новосибирск, 25–28 мая 2021 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО "ВГУВТ"), 2021. – С. 43. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48326077_95624368.pdf (дата обращения: 27.04.2022).
6. Оценка воздействия разливов нефти на экологически чувствительные районы в Печорском бассейне / Е.Ю. Шматкова, А.Е. Пластинин, А.П. Балденков, А.Н. Бородин. – Текст: электронный // Великие реки - 2020: Труды 22-го международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 27–29 мая 2020 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – С. 18. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44631516_19167764.pdf (дата обращения: 10.05.2022).
7. Toz, A. C. Numerical modelling of oil spill in New York Bay / A. C Toz, B. Koseoglu, C. Sakar. - DOI 10.1515/aer-2016-0037. - Текст: электронный // Archives of Environmental Protection. - 2016. - Vol. 42 no. 4. - pp. 22–31. - URL: https://www.researchgate.net/publication/309519305_Numerical_modelling_of_oil_spill_in_New_York_Bay (дата обращения: 11.02.2022).
8. Пластинин А.Е. Оценка риска возникновения разливов нефти на внутренних водных путях // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 1. – С. 39-44. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23146319_96013009.pdf (дата обращения: 11.04.2022).
9. Сравнительная динамика изменения качества дистиллированной и природной воды при длительном контакте с некоторыми судовыми конструкционными материалами / Н.Ш. Ляпина, И.Б. Мясникава, А.А. Иконников, А.Н. Бородин. – Текст: электронный // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2005. – № 12. – С. 171-176. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18411334> (дата обращения: 12.05.2022).
10. Проблемы экономической безопасности: новые решения в условиях ключевых трендов экономического развития / М. Стуль, Ш. А. Смагулова, А. Е. Ермуханбетова [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Экономическая безопасность». – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 461 с. – ISBN 978-5-696-05149-9. – Текст: непосредственный.
11. Определение координат пятна дизельного топлива при затоплении судна в порту / Б.М. Ташимов, Н.С. Родина, А. Н. Бородин, А. Н. Каленков. – Текст: электронный // Транспорт. Горизонты развития: Труды 1-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород - Новосибирск, 25–28 мая 2021 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО "ВГУВТ"), 2021. – С. 46. – URL: http://вф-река-море.рф/2021/PDF/4_5.pdf (дата обращения: 27.04.2022).
12. Определение участков концентрации транспортных происшествий с участием судов в Республике Татарстан / Е.А. Батанина, А.Н. Бородин, О. Л. Домнина, А. Е. Пластинин. – Текст: электронный // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 4-1 (50). – С. 161-168. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44517000> (дата обращения: 12.05.2022).

References

1. Reshnyak, V. Evaluating environmental hazards of the potential sources of accidental spills / V. Reshnyak, O. Domnina, A. Plastinin. - doi:10.1088/1755-1315/867/1/012046. - Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021". IOP Publishing Ltd. - 2021. - p. 012046. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/867/1/012046/pdf> (accessed 11.04.2022).
2. Problemy ehkonomicheskoi bezopasnosti: novye global'nye vyzovy i tendentsii [Problems of Economic Security: New Global Challenges and Trends] / L. M. Anokhin, N. V. Anokhina, O. G. Arkad'eva [i dr.]; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossiiskoi Federatsii; Yuzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet; Kafedra «Ehkonomicheskaya bezopasnost'». – Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet (natsional'nyi issledovatel'skii universitet), 2021. – 715 p. (In Russ). – ISBN 978-5-696-05206-9. – Текст: neposredstvennyi.
3. Alexey N. Borodin. Improving simulator training for oil spill response during the operation of ships on inland waterways. *Science and sustainable development of society. Legacy of V.I. Vernadsky*. 2009. No. 9. pp. 259-260 (In Russ).
4. Kurorty, sanatorii, pansionatyu Amurskaya oblast' (DVFO). AkvAEhkspt.Ru. URL: <http://aquaexpert.ru> (accessed 5.04.2022).
5. Zashchita ust'evykh uchastkov malykh rek ot razlivov nefi s sudov [Protection of small river mounting areas against oil spills from ships] / Anastasia N. Donina, Andrey E. Plastinin, Alexey N. Borodin, Aleksandr N. Kalenkov. – Текст: ehlektronnyi // Transport. Gorizonty razvitiya: Trudy 1-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod - Novosibirsk, 25–28 maya 2021 goda. – Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta (FGBOU VO "VGUVT"), 2021. – p. 43. (In Russ). – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48326077_95624368.pdf (accessed 27.04.2022).
6. Otsenka vozdeistviya razlivov nefi na ehkologicheski chuvstvitel'nye raiony v Pechorskom basseine [Assessment of the influence of oil spills on ecologically sensitive areas in Pechora basin] / Elena Y. Shmatkova, Andrey E. Plastinin, Anton P. Baldenkov, Alexey N. Borodin. – Текст: ehlektronnyi // Velikie reki - 2020: Trudy 22-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod, 27–29 maya 2020 goda. – Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta, 2020. – p. 18. (In Russ). – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44631516_19167764.pdf (accessed 10.05.2022).
7. Toz, A. C. Numerical modelling of oil spill in New York Bay / A. C Toz, B. Koseoglu, C. Sakar. - DOI 10.1515/aep-2016-0037 // *Archives of Environmental Protection*. - 2016. - Vol. 42 no. 4. - pp. 22–31. - URL: https://www.researchgate.net/publication/309519305_Numerical_modelling_of_oil_spill_in_New_York_Bay (accessed 11.02.2022).
8. Plastinin A.E. Ocenka riska vozniknoveniya razlivov nefi na vnutrennix vodny'x putyax [Assessment of the risk of oil spills on inland waterways] // *Nauka i tekhnika transporta*. 2015, no 1, pp. 39-44. (In Russ). – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23146319_96013009.pdf (accessed 11.04.2022).
9. Sravnitel'naya dinamika izmeneniya kachestva distillirovannoi i prirodnoi vody pri dlitel'nom kontakte s nekotorymi sudovymi konstruksionnymi materialami [The comparative dynamics changing quality of distilled and natural water after it long contact with ship's constructional materials] / N.S. Lyapina, I.B. Myasnikova, A.A. Ikonnikov, A.N. Borodin. – Текст: ehlektronnyi // *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta [Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport]*. – 2005. – no. 12. – pp. 171-176. (In Russ). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18411334> (accessed 12.05.2022).
10. Problemy ehkonomicheskoi bezopasnosti: novye resheniya v usloviyakh klyuchevykh trendov ehkonomicheskogo razvitiya [Problems of economic security: new solutions in the context of key trends in economic development] / M. Stul', SH. A. Smagulova, A. E. Ermukhanbetova [i dr.]; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossiiskoi Federatsii; Yuzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet, Kafedra «Ehkonomicheskaya bezopasnost'». – Chelyabinsk: Izdatel'skii tsentr YUURGU, 2020. – 461 p. (In Russ). – ISBN 978-5-696-05149-9. – Текст: neposredstvennyi.

11. Opredelenie koordinat pyatna dizel'nogo topliva pri zatopenii sudna v portu [Determination of diesel fuel spot coordinates during ship flooring in port] / Boris M. Tashimov, Natalia S. Rodina, Alexey N. Borodin, Aleksandr N. Kalenkov. – Tekst: ehlektronnyi // Transport. Gorizonty razvitiya: Trudy 1-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod - Novosibirsk, 25–28 maya 2021 goda. – Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta (FGBOU VO "VGUVT"), 2021. – p. 46. (In Russ). – URL: http://vf-reka-more.rf/2021/PDF/4_5.pdf (data obrashcheniya: 27.04.2022).
12. Ekaterina A. Batanina, Alexey N. Borodin, Olga L. Domnina, Andrey E. Plastinin, Determination of areas of concentration of transport accidents with the participation of ships in the Republic of Tatarstan, *Marine intellectual technologies*. № 4 part 1, pp. 161-168 (2020) doi: 10.37220/MIT.2020.50.4.022.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Каленков Александр Николаевич, к.т.н., доцент кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kaf_oospb@vsuwt.ru

Пластинин Андрей Евгеньевич, д.т.н., доцент, профессор кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: plastininae@yandex.ru

Aleksandr N. Kalenkov, Ph.D.(Eng), Associate Professor of the Department of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Andrey E. Plastinin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Статья поступила в редакцию 01.09.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 01.09.2022; published online 20.03.2023.

УДК 502/504

DOI: 10.37890/jwt.vi74.342

Способы обращения с осадками сточных вод канализационных очистных сооружений

И.М. Шахова

ЛУКОЙЛ-Инженерные Навыки и Компетенции, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Несогласованность нормативно-правовых актов часто не позволяет однозначно определить применимость законодательных требований к конкретному виду деятельности. В статье приведен анализ понятий, установленных в законодательстве, а также предпринята попытка разобраться в требованиях к предприятиям при обращении с осадками сточных вод канализационных очистных сооружений. По причине несовершенства природоохранного законодательства и схожести технологических процессов обработки осадков сточных вод в процессе их очистки на канализационных очистных сооружениях часто классифицируется контролирующими органами как обезвреживание отходов. Подобное категорирование влечет необходимость получения лицензии на обращение с отходами. Отсутствие у организаций, обслуживающих очистные сооружения канализации, лицензии в таком случае приводит к штрафным санкциям.

Ключевые слова: осадки сточных вод, обращение с отходами производства и потребления, лицензирование, ответственность

Methods for handling sewage sludge from sewage treatment plants

Irina M. Shakhova

LUKOIL-Engineering Skills and Competencies, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The inconsistency of legal acts often makes it impossible to unambiguously determine the applicability of legislative requirements to a particular type of activity. The article provides analysis of the concepts established in the legislation, as well as an attempt to understand the requirements for enterprises when handling sewage sludge from sewage treatment plants. Due to the imperfection of environmental legislation and similarity of technological processes, regulatory authorities often classify sewage sludge treatment at sewage treatment plants as waste disposal. Such categorization entails the need to obtain a license for waste management. In this case the absence of a license from organizations servicing sewage treatment plants leads to fines.

Keywords: sewage sludge, industrial and consumer waste management, licensing, liability

Введение

На канализационных очистных сооружениях образуются песок, осадок, избыточный активный ил, нефтешлам и другие фракции, которые извлекаются из сточных вод песколовками, отстойниками, нефтеловушками и иными сооружениями, задействованными при очистке стоков, соответственно [1,9].

Согласно требованиям пункта 9.2.14.1 СП 32.13330.2018 вышеуказанные осадки должны подвергаться обработке для последующей безопасной для окружающей среды утилизации или размещения, поэтому в едином технологическом процессе очистки стоков к осадкам применяются этапы обезвоживания, стабилизации, снижения запаха, обеззараживания и иные способы улучшения физико-механических свойств [2]. Для этого в составе канализационных очистных сооружений проектируются метантенки, фильтр-прессы, иловые площадки и другие сооружения.

Вместе с тем, ввиду схожести технологических процессов и несовершенств природоохранного законодательства, в том числе с учетом определения термина «обезвреживание отходов», данного в статье 1 Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», обработка осадков в процессе очистки стоков может быть классифицирована контролирующими органами как самостоятельный процесс обезвреживания отходов.

Материалы и методы

Наиболее часто к объектам обращения с отходами приравнивают иловые площадки.

Разъяснениями от 18.08.2014 (письмо № 05-12-44/18132) Минприроды России указало, что иловые площадки не являются объектами размещения отходов, то Росприроднадзор (письмо от 07.12.2015 № АС-03-02-36/21630) указал на обратное, учтя происходящее при таком размещении уменьшение массы осадков, изменение их физических и химических свойств и снижение уровня негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду путем их естественного обезвоживания, обезвреживания и обеззараживания.

Формированию такого подхода к классификации фракций также способствовал Федеральный классификационный каталог отходов (далее – «ФККО»). Данным документом осадки сточных вод на разных этапах водоочистки отнесены к отходам различных классов опасности. К примеру, в ФККО включены «ил избыточный биологических очистных сооружений хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод» (IV класса опасности) и «ил стабилизированный биологических очистных сооружений хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод» (V класса опасности). По сведениям «Банка данных об отходах, объектах их переработки и размещения» [3,7,10] компонентный состав указанных отходов схож, что позволяет считать отход IV класса опасности исходным по отношению к отходу V класса. Подобный подход, в свою очередь, может служить основанием считать сооружения, задействованные в процессе обработки (стабилизации) данных фракций, объектами обезвреживания отхода.

Подобное категорирование влечет необходимость получения организациями, эксплуатирующими канализационные очистные сооружения, лицензии на право осуществления деятельности по обращению с отходами. Порядок такого лицензирования определен Федеральным законом от 04.05.2011 № 99-ФЗ.

Осуществление деятельности без лицензии предусматривает привлечение виновного лица к ответственности по части 1 статьи 14.1 КоАП РФ, если осуществление нарушителем предпринимательской деятельности связано с основной целью извлечения прибыли. В иных случаях деяние классифицируется по части 1 статьи 19.20 КоАП РФ.

Доводы Росприроднадзора, изложенные в письме от 07.12.2015, в дальнейшем были опровергнуты письмом Минприроды России от 2 марта 2017 года N 05-12-44/5741. На основании Правил МДК 3-02.2001 ведомством сделан вывод, что на иловых площадках систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации осуществляется этап технологического цикла производственного процесса водоотведения по стабилизации, обезвоживанию и обеззараживанию осадка и активного ила. Процессы водоотведения, в свою очередь, регулируются Федеральным законом от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», которым не установлены требования о лицензировании указанной деятельности.

Судебная практика складывается разнообразно. Часто судьи принимают сторону надзорных органов, учитывая пробелы и неточности, допущенные природопользователем в документации, например, применение термина «отходы» к

осадкам сточных вод при описании процессов очистки сточных вод в технологических регламентах и иной документации предприятия [4,8].

К отходам суда также приравнивали нефтешламы, которые подвергались обработке в процессе очистки нефтесодержащих сточных вод. Выводы суда основывались на неточностях в разрешительной документации предприятия (например, Постановление Верховного Суда РФ от 07.06.2021 № 9-АД21-12-К1).

Вместе с тем, из определения термина «отходы производства и потребления», данного в Федеральном законе от 24.06.1998 № 89-ФЗ, следует, что материальный объект приобретает статус "отхода" тогда, когда сведения о нем отображаются хозяйствующим субъектом в разрешительной документации по обращению с отходами. То есть хозяйствующий субъект должен сам определить, какие вещества и материалы, образуемые в результате его деятельности, являются отходами, руководствуясь при этом:

- требованиями законодательства,
- проектной документацией,
- технологическими регламентами предприятия.

Таким образом, до полного окончания соответствующих технологических процессов обработки осадка сточных вод, осуществляемых в соответствии с проектной и технической документацией канализационных очистных сооружений, осадок не следует признавать отходом [5, 6].

Данное утверждение объективно в том числе с экономической точки зрения.

Так для некоторых организаций водопроводно-канализационного хозяйства осадок, обладая потребительскими свойствами, выступает как сырье для изготовления продукции.

Например, в отношении ООО «Оренбург Водоканал» суды (материалы суда по делу № А32-28802/2019) пришли к выводу, что предприятие не осуществляет на иловых площадках обращение с отходами, т.к. осадки сточных вод, подсушенные на них, в дальнейшем выступают сырьем для производства удобрений. Решения судов при этом основывались на:

1. Наличии свидетельства о государственной регистрации пестицида или агрохимиката, разрешившего допуск органического удобрения к обороту на территории Российской Федерации, и подтвердившее, что осадок сточных вод выступает сырьем для его производства;
2. Указание осадка сточных вод, обезвреженного естественным образом на иловых картах, как сырья в Технических условиях на производство органического удобрения;
3. Наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы на проект технической документации для регистрации агрохимиката.

Заключение

Во избежание неоднозначного применения законодательных норм необходимо четкое урегулирование вопроса отнесения осадков сточных вод, обрабатываемых в процессе очистки стоков, к «сточным водам» на уровне федерального закона. До принятия соответствующей законодательной инициативы необходимо четко разграничивать понятия «отходов» и «осадков сточных вод» в документации предприятия для исключения применения избыточных требований со стороны контролирующих органов, в том числе при использовании осадков в качестве сырья.

Список литературы

1. Павликова М.Д., Бородин А.Н., Пластинин А.Е. Оценка качества воды реки Волги в районе Подновского рейда нефтеналивных судов по азотосодержащим соединениям // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. – № 73. – С. 266-275. DOI: 10.37890/jwt.vi73.303
2. Пластинин А.Е. Исследование распределения массы компонентов различного класса опасности по районам судна, подлежащего утилизации // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2006. – № 18. – С. 142-145.
3. Банк данных об отходах, объектах их переработки и размещения. URL: <https://db.wastebase.ru/wastebase.aspx>. Дата обращения: 28.09.2022
4. Наумов В. С., Пластинин А. Е., Каленков А. Н., Родина Н. С. Совершенствование прогнозирования разливов нефти от подводных источников // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 2-1(52). – С. 106-117. DOI 10.37220/MIT.2021.52.2.016.
5. Пластинин А.Е., Каленков А.Н. Особенности оценки ущерба при разливах нефти на внутренних водных путях // Приволжский научный журнал. – 2011. – № 3 (19). – С. 168-174.
6. Пластинин А.Е., Горбунов В.С. Оценка ущерба при разливах нефти на водных объектах // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2012. – № 33. – С. 53-59.
7. Пластинин А. Е., Каленков А. Н. Прогнозирование разливов нефти с судов (на примере р.Амур в районе г.Хабаровск) // Речной транспорт (XXI век). – 2022. – № 3. – С. 50-52.
8. Сравнительная динамика изменения качества дистиллированной и природной воды при длительном контакте с некоторыми судовыми конструкционными материалами / Н.Ш. Ляпина, И.Б. Мясникова, А.А. Иконников, А.Н. Бородин. – Текст: электронный // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2005. – № 12. – С. 171-176. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18411334> (дата обращения: 12.01.2023).
9. Определение координат пятна дизельного топлива при затоплении судна в порту / Б.М. Ташимов, Н.С. Родина, А. Н. Бородин, А. Н. Каленков. – Текст: электронный // Транспорт. Горизонты развития: Труды 1-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород - Новосибирск, 25–28 мая 2021 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО "ВГУВТ"), 2021. – С. 46. – URL: http://вф-река-море.рф/2021/PDF/4_5.pdf (дата обращения: 27.01.2023).
10. Naumov V., Plastinin A., Kalenkov A., Rodina N. Predicting the underwater movement of diesel fuel in the event of a ship sinking. В сборнике: International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. Switzerland, 2022. С. 1086-1094.

References

1. Pavlikova M.D., Borodin A.N., Plastinin A.E. Assessment of the water quality of the Volga River in the area of the Podnovsky raid of oil tankers by nitrogen-containing compounds // Scientific problems of water transport. - 2022. - No. 73. - P. 266-275. DOI: 10.37890/jwt.vi73.303
2. Plastinin A.E. Investigation of the mass distribution of components of various hazard classes in the areas of the ship to be disposed of // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. -2006. - No. 18. - S. 142-145
3. Data bank on waste, objects of their processing and disposal. URL: <https://db.wastebase.ru/wastebase.aspx>. Retrieved: 09/28/2022
4. Naumov V. S., Plastinin A. E., Kalenkov A. N., Rodina N. S. Improving the forecasting of oil spills from underwater sources // Marine Intelligent Technologies. - 2021. - No. 2-1(52). - S. 106-117. DOI 10.37220/MIT.2021.52.2.016.
5. Plastinin A.E., Kalenkov A.N. Features of damage assessment in case of oil spills on inland waterways // Privolzhsky scientific journal. - 2011. - No. 3 (19). – S. 168-174.
6. Plastinin A.E., Gorbunov V.S. Estimation of damage in case of oil spills on water objects // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. - 2012. - No. 33. - P. 53-59.

7. Plastinin A. E., Kalenkov A. N. Forecasting of oil spills from ships (on the example of R.Amur near Khabarovsk) // River transport (XXI century). – 2022. – No. 3. – pp. 50-52.
8. Comparative dynamics of changes in the quality of distilled and natural water during prolonged contact with some ship structural materials / N.S. Lyapina, I.B. Myasnikova, A.A. Ikonnikov, A.N. Borodin. – Text: electronic // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. - 2005. – No. 12. – PP. 171-176. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18411334> (accessed: 12.01.2023).
9. Determination of the coordinates of the diesel fuel spot when a ship is flooded in the port / B.M. Tashimov, N.S. Rodina, A. N. Borodin, A. N. Kalenkov. – Text: electronic // Transport. Development Horizons: Proceedings of the 1st International Scientific and Industrial Forum, Nizhny Novgorod - Novosibirsk, May 25-28, 2021. – Nizhny Novgorod: Volga State University of Water Transport (VSUVT), 2021. – p. 46. – URL: [http://вф-пека-море .rf/2021/PDF/4_5.pdf](http://вф-пека-море.rf/2021/PDF/4_5.pdf) (accessed 27.01.2023).
10. Naumov V., Plastinin A., Kalenkov A., Rodina N. Predicting the underwater movement of diesel fuel in the event of a ship sinking. International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. Switzerland, 2022. C. 1086-1094.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ирина Михайловна Шахова, инженер 1-й категории отдела сопровождения экологических проектов управления организации проектных работ, ЛУКОЙЛ – Инженерные навыки и компетенции (ООО «ЛИНК»), 603000, г. Нижний Новгород, ул. Грузинская, 26, e-mail: irinashakhova@mail.ru

Irina M. Shakhova, Engineer of the 1st category of the Department for Support of Environmental Projects of the Department for the Organization of Design Works, LUKOIL - Engineering Skills and Competences (OOO LINK), 603000, Nizhny Novgorod, st. Gyzinskay, 26,

Статья поступила в редакцию 15.11.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.
Received 15.11.2022; published online 20.03.2023.

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 raeva.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 raeva.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://vf-река-море.рф>» преобразуется в <http://xn----7kcgqcbassog3b.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'ii [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'ii [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'ii [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**

№74(1), 2023

Формат бумаги 70x180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 20,83.
Заказ 116. 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 издательско-полиграфического комплекса ФГБОУ ВО
«ВГУВТ». Адрес 603951, Российская Федерация, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.