

Russian Journal of Water Transport

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

Научные проблемы
**ВОДНОГО
ТРАНСПОРТА**

Научные проблемы водного транспорта № 80 (3) 2024



№80 (3) 2024



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

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

Научные проблемы водного транспорта

№80 (3) 2024

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

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

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

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

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

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

Адрес учредителя, издателя и редакции: 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;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

№80 (3) 2024

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;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Д.А. Казанцев, Е.Г. Бурмистров, Д. Ф.Зинченко

Подготовка данных для выявления причин отказов корпусов судов и судовых технических средств 15

Д.А. Малов, Ю.А. Кочнев, И.Б. Кочнева

Математическая модель наливного судна на начальных этапах проектирования 23

М.Х. Прилуцкий, Е.А. Кумагина

Решение задач объёмно-календарного планирования для предприятий судостроения в условиях ограниченности ресурсов 35

Прокопенко Н. М.

Методики оптимизации аддитивной технологии формообразования на примере нагруженных изделий из пластмасс 43

А.Ю. Рыченкова

Исследование качества каркасной поверхности при моделировании корпуса судна в зависимости от типа линий каркаса в САПР Компас 3D 56

Судовое энергетическое оборудование

А.А. Панасенко, С.В. Петрашёв, О.В. Москаленко, Р.К. Фокин

Оценка потребляемой мощности главного двигателя мореходного транспортного средства на воздухоопорных гусеницах 66

В.А. Чернов, О.П. Шураев, А.Г. Чичурин, Ю.Р. Гуро-Фролова

Доводочные испытания стенда термического обезвреживания судовых нефтесодержащих вод 77

Экономика, логистика и менеджмент на транспорте

Д.Д. Бухалкин, В.Н. Костров

Рынок транспортно-логистических услуг в условиях глобальной трансформации цепей поставок 89

Д.А. Коршунов, Е.С. Наседкина

Актуальные задачи развития речных контейнерных перевозок 102

И.К. Кузьмичев, С.С. Чеботарев, О.Л. Морозов

Направления деятельности ПАО «Завод «Красное Сормово» в обеспечении логистики на водном транспорте в России 112

С.И. Нюркин, О.С. Нюркин

Перспективы формирования логистически организованной системы транспортировки генеральных грузов речным транспортом в условиях развитой транспортной сети . 122

Г. А. Пелехов, А. А. Хохлов

Сравнительный расчет затрат при креплении штабеля пакетированных пиломатериалов монолитом и поярусно 134

В.И. Пузевич, Л.Г. Орлова, О.В. Почекаева

Эффективность логистических систем стран АТЭС 140

<i>Н.В. Пумбрасова, Е.В. Упадышева</i> Стратегическое планирование развития транспортных систем. Региональный аспект	152
<i>Т.С. Усов, В.Н. Костров, В.В. Цверов</i> Анализ и направления развития транспортно-логистических схем доставки зерновых грузов с участием внутреннего водного транспорта России	162
<i>В.С. Чеботарев, С.С. Голубев, А.М. Губин, Н.Ю. Романенко</i> Методические и практические рекомендации по повышению качества прогнозов инновационного развития науки, технологий и техники	175
<i>В.С. Чеботарев, В.А. Ионов</i> Инновационный вектор развития судоходных компаний на основе технологий – автономное судовождение	196
<i>С.С. Чеботарев, В.А. Хайтбаев, В.В. Бутченко</i> Численные методы оптимизации логистических систем в процессе управления запасами	207
 <i>Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства</i>	
<i>С.Д. Гордлеев, О.Л. Трухинова, Л.М. Лапшин</i> Возможности формирования зоны территориального развития «Ветлуга – Сура». Некоторые направления для развития водного туризма и инфраструктуры	221
<i>Л.С. Грошева, В.И. Плющев</i> Синтез алгоритма динамического позиционирования для колесного судна	234
<i>Ю.Н. Уртминцев</i> Речные информационные системы как фактор повышения эффективности работы внутреннего водного транспорта	249
<i>В.Н. Яковлев</i> Лавировка парусного судна на течении	258

CONTENTS

Shipbuilding, ship repair and ecological safety of the ship

Dmitry A. Kazantsev, Evgeniy G. Burmistrov, Dmitriy F. Zinchenko

Preparation of data to identify the causes of failures of ship hulls and ship technical equipment 15

Dmitrij A. Malov, Yuri A. Kochnev, Irina B. Kochneva

A mathematical model of a liquid-loading vessel at the initial design stages 23

Mikhail Kh. Prilutskii, Elena A. Kumagina

Solving problems of volume-calendar planning for shipbuilding enterprises in limited resources conditions 35

Nikita M. Prokopenko

Methods for optimizing additive technologies using the example of loaded plastic products 43

Anna Yu. Rychenkova

Research of the quality of frame surface when modeling the vessel's hull depending on the type of frame lines in the CAD system Compass 3D 56

Ship power equipment

Andrey A. Panasenko, Sergey V. Petrashev, Oleg V. Moskalenko, Roman K. Fokin

Estimation of power consumption of the main engine of a seaworthy vehicle on air-supported tracks 66

Vladimir A. Chernov, Oleg P. Shurayev, Alexander G. Chichurin, Yuliya R. Guro-Frolova

Finishing bench tests for thermal neutralization of marine oily waters 77

Economics, logistics and transport management

Danila D. Bukhalkin, Vladimir N. Kostrov

Market of transport and logistics services in the context of global transformation of supply chains 89

Dmitry A. Korshunov, Ekaterina S. Nasedkina

Urgent tasks of the development of river container transportation 102

Igor K. Kuzmichev, Stanislav S. Chebotarev, Oleg L. Morozov

On the role of PJSC «Krasnoe Sormovo Plant» in providing logistics for water transport in Russia 112

Sergey I. Niurkin, Oleg S. Niurkin

Prospects for the formation of a logically organized system for transporting general cargo by river transport in conditions of a developed transport network 122

Georgy A. Pelekhov, Alexander A. Khokhlov

Comparative calculation of costs when securing a stack of bundled lumber monolithically and tiered 134

Vladislav I. Puzevich, Lyudmila G. Orlova, Olga V. Pochekaeva

The effectiveness of the logistics systems of the APEC countries 140

Natalia V. Pumbrasova, Elena V. Upadysheva

Strategic planning for the transport system development. The regional aspect 152

Timur S. Usov, Vladimir N. Kostrov, Vladimir V. Tsverov

Analysis and directions of development of transport and logistics schemes for the delivery of grain cargoes with the participation of inland waterway transport in Russia 162

<i>Vladislav S. Chebotarev, Sergei S. Golubev, Aleksandr M. Gubin, Nadezhda Yu. Romanenko</i>	
Methodological and practical recommendations for improving the quality of forecasts of innovative development of science, technology and engineering	175
<i>Vladislav S. Chebotarev, Vladimir A. Ionov</i>	
The innovative vector of technology-based development of shipping companies is autonomous navigation	196
<i>Stanislav S. Chebotarev, Valery A. Khaitbaev, Viktor V. Butchenko</i>	
Numerical methods for optimizing logistics systems in the process of inventory management	207
<i>Operation of water transport, navigation and safety of navigation</i>	
<i>Sergey D. Gordleev, Olga L. Trukhinova, Leonid M. Lapshin</i>	
Possibilities of forming a territorial development zone «Vetluga – Sura». Some directions for the development of water tourism and infrastructure	221
<i>Ludmila S. Grosheva, Valery I. Plyushchaev</i>	
Synthesis of a dynamic positioning algorithm for wheeled boats	234
<i>Yuri N. Urtmintsev</i>	
River information systems as a factor in improving the efficiency of inland waterway transport	249
<i>Vladimir N. Yakovlev</i>	
Tacking a sailing ship in the current	258

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP

УДК 656.6

DOI: 10.37890/jwt.vi80.506

Подготовка данных для выявления причин отказов корпусов судов и судовых технических средств

Д.А. Казанцев¹

Е.Г. Бурмистров²

ORCID: 0000-0003-0385-0847

Д. Ф. Зинченко¹

¹АО «Судоходная компания «Волжское пароходство», г. Нижний Новгород, Россия

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

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы решения проблем и формализации процедуры выявления коренных причин отказов корпусов судов и судовых технических средств с применением комбинированных методов и подходов. Отказы систематизированы по природе их возникновения на постепенные, внезапные, сложные. Рассмотрено применение процесса RCA (Анализ первопричин) для выяснения, что конкретно произошло?, почему это произошло?, что нужно сделать, чтобы уменьшить вероятность повторения подобного? Выполнен анализ основного инструментария для выявления первопричин появления отказов. Приведена схема разработки мероприятий, влияющих на физическую коренную причину отказа, на основании которой формируется стратегия обслуживания корпусов судов и судовых технических средств. Практическая цель работы заключается в решении задачи по выявлению коренных причин отказов и технических недостатков и выработке мероприятий, направленных на устранение и предупреждение аналогичных отказов в будущем, а также на изменение стратегий ремонта на основании анализа и выводов по разбору коренных причин отказов.

Ключевые слова: судовые технические системы и корпус, анализ первопричин, отказы, надёжность, технические недостатки, предупреждение отказов, стратегии ремонтов.

Preparation of data to identify the causes of failures of ship hulls and ship technical equipment

Dmitry A. Kazantsev¹

Evgeniy G. Burmistrov²

ORCID: 0000-0003-0385-0847

Dmitriy F. Zinchenko¹

¹JSC «Shipping Company «Volga Shipping Company», Nizhny Novgorod, Russia

²Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article discusses issues of solving problems and formalizing the procedure for identifying the root causes of failures of ship hulls and ship technical equipment using

combined methods and approaches. Failures are systematized according to the nature of their occurrence into gradual, sudden, complex. Considered the use of the RCA (Root Cause Analysis) process to find out what exactly happened, why did it happen, what must be done to reduce the probability of a similar occurrence? An analysis of the main tools was carried out to identify the root causes of failures. A scheme for developing measures that influence the physical root cause of failure is presented, on the basis of which a strategy for maintaining ship hulls and ship technical equipment is formed. The practical goal of the work is to solve the problem of identifying the root causes of failures and technical deficiencies and developing measures aimed at eliminating and preventing similar failures in the future, as well as changing repair strategies based on the analysis and conclusions of the analysis of the root causes of failures.

Keywords: ship technical systems and hull, root cause analysis, failures, reliability, technical deficiencies, failure prevention, repair strategies.

Введение

Статистика отказов по корпусам судов, различным судовым системам, устройствам, механизмам сегодня приобретает угрожающий характер. При этом такая ситуация не обязательно связана только с увеличением среднего возраста эксплуатирующихся судов. Часто причина кроется в качестве и надёжности поставляемых комплектующих и судового оборудования, в качестве монтажа, точности соблюдения установленных технических регламентов и т.п.

В настоящее время в отечественных и зарубежных судоводных компаниях ведутся работы по выяснению причин отказов судовых технических систем и корпусов судов (СТСиК). Разнообразие существующих методов даёт уверенность, что любой отказ может быть проанализирован и будет найдена его корневая причина или причины. В поисках причин отказов, как правило, компании идут каждой своим путём, – путём наименьшего для них сопротивления, – часто поверхностно применяя существующие методы. При этом, обычно, не создаются организационно-технические системы для поиска и анализа причин отказов, применяется самый тривиальный подход. Основной задачей такого подхода является формулировка вопроса и получение на него ответа о произошедшем отказе и возможной причине этого отказа у первоисточника (лица, обнаружившего отказ). При этом причинно-логические связи по определению корневой причины выстраиваются на вопросах первого уровня, без «погружения» в вопросы второго и третьего уровней¹. Практика применения такого подхода не позволяет полноценно оценить и определить влияния ключевых факторов на причину отказа. Соответственно корневая причина не может быть определена корректно, а решения, которые принимаются на основании информации, полученной при использовании данного метода, не всегда прямым образом влияют на предупреждение повторения аналогичного вида отказов [3].

Отказы и природа их возникновения

Каждый отказ имеет свою природу возникновения. Для целей расследования отказов необходимо знать, существует ли зависимость данного отказа от времени эксплуатации СТСиК или отказ имеет особую причину, не связанную с длительностью эксплуатации (брак сменно-запасных частей, негативное влияние «человеческого фактора», внешнее воздействие на конструкции судна (сильный удар волны, превышение расчетных воздействий при погрузке и т.п.)).

¹ Вопросы второго и третьего уровня подразумевают получение ответа на вопрос «Почему это произошло?» на основании ответа на аналогичный предшествующий вопрос.

Кроме того, важно понимать какая может быть скорость развития корневой причины до отказа судна. Отказ характеризуется временем возникновения физической корневой причины (T_b) и скоростью развития корневой причины в отказ $\gamma = \partial U / \partial t$, где U – степень старения, а t – время. Все эти свойства отказа необходимо определить для выработки эффективных мероприятий по его предотвращению в будущем или снижению тяжести последствий отказа.

Отказ, зависящий от времени эксплуатации, возникает вследствие протекания процессов старения, к которым относятся коррозия, износ, усталость материала корпус судна и судовых технических системах. Признаком такого отказа является то, что вероятность его появления увеличивается с увеличением длительности эксплуатации. То есть, такой отказ постепенный, накопленный и у него есть зависимость от времени эксплуатации (рис. 1). Чем больше эксплуатируется СТСиК, тем больше вероятность возникновения отказа.

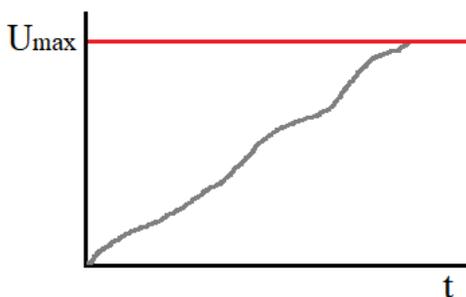


Рис. 1. Схема возникновения постепенного отказа

Для постепенного отказа характерно время возникновения физической корневой причины в начальный момент эксплуатации $T_b=0$ и определенной скоростью развития отказа $\gamma = \gamma(t)$.

Особая природа отказа характеризуется сочетанием неблагоприятных факторов и случайных внешних воздействий на СТСиК. Признаком особого отказа является то, что вероятность его возникновения не зависит от времени эксплуатации, то есть отказ внезапный (рис. 3).

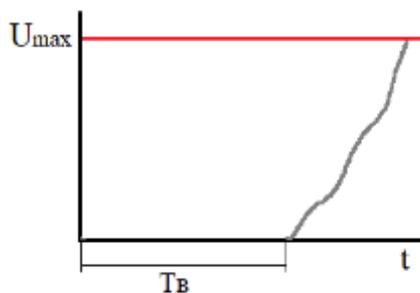


Рис. 2. Схема возникновения внезапного отказа

Для внезапного отказа характерно случайное время возникновения физической корневой причины $T_g = T(t)$ и быстрой скоростью развития отказа $\gamma \rightarrow \infty$. Некоторые случайные отказы возникают при комбинации неблагоприятных факторов, которые по отдельности не привели бы к отказу.

Сложный отказ сочетает в себе комбинацию внезапного отказа и постепенного (рис. 3).

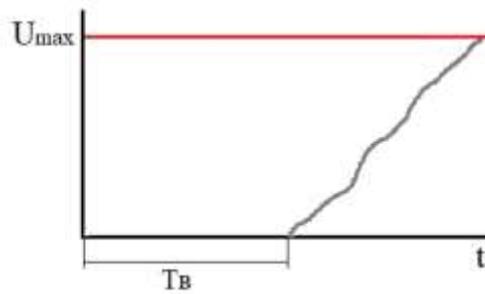


Рис. 3. Схема возникновения сложного отказа

Для сложного отказа характерно случайное время возникновения физической корневой причины $T_g = T(t)$ и определенной скорости развития отказа $\gamma = \gamma(t)$ [4].

Методы, инструменты и процессы для выявления коренных причин отказов и технических недостатков ТСнК

Для того чтобы выяснить, что конкретно произошло?, почему это произошло?, понять что нужно сделать, чтобы уменьшить вероятность повторения подобного?, применяется процесс RCA (Root cause analysis) «Анализ первопричин».

Проведение анализа первопричин проводится с использованием основных инструментов [6]:

- причинно-следственный анализ;
- поиск ответов на вопрос «Почему?»;
- анализ дерева отказов;
- диаграмма Исикавы.

При всем разнообразии необходимо выбрать эффективный инструмент расследования отказов и адаптировать его под нужды компании. С целью систематизации процесса по поиску корневой причины и определения оптимального подхода к решению этой задачи, в судоходной компании «Волжское пароходство» был выбран комбинированный метод формализации. Суть метода и логика его использования пояснена схемой на рис. 4 и сводится к следующему.

Перед началом работы по созданию системы расследования отказов необходимо определить объекты влияния (активы), плотность отказов (количество отказов × время), сделать анализ внутренних информационных потоков и процессов, определить какие информационные системы используются и как в них можно интегрировать процесс расследования отказов. На основе собранной информации необходимо разработать мероприятия по изменению существующих процессов и их внедрению, сделать оценку требуемых ресурсов и сроков. С чего начать?

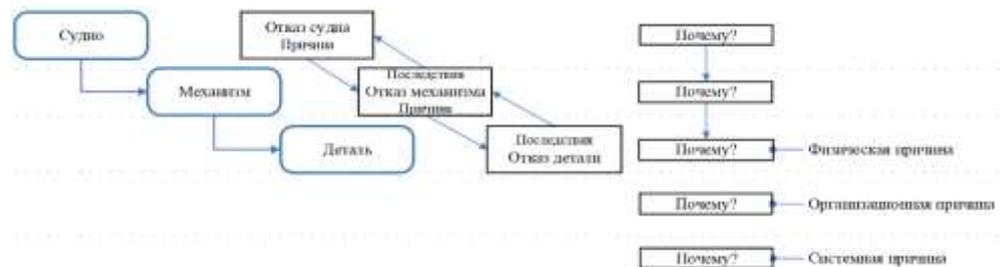


Рис. 4. Схема проведения расследования

В первую очередь необходимо подготовить информацию об отказе, связанном с техническим состоянием судовых технических систем и обеспечить систему регистрации отказов. Сбор информации осуществляется работниками или автоматически с помощью средств диагностики или контроля. Далее информация должна поступить в систему сбора данных для её регистрации. В текущих реалиях это электронная система, доступная всем задействованным пользователям на компьютерах или смартфонах.

Второе, для учёта статистики необходимо собирать и регистрировать в системе первоначальные данные об отказе, такие как идентификация судовых технических систем, даты и время начала и окончания простоя, вид отказа, а также, возможно ещё такие параметры как симптом отказа, служба и стоимость потерь. Важно обеспечить точность информации об отказе и оперативность её поступления: чем быстрее информация поступит специалисту, который занимается расследованием отказа, тем больше у него шансов собрать необходимое количество дополнительной информации.

Первоначальный сбор информации осуществляется экипажем, профильными специалистами и техническими менеджерами. Данные по эксплуатации судов заносятся в информационную систему предприятия ИС, а первоначальные данные по техническому отказу в электронную таблицу и служат отправной точкой для начала расследования отказа. Необходимая информация собирается по хронологии событий перед отказом и после отказа. Это оказывает помощь в определении причины и по ходу развития отказа.

Для определения корневой причины в нашей компании применяется комбинированный метод поиска корневой причины, основанный на инструменте «5 Почему?» Основой задачей инструмента «5 Почему?» является поиск первопричины возникновения отказа или проблемы с помощью повторения одного вопроса — «Почему?». Задаем вопрос до тех пор, пока не получим ответ (причину) на который можем повлиять. «5 почему?», конечно, очень вариативен и зависит от информации по отказу, которой обладает специалист, его знаний, опыта и методов рассуждения, но тем не менее этот инструмент достаточно эффективен в соотношении результата и затраченных ресурсов. Верификация найденной корневой причины определяется путем проверки исключения данной причины и оценки вероятности повторения отказа. Если при исключении корневой причины при соответствующих условиях, которые сопровождали отказ, он невозможен или маловероятен, то можно считать, что найденная корневая причина является таковой.

При расследовании отказа необходимо обязательно определить физическую причину. Физическая причина определяется на основе того, что физически сломалось или неисправно на самом низком уровне иерархии судовых технических систем. Физическая корневая причина, это, по сути, отказ на более низком уровне структуры. Данная причина касается только оборудования, узлов, агрегатов и не затрагивает организационные и системные причины.

Для определения организационных и системных причин отказа продолжаем задавать вопрос «Почему?». На каждом этапе, чтобы ответить на последующий вопрос «Почему?» возможно потребуются собрать дополнительную информацию. При нахождении организационной или системной причины очень важно понимать, что организационной или системной корневой причиной не может быть действие или мероприятие, которое не обязательно к выполнению и не указано в нормативно распорядительном документе компании.

До какого уровня стоит находить корневую причину? Уровень определяется возможностью эффективного влияния корневой причины на отказ для исключения его появления и смягчения последствий. Основная цель поиска корневой причины – возможность более эффективно влиять на отказ. При поиске корневой причины часто специалисты пытаются привести ход рассуждений, т.е. ответов на вопрос «Почему?»,

к желаемой или к уже определенной им корневой причине с готовым мероприятием по предотвращению отказа. Такой подход исключает поиск и правильность определения корневой причины. Поиск корневой причины сопровождается изучением разной документации: конструкция судовых технических систем, режимы и условия эксплуатации, программа технического обслуживания и ремонта, факт выполненных работ по техническому обслуживанию и ремонту, зарегистрированные технические параметры, хронология событий, рапорта, дополнительная информация и замеры. Организовываются совещания, на которых выслушиваются экспертные мнения, запрашивается дополнительная и подтверждающая информация. Для реализации процесса расследования отказов на регулярной основе проходят собрания команды по надежности флота, с обязательным участием специалистов по надежности, технических менеджеров, линейных руководителей. При необходимости приглашаются сотрудники смежных направлений и по возможности, члены экипажа судна, на котором произошёл отказ. На собрании выдвигаются гипотезы причин отказа, обсуждается необходимость сбора дополнительной информации, разрабатываются мероприятия, назначаются ответственные и сроки. В ходе всей этой работы определяется причинно-следственная связь, и в итоге находится корневая причина (или причины).

Процесс разработки мероприятий так же, как и поиск корневой причины требует понимания устройства и работы судовых технических систем, знание программы технического обслуживания и ремонта, организационных процессов компании. Формирование эффективных мероприятий во многом определяется результативностью проведенной работы по выявлению коренных причин технических происшествий, а также способствовавших их возникновению, развитию и реализации технических и организационных факторов [5]. Мероприятие должно формулироваться как разовое действие, которое интегрируется в процессы компании, иметь ответственного и срок выполнения. При разработке мероприятий следует понимать, что для отказов, имеющих случайный характер, будет не эффективна разработка мероприятий с плановым ремонтом оборудования или заменой деталей, т.к. данные мероприятия не будут снижать риск появления отказа из-за случайности его возникновения.

Разрабатываемые мероприятия, влияющие на физическую причину отказа, можно разделить на четыре группы:

- плановая замена или ремонт с установленной периодичностью;
- замена или ремонт по техническому состоянию;
- работа до отказа;
- изменение конструкции.

Мероприятия с плановой заменой или ремонтом с установленной периодичностью разрабатываются, если природа отказа имеет постепенное развитие с начала эксплуатации оборудования. Мероприятия с заменой или ремонтом по техническому состоянию разрабатываются, если есть достаточно времени в развитии отказа, чтобы произвести ремонт или замену до самого отказа. Применение диагностики позволяет своевременно обнаружить дефект и принять меры, которые не позволят ему перерасти в отказ [1]. Мероприятия с работой до отказа разрабатываются, если невозможно провести техническое обслуживание или его стоимость превышает стоимость потерь при остановке оборудования, т.е. экономически не выгодны. Мероприятия по изменению конструкции разрабатываются, если отказ нельзя допускать в будущем, но другие мероприятия не эффективны. При разработке мероприятий, влияющих на физическую коренную причину, можно применять схему, представленную на рис. 5.

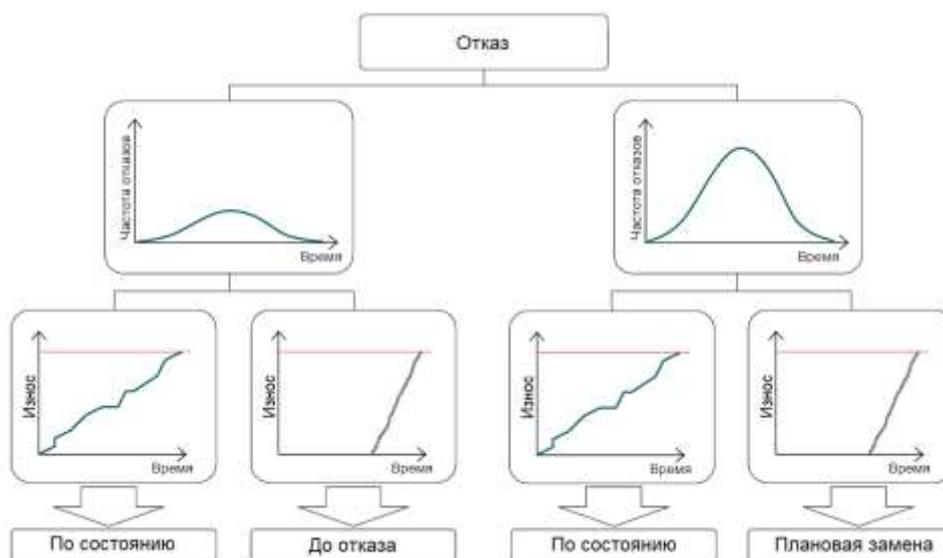


Рис.5. Схема разработки мероприятий, влияющих на физическую коренную причину отказа [2]

Мероприятия формируют стратегию обслуживания ТСиК. Принципиально важным является отслеживание всех мероприятий для выполнения их в срок.

Заключение

Выполненная формализация процедур подготовки данных для выявления коренных причин отказов и технических недостатков корпусов судов и судовых технических систем позволяет систематизировать работу по повышению надёжности ТСиК судов, организовать процесс взаимодействия в части выявления коренных причин отказов и выработки решений по предупреждению и недопущению повторений аналогичных отказов в будущем совместными усилиями всех заинтересованных служб берегового и плавсостава. Несомненно, такой подход обеспечит рост качества принимаемых решений, тем самым способствуя повышению уровня безотказности и надёжности ТСиК. Это в свою очередь приведёт к получению экономических эффектов компании. Кроме того, описанные в статье методы, инструменты, процессы непрерывно улучшаются. В основе процесса улучшений заложен анализ результатов работы ТСиК на основании принятых ранее решений в рамках проведения анализа коренных причин возникновения отказов и других технических несоответствий в ТСиК.

Список литературы

1. Дейнего Ю. Г. Анализ причин повреждений судовых технических средств. // Москва: ИНФРА-М, 2022 – 70 с.
2. Идхаммар К. Техническое обслуживание и надёжность, направленные на результат. // Екатеринбург: Надежная книга 2020. – 240 с.
3. Моубрэй Дж. RCM II. Техническое обслуживание, ориентированное на надёжность. // Екатеринбург: Надежная книга, 2018. – 448 с.
4. Проников А.С. Параметрическая надёжность машин // Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 559 с.
5. Сидоров, А. В. Руководство по управлению отказами оборудования / А. В. Сидоров, В. А. Сидоров. – Донецк: Издатель Александр Сидоров, 2023. – 528 с.

6. ГОСТ Р МЭК 31010-2021. Надежность в технике. Методы оценки риска : Национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 24.09.2021 N 1011-ст : введен впервые : дата введения 2022-01-01 / подготовлен Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») — Москва : Российский институт стандартизации, 2021. — 89 с.

References

1. Deinego Yu. G. Analysis of the causes of damage to ship technical equipment. // Moscow: INFRA-M, 2022 – 70 p.
2. Idhammar K. Results-oriented maintenance and reliability. // Ekaterinburg: Reliable book 2020. – 240 p.
3. Mowbray J. RCM II. Reliability-oriented maintenance. // Ekaterinburg: Reliable book, 2018. – 448 p.
4. Pronikov A.S. Parametric reliability of machines // Moscow: MSTU im. N. E. Bauman, 2002. – 559 p.
5. Sidorov, A. V. Guide to equipment failure management / A. V. Sidorov, V. A. Sidorov. – Donetsk: Publisher Alexander Sidorov, 2023. – 528 p.
6. GOST R IEC 31010-2021. Reliability in technology. Risk assessment methods: National standard of the Russian Federation: official publication: approved and put into effect by Order of Rosstandart dated September 24, 2021 N 1011-st: introduced for the first time: introduction date 2022-01-01 / prepared by the Closed Joint Stock Company "Research Center for Control and diagnostics of technical systems" (ZAO "National Research Center KD") - Moscow: Russian Institute of Standardization, 2021. - 89 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Казанцев Дмитрий Александрович, заместитель генерального директора по техническому развитию-технический директор АО «Судоходная компания «Волжское пароходство», Россия, 603001, Нижний Новгород, площадь Маркина, 15А, e-mail: d.kazantsev@volgafлот.com

Dmitry A. Kazantsev, Deputy General Director for Technical Development - Technical Director of JSC Volga Shipping Company, Russia, 603001, Nizhny Novgorod, Markina Square, 15A, e-mail: d.kazantsev@volgafлот.com

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: burmistrov_e_g@mail.ru

Evenly 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

Зинченко Дмитрий Федорович, Руководитель управления надёжности АО «Судоходная компания «Волжское пароходство» Россия, 603001, Нижний Новгород, площадь Маркина, 15А, e-mail: DF.Zinchenko@volgafлот.com

Dmitry F. Zinchenko, Head of Reliability Department of JSC Shipping Company Volga Shipping Company Russia, 603001, Nizhny Novgorod, Markina Square, 15A, e-mail: DF.Zinchenko@volgafлот.com

Статья поступила в редакцию 19.07.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 19.07.2024; published online 20.09.2024.

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi80.507

Математическая модель наливного судна на начальных этапах проектирования

Д.А. Малов

ORCID: 0009-0007-4876-8229

Ю.А. Кочнев

ORCID: 0000-0002-6864-4473

И.Б. Кочнева

ORCID: 0000-0002-5612-3742

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

Аннотация: Для обоснования главных неизвестных на начальных этапах проектирования и прежде всего при исследовательском проектировании необходима разработка математической модели максимально чувствительной к изменению варьируемых параметров, которыми могут быть любые элементы судна или его подсистем. Необходимость обеспечения мореходных качеств, таких как прочность, плавучесть, ходкость, остойчивость, непотопляемость и вместимость требует включения перечисленных модулей в моделирование или в виде расчётных функций, как, например, определение осадки из уравнения масс и плавучести, или в виде ограничений, требующих, при невыполнении, пересчёта первых. В работе приведено описание подобной математической модели применительно к нефтеналивному танкеру смешанного (река-море) плавания класса «М-СП» Российского Классификационного общества. Её особенностью является использование автоматизированного проектирования формы корпуса и включение в математическую модель фактического расчёт элементов плавучести, начальной остойчивости и вместимости, а не использования для них статистических зависимостей, что существенно повышает адекватность конечного результата.

Ключевые слова: математическая модель, танкер, измерители масс, мореходные качества, эффективность.

A mathematical model of a liquid-loading vessel at the initial design stages

Dmitrij A. Malov

ORCID: 0009-0007-4876-8229

Yuri A. Kochnev

ORCID: 0000-0002-6864-4473

Irina B. Kochneva

ORCID: 0000-0002-5612-3742

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.

Abstract: To substantiate the main unknowns at the initial stages of design and, above all, during the research design, it is necessary to develop a mathematical model as sensitive as possible to changes in variable parameters, which can be any elements of the vessel or its subsystems. The need to ensure seaworthiness, such as buoyancy, stability, unsinkability, strength, seaworthiness and capacity requires the inclusion of these modules in modeling either in the form of calculation functions, such as determining precipitation from the

equation of mass and buoyancy, or in the form of restrictions requiring, if not fulfilled, recalculation of the former. The article describes a similar mathematical model in relation to an oil tanker of mixed (river-sea) navigation of the “M-SP” class of the Russian Classification Society. Its feature is the use of computer-aided design of the hull shape and the inclusion in the mathematical model of the actual calculation of the elements of buoyancy, initial stability and capacity, rather than using statistical dependencies for them, which significantly increases the adequacy of the final result.

Keywords: mathematical model, tanker, mass meters, seaworthiness, efficiency.

Введение

Одной из доминирующих задач исследовательского проектирования судна является описание взаимосвязи между исходными данными и главными размерениями с обеспечением максимальной точности основных характеристик, таких как водоизмещение, вместимость, остойчивость и т.д. Если на последующих этапах проектирования это возможно выполнить с использованием общепринятых методик, рекомендованных классификационным обществом или руководящими документами, то при выборе, обосновании и оптимизации главных неизвестных, когда всей необходимой информации для расчёта ещё не получено, приходится прибегать к математическому моделированию. Последние включает разработку как собственных приближённых моделей, также использование и обобщение существующих, апробированных в теории проектирования судна.

Материалы и методы

Системный подход, как один из основных современных методов проектирования судна, заключается в его представлении в виде структурированного множества взаимосвязанных элементов, выполняющие заданные функции [1].

При рассмотрении задач исследовательского проектирования рассматривается система уравнений, называемая в теории проектирования математической моделью

$$F = f(A_1, A_2, A_3, A_4),$$

Где A_1 – вектор внешних и исходных данных по судну;

A_2 – вектор элементов и характеристик судна, представляемого как система;

A_3 – вектор связей между элементами A_1 и A_2 ;

A_4 – множество свойств системы и элементов.

Она отражает взаимодействие элементов и характеристик судна с рассматриваемыми на данном этапе мореходными и другими качествами.

Реализация векторов внешней среды, элементов системы, её свойств и взаимоотношений, функциональных зависимостей между перечисленными векторами зависит от типа проектируемого судна, но в общем случае состоит из набора однотипных модулей. Их структуру можно рассматривать как алгоритм реализации математической модели, который в большей степени универсален для всех судов и отражает наиболее глобальные и важные этапы функционирования моделей при исследовательском проектировании (рисунок 1).



Рис.1. Основные модули математической модели судна

Блок 1 приведённой блок-схемы организует ввод необходимых исходных данных, состав которых будет существенно отличаться как для судов различных типов, так и от конкретной решаемой задачи. Например, при оптимизации и обосновании главных размеров грузового судна необходимо иметь характеристики предполагаемой линии эксплуатации, а в случае исследования мореходных качеств достаточным будет грузоподъёмность и плотность грузов. Подобные различия выделяются в каждом элементе алгоритма, а блоки 4 и 8 будут иметь место для специализированных судов и задач, требующих отдельной подробной специальных подсистем, например, сцепного устройства для толкачей, или при перевозке на танкере одновременно нескольких сортов грузов.

Для нефтеналивного танкера смешанного плавания класса Российского Классификационного Общества «М-СПЗ,5» подробная реализация модулей математической модели рассмотрена ниже.

Результаты

Для танкера к исходным данным (блок 1) относятся грузоподъёмность $P_{гр}$, минимальная плотность перевозимого груза $\rho_{гр}$, класс и ограничительные характеристики линии эксплуатации (глубина судового хода или на короле шлюза в межень (T_{max}), ширина B_{max} и длина (L_{max}) лимитирующего шлюза на линии).

Длину и ширину судна (L, B), а также коэффициент общей полноты (δ), рационально рассматривать в виде параметров математической модели. Водоизмещение первого приближения в блоке 2 находится через коэффициент утилизации в неявном виде [2]

$$D_1 = \frac{P_{гр}}{0,682 + 1,765 \times P_{гр} \times 10^{-5}} \quad (2)$$

Осадка судна, м

$$T = \frac{D_1}{\rho \delta L B}, \quad (3)$$

где ρ – плотность воды, т/м³.

Так как для грузовых судов одной из актуальнейших задач является обеспечение вместимости, высота борта определяется из условия необходимого объема грузовых трюмов

$$H = \frac{1,03 P_{гр}}{\rho_{гр} \times L_{ГТ} \times (B - 2b'')} + h'', \quad (4)$$

где $L_{ГТ}$ – длина грузовых трюмов, м;

b'', h'' – ширина межбортового пространства, м, и высота междудонного пространства, определяемые из требований [3] и равные

$$b'' = 0,4 + \frac{2,4 Dw}{20000} \geq 0,9, \quad (5)$$

$$h'' = \frac{B}{15}, \quad (6)$$

$$h'' \geq 0,8 \text{ при } Dw < 5000 \text{ т} \quad (7)$$

$$h'' \geq 1,0 \text{ при } Dw \geq 5000 \text{ т} \quad (8)$$

где Dw – полный дедвейт судна, т,

$$Dw = P_{гр} + P_5 \quad (9)$$

где P_5 – суммарная масса запасов

$$P_5 = \sum_{i=1}^4 P_i ; \quad (10)$$

$P_1 = qN$ – масса запаса топлива, т;

$P_2 = 0,041 n_{эк} t_2$ – запас продовольствия, т;

$P_3 = 0,18 n_{эк} t_3$ – масса воды или максимальная масса фекально-сточных вод, т;

$P_4 = 0,12 n_{эк}$ – масса экипажа, т;

где q – расход топлива главными двигателями на единицу мощности, т/кВт, учитывающий необходимую автономность по запасам топлива, паспортный расход двигателя и штормовой запас;

$n_{эк}$ – количество человек экипажа;

N – суммарная мощность главных двигателей, кВт;

t_2 – время между бункеровками продовольствием, сут

t_3 – время между бункеровками водой, сут.

Длина грузового трюма рассчитывается из условия общей компоновки судна (рисунок 2) и составляет

$$L_{ГТ} = \left(0,98 \times L - \frac{B}{2} - L_{ПУ} - L_{МО} - L_{БО} \right) \times 0,97, \quad (11)$$

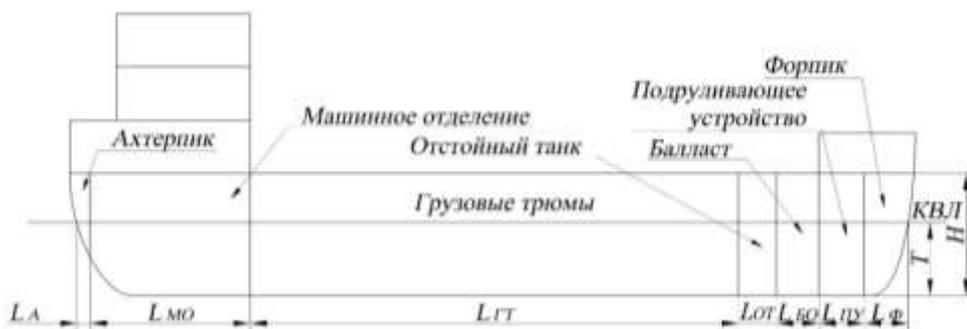


Рис.2. Компонка танкера, принятая в математической модели

где $L_{ПУ}, L_{МО}, L_{БО}$ – длины отсека подруливающего устройства, машинного отделения и балластного отсека соответственно, равные [4]

$$L_{ПУ} = (0,041 - 1,318 \times L \times 10^{-4})L, \quad (12)$$

$$L_{БО} = (0,034 - 1,443 \times Dw \times 10^{-6})L \quad (13)$$

$$L_{МО} = \left(0,250 - 0,045 \times \frac{LBT}{N \times v}\right)L, \quad (14)$$

где v – скорость хода, м/с.

Мощность главных двигателей на этапе, когда главные размерения первого приближения не определены рассчитывается по формуле

$$N = 0,804 \times (Dw \times v)^{0,73}, \quad (15)$$

а при переходе в блок алгоритма 3, заменяется на

$$N = \frac{Rv}{\eta}, \quad (16)$$

где R – сопротивление движению судна, кН;

η – пропульсивный КПД.

Прогнозирование сопротивления воды на этапах исследовательского проектирования может быть выполнено различными методами [5, 6, 7 и др.], однако, учесть наибольшее количество особенностей формы корпуса, можно использованием метода Холтропа-Менена [8] реализующим принцип Хьюза с дополнительным учетом поправок на сверхполные обводы корпуса, которые применяются в настоящее время при проектировании грузовых судов [9].

Таким образом в разрабатываемой математической модели сопротивление определяется по выражению

$$R = [(1 + k_1)R_f + R_{APP} + R_w + R_B + R_A]k_{\delta v}, \quad (17)$$

где k_1 – коэффициент влияния формы корпуса на сопротивление трения;

$R_f, R_{APP}, R_w, R_B, R_A$ – соответственно сопротивление трения, выступающих частей, волновое, сопротивление бульбового носа и аэродинамическое сопротивление судна;

$k_{\delta v}$ – поправка для речных и судов смешанного плавания, равная

$$k_{\delta v} = 3,51 + 0,73 \times v - 2,28 \times \delta - 0,95 \times v \times \delta. \quad (18)$$

На начальном этапе проектирования в рассматриваемой задаче по моделированию наливного судна отсутствуют модули по расчёту специальных подсистем, то есть блоки 4 и 8 в разрабатываемой модели не задействованы.

В блоке 5 определяется водоизмещение порожнем

$$D_{\pi} = 1,03 \sum_{j=1}^9 P_j \tag{19}$$

где P_1 – масса металлического корпуса, т;

P_9 – масса оборудования помещений;

P_j – остальные массы, представляемые через измерители ψ_j и модули M_j j-ой массы, приведённые в таблице 1 [10], полученные пересчётом на класс «М-СП»

$$P_j = \psi_j M_j. \tag{20}$$

Таблица 1

Измерители и модули массы

Масса	Индекс массы	Значение измерителя	Модуль
Фундаменты	2	0,294	L
Дельные вещи	3	0,031	$(LBH_1)^{2/3}$
Окраска, покрытие, цементировка	4	0,045	$(LBH_1)^{2/3}$
Изоляция, зашивка	5	0,089	$(LBH_1)^{2/3}$
Судовые устройства	6	0,342	$(LBH_1)^{2/3}$
Судовые системы	7	0,097	$(LBH_1)^{2/3}$
СЭУ	8	46,2	$N/n_{об}$

Используемая в модулях приведённая высота борта учитывает наличие надстроек на палубе различной длины и расположения

$$H_1 = H + h_{тр} + \left(\sum_1^a l_n h_n + \sum_1^b l_p h_p \right) L^{-1}, \tag{21}$$

где $h_{тр}$ – высота тронка, м;

l_n, l_p – соответственно длина надстроек и рубок, м;

h_n, h_p – соответственно высота надстроек и рубок, м;

a – число надстроек;

b – число рубок.

Масса оборудования помещений наиболее точно представляется по формуле [2]

$$P_9 = \left(5,444 - 6,4 \times \frac{Dw}{n_{эк}} \times 10^{-3} \pm 0,425 \right) \times Dw, \tag{22}$$

где $n_{эк}$ – численность экипажа.

Масса металлического корпуса, которая является основной составляющей водоизмещения судна в состоянии порожнем, может быть рассчитана по виртуальной модели требуемой конструкции корпуса [11], то есть математического представления размеров и положения в пространстве всех его элементов. Его общая система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} P_i = f(\theta_i, S, U) \\ P_1 = \sum P_i \\ \sigma(S', U') < [\sigma(S', U')] \end{cases}, \tag{23}$$

где P_i – составляющие массы металлического корпуса, т;
 f – некоторая функциональная зависимость
 θ_i – вектор характеристик i -ого элемента (размеры связи, свойства материала и т.п.);

S' – вектор характеристик судна;

U' – вектор нормативных требований к характеристикам судна;

$\sigma, [\sigma]$ – действующие и допускаемые напряжения в корпусе судна, МПа;

Корректировка главных размерений в блоке 6 выполняется за счёт изменения максимальной осадки судна. Учитывая, что оно в реальных условиях эксплуатации может перевозить груз с различными масса-габаритными характеристиками, в зависимости от его порционности, что существенно сказывается на прочности корпуса, в разработанной модели, прогнозируются несколько видов нагрузки.

Окончательные водоизмещения, получаемые при различном количестве перевозимого на судне груза равны

$$D_i = D_0 + P_i + P_5 + P_B, \quad (24)$$

где P_B – масса балласта, т, которая учитывается, если при его массе равной нулю средняя осадка T_i не превышает величину T'_i , обеспечивающую минимально необходимую мореходность, то есть

$$T_i < T'_i, \quad (25)$$

$$T_i = \frac{D_i}{\rho \times \delta \times L \times B}, \quad (26)$$

$$T'_i = \frac{0,8T + 0,5h_B}{2}. \quad (27)$$

Окончательно масса балласта принимается равной

$$P_B = (T'_i - T_i)(\alpha \times L \times B)\rho, \quad (28)$$

где α – коэффициент полноты ватерлинии;

h_B – высота расчётной волны 3% обеспеченности;

Проверка остойчивости в блоке 7 выполняется по метацентрической высоте

$$r_{0i} + z_{ci} - z_{gi} > 0,5, \quad (29)$$

где r_{0i}, z_{ci} – соответственно малый метацентрический радиус и аппликата центра величины при i -ом случае загрузки [1]

z_{gi} – аппликата центра тяжести судна, м, для i -ого случая нагрузки, равная

$$z_{gi} = \frac{(D_0 + P_3) \times z_{gпор} + P_i(h'' + 0,5h_{rpi}) + 0,5 \times P_B \times h''}{D_i}, \quad (30)$$

$z_{gпор}$ – аппликата центра тяжести судна в состоянии порожнем, определяемая по регрессионному уравнению

$$z_{gпор} = (0,871 - 2,133 \times P \times 10^{-5}) \times H \quad (31)$$

$h_{гpi}$ – средняя высота груза в танках, в предположении его равномерного распределения, учитывающая, в том числе обеспечение вместимости судна, то есть

$$h_{гpi} = \frac{\rho_{гpi} P_i}{V_{ГТ}}, \quad (32)$$

$V_{ГТ}$ – объём грузовых танков, для судов с коэффициентом полноты соответствующим современным судам смешанного плавания определяется по теоретическому чертежу (в математическом виде) с учётом требуемых размеров межбортового и междудонного пространства (b'' , h'') во всех сечения корпуса.

Поверхность корпуса грузового судна задается уравнением [10]

$$S_c = f(x_i, y_{i,j}, z_j) \quad (33)$$

где x_i – абсциссы рассматриваемых поперечных сечений,

z_j – аппликаты рассматриваемых продольно-горизонтальных сечений;

$y_{i,j}$ – ординаты поверхности судна в i -ом поперечном и j -ом горизонтально-продольном сечении.

Обеспечение непотопляемости на этапе исследовательского проектирования может сведено к проверке высоты надводного борта на её соответствие требованиям РКО

$$H - T_{max} + t_{ш} \geq H_{НБ}^{min}, \quad (34)$$

где T_{max} – максимальная осадка судна, м;

$t_{ш}$ – толщина листов палубного стрингера, м;

$H_{НБ}^{min}$ – минимально необходимая высота надводного борта судна, м.

Общая и местная прочность судна обеспечивается при проектировании виртуального конструктивного мидель-шпангоута, реализованного в системе уравнений (22).

Оценка экономической эффективности выполняется по различным видам критериев подробно рассмотренных, например, в [1, 13]. Она состоит из прогнозирования

строительной стоимости

$$R = q_1 \times \sum_{i=1}^{10} R_i \times (1 + \varphi), \quad (35)$$

затрат на эксплуатацию

$$З = \sum_{j=1}^6 З_j k_{доп} + З_в, \quad (36)$$

доходов от работы судна за некоторый период

$$Д = \sum_{k=1}^{n_{гп}} \Phi_k \times P_{\Sigma k}, \quad (37)$$

где q_1 – экспертный коэффициент;

R_i , – отдельные статьи расходов, связанные с строительством судна, и принятые в методике расчёта предполагаемого завода строителя;

φ – налоговая ставка;

Z_j – отдельные статьи расходов на эксплуатацию судна;

$k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий прочие прямые «незначительные» расходы по судну;

Z_8 – лизинговые платежи;

Φ_k – фрахтовая ставка перевозки k -ого типа груза;

$P_{\Sigma k}$ – суммарная масса k -ого типа груза;

$n_{гр}$ – количество типов перевозимых грузов.

В таблице 2 приведены тестовые сравнительные расчёты главных элементов судна, полученных по предложенной математической модели и танкера проекта №630 с грузоподъемностью 5000 т, которые показывают хорошую адекватность предлагаемой модели. Погрешность в определении водоизмещения судна составляет менее 2%, а мощности менее 10, что для этапа исследовательского проектирования можно считать хорошим результатом.

Таблица 2

Пример результатов вычислений

Характеристика судна	Проект №630	Расчетный проект
Грузоподъёмность, т	5000	
Автономность	10	
Длина L , м	134,12	
Ширина B , м	16,5	
Высота борта H , м	6,4	6,4
Осадка T , м	3,7	3,5
Водоизмещение, т	6984,29	6891,3
Мощность	1764,7	1622

Обсуждение

Предложенная математическая модель судна состоит из двух частей: расчёт главных размерений, водоизмещения и мощности судна «первого приближения» с использованием наиболее простых математических зависимостей теории проектирования, и разработки условного приближённого цифрового двойника судна с определением общей компоновки, формы корпуса, основных элементов конструкции, прогнозирования величины разделов нагрузки масс, проверки выполнения мореходных качеств.

Основные отличия предлагаемой математической модели заключаются в разработке виртуальной модели корпуса судна, что позволяет выполнять более точный расчёт характеристик, связанных с ним и использование при проверке мореходных качеств нескольких вариантов загрузки. Последнее особенно актуально в обеспечении общей прочности, при распределении весов по теоретическим шпациям и прогнозировании изгибающего момента на тихой воде, и проверке устойчивости поскольку для наливного судна наиболее опасным может оказаться вариант неполной загрузки грузовых танков и возникновению существенного кренящего момента от жидкого груза.

Заключение

Разработанная математическая модель взаимосвязи элементов и характеристик судна может применяться для решения различных задач теории проектирования

судна, как на этапе проработок технического предложения, так и для исследовательского проектирования. Она может выступать самостоятельным блоком или быть частью более крупной задачи оптимизации.

Использование развёрнутого модуля по моделированию конструкции корпуса и его массы, позволит оптимизировать такие параметры как холостая и рамная шпации, толщины листов обшивки, расположение отдельных связей корпуса.

Дополнительное включение в модель некоторых блоков, например, по построению диаграммы статической остойчивости и анализу посадки при различных случаях нагрузки, в том числе при затоплении отсеков, позволит исследовать остойчивость и непотопляемость судна с максимальным выполнением норм Российского Классификационного Общества.

Использование современных персональных компьютеров с высокой производительностью позволит решать многоуровневые задачи оптимизации, когда при вариационном обосновании главных размерений на верхнем уровне, интересующие подсистемы имеют возможность максимизации или минимизации по принятому частному критерию.

Список литературы

1. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т1. Описание системы «Корабль». Санкт-Петербург: НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. 819 с.
2. Кочнев, Ю. А. Математическая модель расчета массы танкера смешанного (река-море) плавания / Ю. А. Кочнев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2010. – № 1. – С. 7-12.
3. Российское классификационное общество. Правила по предотвращению загрязнения с судов, эксплуатирующихся в морских районах и на внутренних водных путях российской федерации. URL: https://fclass.ru/assets/Uploads/ppzs_ms.pdf?t=1710953576 (Дата обращения: 20.03.2024).
4. Роннов, Е. П. Методика расчёта массы металлического корпуса танкера смешанно-го (река-море) плавания / Е. П. Роннов, Ю. А. Кочнев // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – № 1. – С. 114-118.
5. Басин, А.М. Ходкость и управляемость судов. Учебное пособие для ВУЗов водно-го транспорта / А.М. Басин. – М.: Транспорт, 1977. – 456с.
6. Фомкинский Л.И. Методика тяговых расчётов при обосновании судов речного флота//Труды ЦНИИЭВТа. –1972. –вып. 86. – с.1–184.
7. Платов А.Ю., Васильева О.Ю. Анализ применимости методов расчета коэффициента остаточного сопротивления для судов внутреннего плавания при эксплуатационно-экономическом обосновании новых судов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 60. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019 – с. 193-202.
8. Holtrop J, Mennen G.G.J. A statistical power prediction method / International ship-building progress, vol. 25, October 1978.
9. Кочнев, Ю. А. Прогнозирование сопротивления движению грузовых комбинированных судов в задаче их оптимизации / Ю. А. Кочнев, И. А. Гуляев // 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. 27.
10. Егоров, А. Г. Определение весовой нагрузки судов смешанного "река-море" плавания нового поколения в начальной стадии проектирования / А. Г. Егоров // Морской вестник. – 2013. – № 4(48). – С. 019-022.
11. Гуляев, И. А., Кочнев, Ю. А., Роннов, Е. П. Математическая модель расчета массы металлического корпуса комбинированного судна/ И. А. Гуляев, Ю. А. Кочнев, Е. П. Роннов. // Научные проблемы водного транспорта. – 2020. – №63. – С. 48-54. – DOI 10.37890/jwt.vi63.75.

12. Давыдова, С. В. Анализ расчетов при создании теоретического чертежа бук-сира интерполяционным методом / С. В. Давыдова, И. В. Андриянов // Научные проблемы водного транспорта. – 2021. – № 67. – С. 24-32. – DOI 10.37890/jwt.vi67.191.
13. Платов А.Ю., Платов Ю.И. Необходимые условия адекватности экономико-математических моделей на речном транспорте // Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 64. С. 171-179. DOI 10.37890/jwt.vi64.108.

References

1. Gajkovich A.I. Theory of design of displacement ships and vessels. In 2 vols. T1. Description of the "Ship" system. St. Petersburg: SIC MORINTECH, 2014. 819 p.
2. Kochnev Ju. A. Mathematical model for calculating the mass of a tanker of mixed (river-sea) navigation / Ju. A. Kochnev // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and Technology. - 2010. – No. 1. – pp. 7-12.
3. RKO. Rules for the prevention of pollution from ships operating in marine areas and on inland Waterways of the Russian Federation. URL: https://rfclass.ru/assets/Uploads/ppzs_ms.pdf?t=1710953576 (Date of application: 03/20/2024).
4. Ronnov, E. P. The method of calculating the mass of the metal hull of a tanker of mixed (river-sea) navigation / E. P. Ronnov, Ju. A. Kochnev // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2010. – No. 1. – pp. 114-118.
5. Basin A.M. Seaworthiness and controllability of vessels. Textbook for universities of water transport / A.M. Basin. – М.: Transport, 1977. – 456s.
6. Fomkinskij L.I. The method of traction calculations for the justification of river fleet vessels//The works of the Central Research Institute. -1972. –vol. 86. – pp.1-184.
7. Platov A.Ju., Vasil'eva O.Ju. Analysis of the applicability of methods for calculating the coefficient of residual resistance for inland navigation vessels in the operational and economic justification of new vessels // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. Iss. 60. – N. Novgorod: Publishing House of the Federal State Budgetary Educational Institution "VGUVT", 2019 – pp. 193-202.
8. Holtrop J, Mennen G.G.J. A statistical power prediction method / International ship-building progress, vol. 25, October 1978.
9. Kochnev Ju. A. Forecasting the resistance to the movement of combined cargo vessels in the task of their optimization / J. A. Kochnev, I. A. Guljaev // Great Rivers 2020: Proceedings of the 22nd International Scientific and Industrial Forum, Nizhny Novgorod, May 27-29, 2020. Nizhny Novgorod: Volga State University of Water Transport, 2020. – p. 27.
10. Egorov, A. G. Determination of the weight load of a new generation of mixed river-sea navigation vessels at the initial design stage / A. G. Egorov // Marine Bulletin. – 2013. – № 4(48). – Pp. 019-022.
11. Guljaev, I. A., Kochnev, Ju. A., Ronnov, E. P. A mathematical model for calculating the mass of the metal hull of a combined vessel. / I. A. Guljaev, Ju. A. Kochnev, E. P. Ronnov // Scientific problems of water transport. - 2020. – No. 63. – pp. 48-54. – DOI 10.37890/jwt.vi63.75.
12. Davydova S. V. Analysis of calculations when creating a theoretical drawing of a tugboat by the interpolation method / S. V. Davydova, I. V. Andrianov // Scientific problems of water transport. - 2021. – No. 67. – pp. 24-32. – DOI 10.37890/jwt.vi67.191.
13. Platov A.Ju., Platov Ju.I. Necessary conditions for the adequacy of economic and mathematical models in river transport // Scientific problems of water transport. 2020. No. 64. pp. 171-179. DOI 10.37890/jwt.vi64.108.
- 14.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Малов Дмитрий Александрович, аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта (г.Нижний Новгород, Россия), d.a.malov@inbox.ru,

Dmitrij A. Malov, Postgraduate student, Volga State University of Water Transport (Nizhny Novgorod, Russia), d.a.malov@inbox.ru,

Кочнев Юрий Александрович, д.т.н.,
доцент, Волжский государственный
университет водного транспорта» (ФГБОУ
ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород,
ул. Нестерова, 5, e-mail: tmnkoch@mail.ru

Кочнева Ирина Борисовна, к.т.н., доцент,
Волжский государственный университет
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: iringre@mail.ru

Yuri A. Kochnev, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate Professor of
design and construction of ships, Volga State
University of Water Transport, 5, Nesterova
street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Irina B. Kochneva, Ph.D. in Engineering
Science, Associate Professor, Associate Professor
of the Environmental Protection and Industrial
Safety, Volga State University of Water
Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod,
Russia, 603951

Статья поступила в редакцию 04.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 04.06.2024; published online 20.09.2024.

УДК 658.5

DOI: 10.37890/jwt.vi80.508

Решение задач объёмно-календарного планирования для предприятий судостроения в условиях ограниченности ресурсов

М.Х. Прилуцкий

ORCID: 0000-0002-7694-3916

Е.А. Кумагина

ORCID: 0000-0002-5199-8814

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года и дальнейшую перспективу направлена на создание новой конкурентоспособной судостроительной промышленности на основе развития научно-технического и кадрового потенциала, оптимизации производственных мощностей, их модернизации и технического перевооружения [1]. Работа посвящена решению задач объёмно-календарного производственного планирования для предприятий судостроения при согласовании производственных мощностей предприятия с потребностями ресурсов для выполнения обязательств, определяемых формируемым портфелем заказов. Предприятия судостроения и судоремонта являются типичными представителями предприятий с единичным и мелкосерийным характером производства и длительным циклом изготовления основной продукции [2-4]. Задача решается на стадии формирования портфеля заказов, в основе которого лежат ограниченные объёмы доступных производственной системе ресурсов. Требуется определить потребность в объёмах недостающих ресурсов по календарным периодам, необходимых для эффективного функционирования производственной системы. В качестве ресурсов, которые рассматриваются при решении задач объёмного или объёмно-календарного планирования обычно рассматриваются нескладируемые ресурсы – трудовые ресурсы, фонд времени работы оборудования, т.е. такие ресурсы, которые будучи не использованные в некотором такте планирования, в последующих тактах использоваться не могут. Процедура поиска недостающих объёмов ресурсов формально ставится как задача приведения несовместной системы линейных двусторонних алгебраических неравенств к совместному виду. Для этого предлагается «расширить» исходные параметры системы, с учетом затрат на расширение, чтобы система стала совместной. В общем случае формально, рассматриваемая задача близка задаче поиска чебышевской точки [5] для несовместной системы линейных алгебраических уравнений, точки, которая геометрически является наименее уклоняющейся по модулю от всех гиперплоскостей, образуемых ограничениями системы. В работе предлагаются постановки и решения задач объёмно-календарного планирования для случая, когда структура ограничений задачи моделируется корневым ориентированным взвешенным деревом. Такая иерархическая структура типична для судостроительных предприятий [6].

Ключевые слова: производственное планирование, объёмно-календарное планирование, распределение ресурсов, система линейных двусторонних алгебраических неравенств, несовместность системы линейных алгебраических неравенств.

Solving problems of volume-calendar planning for shipbuilding enterprises in limited resources conditions

Mikhail Kh. Prilutskii

ORCID: 0000-0002-7694-3916

Elena A. Kumagina

ORCID: 0000-0002-5199-8814

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The shipbuilding industry development strategy for the period up to 2035 and beyond is aimed at creating a new competitive shipbuilding industry based on the development of scientific, technical and personnel potential, production capacities optimization, their modernization and technical re-equipment [1]. The paper is devoted to solving problems of volume-calendar production planning for shipbuilding enterprises when coordinating the production capacity of the enterprise with the resource needs to fulfill obligations determined by the generated order portfolio. Shipbuilding and ship repair enterprises are typical representatives of enterprises with single and small-scale production and a long production cycle of the main products [2-4]. The problem is solved at the stage of forming an order portfolio, which is based on the limited volumes of resources available to the production system. It is required to determine the amount of missing resources by calendar periods that are necessary for effective production system functioning. Non-stored resources such as labor resources, equipment operating time, are usually taken into account when solving the problems of volumetric or volume-calendar planning. Such resources being unused in a certain planning cycle cannot be used in subsequent cycles. The procedure for finding missing volumes of resources is formulated as the problem of reducing an incompatible system of linear two-sided algebraic inequalities to a compatible one. To do this, it is proposed to “expand” the initial system parameters, considering expansion costs, so that the system becomes compatible. In the general case, formally, the problem under consideration is close to the problem of finding a Chebyshev point [5] for an incompatible system of linear algebraic equations, i.e. a point that is geometrically the least deviating from all hyperplanes formed by the system constraints. The paper proposes statements and solutions of volume-calendar problems for the case when the structure of the problem constraints is modeled by a root-oriented weighted tree. This hierarchical structure is typical for shipbuilding enterprises [6].

Keywords: production planning, volume scheduling, resource allocation, system of linear two-sided algebraic inequalities, incompatibility of the system of linear algebraic inequalities.

Задача объемно-календарного планирования

В задаче объемно-календарного планирования требуется распределить общий план предприятия по различным показателям – заказам, изделиям, комплектам, узлам, подузлам, деталям, а также по тактам планирования и подразделениям предприятия. План предприятия в задачах объемно-календарного планирования задается в объемных показателях – нормо-часах. Тактами планирования в зависимости от общего горизонта планирования могут быть недели, декады, месяца, кварталы, года. Формально задача объемно-календарного планирования может быть поставлена как задача определения таких объемов работ, которые будут выполнены в каждом подразделении в каждый такт планирования, для которых достаточно ресурсов, выполняются ограничения, связанные с заданными показателями искомого плана и достигают экстремальные значения критерии, определяющие условия эффективного функционирования производственной системы. В общем случае она формализуется в виде системы линейных двусторонних алгебраических неравенств транспортного

типа (коэффициенты матрицы ограничений принимают значения из множества $\{-1, 0, 1\}$).

Пусть I – множество номеров подразделений предприятия, J – множество номеров заказов, K – множество номеров изделий, S – множество номеров деталей, T – множество номеров тактов планирования.

Обозначим через a_{ijkst}^- и a_{ijkst}^+ – количество ресурсов, необходимых для выполнения минимального и максимального объёмов работ, запланированных к выполнению в подразделении i по заказу j изделию k детали s в такт планирования t , $0 \leq a_{ijkst}^- \leq a_{ijkst}^+$, $i \in I, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T$; B_{jkst}^- и B_{jkst}^+ – количество ресурсов, необходимых для выполнения минимального и максимального объёмов работ, запланированных к выполнению по заказу j изделию k детали s в такт планирования t , $0 \leq B_{jkst}^- \leq B_{jkst}^+$; C_{kst}^- и C_{kst}^+ – количество ресурсов, необходимых для выполнения минимального и максимального объёмов работ, которые должны быть выполнены по изделию k детали s в такт планирования t , $0 \leq C_{kst}^- \leq C_{kst}^+$; D_{kt}^- и D_{kt}^+ – количество ресурсов, необходимых для выполнения минимального и максимального объёмов работ, которые должны быть выполнены в такт t по изделию k , $0 \leq D_{kt}^- \leq D_{kt}^+$; E_t^- и E_t^+ – количество ресурсов, необходимых для выполнения минимального и максимального объёмов работ, которые должны быть выполнены всеми подразделениями в такт t в планируемом периоде, $0 \leq E_t^- \leq E_t^+$; $0 \leq G^- \leq G^+$ – количество ресурсов, необходимых для выполнения минимального и максимального объёмов запланированных работ; $i \in I, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T$.

При этом необходимо заметить, что соответствующие минимальные и максимальные значения в общем случае могут совпадать. Тогда формально математическая модель проблемы объёмно-календарного планирования для подразделений предприятия может быть поставлена как система линейных двусторонних алгебраических неравенств транспортного типа относительно переменных x_{ijkst} – количество ресурсов, необходимых для выполнения объёмов работ, которые будут выполнены в подразделении i по заказу j изделию k детали s в такт планирования t , $i \in I, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T$:

$$G^- \leq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} x_{ijkst} \leq G^+ \quad (1)$$

(ограничения на количество ресурсов, необходимых для выполнения общего объёма запланированных работ),

$$E_t^- \leq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} x_{ijkst} \leq E_t^+, t \in T \quad (2)$$

(ограничения на количество ресурсов, необходимых для выполнения запланированных объёмов работ, которые должны быть выполнены по тактам планирования),

$$D_{kt}^- \leq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} x_{ijkst} \leq D_{kt}^+, k \in K, t \in T \quad (3)$$

(ограничения на количество ресурсов, необходимых для выполнения объёмов работ, которые должны быть выполнены по изделиям в заданные такты планирования),

$$C_{kst}^- \leq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ijkst} \leq C_{kst}^+, k \in K, s \in S, t \in T \quad (4)$$

(ограничения на количество ресурсов, необходимых для выполнения запланированных объемов работ по изделиям, деталям в заданные такты планирования),

$$B_{jkst}^- \leq \sum_{i \in I} x_{ijkst} \leq B_{jkst}^+, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T \quad (5)$$

(ограничения на количество ресурсов, необходимых для выполнения запланированных объемов работ во всех подразделениях по заказам, изделиям, деталям и тактам планирования),

$$a_{ijkst}^- \leq x_{ijkst} \leq a_{ijkst}^+, i \in I, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T \quad (6)$$

(естественные условия на переменные, формализующие требования запрета выпуска внеплановой продукции).

Постановка задачи

Рассмотрим сокращенную запись системы ограничений транспортного типа в общем виде:

$$A_l \leq \sum_{j \in Q_l} x_j \leq B_l, l \in L. \quad (7)$$

Здесь Q_l – множество индексов, по которым происходит суммирование.

Система ограничений (1)-(6) представима в предложенной здесь записи. Например, ограничения (4) будет задаваться условиями: $Q_l = \{i, j\}$, т.е. суммирование по индексам i и j , $A_l = C_{kst}^-$, $B_l = C_{kst}^+$, $k \in K, s \in S, t \in T$.

Пусть система ограничений (7) несовместна. Рассмотрим следующую задачу линейного программирования. Введем дополнительные элементы системы: переменные y_l и z_l , коэффициенты c_l и d_l , определяющие штрафные санкции, которые понесет система соответственно за единицу объема высвобожденного ресурса за счет уменьшения объема выполняемых работ или за единицу объема неиспользованного ресурса.

Задача 1

$$A_l - y_l \leq \sum_{j \in Q_l} x_j \leq B_l + z_l, l \in L.$$

$$x_j \geq 0, y_l \geq 0, z_l \geq 0, j \in Q_l, l \in L.$$

$$\sum_{l \in L} c_l y_l + \sum_{l \in L} d_l z_l \rightarrow \min.$$

Из условий задачи 1 следует, что если одновременно обе переменные с одним и тем же индексом принимают в оптимальном решении задачи 1 нулевые значения, то соответствующее ограничение выполняется. Если в оптимальном решении задачи 1 переменная $y_l > 0$, а переменная $z_l = 0$, то это означает, что предприятие должно уменьшить объем соответствующих работ, потребляющих ресурсы в объеме y_l , при этом система понесет потери на величину $c_l y_l$. Если в оптимальном решении задачи 1 переменная $y_l = 0$, а переменная $z_l > 0$, то это означает, что соответствующего ресурса для выполнения запланированных работ недостаточно, и необходимо увеличить объем доступного ресурса на величину z_l за счет введения дополнительных смен или привлечения контрагентов, при этом система понесет потери на величину $d_l z_l$. Вариант, когда в оптимальном решении задачи обе

переменные будут положительны можно исключить, т.к. этого не может быть, если коэффициенты c_l и d_l различны, а в случае равенства коэффициентов может быть выбран любой вариант, описанный выше.

Пусть система ограничений задачи 1 соответствует системе (1)-(6). В этом случае задача 1 является задачей линейного программирования, в которой переменных x_{ijkst} , $i \in I, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T$ равно $N=|I| * |J| * |K| * |S| * |T|$. Для реальных производственных систем величина N может превышать десятки миллионов, поэтому применение для решения задачи 1 известных методов линейного программирования и программных средств затруднительно.

Не трудно заметить, что для системы ограничений (1)-(6) выполняются условия:

$$I \cup J \cup K \cup S \cup T \subseteq J \cup K \cup S \cup T \subseteq K \cup S \cup T \subseteq K \cup T \subseteq T \subseteq \emptyset, \quad (8)$$

из которых следует, согласно [7], что система (1)-(6) моделируется взвешенным корневым ориентированным деревом, в котором ограничения (1) соответствуют корню дерева, ограничения (6) – листьям, ограничения (2)-(5) – промежуточным вершинам дерева.

В системе распределяется однородный ресурс от корня дерева (центр системы) до листьев (потребители ресурса) через вершины, передающие ресурс. Центр может передать ресурса в объеме от G^- до G^+ , листья могут приобретать ресурс в объеме из интервала $[a_{ijkst}^-, a_{ijkst}^+]$, а промежуточные вершины – транслировать ресурс в объемах, ограниченных левыми и правыми границами соответствующих ограничений (2)-(5). Введенные параметры c_l и d_l определяют штрафные санкции соответственно за увеличение нижней и уменьшение верхней границы соответствующей вершины дерева. Тем самым математическая модель объемного планирования формализуется как система распределения однородного ограниченного ресурса в ориентированном корневом взвешенном дереве.

Определим величины:

$$\begin{aligned} B_{jkst}^{p-} &= \max(B_{jkst}^-, \sum_{i \in I} a_{ijkst}^-), B_{jkst}^{p+} = \min(B_{jkst}^+, \sum_{i \in I} a_{ijkst}^+); \\ C_{kst}^{p-} &= \max(C_{kst}^-, \sum_{j \in J} B_{jkst}^{p-}), C_{kst}^{p+} = \min(C_{kst}^+, \sum_{j \in J} B_{jkst}^{p+}); \\ D_{kt}^{p-} &= \max(D_{kt}^-, \sum_{s \in S} C_{kst}^{p-}), D_{kt}^{p+} = \min(D_{kt}^+, \sum_{s \in S} C_{kst}^{p+}); \\ E_t^{p-} &= \max(E_t^-, \sum_{k \in K} D_{kt}^{p-}), E_t^{p+} = \min(E_t^+, \sum_{k \in K} D_{kt}^{p+}); \\ G^{p-} &= \max(G^-, \sum_{t \in T} E_t^{p-}), G^{p+} = \min(G^+, \sum_{t \in T} E_t^{p+}); \\ j \in J, k \in K, s \in S, t \in T. \end{aligned}$$

Теорема «о приведенных границах» [7]. Система ограничений (1)-(6) совместна тогда и только тогда, когда

$$G^{p-} \leq G^{p+}, E_t^{p-} \leq E_t^{p+}, D_{kt}^{p-} \leq D_{kt}^{p+}, C_{kst}^{p-} \leq C_{kst}^{p+}, B_{jkst}^{p-} \leq B_{jkst}^{p+}, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T.$$

Здесь величины с верхними индексами p^- и p^+ будем называть, как и в [7], «приведенными нижними и верхними границами», а процедуру их нахождения – «алгоритмом приведенных границ».

Согласно теореме о приведенных границах, если хотя бы одно неравенство теоремы нарушается, то система ограничений оказывается несовместной. Графовое представление системы ограничений (1)-(6) позволяет решать задачу 1, используя алгоритм приведенных границ.

Процедура преобразования несовместной системы ограничений в совместную систему ограничений

Алгоритм решения задачи 1 с ограничениями (1)-(6) работает следующим образом. Применим к исходному дереву алгоритм приведенных границ. Если условия

теоремы выполняются, то система (1)-(6) совместна. Пусть в одной или нескольких вершинах дерева нарушаются условия теоремы – левая граница превосходит правую. Поднимаясь от листьев к центру находим вершину, в которой нарушено условие теоремы. Рассмотрим поддерево с этой вершиной, которую принимаем за корневую. В этой вершине левая приведенная граница оказалась больше правой приведенной границы. Пусть w – величина разности значений левой и правой границ. Здесь возможны следующие варианты перехода от несовместной системы (1)-(6) к совместной за счет *уменьшения значения левой границы* нарушенного ограничения на величину w , или *увеличения значения правой границы* на эту же величину. Не трудно показать, что так как во всех вершинах поддерева (кроме корневой) условия теоремы выполнены, то существует допустимое распределение ресурсов в рассматриваемом поддереве при любом варианте, в каждом из которых значение правой границы корневой вершины поддерева совпадает со значением левой границы этой вершины.

Решение для рассматриваемого поддерева может быть найдено следующим образом. Пусть левая граница корневой вершины равна R и больше правой границы на величину w . Зная значение – количество ресурса, которые пройдут через корневую вершину – при *варианте увеличения значения правой границы* присваиваем значения листьям дерева, равные значениям правых границ, а затем, если количество ресурса, соответствующее корневой вершине больше величины R , то уменьшаем значения ресурсов для листьев с учетом коэффициентов c_l . При этом для каждой вершины находим значение штрафа. При *варианте уменьшения значения левой границы* присваиваем значения листьям дерева, равные значениям левых границ, а затем, если количество ресурса, соответствующее корневой вершине меньше величины R , то увеличиваем значения ресурсов для листьев с учетом коэффициентов d_l .

Выполнение условий теоремы о приведенных границах гарантирует, что решение для корневого дерева найдется и для первого, и для второго вариантов. Так, как и для первого и для второго варианта можно подсчитать суммарные затраты, то в качестве решения для рассматриваемого поддерева выбирается результат с меньшими затратами. Закрепив полученное решение для поддерева – вновь применяем для преобразованного дерева теорему о приведенных границах и если условия теоремы выполняются, то исходная задача 1 с ограничениями (1)-(6) решена, если нет – находим поддерево с нарушенными значениями и повторяем процедуру преобразования несовместной подсистемы в совместную.

Заключение

В работе рассмотрена проблема объемно-календарного производственного планирования для судостроительных предприятий в условиях ограниченности ресурсов. При формировании портфеля заказов требуется определять потребность производственной системы в ресурсах, необходимых для изготовления изделий по календарным периодам. Формально поставлена задача объемно-календарного планирования в условиях ограниченности ресурсов. Используя метод приведенных границ, предложен алгоритм ее решения для случая древовидной иерархической структуры, соответствующей производству изделий судостроительных предприятий. Полученные в работе результаты легли в основу Программного модуля объемного планирования [8], который может использоваться в практике производства и ремонта изделий судостроения.

Список литературы

1. Об утверждении Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2035 г.: распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 октября 2019 г. № 2553-р // Правительство России: официальный сайт. URL:

- <http://static.government.ru/media/files/WlszzFJXA26YAXaOifb1H2KQqmi1D7S7.pdf>
(дата обращения: 19.05.2024).
2. Потрясаев С.А. Программно-математическое обеспечение расчета производственных планов судостроительного предприятия/ С.А. Потрясаев, Е.Е. Щербакова, Ю.В. Коноплев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2022. – Т. 65, № 12. – С. 925-929.
 3. Прилуцкий М.Х. Многокритериальные многоиндексные задачи объемно-календарного планирования // Известия Академии наук. Теория и системы управления. – 2007. – №1. – С. 78-82.
 4. Прилуцкий М.Х. Оптимальные стратегии распределения разнородных ресурсов в сетевых канонических структурах / М.Х. Прилуцкий, Е.А. Кумагина // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – №1(55). – С. 60-64.
 5. Немировский А.С. Сложность задач и эффективность методов оптимизации / А.С. Немировский, Д.Б. Юдин – М.: Наука, 1979. – 384 с.
 6. Карышева А.А. Программное планирование развития научно-технического потенциала судостроительной отрасли с использованием метода анализа иерархий / А.А. Карышева, И.В. Карышев // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2018. – специальный выпуск 1. – С. 252–258.
 7. Прилуцкий М.Х. Распределение однородного ресурса в иерархических системах древовидной структуры // Труды международной конференции «Идентификация систем и задачи управления SICPRO'2000». – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2000. – С. 2038–2049.
 8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667803 Российская Федерация. «Программный модуль объемного планирования»: № 2023666865: заявл. 09.08.2023; опубл. 18.08.2023 / М.Х. Прилуцкий, Н.В. Старостин, Л.Г. Афраимович [и др.].

References

1. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya sudostroitel'noj promyshlennosti na period do 2035 g.: rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 28 oktyabrya 2019 g. № 2553-r // Pravitel'stvo Rossii: oficial'nyj sajt. URL: <http://static.government.ru/media/files/WlszzFJXA26YAXaOifb1H2KQqmi1D7S7.pdf> (data obrashcheniya: 19.05.2024)
2. Potryasaev S.A. Programmno-matematicheskoe obespechenie rascheta proizvodstvennyh planov sudostroitel'nogo predpriyatiya/ S.A. Potryasaev, E.E. Shcherbakova, YU.V. Konoplev // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie. – 2022. – Т. 65, № 12. – С. 925-929.
3. Priluckii M.Kh. Mnogokriterial'nye mnogoindeksnye zadachi ob"yomno-kalendarnogo planirovaniya // Izvestiya Akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya. – 2007. – №1. – С. 78-82.
4. Priluckii M.Kh. Optimal'nye strategii raspredeleniya raznorodnyh resursov v setevyh kanonicheskikh strukturah / M.Kh. Priluckii, E.A. Kumagina // Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii. – 2014. – №1(55). – С. 60-64.
5. Nemirovskij A.S. Slozhnost' zadach i effektivnost' metodov optimizacii / A.S. Nemirovskij, D.B. YUdin – М.: Nauka, 1979. – 384 s.
6. Karysheva A.A. Programmnoe planirovanie razvitiya nauchno-tekhnicheskogo potentsiala sudostroitel'noj otrasli s ispol'zovaniem metoda analiza ierarhij / A.A. Karysheva, I.V. Karyshev // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo centra. – 2018. – special'nyj vypusk 1. – С. 252–258.
7. Priluckii M.Kh. Raspredelenie odnorodnogo resursa v ierarhicheskikh sistemah drevovidnoj struktury // Trudy mezhdunarodnoj konferencii «Identifikaciya sistem i zadachi upravleniya SICPRO'2000». – М.: Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN. – 2000. – С. 2038–2049.
8. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2023667803 Rossijskaya Federaciya. «Programmnyj modul' ob"omnogo planirovaniya»: № 2023666865: zayavl. 09.08.2023; opubl. 18.08.2023 / M. Kh. Priluckii, N.V. Starostin, L.G. Afrajmovich [i dr.].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Прилуцкий Михаил Хаимович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информатики и автоматизации научных исследований, Нижегородский государственный университета им. Н.И.Лобачевского (ННГУ), 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 6, к. 109, e-mail: pril@iani.unn.ru

Mikhail Kh. Prilutskii, Doctor of Science, professor, the head of Information Science and Scientific researches automation Chair, Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod (UNN), 603000, Nizhniy Novgorod, Gagarin av., 23/6, office 109, e-mail: pril@iani.unn.ru

Кумагина Елена Александровна, к.т.н., доцент кафедры информатики и автоматизации научных исследований, Нижегородский государственный университета им. Н.И.Лобачевского (ННГУ), 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 6, к. 109, e-mail: elena.kumagina@itmm.unn.ru

Elena A. Kumagina, PHD, associate professor of chair Information Science and Scientific researches automation Chair, Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod (UNN), 603950, Nizhniy Novgorod, Gagarin av., 23/6, office 109, e-mail: elena.kumagina@itmm.unn.ru

Статья поступила в редакцию 21.05.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 21.05.2024; published online 20.09.2024.

УДК 629.12+ 004.9

DOI: 10.37890/jwt.vi80.509

Методики оптимизации аддитивной технологии формообразования на примере нагруженных изделий из пластмасс

Прокопенко Н. М.

ORCID: 0009-0004-5650-0589

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

Аннотация. В рамках статьи описана разработка методик по оптимизации аддитивных технологий (FDM печати), с учетом нагрузок, действующих на рассматриваемое тело, с целью экономии материалов и сокращения времени производства, в рамках робототехники, кораблестроения и разработки водных, наземных и воздушных дронов. Проведен анализ существующих методов модификации по усилению моделей. Проведены испытания различных способов модификации 3D моделей для печати. На основе тестов предложен и разработан универсальный метод усиления деталей для трехмерной печати. В основе метода лежит принцип создания сферических полостей внутри детали на месте самых нагруженных зон детали, которые затем, при создании управляющей программы для принтера, будут обводиться внешними стенками из пластика, создавая уплотнение внутри детали. Для определения зон, требующих оптимизации, применяется анализ напряжений и топологический анализ Inventor и Ansys, на основе результатов которых создавались трехмерные модели самых нагруженных зон, или модели зон, требующих усиления. Создан программно-аппаратный комплекс по модификации трёхмерных моделей для 3D печати и разработано программное обеспечение по автоматизации основных частей методики обработки готовых деталей – создания полостей на основе трёхмерной модели нагруженных зон.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, 3D печать, FDM, кораблестроение, робототехника, подводный дрон, оптимизация, анализ напряжений, топологический анализ, Inventor, Ansys, моделирование, эксперимент, Blender, Python.

Methods for optimizing additive technologies using the example of loaded plastic products

Nikita M. Prokopenko

ORCID: 0009-0004-5650-0589

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article describes the development of methods for optimizing additive technologies (FDM printing), taking into account the loads acting on the body in question, in order to save materials and reduce production time, within the framework of robotics, shipbuilding and the development of water, land and air drones. An analysis of existing modification methods to strengthen models was carried out. Various methods of modifying 3D models for printing have been tested. Based on the tests, a universal method for strengthening parts for three-dimensional printing was proposed and developed. The method is based on the principle of creating spherical cavities inside the part in place of the most loaded areas of the part, which then, when creating G-code programs for the printer, will be surrounded by outer plastic walls, creating a seal inside the part. Inventor and Ansys stress analysis and topology analysis are used to identify areas requiring optimization, based on the results of which 3D models of the most loaded areas, or models of areas requiring

reinforcement, were created. A software and hardware complex has been created for modifying three-dimensional models for 3D printing and software has been developed to automate the main parts of the processing technique for finished parts - creating cavities based on a three-dimensional model of loaded zones.

Keywords: Additive technologies, 3D printing, FDM, shipbuilding, robotics, underwater drone, optimization, stress analysis, topological analysis, Inventor, Ansys, modeling, experiment, Blender, Python.

Введение

Стремительное развитие и усовершенствование технологий 3D печати приводит к увеличению темпа проектирования и разработки на всех этапах производственной цепочки и является приоритетным направлением [1]. Аддитивные технологии активно внедряются в различных отраслях: робототехнике, кораблестроении [2,3], в разработке и создание беспилотных дронов [4].

Современные разработки в 3D печати позволяют печатать корпусные детали лодок сложной формы за короткие сроки [2]. Так же ведутся разработки в направлении печати металлами, с использованием 4D печати, например для создания гребных винтов [3]. При разработке дронов удешевление и упрощение производства является важным фактором, в чем помогают аддитивные технологии, а также новые типы материалов и методов печати [5]. Новые типы дронов будут более легкими, простыми в воссоздании, и удобными в ремонте, за счет внедрения 3D печати. Такие дроны могут применяться для исследования в дальних частях планеты, без доступа к сложным производственным машинам [6,7].

Разработано и применяется множество типов печати – от запекания порошка лазером, до запекания фотополимерной смолы ультрафиолетовым излучением, но самый популярный тип печати - печать методом экструзии пластика (FDM (fused deposition modeling)). Данный тип печати популярен из-за своей простоты и доступности несмотря на то, что имеет некоторые недостатки.

Детали при FDM (а также и других форматах) печати получаются полыми, т.е. созданная деталь будет состоять из оболочки, состоящей из стандартных элементов – стенок, дна и верхней поверхности. Во внутренней полости создается тонкая сетка – поддержка, которая не обеспечивает усиления (плотность около 10-20%), но позволяет печатать будущие слои на ней. Можно усилить деталь используя плотность заполнения от 80 и до 100%, но при этом значительно повысится время печати и затраты материала. Главной целью данной работы ставилось создание методики оптимизации моделей для FDM печати по массе, с учетом нагрузок на разрабатываемую деталь.

Анализ учитывал несколько существовавших на тот момент методик изменения свойств печати. Например, использование масок внутри программы Slic3r (рис.1). Модификаторы маски в данной программе позволяют менять настройки печати в конкретной области печати (менять плотность заполнения, толщину стенок, высоту слоев и т.п.).

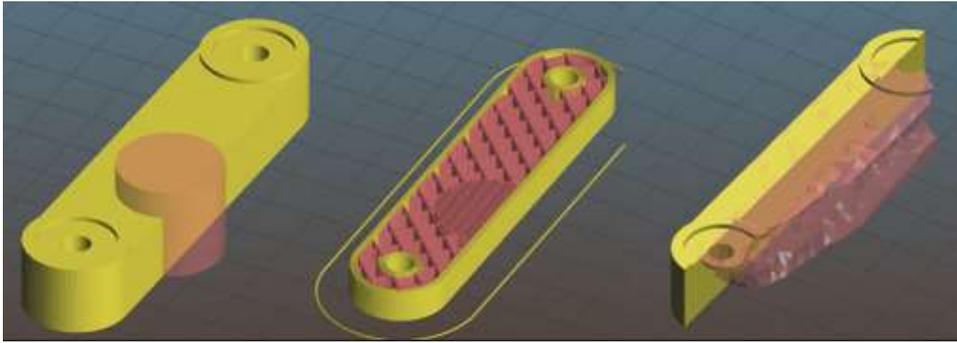


Рис.1. Применение масок-модификаторов

Применение масок, встроенных в ПО, не является оптимальным, так как данные маски имеют простые формы, и их расстановка должна проводится вручную. При этом, использование нескольких масок может приводить к ошибкам и сбоям программы. Было необходимо выбрать оптимальный вариант создания масок-модификаторов и способ внедрения их в деталь. Было рассмотрено несколько основных типов создания масок [8].

Модификаторы, созданные пользователем

Для разработки более сложных масок применялся Autodesk Inventor, где создавалась изначальная деталь. Были использованы встроенные модули анализа напряжений и топологического анализа. На основе их результатов создавались модели нагруженных зон, которые затем сохранялись в формате, совместимом с программами-слайсерами (рис.2).

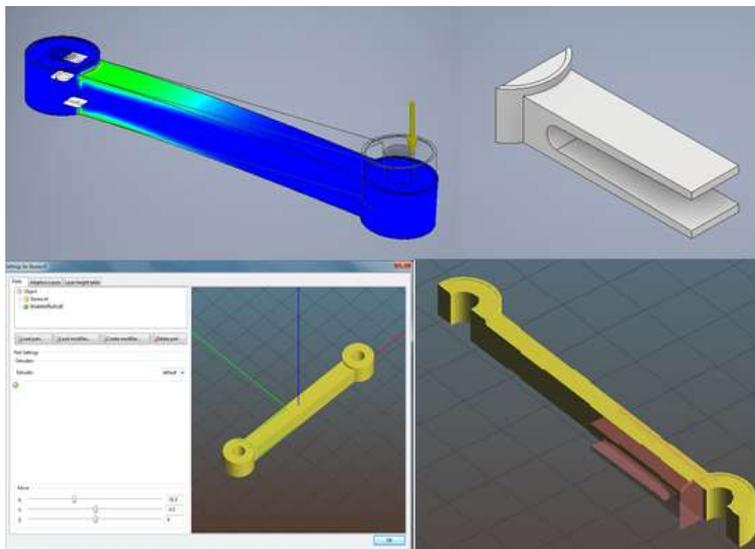


Рис.2. Анализ напряжений и модификатор, созданный на его основе

После проведения расчетов путей движения печатной головки с учётом изменения плотности поддержек был получен файл с усиленной деталью (рис.3).

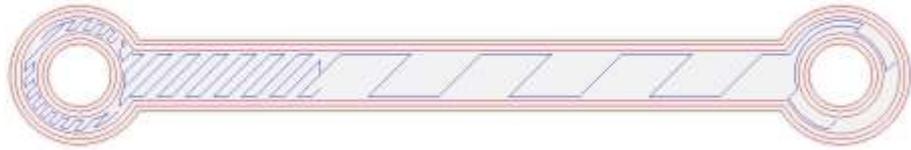


Рис.3. Получившаяся модель в разрезе в виде проекции

Данные модификаторы создавались вручную, поэтому их создание может занимать значительное время и повлиять на точность модификатора. Так же на качество данного метода влияет сам модуль анализа напряжений – он выдает лишь визуализацию нагрузок. Поэтому в дальнейшем применялся топологический анализ в Inventor.

Генератор форм

Данный тип анализа применяется при необходимости создания облегченной детали с учетом требуемых характеристик и нагрузок (рис.4). При удалении большей части материала изначальной детали, в обычных случаях полученная модель становится неприменимой, так как она теряет свой функционал или же становится сложной в производстве. Так как в данном методе модификации детали внешняя оболочка тела будет не тронута, оптимизированная модель сложной формы, находящаяся только внутри детали, усилит модель, не влияя при этом своих изначальных свойств.

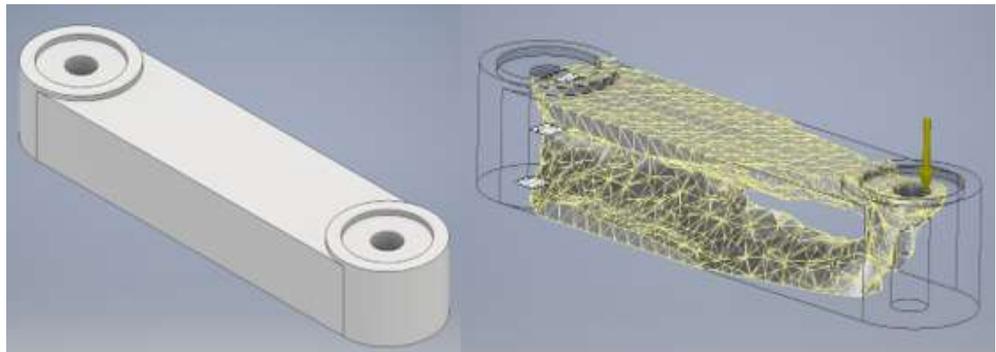


Рис.4. Деталь и её оптимизированная модель в генераторе форм

Важно отметить, что при таком методе внешний вид детали не будет изменяться в значительной мере, единственные изменения будут проведены внутри модели, что позволяет создавать усиленную деталь, не отличающуюся по внешним параметрам от изначальной.

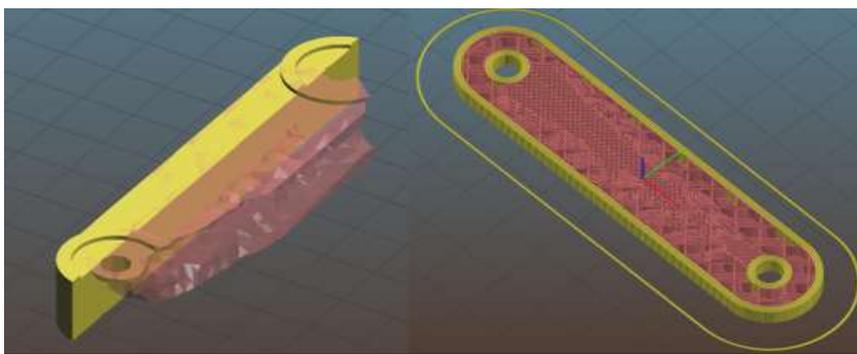


Рис.5. Деталь с модификатором в слайсере

Пример модификации представлен в программе Slic3er (рис.5). В данном случае стандартное заполнение имеет плотность 10%, а часть, затронутая маской - 50%. Для создания модификаторов использовались разные программы, позволяющие проводить анализ напряжений и топологический анализ, такие как: Inventor, SolidWorks, NX, ANSYS, Fusion 360. В основном были применены программные пакеты Inventor и Ansys (рис.6), так как они позволяли без затруднений сохранять получившиеся маски в формате STL, и проводить необходимые анализы модели.

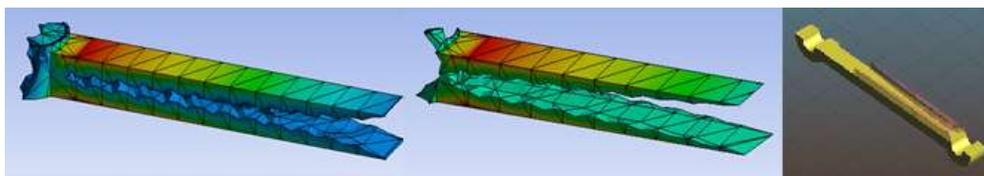


Рис.6. Диапазоны напряжений и разрез детали, в котором видно расположений модификатора в Ansys

Результат применения маски виден на рисунке 7. Там, где деталь пересекается с маской, заполнение меняется с 10% на 50%.



Рис.7. Разрез управляющей программы и реальной детали с 50% наполнением

Данный метод выполнял необходимую задачу, но был недостаточно универсален – такая методика доступна не во всех слайсерах, некоторые из них значительно устарели и уже не подходит для современных стандартов печати, а также работа с масками сложной формы приводило к множеству ошибок при расчете управляющей

программы. В дальнейшем было решено разработать такую методику, которая могла бы быть применена в любых слайсерах, вне зависимости от их возможностей.

Модификация готовых моделей

Применение данного метода включает в себя модификацию готовых моделей-оболочек. При таком усилении внутри детали располагаются малые отверстия (чаще всего сквозные) (рис.8). Слайсер воспринимает полученные новые поверхности как оболочки, требующие создания стенок, и обводит их периметрами, тем самым создавая «стержни» внутри фигуры [9].

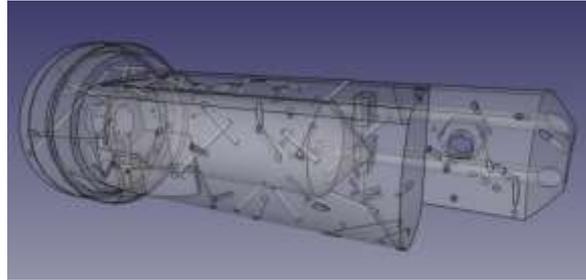


Рис.8. Пример использования метода – в детали созданы случайные отверстия

Эти полости должны иметь такой размер, чтобы слайсер воспринимал их как часть детали, но достаточно маленький размер, чтобы не изменить деталь значительно. Программа создает оболочку для каждой «внешней» поверхности, в соответствии с настройками, заданными пользователем. Каждая плоскость будет представлена «стенкой» детали имеющую толщину, например, в три линии (или 1,2 мм), и каждое созданное отверстие будет обведено такой стенкой. Получившиеся отверстия достаточно малы, и поэтому за счет расширения пластика отверстие будет полностью закрыто. Сначала были проведены испытания, в которых данные отверстия создавались вручную. Было решено использовать диаметр отверстий 0,2 мм, так как это стандартный размер сопла большинства FDM принтеров. Основываясь на анализе напряжений, в детали создавалась матрица из подобных отверстий (рис.9).

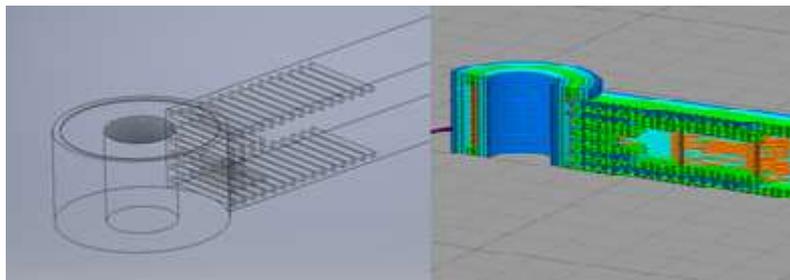


Рис.9. Матрица трубок, созданная вручную в Inventor на основе анализа напряжений и результат в слайсере (разрез)

Применение генератора форм обосновано тем, что топологический анализ в Inventor позволяет получить трехмерную модель оптимизированной детали, которая видна внутри изучаемой детали. Основываясь на данной оптимизированной модели, создавалась матрица из отверстий внутри детали. Данный процесс занимает много времени, поэтому существовала необходимость упростить его в дальнейшем (рис.10).



Рис.10. Деталь в среде Inventor и в слайсере Simplify3D

Создание сферических полостей

Процесс работы при создании множества трубок внутри детали является достаточно трудоемким, и результирующие полости могут успешно сопротивляться напряжениям не во всех направлениях. При создании множества случайных отверстий сквозь деталь велика вероятность создания слабых мест внутри фигуры. Вместо сквозных отверстий в детали можно применять отверстия более простой и компактной формы – в данном случае сферы. Они более просты для случайного расположения внутри детали, и их пересечение не создает критичных повреждений в детали. В том числе, сферические элементы реагируют на нагрузки одинаково со всех направлений.

Полости создавались по тому же принципу, как и в случае сквозных отверстий. Один из результатов подобного преобразования можно увидеть ниже (рис.11). Но при большом количестве полостей малого размера работа в САD программах (в данном примере Inventor) сильно затруднялась, так как была велика вероятность ошибки программы и самого пользователя.

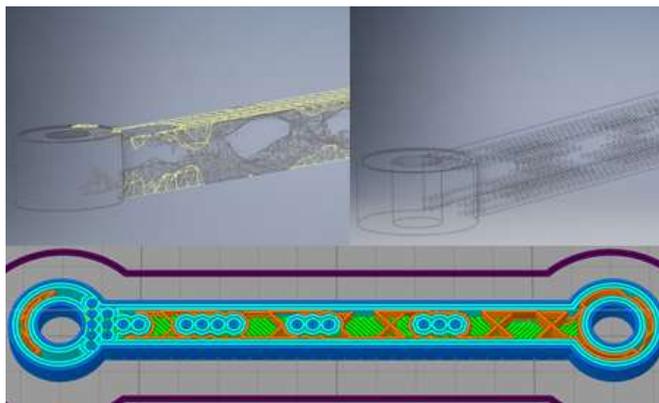


Рис.11. Матрица сферических полостей, созданная по результату топологии

Было решено произвести автоматизацию размещения полостей при помощи программного языка Python, для которого существует множество библиотек по работе с 3D моделями. В последствии выбор пал на программный пакет Blender – открытое и бесплатное ПО для работы с трехмерной графикой и анимацией. Данная программа подходит для этой задачи, так как рассчитана на работу со сложными моделями и большим количеством трехмерных тел. При работе с программой Blender было предложено создавать «градиентное наполнение» с разной кучностью полостей в зависимости от нагрузок. Для этого было необходимо создавать несколько масок на основе разных диапазонов нагрузок. Процесс работы в Blender подобен созданию полостей в САD программах, но является более простым для расчетов. Первыми попытками создания множества сфер, располагающихся на основе маски, было создание массива изосфер (упрощенный вид сферы, для облегчения работы программ), и удаления тех сфер, которые находились за пределом необходимого

диапазона напряжений (находились вне созданной маски). Затем полученный массив вырезался при помощи булевых модификаторов из основной детали, создавая полости внутри тела. Итоговую деталь после этого сохраняли в формате STL и импортировали в выбранный слайсер (Simplfy3D) (рис.12). Для упрощения данного процесса были применены различные инструменты программы Blender, например, системы частиц.

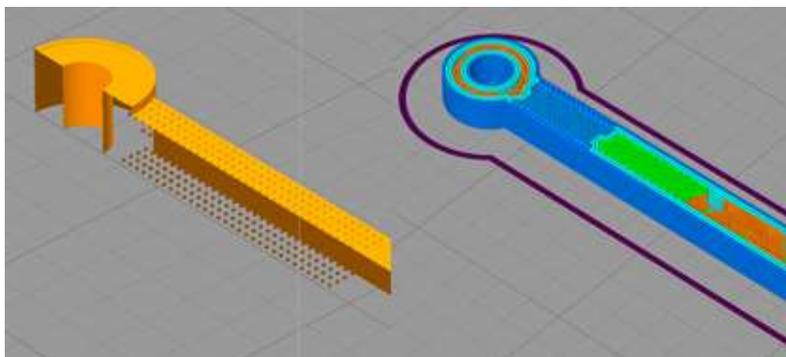


Рис.12. Вид обработанной детали в слайсере

Использование систем частиц

Чаще всего в Blender применяют динамические системы частиц для симуляции различных визуальных эффектов, но для данной задачи применены статические системы частиц. Главным преимуществом данного инструмента является то, что при создании системы частиц есть возможность точно настраивать поведение и расположение этих точек. Также, каждой частице можно присвоить один и тот же родительский элемент (в данном случае сферу), что позволяет сразу изменять все частицы сразу, без необходимости в перерасчете модели. Располагать частицы можно на основе какой-либо модели, например, привязать точкам полигонов, средним точкам, поверхностям. Для создания массива сфер будет достаточно расположить сферы по объему созданного заранее модификатора.

Метод преобразования детали представлен на примере модели кулака автоматизированной тележки. Данная модель не до конца оптимизирована для 3D печати, так как рычаг, находящийся на верхней части детали не закреплен достаточно надежно.

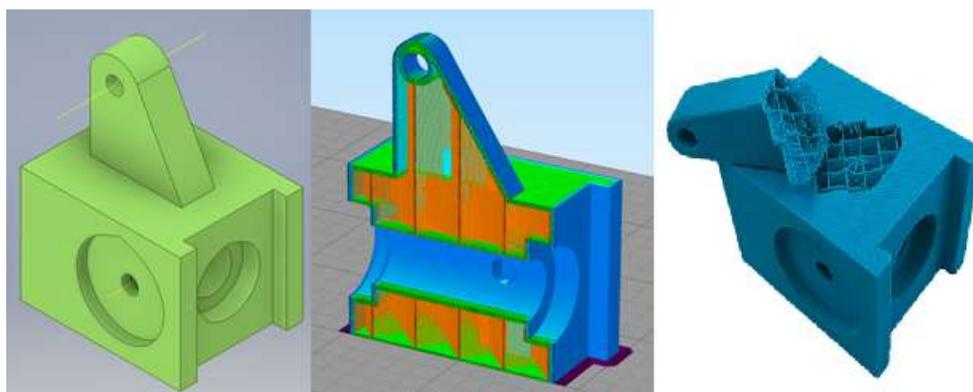


Рис.13. Модель детали «кулак», разрез симуляции детали со стандартными настройками печати и реальная деталь

Такая форма кулака была бы оптимальной при других видах производства, например при создании детали на фрезерном станке, так как деталь при таком методе создания будет состоять из сплошного материала, а при аддитивной печати, деталь остается полый (рис.13). При этом сам рычаг держится только на тонком слое верхней плоскости кулака, как видно на рисунке 13 и 16. Важно было сохранить изначальную форму детали, но при этом устранить недостатки, которые проявляются за счёт пустотелости итоговой детали. На загруженную модель-маску, созданную при помощи топологического анализа в Ansys, накладывается модификатор, который создает систему частиц (рис.14).

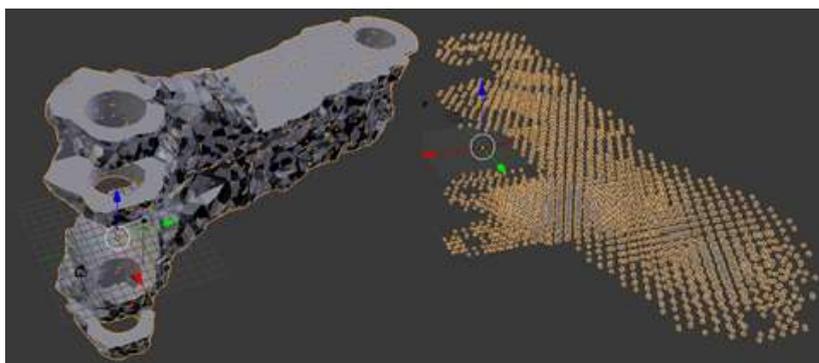


Рис.14. Маска топологического анализа (слева) и результирующий массив из сфер

Полученной системе точек присваивается родительский элемент – сфера радиусом 0,2 мм. Затем загружается основная модель, из которой при помощи булевых операторов вырезается полученный массив сфер (рис.15), оставляя полости внутри главной модели.

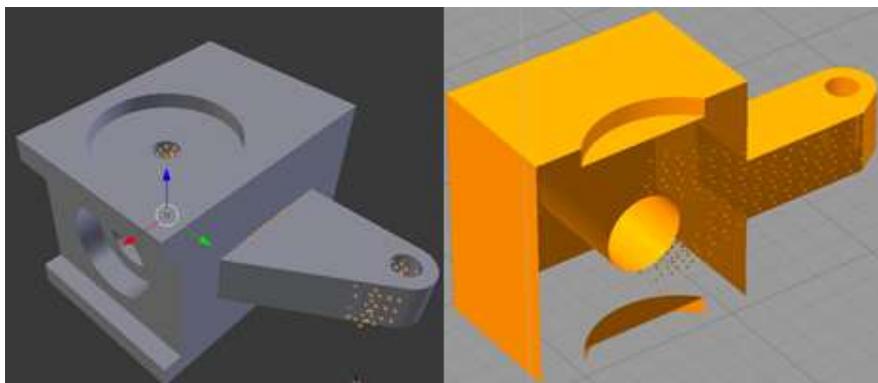


Рис.15. Модифицированная деталь

Готовая деталь экспортируется и загружается в среду слайсера.

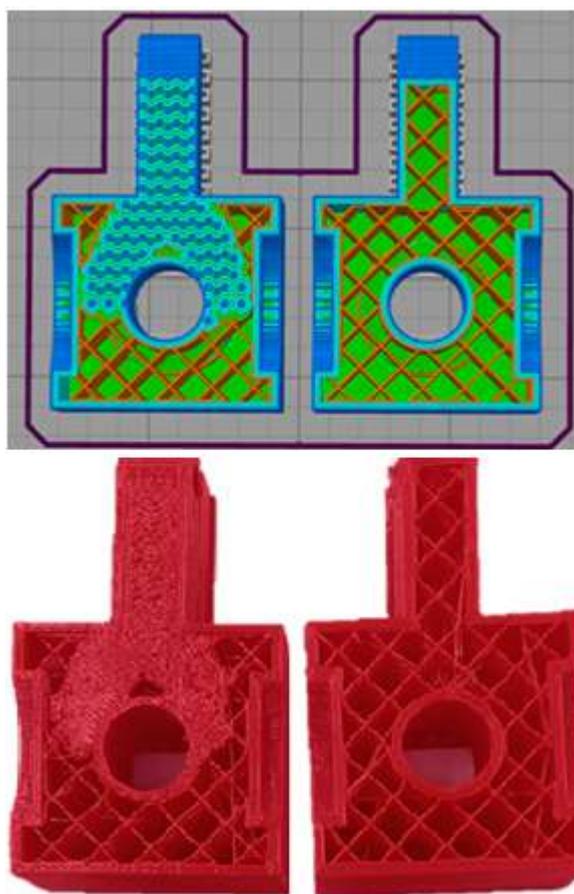


Рис.16. Сравнение усиленной детали (слева) и обычной модели (справа)

На рисунке 16 видно, что модифицированная деталь имеет уплотнения, состоящее из множества периметров (на подобии шаров или пузырей), а обычная деталь имеет наполнение только из стандартных поддержек. Так же на правой модели видно, что верхний рычаг в необработанной модели может быть оторван без особых усилий. В дальнейшем весь процесс модификации деталей в Blender был полностью автоматизирован.

В данном примере время печати изначальной модели – 1 час 45 минут; детали с плотным заполнением (80%) – 3 часа 10 минут; Модифицированной детали – 2 часа 14 минут. Количество использованного материала распределяется следующим образом: Обычная деталь – 27,14 грамм; деталь с плотным заполнением – 64,1 грамм; Модифицированной детали – 33,06 грамм (рис.17). Тем самым сокращая время печати между цельной и оптимизированной деталью почти в полтора раза, а количество затраченного материала почти в двое. В случае, когда не задействованная в модификации часть модели была бы больше, экономия времени и материала возросла бы в разы.

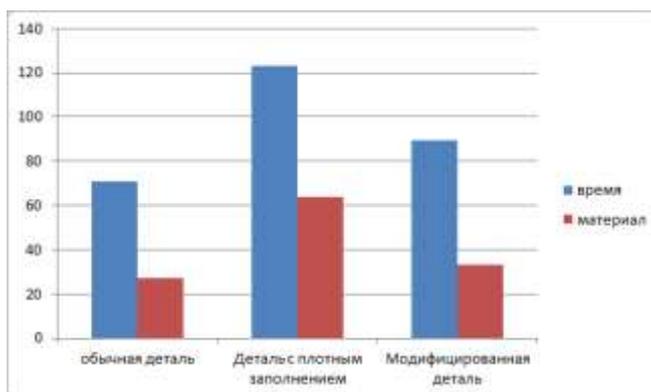


Рис.17. График сравнения печати моделей

При подобном преобразовании детали важным моментом является то, что модифицировать можно не всю деталь, а, например, лишь малое звено. Это позволяет сохранить форму изначальной детали, усиливая при этом только необходимые элементы конструкции, и тем самым повышая надежность созданной модели, сохраняя при этом материал и значительно сокращая время производства, по сравнению с другими методами усиления моделей. Важно также и то, что деталь, обработанную данным методом, можно печатать при применении любого слайсера и метода печати, без потери необходимого усиления, что делает данную методику более универсальной. Данную методику так же возможно использовать для изменения центра тяжести деталей. Несмотря на то, что в основе данного исследования лежала печать из пластика, данную методику можно применять в любых способах печати, в основе которых лежит схожий принцип создания УП для принтера.

Заключение

Результатом данной работы является методика оптимизации деталей для аддитивной печати и аппаратно-программный комплекс по автоматизации ее частей. Данная методика может быть применена при разработке деталей и узлов, которые подвергаются нагрузкам, например при печати корпусов в кораблестроении, позволяя ускорить и удешевить производство судов, созданных такими методами. При создании и разработке малых пилотируемых подводных дронов, данная технология позволит упростить производство, облегчить саму конструкцию, а также предоставит возможность быстрого воссоздания элементов сборки на местах. Планируется применение данной технологии в разработке и макетировании проектов, связанных с импортозамещением хаусботов [10], а также ведется работа по внедрению данной методики в проект канатной дороги на этапе тестов и проектирования [11]. Последующие разработки могут вестись в направлении создания более широкого спектра настроек модификации деталей.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 14 июля 2021 г. N 1913-р об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 г. – 2021. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401404208/>
2. Duane Marrett, Additive Manufacturing Becoming a Disruptive Force in Marine Tooling– 2017 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:

- <https://blog.thermwood.com/additive-manufacturing-becoming-a-disruptive-force-in-marine-tooling-blog-0>
3. Rushabh Haria, Damen Shipyards release further details about world's first 3D printed propeller – 2017 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://3dprintingindustry.com/news/damen-shipyards-worlds-first-3d-printed-propeller-121112/>;
 4. Марина Совина, В России появится ударный подводный дрон// lenta.ru – 2023 13 декабря / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://lenta.ru/news/2023/12/13/v-rossii-poyavitsya-udarnyy-podvodnyy-dron/>;
 5. Korniejenko K, Gądek S, Dynowski P, Tran DH, Rudziewicz M, Pose S, Grab T. Additive Manufacturing in Underwater Applications. Applied Sciences. 2024; 14(4):1346. <https://doi.org/10.3390/app14041346>
 6. E.V. Kozlova, V.V. Yakinchuk, K.A. Starikov, A.V. Bolshakova A.A. Bocharov Life Cycle Management of the 3D-printer Technology to Design an Underwater Drone Hull to Study the Arctic Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 625, International Round Table "Modern Problems of the Arctic" 25 June 2020, Saint-Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Russian Federation
 7. G. Poornima, R. Pavithra, M. Praveen, S. Ragasurya, C. Aashish; Design and analysis of 3D printed unmanned underwater vehicle. AIP Conf. Proc. 22 May 2023; 2492 (1): 040071. <https://doi.org/10.1063/5.0114352>
 8. Anders Clausen, Niels Aage, Ole Sigmund Exploiting Additive Manufacturing Infill in Topology Optimization for Improved Buckling Load // Engineering. - 2016. - Volume 2, № 2 – P. 250-257.
 9. Форум RepRap, «Making RepRap prints stronger» [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://reprapltd.com/fibre/>;
 10. Гордлеева, И. Ю. Обзор импортозамещения на рынке хаусботов и предложение по выбору силового агрегата с применением гидроприводов / И. Ю. Гордлеева, С. Д. Гордлеев, И. В. Никитаев // Научные проблемы водного транспорта. – 2021. – № 68. – С. 40-58. – DOI 10.37890/jwt.v68.212. – EDN QPAEDQ.
 11. Гордлеева, И. Ю. Канатная дорога на мускульной тяге / И. Ю. Гордлеева, И. В. Никитаев, Д. В. Веселов // Цифровой регион. Социально-экономическое развитие сельских территорий: опыт, компетенции, проекты: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Княгинино, 28–29 марта 2023 года. – Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 2023. – С. 121-123. – EDN LKZEFM.

References

1. Order of the Government of the Russian Federation of July 14, 2021 N 1913-r on approval of the Strategy for the development of additive technologies in the Russian Federation for the period until 2030. – 2021. / URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401404208/>
2. Duane Marrett, Additive Manufacturing Becoming a Disruptive Force in Marine Tooling– 2017 / URL: <https://blog.thermwood.com/additive-manufacturing-becoming-a-disruptive-force-in-marine-tooling-blog-0>
3. Rushabh Haria, Damen Shipyards release further details about world's first 3D printed propeller – 2017 / <https://3dprintingindustry.com/news/damen-shipyards-worlds-first-3d-printed-propeller-121112/>;
4. Marina Sovina, V Rossii poyavitsya udarnyi podvodnyi dron– 2023 / – URL: <https://lenta.ru/news/2023/12/13/v-rossii-poyavitsya-udarnyy-podvodnyy-dron/>;
5. Korniejenko K, Gądek S, Dynowski P, Tran DH, Rudziewicz M, Pose S, Grab T. Additive Manufacturing in Underwater Applications. Applied Sciences. 2024; 14(4):1346. <https://doi.org/10.3390/app14041346>
6. E.V. Kozlova, V.V. Yakinchuk, K.A. Starikov, A.V. Bolshakova A.A. Bocharov Life Cycle Management of the 3D-printer Technology to Design an Underwater Drone Hull to Study the Arctic Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 625, International Round Table "Modern Problems of the

- Arctic" 25 June 2020, Saint-Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Russian Federation
7. G. Poornima, R. Pavithra, M. Praveen, S. Ragasurya, C. Aashish; Design and analysis of 3D printed unmanned underwater vehicle. AIP Conf. Proc. 22 May 2023; 2492 (1): 040071. <https://doi.org/10.1063/5.0114352>
 8. Anders Clausen, Niels Aage, Ole Sigmund Exploiting Additive Manufacturing Infill in Topology Optimization for Improved Buckling Load // Engineering. - 2016. - Volume 2, № 2 – P. 250-257.
 9. RepRap forum, «Making RepRap prints stronger»/ URL: <https://repraplt.com/fibre/>;
 10. Gordleeva, I. Y. Obzor importozameshcheniya na rynke khausbotov i predlozhenie po vyboru silovogo agregata s primeneniem gidroprivodov / I. YU. Gordleeva, S. D. Gordleev, I. V. Nikitaev // Nauchnye problemy vodnogo transporta. – 2021. – № 68. – P. 40-58. – DOI 10.37890/jwt.v68.212. – EDN QPAEDQ.
 11. Gordleeva, I. YU. Kanatnaya doroga na muskul'noi tyage / I. Y. Gordleeva, I. V. Nikitaev, D. V. Veselov // Tsifrovoy region. Sotsial'no-ehkonomicheskoe razvitie sel'skikh territorii: opyt, kompetentsii, proekty: Materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Knyaginino, 28–29 march 2023. – Knyaginino: Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 2023. – P. 121-123. – EDN LKZEFM.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Прокопенко Никита Михайлович, ассистент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, Волжский государственный университет водного транспорта) (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: nikoprk@yandex.ru

Nikita M. Prokopenko, assistant of the Department of Lifting and Transport Machines and Machine Repair, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 28.05.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 28.05.2024; published online 20.09.2024.

УДК 004.925.83

DOI: 10.37890/jwt.vi80.510

Исследование качества каркасной поверхности при моделировании корпуса судна в зависимости от типа линий каркаса в САПР Компас 3D

А.Ю. Рыченкова

ORCID: 0000-0002-6477-6305

Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова (ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова), г. Новороссийск, Россия

Аннотация. В статье приведен краткий обзор используемых САПР в области судостроения. Показаны потенциальные возможности применения отечественной системы автоматизированного проектирования КОМПАС 3D в судостроении в задаче трехмерного моделирования теоретической поверхности корпуса судна. Показаны способы моделирования поверхности корпуса судна с помощью САПР Компас 3D в виде каркасной поверхности, в которой формообразующими сечениями являются различные типы обводов судна: шпангоуты, батоксы и ватерлинии. Предложен способ проверки моделируемой каркасной поверхности с помощью контрольных сечений. Проведен сравнительный анализ качества поверхностей, полученных разными способами ее формирования, по ряду предложенных количественных показателей, характеризующих гладкость и точность поверхности. Проанализировано влияние на показатели качества каркасной поверхности введения в каркасное множество промежуточных сечений. Приведены результаты количественного сравнительного анализа качества каркасной поверхности в зависимости от типа линий каркаса. Было показано, что увеличение общего количества формообразующих линий в каркасе не обязательно приводит к повышению качества моделируемой поверхности. Результаты работы могут представлять практический интерес в задачах моделирования и оценке качества каркасных поверхностей различного назначения, задаваемых совокупностью сечений в различных плоскостях, а также помогут при выборе автоматизированной системы проектирования для предприятий судостроения.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, теоретическая поверхность судна, шпангоуты, ватерлинии, САПР Компас 3D, каркасная поверхность, качество каркасной поверхности.

Research of the quality of frame surface when modeling the vessel's hull depending on the type of frame lines in the CAD system Compass 3D

Anna Yu. Rychenkova

ORCID: 0000-0002-6477-6305

Admiral Ushakov Maritime State University (AUMSU), Novorossiysk, Russia

Abstract: The article provides a brief overview of the CAD systems used in shipbuilding. The potential application of the domestic computer-aided design system COMPASS 3D in shipbuilding in the task of three-dimensional modeling of the theoretical surface of the hull is shown. The methods of modeling the surface of the ship's hull using the Compass 3D CAD in the form of a frame surface, in which the shaping sections are various types of vessel contours: frames, buttocks and lines. A method for checking the simulated frame surface using control sections is proposed. A comparative analysis of the quality of surfaces obtained by different methods of its formation has been carried out according to a number of proposed quantitative indicators characterizing the smoothness and accuracy of the surface. The

influence of the introduction of intermediate sections into the frame set on the quality indicators of the frame surface is analyzed. The results of a quantitative comparative analysis of the quality of the frame surface depending on the type of frame lines are presented. It has been shown that an increase in the total number of forming lines in the frame does not necessarily lead to an increase in the quality of the simulated surface. The results of the work may be of practical interest in the tasks of modeling and evaluating the quality of frame surfaces for various purposes, set by a set of sections in various planes, and will also help in choosing an automated design system for shipbuilding enterprises.

Keywords: three-dimensional modeling, theoretical surface of the vessel, frames, waterlines, CAD Compass 3D, frame surface, the quality of the frame surface.

Введение

Теоретическая поверхность корпуса судна представляет собой криволинейную поверхность сложной геометрии, имеющую как области положительной гауссовой кривизны, так и отрицательной. От формы корпуса судна напрямую зависят ходовые характеристики судна, поэтому при проектировании поверхности судна ставятся задачи минимизации гидравлического сопротивления и увеличения устойчивости судна при волнениях и различных режимах хода [1]. Форма корпуса судна также должна обуславливать способность судна сопротивляться ветровой нагрузке [2]. Все эти оптимизационные цели достигаются особой формой обводов судна и их гладкостью. При этом геометрия судна может быть представлена различными способами: табличным, графическим или аналитическим. Задача трехмерного геометрического моделирования корпуса судна может выполняться на основе всех этих способов представления. Применение аналитических моделей поверхности судна ограничивает сложность описываемой геометрии корпуса, и они пока не способны в полной мере дать описание корпуса судна, достаточное для построения трехмерной модели. Имеются немногочисленные примеры использования аналитических моделей для описания части обводов судна. Например, в работе [3] предложена математическая модель носовой оконечности ледокола, основанная на трехпараметрических степенных функциях, а в работе [4,5] на примере моделирования корпуса подводной лодки было показано использование каркаса из кривых Ламе. Однако в этих работах показаны модели лишь отдельных участков корпуса судна. Так в [3] – это носовая часть судна, а [4] – это часть ниже ватерлинии для надводного судна. Как показал обзор источников, серьезных попыток создания полной аналитической модели корпуса судна не было найдено. Поэтому в настоящее время для создания трехмерной модели судна основной формой представления исходных данных все еще остается графическая форма в виде теоретического чертежа.

Теоретический чертеж судна с точки зрения геометрического трехмерного моделирования является сетчатым каркасом, состоящий из трех множеств обводов [6]. Вертикальные поперечные сечения – шпангоуты, вертикальные продольные сечения – батоксы, горизонтальные продольные сечения – ватерлинии. Этап создания трехмерной модели корпуса судна является основополагающим для обеспечения заданных ходовых характеристик судна, поэтому к системам автоматизированного проектирования (САПР), реализующим данную задачу, предъявляются высокие требования в части моделирования сложных поверхностей.

В настоящее время на мировом рынке CAD/CAM систем можно выделить несколько наиболее известных САПР, применяемых для судостроительного производства. Самые известные - это TRIBON шведской компании Koskums и FORAN немецкой компании Siemens [7]. Также можно отметить САПР CATIA (Франция), успешно реализующую судостроительные проекты [8]. Из других САПР

для судостроения можно выделить финскую CADMATIC Marine, канадскую Autoship, британскую AVEVA Marine [9]. Среди отечественных систем известны: Sea Solution, K3-SHIP и ShipModel, FREEship [10]. В настоящее время на отечественном рынке САПР одной из наиболее распространённой и имеющей высокий потенциал считается универсальная САПР среднего уровня Компас 3D [11]. Как показал обзор, задачи геометрического моделирования судостроительных объектов в Компас-3D недостаточно раскрыты. В немногочисленных доступных источниках показаны лишь отдельные примеры применения этой системы проектирования при решении задачи геометрического моделирования корпуса судна путем создания каркасной поверхности [12,13]. Кроме того, в открытых источниках не было найдено примеров количественного исследования трехмерной модели корпуса судна с точки зрения ее гладкости и точности. Есть работы, в которых указывается на необходимость обеспечения точности и гибкости моделируемой поверхности судна и приводятся некоторые показатели контроля качества, как в работе [14], но не показана методика количественной оценки этих показателей. Поэтому мы считаем актуальной задачей сравнительный анализ различных способов моделирования поверхности судна в САПР Компас и дальнейшее совершенствование предложенной методики определения количественных характеристик качества моделируемой каркасной поверхности.

Материалы и методы

Исходными данными для моделирования поверхности судна являлся теоретический чертеж корпуса в виде плоских кривых, поэтому модель корпуса судна строилась в виде каркасной поверхности. Каркасные поверхности обладают рядом положительных качеств, обусловивших их широкое применение в практике геометрического моделирования. Недостатком каркасных поверхностей является то, что точки, не лежащие на линиях каркаса, не могут быть однозначно определены и их положение в пространстве будет зависеть только от алгоритмов построения и сглаживания итоговой поверхности. В связи с таким ограничением каркасных поверхностей на одном и том же каркасе могут быть построены различные по форме поверхности как это показано на рисунке 1. Поэтому для достижения требуемой формы каркасной поверхности определяющую роль играет способ формирования поверхности между сечениями. При этом точность и гладкость каркасной поверхности будет обусловлена точностью и гладкостью линий исходного каркаса, а также от общего количества линий, задающих каркас.

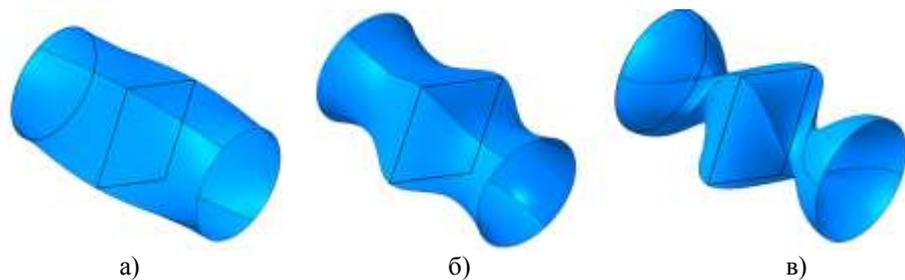


Рис.1. Примеры поверхностей, построенных на одном каркасе: а) автоматический режим построения, б) с использованием направляющей траектории, в) ошибка «перекручивание».

На основе такого заданного сетчатого каркаса возможно построение каркасной поверхности различными способами. Ранее мы рассматривали возможность

моделирования корпуса судна по одному из множеств обводов. Так, в работе [15] в качестве формообразующих линий каркаса нами были взяты поперечные сечения – шпангоуты (Рис.2а). Выбор вертикальных поперечных сечений в качестве каркаса нами был обоснован, во первых, большим количеством формообразующих сечений, так в любом крупном судне 20 основных шпангоутов. При этом для повышения качества поверхности возможно построение промежуточных шпангоутов в области наибольшей кривизны поверхности на базе теоретического чертежа с помощью проекционных методов. Также каркас из шпангоутов обладает высоким уровнем визуализации и в достаточной мере описывает будущую поверхность. Однако, поверхность, полученная на основе множества поперечных сечений, имеет и недостатки. Так, при таком подходе моделируемая поверхность, скорее всего, будет иметь недостаточный уровень качества моделирования в областях наибольшего изменения кривизны корпуса судна, а именно, в носовой и кормовой частях, как это было нами показано в работе [15]. В САПР КОМПАС-3D существует возможность моделирования поверхностей по сети кривых двух направлений. Логично было бы предложить в качестве кривых второго направления заданные ватерлинии, в то время как кривыми первого направления останутся шпангоуты. Однако в системе КОМПАС-3D существует ряд требований, предъявляемых к сети кривых. Так, каждая кривая одного направления должна иметь по одной общей точке с каждой кривой другого направления. Это требование нельзя выполнить в силу особенности формы корпуса судна: начальные и конечные шпангоуты не пересекаются с нижними ватерлиниями. В связи с этим обстоятельством, из имеющихся на заданном теоретическом чертеже линий в работе мы использовали в качестве кривых второго направления линию главного обвода и линию палубы (Рис.2б). Только эти линии удовлетворяют всем требованиям операции «По сети кривых».

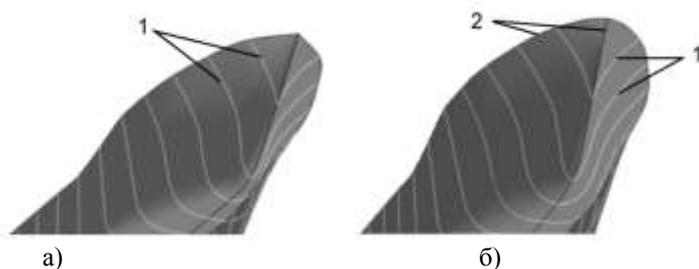


Рис.2. Фрагмент каркасной поверхности корпуса судна: а) по поперечным сечениям (шпангоутам), б) по сети кривых двух направлений, где 1- шпангоуты, 2 – линия палубы и главный обвод судна

С целью повышения качества поверхности в работе [16] нами было предложено введение в каркас наклонных сечений корпуса судна – рыбин. В связи с тем, что данный тип обводов судна не всегда присутствует на теоретическом чертеже, эти сечения необходимо дополнительно строить с помощью проекционных методов. Кроме этого, с точки зрения трехмерного моделирования рыбины представляют собой пространственные сплайны, а не плоские как все основные обводы судна, что увеличивает трудоемкость данного подхода моделирования. Поэтому этот метод повышения качества поверхности на является целесообразным.

В данной работе мы предлагаем рассмотреть еще один метод построения поверхности судна на базе множества горизонтальных сечений – ватерлиний (Рис. 3).

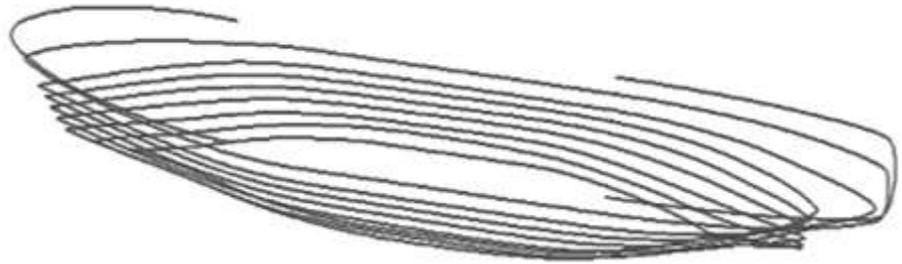


Рис.3. Каркас поверхности судна из горизонтальных сечений – ватерлиний

В отличие от шпангоутов общее количество ватерлиний не превышает десяти, что может привести к недостаточной точности воспроизведения формы поверхности судна. Как показал предварительный анализ полученной таким способом поверхности судна, показанной на рисунке 4, она достаточно точно передает заданную форму носовой и кормовой частей только по имеющимся на теоретическом чертеже ватерлиниям.

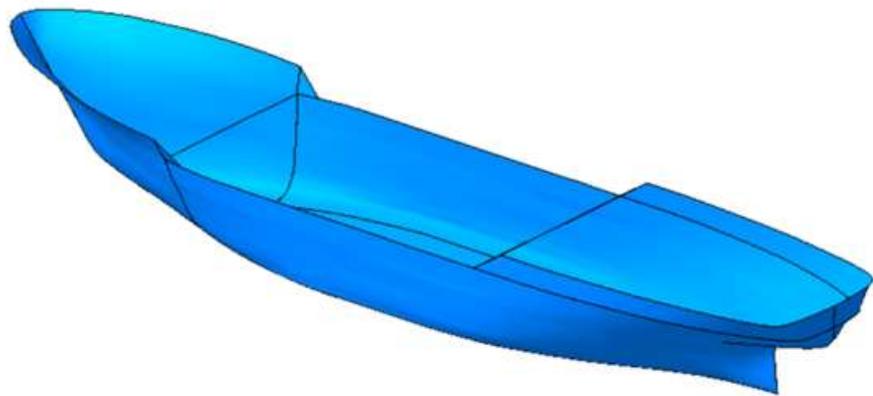


Рис.4. Поверхность судна, построенная по ватерлиниям

Для объективной оценки качества полученных различными способами поверхностей нами была предложена методика сравнительного анализа качества каркасных поверхностей с помощью контрольных сечений [15]. Контрольное сечение по данному обводу – это кривая пересечения каркасной поверхности судна и секущей плоскости соответствующего обвода судна. Такие кривые пересечения легко снимаются с любой поверхности с помощью одноименной команды в САПР Компас как это показано на рисунке 5. Для полного анализа всей поверхности судна необходимо получить контрольные сечения для всех обводов судна. При этом действует следующий принцип: если поверхность моделируется по горизонтальным сечениям, то контрольные сечения надо получать посредством вертикальных секущих плоскостей и наоборот.

Оценка гладкости и точности полученной каркасной поверхности проводилась с помощью контрольных сечений поверхности судна плоскостями, параллельными горизонтальной плоскости проекций – т. е. плоскостями, совпадающими с плоскостями ватерлиний, а также сечения поверхности судна плоскостями, параллельными вертикальной плоскости, т.е. плоскостями батоксов. В результате были получены множества ватерлиний и батоксов, снятых с модели судна. Эти же

линии заданы на теоретическом чертеже. При помощи контрольных сечений, не совпадающих с сечениями каркаса, можно судить не только о гладкости полученной поверхности, но и о точности ее моделирования, так как в качестве секущих плоскостей для контрольных сечений были взяты плоскости заданных ватерлиний и батоксов.

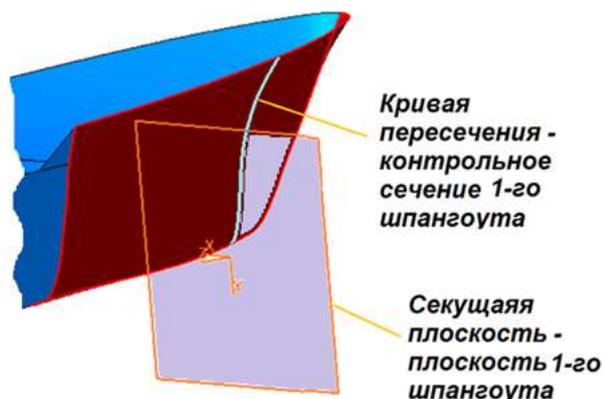


Рис.5. Снятие с поверхности контрольного сечения 1-го шпангоута

По каждому контрольному сечению путем наложения на него соответствующего заданного обвода с теоретического чертежа (Рис. 6) были определены ряд показателей, характеризующих точность и гладкость каркасной поверхности.

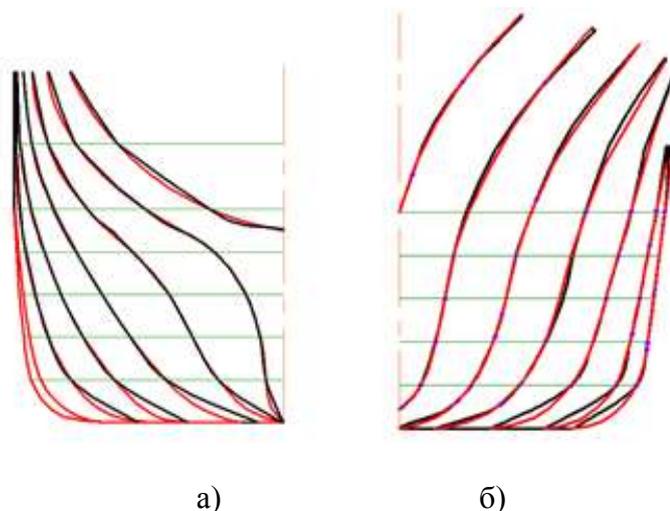


Рис.6. Сравнение контрольных сечений шпангоутов с заданными для кормовой части (а) и носовой части судна (б) модели по ватерлиниям

Сравнительная оценка качества моделирования каркасной поверхности судна различными способами производилась по ранее предложенной нами методике [15,16], согласно которой определялись следующие количественные параметры, графически показанные на рисунке 7:

- Δ_{\max} - максимальное линейное отклонение данного i -го обвода от заданного;

- $S_{oi} = S_1 + S_2$ - общая интегральная ошибка моделирования по i -му обводу, где S_1 – сумма всех площадей с одной стороны от заданного i -го обвода, S_2 - сумма всех площадей с другой стороны этого обвода;
- $S_{otni} = (S_{oi}/S_{pi}) \times 100\%$ - относительная интегральная ошибка моделирования по i -му обводу: где S_{pi} – полная площадь под кривой i -го обвода до осевой линии;
- $\delta = |S_1 - S_2|$ - смещение контрольного сечения от заданного обвода.

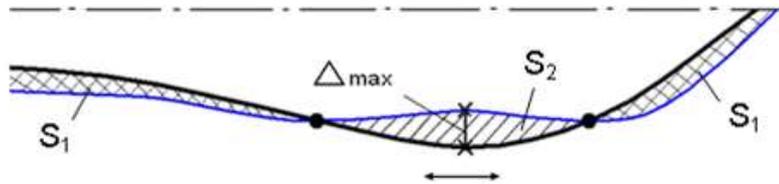


Рис. 7. Графическое определение показателей качества каркасной поверхности

Наиболее объективным показателем точности моделируемой поверхности является относительная интегральная ошибка моделирования (S_{otn}), т.е. доля отклонения площади каждого обвода к полной площади под кривой этого обвода. Чтобы получить S_{otn} для всей поверхности необходимо просуммировать этот показатель по всему множеству контрольных сечений. Однако в виду того, что количество вертикальных сечений в два раза больше, чем горизонтальных, простая сумма по всем сечениям будет некорректна в оценке интегральной ошибки моделирования поверхностей по шпангоутам в сравнении с поверхностью по ватерлиниям. Поэтому предлагается привести этот показатель к среднему значению в зависимости от количества контрольных сечений в данной поверхности (N): $S_{otn}^* = S_{otn}/N$.

Результаты исследования

В результате данной работы была показана возможность моделирования поверхности корпуса судна по горизонтальным продольным сечениям – ватерлиниям и был проведен сравнительный анализ поверхностей, основанных на различных формообразующих множествах обводов: по шпангоутам и ватерлиниям. Для каждой поверхности были определены количественные показатели качества моделирования. Результаты оценки качества поверхностей судна, построенных на каркасе обводов различного типа, приведены в таблице 1. По результатам сравнительного анализа исследуемых поверхностей можно сделать следующие выводы. Поверхность по ватерлиниям обеспечивает значительно меньшую интегральную ошибку моделирования как по общей сумме относительных площадей (S_{otn}), так и по приведенной средней интегральной ошибке (S_{otn}^*). Также последняя поверхность показывает меньшее значение максимального отклонения от заданного обвода. При этом наибольшее расхождение кривых контрольного сечения и заданных шпангоутов для этой поверхности наблюдается в области днища судна, т.е. между нулевой и 1-й ватерлиниями. Следовательно, есть потенциал дальнейшего повышения качества поверхности по ватерлиниям путем ввода в множество линий каркаса промежуточной ватерлинии.

Таблица 1

Результаты оценки качества поверхностей судна на каркасе различного типа

Тип линий каркаса	Количественные показатели качества поверхности			
	Δ_{\max}	S _{отн} , %	S _{отн*} , %	$\delta = S_1 - S_2 $
По вертикальным сечениям (шпангоутам)	6,35	0,762	0,0381	53,61
По горизонтальным сечениям (ватерлиниям)	2,95	0,140	0,0175	12,72

Заключение

По результатам работы было показано, что качество каркасной поверхности не всегда напрямую зависит от количества линий в каркасе, особенно это касается таких геометрически сложных криволинейных поверхностей как поверхность корпуса судна. Применительно к поверхности судна более важным фактором, обуславливающим точность трехмерной модели, является способность сечений описывать заданную форму судна в областях с наибольшим изменением кривизны, т.е. в носовой и кормовой части судна. С этой точки зрения именно горизонтальные сечения – ватерлинии – наиболее целесообразны.

Список литературы

1. Lebedev, O.Y., Fil, A.V., Bondareva, E.V. Simulation of ship handling in reverse // Journal of Physics: Conference Series 2021. Vol. 2061 (1):012079.
2. Yudin, Y.I., Petrov, S.O. Assessment of the quality of control of the ship "crosshair" under wind load conditions//Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol.2061 (1).
3. Пец Н. Г. Аналитическая трехмерная модель носовой оконечности судов ледового плавания и ледоколов // Вестник ИШ ДВФУ. 2018. №4 (37).
4. Карневич В. В. Построение гидродинамических поверхностей каркасами из кривых Ламе на примере корпуса подводной лодки // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2022. Т. 23, № 1. С. 30-37.
5. Карневич В. В. Гидродинамические поверхности с мидель-шпангоутом в форме кривых ламе // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2021. №4. С. 323-328.
6. Давыдова С. В., Мочалов К. П. Методика автоматизированного формирования судовой поверхности буксирного судна // Научные проблемы водного транспорта. 2022. №75. С. 36-50. DOI:10.37890/jwt.vi75.365
7. LIN R. et al. Application of the Foran software on the engineer design [J] //Machinery. 2011. Vol.8. pp. 8-14.
8. Dong-mei C.K.Z., Rui-xi W.U. Elementary introduction of CATIA software's application on ship-building //Journal of Qingdao Ocean Shipping Mariners College. 2008. Vol. 4.
9. Зяблов О.К., Кочнев Ю.А. Обзор современных CAD/CAM/CAE систем и перспективы их применения на отечественных судоремонтных предприятиях// Научные проблемы водного транспорта. 2015. № 44 , С. 168-175.
10. Давыдова С.В., Мочалов К.П. Сравнительный анализ создания теоретического чертежа в программах "ТКОРПУС" и "FREESHIP" //Научные проблемы водного транспорта. 2022. №72. С. 30-40. DOI:10.37890/jwt.vi72.276.
11. Клименко Е.С., Бородин Л.Н., Рыченкова А.Ю. Прикладное использование систем автоматизированного проектирования при моделировании механизмов и машин на морском транспорте // Научные проблемы водного транспорта. 2018. № 57. С. 38-44.
12. Горавнева Т.С., Семенова-Тян-Шанская В.А. Моделирование корпуса судна в САПР КОМПАС 3D // САПР и графика. 2019. №4. С.57-61.

13. Дмитриев С.А., Раков В.Л., Чехович С.В. Создание теоретического чертежа корпуса судна с использованием САПР КОМПАС. СПб.: СПбГМТУ, 2015. 176 с.
14. Попов Е.В., Шоркина И.Н. Автоматизация моделирования поверхности судового корпуса // Омский научный вестник. 2023 №4 (188). С. 13-21.
15. Рыченкова А. Ю., Клименко Е. С., Бородина Л. Н. Геометрическое моделирование и оценка качества каркасной поверхности корпуса судна в САПР Компас-3D // Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 62. С. 81-90. DOI:10.37890/jwt.vi62.49.
16. Rychenkova A.Y., Klimenko E.S. Borodina L.N. Introduction of oblique sections into the curves web in modeling the framing of a vessel hull in KOMPAS-3D // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2032. 012142. 10.1088/1742-6596/2032/1/012142.

References

1. Lebedev, O.Y., Fil, A.V., Bondareva, E.V. Simulation of ship handling in reverse. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, Vol. 2061 (1):012079.
2. Yudin, Y.I., Petrov, S.O. Assessment of the quality of control of the ship "crosshair" under wind load conditions. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, Vol.2061 (1).
3. Pets N.G. Analiticheskaya trekhmernaya model' nosovoi okonechnosti sudov ledovogo plavaniya i ledokolov. [Analytical three-dimensional model of the bow tip of ice navigation vessels and icebreakers] *Vestnik ISH DVFU*. 2018, no.4 (37), (In Russ).
4. Karnevich V.V. Postroenie gidrodinamicheskikh poverkhnostei karkasami iz krivykh Lame na primere korpusa podvodnoi lodki. [Construction of hydrodynamic surfaces with frames made of Lamé curves using the example of a submarine hull] *Vestnik RUDN. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 2022, Vol.23, no.1, pp.30-37, (In Russ).
5. Karnevich V.V. Gidrodinamicheskie poverkhnosti s midel'-shpangoutom v forme krivykh lame. [Hydrodynamic surfaces with a midship frame in the form of lamé curves] *Vestnik RUDN. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 2021, no.4, pp.323-328, (In Russ).
6. Davydova S.V., Mochalov K.P. Metodika avtomatizirovannogo formirovaniya sudovoj poverkhnosti buksirnogo sudna. [The method of automated formation of the ship surface of a tugboat] *Russian Journal of Water Transport*. 2022, no.75, pp.36-50, (In Russ). DOI:10.37890/jwt.vi75.365.
7. LIN R. et al. Application of the Foran software on the engineer design [J] *Machinery*. 2011, Vol.8, pp.8-14.
8. Dong-mei C.K.Z., Rui-xi W.U. Elementary introduction of CATIA software's application on ship-building *Journal of Qingdao Ocean Shipping Mariners College*. 2008, Vol.4.
9. Zyablov O.K., Kochnev YU.A. Obzor sovremennykh CAD/CAM/CAE sistem i perspektivy ikh primeneniya na otechestvennykh sudoremontnykh predpriyatiyakh. [Review of current CAD/CAM/CAE systems and the prospects of applications in the domestic ship repair company] *Russian Journal of Water Transport*. 2015, no.44, pp.168-175, (In Russ).
10. Davydova S.V., Mochalov K.P. Sravnitel'nyj analiz sozdaniya teoreticheskogo chertezha v programmakh "TKORPUS" i "FREESHIP". [Comparative analysis of the creation of a theoretical drawing in the programs «TKorpus» and «FreeShip»] *Russian Journal of Water Transport*. 2022, no.72, pp.30-40, (In Russ). DOI:10.37890/jwt.vi72.276
11. Klimenko E.S., Borodina L.N., Rychenkova A.YU. Prikladnoe ispol'zovanie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya pri modelirovanii mekhanizmov i mashin na morskome transporte. [Applied use of computer-aided design systems for modeling mechanisms and machines in marine transport] *Russian Journal of Water Transport*. 2018, no.57, pp.38-44, (In Russ).
12. Goravneva T.S., Semenova-Tyan-Shanskaya V.A. Modelirovanie korpusa sudna v SAPR KOMPAS 3D. [Ship hull modeling in CAD COMPASS 3D] *SAPR i grafika*. 2019, no.4, pp.57-61, (In Russ).
13. Dmitriev S.A., Rakov V.L., Chekhovich S.V. Sozdanie teoreticheskogo chertezha korpusa sudna s ispol'zovaniem SAPR KOMPAS. [Creating a theoretical drawing of the ship's hull using the COMPASS CAD system] *SPb.: SPBGMTU Publ*, 2015. 176 p.
14. Popov E.V., Shorkina I.N. Avtomatizatsiya modelirovaniya poverkhnosti sudovogo korpusa. [Automation of modeling the surface of the ship's hull] *Omskij nauchnyj vestnik*. 2023, no.4 (188), pp.13-2., (In Russ).

15. Rychenkova A.Yu., Klimenko E.S., Borodina L.N. Geometricheskoe modelirovanie i ocenka kachestva karkasnoj poverkhnosti korpusa sudna v SAPR Kompas-3D. [Geometric modeling and quality assessment of the hull frame surface in compass-3d cad] *Russian Journal of Water Transport*. 2020, no.62, pp.81-90, (In Russ). DOI:10.37890/jwt.vi62.49.
16. Rychenkova A.Yu., Klimenko E.C. Borodina L.N. Introduction of oblique sections into the curves web in modeling the framing of a vessel hull in KOMPAS-3D. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, Vol.2032.012142.10.1088/1742-6596/2032/1/012142.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Рыченкова Анна Юрьевна, к.т.н,
доцент кафедры «Механика и инженерная
графика», Государственный морской
университет им. адмирала Ф.Ф.Ушакова,
353918, г. Новороссийск, пр. Ленина, 93,
e-mail: anar4230@mail.ru

Anna Yu Rychenkova, Ph.D. in Engineering
Science, Associate Professor of the Department
«Mechanics and Engineering Graphics», Admiral
ushakov maritime state university, 93 Lenin
Ave., Novorossiysk, 353918, e-mail:
anar4230@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 14.06.2024; published online 20.09.2024.

СУДОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

SHIP POWER EQUIPMENT

УДК 629.5.037

DOI: 10.37890/jwt.vi80.512

Оценка потребляемой мощности главного двигателя мореходного транспортного средства на воздухоопорных гусеницах

А.А. Панасенко

ORCID: 0000-0003-2067-884X

С.В. Петрашёв

ORCID: 0000-0003-3183-5150

О.В. Москаленко

ORCID: 0000-0003-3121-5234

Р.К. Фокин

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского, Владивосток, Россия

Аннотация: Комплексное освоение Дальневосточного и Арктического побережья России требует развития всех видов транспорта. Одним из перспективных видов транспорта оказывает минимальное воздействие на, легко разрушаемый в летний период, грунт тундры. Грузоподъемность данного типа мореходных вездеходов может достигать 150 тонн. Конструкция воздухоопорных гусениц включает высокопрочную бесконечную эластичную ленту со смонтированными по наружной поверхности низконапорными пневматическими плечами. Вместо механической системы подвески применяется воздушная подушка. Использование низконапорных пневматических плеч обеспечивает большую площадь «пятна контакта» с грунтом, что позволяет передвигаться по его поверхности, не повреждая дерна тундры. Важной задачей при разработке этого вида транспорта является проектирование энергетической установки. Для оценки необходимой мощности энергоустановки были использованы результаты серийных натурных экспериментов и аналитические зависимости. Математическому моделированию и результатам определения потребляемой мощности при сонаправленном движении воды и контактирующей с ней поверхности гусеницы посвящена данная статья.

Ключевые слова: амфибийный морской транспорт, воздухоопорная гусеница, относительная длина воздухоопорной гусеницы, избыточное давление воздушной подушки, удельное буксировочное сопротивление, нагрузка на грунт, тундровый грунт, разрушение дерна, пневматическая плеча (пневмоплеча).

Estimation of power consumption of the main engine of a seaworthy vehicle on air-supported tracks

Andrey A. Panasenko

ORCID: 0000-0003-2067-884X

Sergey V. Petrashev

ORCID: 0000-0003-3183-5150

Oleg V. Moskalenko

ORCID: 0000-0003-3121-5234

Roman K. Fokin

Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi, Vladivostok, Russia

Abstract. The integrated development of the Far Eastern and Arctic coasts of Russia requires the development of all types of transport. One of the promising types is seaworthy vehicles on air-supported tracks. This type of transport has a minimal impact on the tundra soil, which is easily destroyed in summer. The load-bearing capacity of this type of seaworthy all-terrain vehicles can reach 150 tons. The design of the air-supported tracks includes a high-strength endless elastic belt with low-pressure pneumatic tiles mounted on the outer surface. An air cushion is used instead of a mechanical suspension system. The use of low-pressure pneumatic tiles provides a large area of the "contact patch" with the soil, which allows moving along its surface without damaging the tundra turf. An important task in developing this type of transport is the design of the power plant. The results of serial full-scale experiments and analytical dependencies were used to estimate the required power of the power plant. This article considers mathematical modeling and the results of determining power consumption during the co-directed movement of water and the caterpillar surface in contact with it.

Keywords: amphibious sea transport, air-supported caterpillar, relative length of the air-supported caterpillar, specific towing resistance, soil load, tundra soil, turf destruction.

Введение

Настоятельная необходимость комплексного освоения Арктической зоны и Дальневосточного побережья нашей страны нашла подтверждение в Указе Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 "О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года".

Для качественной бесперебойной работы Северного морского пути и его портовой инфраструктуры предусматривается развитие всех видов транспорта, как наземного, воздушного, так и морского. Одним из перспективных направлений развития, транспортной составляющей обеспечения выполнения указанной Стратегии является развитие амфибийного морского транспорта, позволяющего осуществлять весь технологический комплекс погрузо-разгрузочных работ на необорудованное побережье. Исследования Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского в области мореходных транспортных средств на воздухоопорных гусеницах (ТСВГ) показали их перспективность и целый ряд серьезных преимуществ над гусеничной и колесной техникой, а также над судами на воздушной подушке:

- более высокая экологическая безопасность – при движении ТСВГ не образуется колея, размывающая тундру;
- высокая проходимость - обеспечивает ход по пескам любой сыпучести, снегам любой глубины и рыхлости, болотам любой категории, по пням лесосеки, а также по битому и сплошному льду;
- снижение энергозатрат - за счет движения смоченной поверхности по направлению потока воды сопротивление снижается в два и более раз в сравнении с судном на воздушной подушке (СВП);
- КПД - примерно в полтора раза больше КПД воздушного винта СВП;
- движение на волнении - до 4-х и 5-ти баллов включительно, в том числе и в прибойной полосе;
- способность преодолевать уклоны до 20°;
- скорость – до 30-40 км/час на бездорожье и до 20-25 узлов на воде;

- технологическая мобильность – при грузовых операциях на необорудованном побережье, нет необходимости перегружать с морского на сухопутный вид транспорта.

Указанные преимущества были подтверждены при испытаниях крупномасштабного макета. Также было установлено, что воздухоопорные гусеницы являются амфибийным движителем, плавучесть которого соизмерима с опорной реакцией на грунт; транспортное средство надежно работает в битом льду с обеспечением выхода из воды на лед; не имеет крена при ходе одной гусеницей по льду другой по воде; надежно работает на боковом уклоне; обладает высокой плавностью хода на валунах, кочках и мелких торосах [1, 7, 8, 9, 10].

Воздухоопорная гусеница сочетает в себе преимущества воздушной подушки и гусеницы. Такая уникальная универсальность ходовых качеств позволяет одним транспортным средством (рис. 1) выполнить широчайший круг спасательных, промышленных и транспортно-технологических задач.

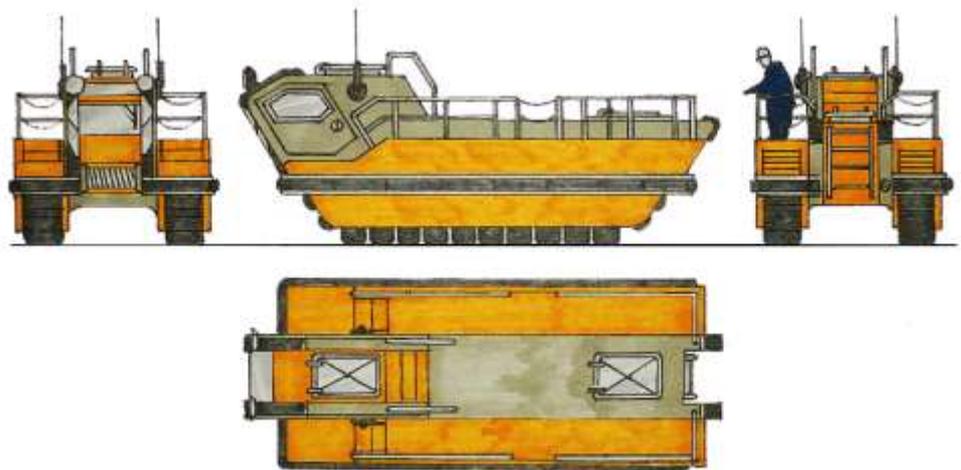


Рис.1. Эскиз транспортного средства на воздухоопорных гусеницах

Конструкция воздухоопорной гусеницы (ВГ) представлена на совмещенной схеме (рис. 2) [2]. Гусеница изготавливается из широкой высокопрочной воздухонепроницаемой ленты, на внешней стороне которой расположены надувные грунтозацепы (пневмоплицы). В носовой и кормовой оконечностях гусеницы располагаются ведущий и ведомый барабаны большого диаметра. Во внутреннем пространстве, между верхней и нижней частями гусеницы расположен несущий понтон, перекрывающий все пространство между ведущим и ведомым барабанами. Внутри понтона, так же размещается различное механическое оборудование: нагнетатель воздуха с приводом, главный двигатель, трансмиссия, и т.д.

Подобная организация рабочего пространства понтона позволила организовать в нижней части полость, в которую нагнетается воздух и создается воздушная подушка. Последняя ограничена нижней стороной гусеничного полотна, ведущим и ведомым валами, понтоном, а также боковыми скегами (внутренним и наружным). Равномерное распределение давления позволяет обеспечить минимальное воздействие на грунт. Наличие пневмоплиц, с объемом равным водоизмещению морского вездехода, обеспечивает мореходность на открытой воде, а также в сплошном и битом ледяном поле.

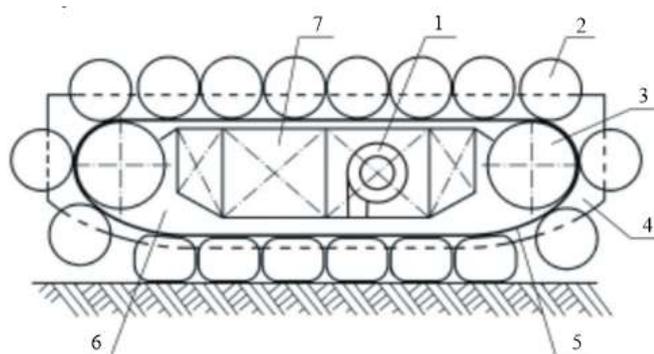


Рис.2. Схема размещения элементов воздухоопорной гусеницы
1- воздушный нагнетатель, 2- пневмоплицы, 3- барабан, 4- бортовые скеги,
5- гусеничная лента, 6- воздушная подушка, 7- понтон

Движение смоченной поверхности по направлению потока воды значительно снижает сопротивление движению ТСВГ [3]. Данный способ организации движения по воде является прорывной технологией в проектировании амфибийного мореходного транспорта [4]. Результаты испытаний действующего макета ТСВГ в масштабе 1:4 на выставке «Спецтран» получили признание, как новый принцип движения и отмечены золотой медалью. За научную работу в конкурсе «Молодые ученые транспортной отрасли» исследователь из МГУ им. адм. Г.И. Невельского в 2016 году награжден Министром транспорта Российской Федерации Соколовым М.Ю. знаком Победителя конкурса Министерства транспорта Российской Федерации.

Цель статьи

Одной из актуальных задач проектирования ТСВГ является определение зависимости необходимой мощности главного двигателя от скорости, водоизмещения, давления в воздушной подушке, площади «пятна контакта» ВГ с грунтом и конструктивных соотношений размеров воздухоопорной гусеницы. Описание одного из вариантов решения указанной задачи является целью данной статьи.

Методы

В работе получены зависимости мощности главного двигателя для привода ТСВГ в зависимости от скорости, водоизмещения и относительной длины воздухоопорных гусениц при заданном значении избыточного давления воздушной подушки в ней. Данные результаты получены в результате математического моделирования с использованием результатов натуральных экспериментов.

Моделирование работы энергоустановки

Алгоритм расчета необходимой мощности главного двигателя от различных факторов включает следующее:

Ввод исходных данных – водоизмещение Δ , тонн (5, 50, 100, 150); скорость хода v , узлы (от 0 до 25); относительная длина воздухоопорной гусеницы L/Vc (от 2 до 5); избыточное давление воздушной подушки p (величина ограничена условием предотвращения срыва дерна на переувлажнённом грунте и отсутствием размыва колеи в тундре - 18 кПа).

1. Расчет основных параметров ВГ – площадь «пятна контакта» ВГ с грунтом (опорной поверхности) S_p в зависимости от величины избыточного давления воздушной подушки p и водоизмещения ТСВГ Δ , длина L , ширина B_c .

Длина:

$$L = \sqrt{\frac{(L/B_c) \cdot S_p}{2}}, \text{ м,}$$

где L/B_c – относительная длина воздухоопорной гусеницы;

S_p – площадь опорной поверхности ВГ

Ширина:

$$B_c = \frac{L}{L/B_c}, \text{ м,}$$

2. Расчет относительной скорости

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$$

3. Определение относительного буксировочного сопротивления R/Δ по зависимости последнего от числа Фруда $R/\Delta = f(Fr)$. График получен на основе обработки систематических экспериментальных исследований и представлен американским научным центром «Naval ship research and development center» [5].

4. Расчет абсолютной величины эффективной мощности главного двигателя с учетом КПД ВГ. Согласно данным представленным в работе Азовцева А.И. [3], КПД гибкой ленты движущейся сонаправлено с потоком жидкости, как движителя, составляет $\eta = 50 \%$. В соответствии с методическим подходом по расчету эффективной мощности двигателя, представленным Центром исследования и усовершенствования судов David W. Taylor (DTNSRDC) зависимость имеет вид:

$$Ne = \frac{R}{\Delta} \cdot \Delta \cdot \frac{v}{102 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

Для определения удельного буксировочного сопротивления использована известная зависимость [5, 6], представленная на рисунке 3.

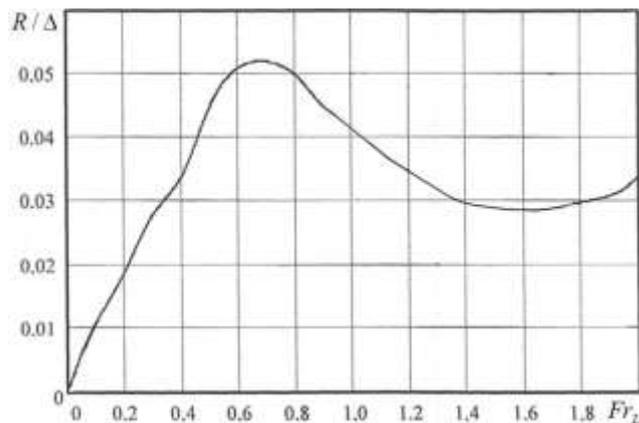


Рис.3. Зависимость удельного буксировочного сопротивления от числа Фруда

Указанная зависимость представлена в графической форме. Для представления последней в аналитическом виде возникла необходимость ее аппроксимации. Единой непрерывной функцией это сделать, с достаточной точностью, не удалось. Данная графическая зависимость была аппроксимирована дискретной функцией для двух участков: начального – от 0 до вершины горба сопротивления (числа Фруда от 0 до 0,678) и конечного – от вершины горба сопротивления до окончания графика (числа Фруда от 0,678 до 2,0). Результат аппроксимации представлен на рисунке 4. Начальный участок (для чисел Фруда от 0 до 0,678), с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9987$, аппроксимирован полиномом четвертой степени:

$$R/\Delta = -0,881Fr^4 + 1,1249Fr^3 - 0,4651Fr^2 + 0,1498Fr - 0,0001$$

Конечный участок графика (числа Фруда от 0,678 до 2,0) аппроксимирован полиномом шестой степени, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,9973$

:

$$R/\Delta = -0,0326Fr^6 + 0,29Fr^5 - 1,0722Fr^4 + 2,1063Fr^3 - 2,2833Fr^2 + 1,2414Fr - 0,2082$$

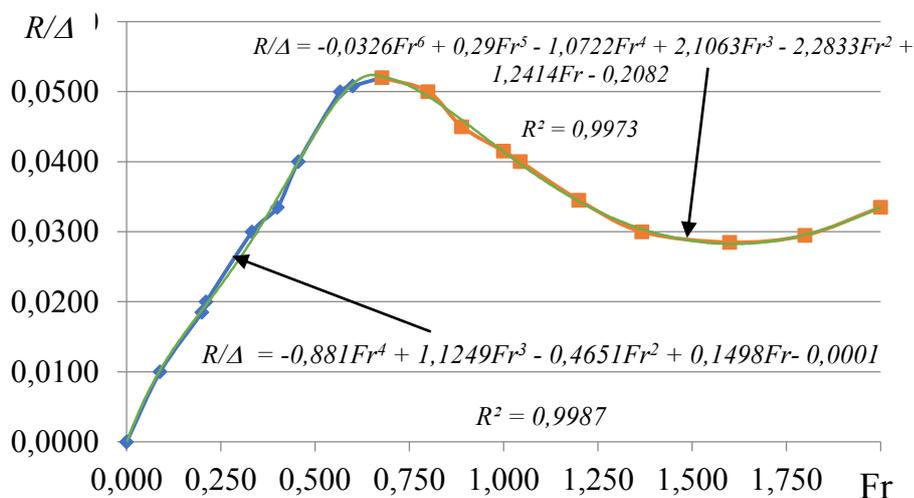


Рис.4. Результат аппроксимации зависимости удельного сопротивления от числа Fr

В результате математического моделирования, в соответствии с представленным выше алгоритмом, потребляемой мощности главным двигателем ТСВГ водоизмещением 5, 50, 100 и 150 тонн, при относительной длине ВГ от 2 до 5 и скорости до 25 узлов были получены расчетные зависимости, которые представлены в виде графиков на рисунках 5 и 6. На рисунке 5 представлены зависимости потребляемой мощности главным двигателем ТСВГ от числа Фруда, а на рисунке 6 от абсолютной скорости (диапазон – от 0 до 25 узлов).

Анализ результатов расчетов показал, что при одинаковом водоизмещении увеличение относительной длины воздухоопорной гусеницы приводит к уменьшению величины числа Фруда при той же скорости движения. При равном значении абсолютной скорости ТСВГ меньшего водоизмещения движутся при больших значениях относительной скорости (при больших числах Fr). Так для конструкции водоизмещением 5 тонн абсолютной скорости в 25 узлов соответствует число Фруда 3,194 (при $L/Bc = 2$). Для конструкции водоизмещением 150 тонн и той же абсолютной скорости соответствует число Фруда 1,365 (при $L/Bc = 2$).

Математическое моделирование потребляемой мощности главным двигателем ТСВГ проведено в наиболее широком диапазоне чисел Фруда (от 0 до 3,19) для аппарата водоизмещением 5 тонн, при различной относительной длине ВГ и скорости

хода до 25 узлов. Для прочих конструкций характерны числа Фруда значительно меньшего значения – не более 2.

Анализ полученных данных показывает, что потребляемая мощность для привода воздухоопорных гусениц меньшей относительной длины ниже, чем у гусениц с большим отношением L/Bc .

Математическое моделирование потребляемой мощности главным двигателем ТСВГ проведено в наиболее широком диапазоне чисел Фруда (от 0 до 3,19) для аппарата водоизмещением 5 тонн, при различной относительной длине ВГ и скорости хода до 25 узлов. Для прочих конструкций характерны числа Фруда значительно меньшего значения – не более 2.

Анализ полученных данных показывает, что потребляемая мощность для привода воздухоопорных гусениц меньшей относительной длины ниже, чем у гусениц с большим отношением L/Bc .

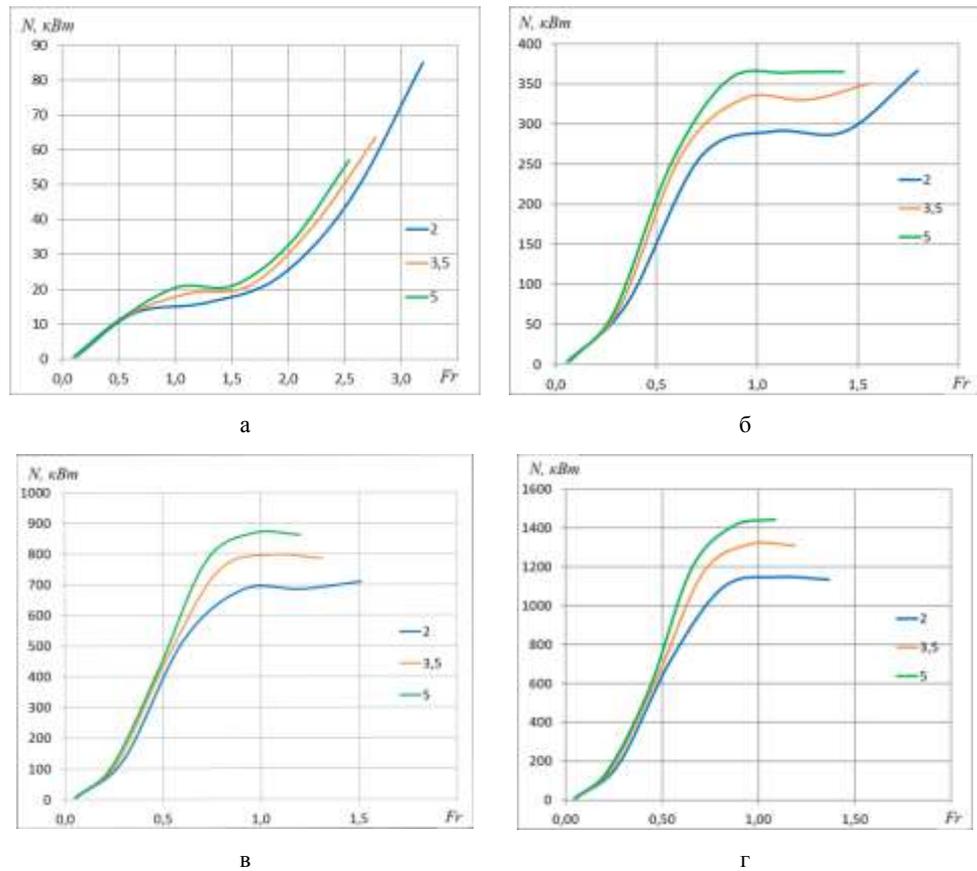


Рис.5. Зависимость потребляемой мощности главным двигателем от числа Fr при относительной длине ВГ 2; 3,5; 5
а – $\Delta = 5$ т, б – $\Delta = 50$ т, в – $\Delta = 100$ т, г – $\Delta = 150$ т;

— $L/Bc = 2$; — $L/Bc = 3,5$; — $L/Bc = 5$

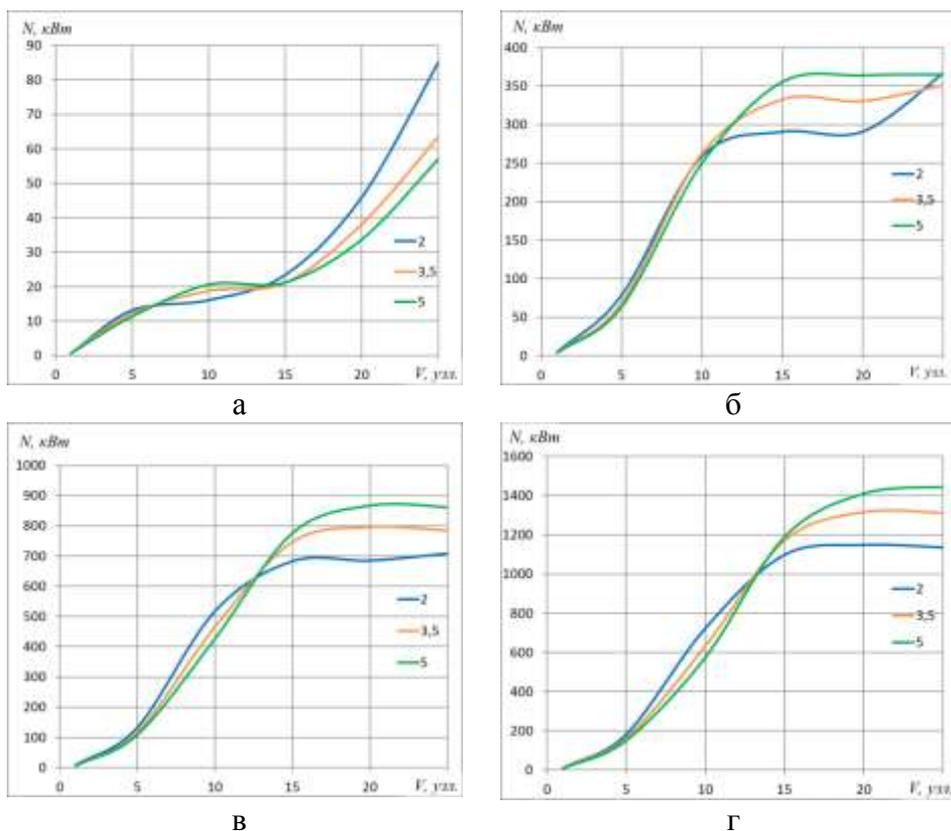


Рис. 6. Зависимость потребляемой мощности главным двигателем от скорости при относительной длине ВГ 2; 3,5; 5

а – $\Delta = 5$ т, б – $\Delta = 50$ т, в – $\Delta = 100$ т, г – $\Delta = 150$ т;

— $L/Bc = 2$; — $L/Bc = 3,5$; — $L/Bc = 5$

На графике прослеживается несколько характерных участков:

1. На начальном участке, при числах Фруда от 0 до 0,7, наблюдается интенсивный рост потребляемой мощности.
2. При числах Фруда ориентировочно от 0,7 до 1,3 – 1,5 имеется участок, на котором изменение мощности незначительно.
3. При числах Фруда от 1,3 - 1,5 наблюдается зона интенсивного роста мощности. Тут необходимо отметить, что результат определения удельного буксировочного сопротивления надежно аппроксимируется только для чисел Фруда от 0 до 2. При больших величинах F_r , значения R/Δ получаются экстраполяцией экспериментальных данных (рис. 3).

Потребляемая мощности главным двигателем ТСВГ водоизмещением 50, 100 и 150 тонн рассчитывалась в диапазоне от 0 до 25 узлов. Максимальная относительная скорость для водоизмещений 50, 100 и 150 т составила соответственно – 1,79, 1,51 и 1,36 при $L/Bc=2$. В указанном диапазоне чисел F_r только ТСВГ водоизмещением 50 т приблизилось к границе участка интенсивного роста мощности (при $L/Bc=2$). Расчет параметров остальных аппаратов ограничен скоростью в 25 узлов и остановлен на участке незначительного изменения мощности.

Анализ графиков зависимости потребляемой мощности от абсолютной величины скорости показывает, что для ТСВГ водоизмещением 5 тонн до скорости примерно 7 узлов необходимая мощность при больших значениях L/Vc наименьшая. В диапазоне от 7 до 13,5 – 14 узлов наименьшая потребляемая мощность у конструкций с L/Vc малой величины. При абсолютных скоростях выше 13,5 – 14 узлов вновь наиболее выгодным с энергетической точки зрения становятся ТСВГ с L/Vc с наибольшим значением. Такое распределение наиболее предпочтительных сочетаний L/Vc в зависимости от абсолютной скорости объясняется тем, что при одинаковом водоизмещении и скорости, но увеличении относительной длины гусеницы – уменьшается число Фруда. И на участке зависимости относительного буксировочного сопротивления от числа Фруда $R/\Delta = f(Fr)$ (см. рис. 3) от 0 до вершины горба сопротивления приводит к смещению величины с меньшим значением R/Δ . На участке от горба сопротивления до его минимальной величины уменьшение F_r приводит к увеличению относительного сопротивления. После прохождения минимума (при $F_r = 1,6$) увеличение относительной длины вновь становится предпочтительным, т.к. смещает значение F_r в меньшую сторону, а это, в свою очередь, приводит к меньшему удельному сопротивлению и необходимой мощности по сравнению с гусеницей с малым значением L/Vc .

Описанные закономерности проявляются для конструкций водоизмещением 5 тонн. У ТСВГ водоизмещением 50 тонн относительной скорости более $F_r = 1,6$ достигает только аппарат с $L/Vc = 2$. Для ТСВГ водоизмещением 50 тонн при скорости около 25 узлов становится более выгодным использование воздухоопорных гусениц большей относительной длины. Прочие конструкции, особенно более тяжелые, за предел указанного диапазона не выходят, соответственно при скоростях от 11 (для $\Delta = 100$ т) – 13,5 (для $\Delta = 150$ т) до 25 узлов применение воздухоопорных гусениц с L/Vc малых значений предпочтительно.

Заключение

Проведенное математическое моделирование в зависимости от скорости, водоизмещения и относительной длины воздухоопорной гусеницы, с учетом избыточного давления в воздушной подушке, позволило выявить зависимости потребляемой мощности главного двигателя транспортного средства на воздухоопорных гусеницах в диапазоне абсолютных скоростей от 0 до 25 узлов. В дальнейшем планируется установить аналогичные зависимости от других конструктивных параметров, а также расширить диапазон скорости.

Список литературы

1. Азовцев А.И., Москаленко О.В. Крупномасштабная модель для исследования мореходности вездехода на воздухоопорных гусеницах // Транспортное дело России. 2015. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/krupnomasshtabnaya-model-dlya-issledovaniya-morehodnosti-vezdehoda-na-vozduhoopornyh-gusenitsah> (дата обращения: 28.04.2024).
2. Азовцев А.И., Огай С.А., Москаленко О.В. Метод DTNSRDC в прогнозировании мощности мореходного вездехода на воздухоопорных гусеницах грузоподъемностью 100 тонн на начальных стадиях проектирования/ Морские интеллектуальные технологии 3(37) Т.2 2017 С.88-92.
3. Азовцев А.И. Особенности и проблематика проектирования мореходных транспортных средств на воздухоопорных гусеницах: диссертация доктора технических наук : 05.08.03. - Владивосток, 1995.
4. Азовцев А.И., Огай С.А., Москаленко О.В. Прорыв в области внедорожного амфибийного транспорта // Наука и транспорт. Морской и речной транспорт. Транспорт Российской Федерации. 2011. С. 48-50.

5. Wilson R.A., Wales S.M., Khober Ch.E. The determining of power of hovercraft based on model test results (DTNSRDC). David W. Taylor Naval ship research and development center. USA.5. Bunch J. Rose D (Eds.) Sparse matrix computations. – New York – San Francisco –London: Akademik Press. 1976.
6. А.И. Азовцев, С.А. Огай, М.В. Войлошников, В.А. Петров, О.В. Москаленко. Амфибийные вездеходы на воздухоопорных гусеницах для освоения арктических шельфовых побережий. Морские интеллектуальные технологии, № 1, том 2, 2020 С. 33-43.
7. Азовцев А.И., Войлошников М.В. Амфибийный транспорт для реализации стратегии развития арктической зоны российской федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года/ Транспортное дело России. 2015. № 6. С. 245-246.
8. Азовцев А.И., Огай С.А., Карпушин И.С. Мореходные вездеходы для комплексного освоения шельфа и побережья стран АТР/ Asia-Pacific Journal of Marine Science & Education. 2012. Т. 2. № 1. С. 47-52.
9. Азовцев А.И., Огай С.А., Карпушин И.С. Облик мореходного вездехода на воздухоопорных гусеницах ограниченной грузоподъемности для арктического побережья/ Морские интеллектуальные технологии. 2022. № 4-1 (58). С. 46-51.
10. Азовцев А.И., Кулеш В.А., Огай А.С., Петров В.А. Развитие судов для условий грузовых операций на необорудованных берегах арктических и субарктических морей, Полярная механика. 2016. № 3. С. 450-460.

References

1. A.I. Azovtsev, O.V. Moskalenko. Large-scale model for research of seaworthiness of the allterrain vehicle on air-supported tracks// TRANSPORT BUSINESS IN RUSSIA, 2015, №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/krupnomasshtabnaya-model-dlya-issledovaniya-morehodnosti-vezdehoda-na-vozdhuoopornyh-gusenitsah> (date: 28.04.2024).
2. A.I. Azovtsev, S.A. Ogai, O.V. Moskalenko. The DTNSRDC method in forecasting at the initial projecting stages the capacity of a seaworthy all-terrain vehicle on air-supported tracks with carrying capacity of 100 tons/ Marine intellectual technologies 3(37) part.2 2017 p.88-92.
3. A.I. Azovtsev. Features and problems of designing seaworthy vehicles on air-supported tracks: dissertation of the Doctor of Technical Sciences: 05.08.03. - Vladivostok, 1995.
4. A.I. Azovtsev, S.A. Ogai, O.V. Moskalenko. A breakthrough in off-road amphibious transport // Since fnd transport. Sea and river transport. Transport of Russian Feeration. 2011. С. 48-50.
5. Wilson R.A., Wales S.M., Khober Ch.E. The determining of power of hovercraft based on model test results (DTNSRDC). David W. Taylor Naval ship research and development center. USA.5. Bunch J. Rose D (Eds.) Sparse matrix computations. – New York – San Francisco –London: Akademik Press. 1976.
6. A.I. Azovtsev, S.A. Ogai, M.V. Voyloshnikov, V.A. Petrov, O.V. Moskalenko. Amphibious all-terrain vehicles with the air-cushion caterpillars for the operation on the Arctic waterfronts, Marine intellectual technologies № 1, part 2, 2020 p. 33-43.
7. A.I. Azovtsev, M.V. Voyloshnikov. Amphibian transport for putting into practice the strategy of development of the arctic zone of the russian federation and for ensuring security for the period up to 2020/ TRANSPORT BUSINESS IN RUSSIA, 2015, №6.
8. Азовцев А.И., Огай С.А., Карпушин И.С. Мореходные вездеходы для комплексного освоения шельфа и побережья стран АТР/ Asia-Pacific Journal of Marine Science & Education. 2012. Т. 2. № 1. С. 47-52.
9. Anatoli I. Azovtsev, Sergey A. Ogai, Ivan S. Karpushin The layout seagoing all-terrain vehicle on air-cushion caterpillars a smaller cargo carrying capacity for arctic shore, Marine intellectual technologies № 4 part 1, 2022.
10. Azovtsev A., Kulesh V., Ogay A., Petrov V. Ship's Construction Development for Cargo Operations in Condition of the Unimproved Port Facilities in Arctic and Subarctic Coast. Polar Mechanics. № 3. 2016, Vladivostok, Russia, p. 450-460.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Панасенко Андрей Александрович, к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации автоматизированных судовых энергетических установок, МГУ им. адм. Г.И. Невельского, ул. Верхнепортовая, д. 50а, г. Владивосток, Россия, 690003, e-mail: AAPanasenko@msun.ru,

Andrey A. Panasenko, PhD in Engineering Science, Associate Professor of Ship's Power Plants Automation Department, Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi. 690003, 50a, Verkhneportovaya St., Vladivostok, Russia. e-mail: AAPanasenko@msun.ru,

Петрашѐв Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, профессор кафедры теории и устройства судна, МГУ им. адм. Г.И. Невельского, ул. Верхнепортовая, д. 50а, г. Владивосток, Россия, 690003. e-mail: petrashov@msun.ru

Sergey V. Petrashev, PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Theory and Vessel Construction Department, Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi. 690003, 50a, Verkhneportovaya St., Vladivostok, Russia. e-mail: petrashov@msun.ru

Москаленко Олег Владимирович, аспирант кафедры судовых двигателей внутреннего сгорания, МГУ им. адм. Г.И. Невельского, e-mail: Oleg151080@yandex.ru

Oleg V. Moskalenko, postgraduate of Ship's Internal Combustion Engines Department, Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi, e-mail: Oleg151080@yandex.ru

Фокин Роман Константинович, аспирант кафедры судовых двигателей внутреннего сгорания, МГУ им. адм. Г.И. Невельского, e-mail: fokin.99.roman@mail.ru

Roman K. Fokin, postgraduate of Ship's Internal Combustion Engines Department Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi, e-mail: fokin.99.roman@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 17.06.2024; published online 20.09.2024.

УДК 621.6.03

DOI: 10.37890/jwt.vi80.513

Доводочные испытания стенда термического обезвреживания судовых нефтесодержащих вод

В.А. Чернов
О.П. Шураев
А.Г. Чичурин
Ю.Р. Гуро-Фролова

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

Аннотация. Выполненные на стенде термического обезвреживания судовых нефтесодержащих вод исследования показали с одной стороны пригодность стенда для выполнения исследовательских работ, а с другой - выявили ряд неучтенных аспектов в конструкции стенда и его измерительной системы. В частности, заменена форсунка, обеспечивающая более мелкий распыл нефтесодержащей воды в газоход. Также, ранее было установлено, что для нормального распыления достаточно меньшего давления, по сравнению с проектным, что потребовало замены контрольного манометра и электронного датчика давления, с его последующей калибровкой. Для возможности расчета теплоэнергетических характеристик процесса термического обезвреживания установлена связь между давлением в баке и расходом нефтесодержащих вод через форсунку. В серии доводочных испытаний набрана статистика по распределению температуры по длине газохода без подачи и с подачей в него как чистой, так и нефтесодержащей воды. Полученные результаты свидетельствуют о дополнительном выделении теплоты при подаче в газоход нефтесодержащей воды. Экологические характеристики процесса термического обезвреживания контролировались газоанализатором. Во всех опытах отмечено снижение концентрации угарного газа практически до нуля. По результатам доводочных испытаний сделано заключение о готовности стенда для следующих экспериментов: отсеивающего и интерполяционных.

Ключевые слова: судовые нефтесодержащие воды; термическое обезвреживание; газоход судового двигателя; измерение давления, расхода, температуры; вредные выбросы в отработавших газах

Finishing bench tests for thermal neutralization of marine oily waters

Vladimir A. Chernov
Oleg P. Shurayev
Alexander G. Chichurin
Yuliya R. Guro-Frolova

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The studies conducted on the ship's oily water thermal disposal test bench demonstrated, on the one hand, the suitability of the bench for research work, and on the other hand, revealed several unaccounted aspects in the design of the bench and its measuring system. Specifically, the nozzle was replaced to ensure finer atomization of the

oily water into the flue. Additionally, it was previously established that lower pressure than originally designed was sufficient for proper atomization, necessitating the replacement of the control manometer and the electronic pressure sensor, followed by their calibration. To enable the calculation of the thermal energy characteristics of the thermal disposal process, a correlation between the pressure in the tank and the flow rate of the oily water through the nozzle was established. In a series of fine-tuning tests, data were collected on the temperature distribution along the length of the flue without and with the injection of both clean and oily water. The results indicate additional heat release when oily water is injected into the flue. The environmental characteristics of the thermal disposal process were monitored using a gas analyzer. In all the tests, the decrease of carbon monoxide concentration to almost zero was noted. Based on the results of the fine-tuning tests, it was concluded that the bench is ready for the following experiments: screening and interpolation.

Keywords: marine oily waters; thermal neutralization; marine engine gas flue; measurement of pressure, flow rate of the oily water, temperature, harmful emissions in exhaust gases.

Введение

Нефтепродукты являются причиной серьезного загрязнения водной среды, оказывая негативное воздействие на водные экосистемы. Они попадают в водную среду в результате аварий, сброса неочищенных или недостаточно очищенных нефтесодержащих вод (НСВ). Поэтому вопрос эффективности методов очистки судовых НСВ, наряду с другими мерами по предотвращению загрязнения водных ресурсов нефтепродуктами, становится крайне актуальным. Учитывая, что 85% мирового объема торговли осуществляется морским транспортом, увеличение загрязнения, вызванного судами, составляет значительную часть общего загрязнения водной среды, достигая 35% [1].

Современные методы обработки НСВ включают физическую, химическую, биологическую и комбинированную обработку [2-7]. Из-за разнообразного состава и возможности разделения нефтепродуктов в НСВ на различные слои [3, 4] требуются различные подходы к очистке. Хотя методы очистки, используемые на судах, способны существенно снизить содержание нефтепродуктов в НСВ, они не обеспечивают полного обезвреживания всех ее компонентов. Добиться полного обезвреживания НСВ возможно термическими способами, например в инсинераторах, в главных и вспомогательных паровых котлах, в нагревателях системы термальной жидкости и в системах инертных газов [8, 9, 10]. Инсинераторы получили широкое распространение на судах из-за возможности обезвреживания практически всех видов судовых отходов за счет высоких температур, достигающих 1100 °С. Современные инсинераторы могут использовать нефтяные остатки в качестве вторичного топлива для сжигания твердых отходов [8]. Анализ ряда работ [1, 8, 11] показывает, что основные недостатки данного оборудования связаны с энергосберегающей и экологической составляющей. Например, теплота, выделяемая отработавшими газами судового инсинератора, практически не используется. С точки зрения энергосбережения, эта высокопотенциальная теплота (температура, достигающая 1100°С), может быть полезно использована. Также, из-за неполного сгорания НСВ существует высокий риск возникновения выбросов загрязняющих веществ. Для предотвращения загрязнения, вызванного неполным сгоранием необходимо контролировать состав НСВ и не допускать содержание эмульгированной воды в них более 20 %, а также контролировать содержание кислорода в зоне горения [1, 11]. Актуальной задачей является создание новых типов установок, способных обеспечить полную очистку НСВ.

Перспективным направлением в области обезвреживания НСВ является еще один вариант, относящийся к термическим способам, осуществляемый путем распыления НСВ в газопыпускном тракте судового двигателя. Он предполагает нагревание НСВ

теплотой отработавших газов, испарение воды и последующее разложение и дожигание нефтеостатка [3, 12, 13]. Лабораторный стенд, предназначенный для изучения указанных процессов, подробно описан в работе [13]. Первые испытания показали, что «стенд успешно имитирует условия в газоходе судовых дизелей и газовых двигателей по температуре и составу продуктов сгорания» [13].

Задачами данного исследования являются подготовка к проведению отсеивающего и интерполяционного экспериментов с целью установления факторов, влияющих на температурный режим в газоходе и состав продуктов сгорания при подаче НСВ с различной концентрацией нефтепродуктов и накопление статистической информации о работе стенда на различных режимах.

Модернизация стенда

По результатам предварительных испытаний [14], выявивших ряд недочётов, лабораторный стенд был модернизирован. Проведена замена форсунки, используемой для распыления НСВ, диаметр отверстия для подачи НСВ вместо 0,5 мм стал равен 0,2 мм. Это позволит обеспечить меньший размер капель при распылении НСВ и, тем самым, повысить эффективность процесса обезвреживания. Также было установлено, что давление порядка 2 бар достаточно для обеспечения термической нейтрализации НСВ. Для уменьшения шага дискретизации при оцифровке данных с датчика давления была произведена его замена: вместо датчика давления с диапазоном измерения 0...1,03 МПа установлен датчик с диапазоном измерения 0...0,25 МПа (0...2,5 бар). Показания данного датчика оцифровываются аналого-цифровым преобразователем на плате микроконтроллера в блоке регистрации измерений. Замена датчика потребовала проведения повторной калибровки этой части измерительной системы. Зависимость для преобразования уровня сигнала в единицы измерения давления приведена на рисунке 1.

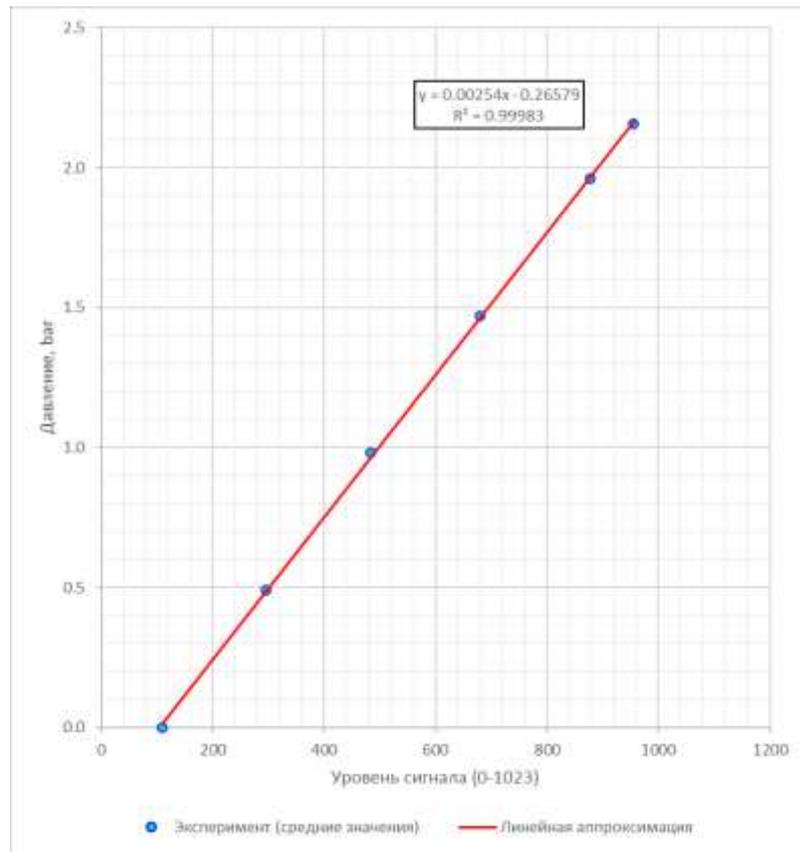


Рис.1. Калибровочная зависимость для датчика давления

Рисунок 1 показывает линейную зависимость сигнала от давления во всем анализируемом диапазоне давлений. Дискретность в 1024 уровня обеспечивает разрешающую способность 2,54 кПа.

Для возможности контроля полученных данных от датчика давления проведена замена манометра: новый имеет класс точности 1,5 и предел измерения до 2,5 кгс/см².

Определение зависимости расхода НСВ от давления в баке

В силу того, что определение расхода НСВ весовым методом на данном стенде возможно только при постэкспериментальной обработке данных, записанных на карту памяти, при разработке планов экспериментов и для контроля хода эксперимента необходимо установить связь между расходом НСВ и давлением в баке. Такая зависимость, очевидно, имеет место, и для ее определения была проведена серия из пяти опытов. В рамках каждого опыта давление последовательно понижалось с 2,5 бар до 1,0 бар с шагом 0,25 бар. На каждом шаге определялась навеска НСВ, подаваемая через форсунку за 180 с. Результаты опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Навеска НСВ (г) в зависимости от давления в баке

Номер опыта	Давление в баке, бар						
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
1	40,22	45,71	50,58	55,54	60,47	63,49	67,43
2	40,46	45,07	50,15	54,63	59,10	63,09	65,10
3	42,23	47,63	53,71	59,05	63,99	68,83	76,02
4	-	-	52,47	57,49	62,67	67,23	71,16
5	38,82	44,08	50,16	54,25	58,72	64,07	73,06
Среднее	40,4	45,6	51,4	56,2	61,0	65,3	70,6
СКО	1,2	1,3	1,4	1,8	2,0	2,3	3,9
Относительная погрешность	3,0%	2,8%	2,8%	3,2%	3,3%	3,5%	5,5%

При всех значениях давления, кроме 2,5 бар, относительная погрешность расхода НСВ не превышает 3,5%. Значение 5,5% для 2,5 бар можно объяснить менее точной установкой давления в баке, так как это давление является пределом измерения как контрольным манометром, так и электронной измерительной системой.

Пересчет навески в значения расхода позволяет получить график (рисунок 2), связывающий расход НСВ и давление в баке.

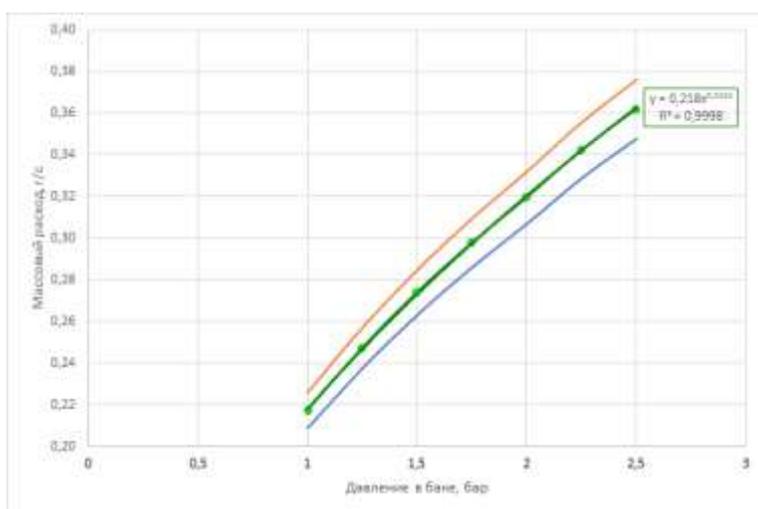


Рис.2. Зависимость массового расхода НСВ от давления в баке

Также на рисунке 2 показана верхняя и нижняя граница доверительного интервала при уровне значимости 3,5 %. Зависимость на графике очень хорошо аппроксимируется степенной функцией, которую применительно к общеупотребительным обозначениям давления и массового расхода можно записать как

$$G_{НСВ} = 0,218 \cdot P_6^{0,555},$$

где $G_{НСВ}$ – массовый расход НСВ через форсунку, г/с;

P_6 – давление в баке, бар.

Эксперименты на стенде

Экспериментальные исследования на модернизированном стенде термического обезвреживания НСВ проводились в пять этапов, при этом каждый этап отличался режимом работы элементов стенда. Эксперименты проводились в течение двух дней с целью контроля стабильности результатов, а также для отработки организационных мероприятий по созданию условий для повторения экспериментов при одинаковых настройках стенда. Такой подход позволял не только удостовериться в отсутствии дрейфа полученных данных, но и предоставлял возможность поэтапно наращивать объем обрабатываемой информации. Повторяемость испытаний способствовала созданию надежной базы данных и обеспечивала более глубокий анализ функционирования лабораторного стенда на протяжении достаточно длительного времени.

Как и ранее [13, 14] в рамках данного исследования анализировались распределение температуры по длине газохода и состав газов на выходе из него. На начальном этапе испытаний использовалась только газовая горелка в качестве источника продуктов сгорания без подачи НСВ. Этот режим был обусловлен необходимостью настройки стенда под параметры газовыпускного тракта судовых дизелей.

В первый календарный день проводились исследования, охватывающие первые три этапа эксперимента. На первом этапе в газоход подавалась дистиллированная вода при давлении 2 бар. На втором и третьем этапе в газоход подавалась НСВ, которая представляла собой смесь дистиллированной воды и дизельного топлива ДТ-Л-62-К5 ГОСТ 305-2013 в соотношении 245 г воды и 5 г топлива (нефтесодержание 2%) в первом случае и 290 г + 8 г и (нефтесодержание 2.8%). В помещении, где установлен стенд, средняя температура составила 21 °С, давление 996,6 Па, при относительной влажности 56 %.

Второй календарный день был выделен для проведения исследований, охватывающих четвертый и пятый этапы. Нагрев стенда осуществлялся перед началом каждого из исследовательских этапов. Давление в баке поддерживалось 0,2 МПа. Исследования проводились в помещении при средней температуре 22 °С, давлении 1000,3 Па, и относительной влажности 54%.

На четвертом этапе в газоход подавалась НСВ, которая представляла собой смесь дистиллированной воды и дизельного топлива ДТ-Л-62-К5 ГОСТ 305-2013 в соотношении 245 г воды и 5 г топлива (нефтесодержание 2%), а на пятом – НСВ с содержанием 245 г воды, 4 г НСВ и 1 г поверхностно активных веществ (ПАВ) (нефтесодержание 2%).

Результаты и обсуждение

Проведенная серия опытов позволила получить и систематизировать данные о распределении температуры на различных режимах работы стендовой установки термического обезвреживания НСВ (рисунок 3). Основных режимов мы выделим три: 1) работа только горелки – имитирует работу газохода с выключенной установкой; 2) подача через форсунку чистой воды; 3) подача через форсунку НСВ. При этом первые два режима можно рассматривать как две крайности, ограничивающие диапазон возможных значений температуры в рассматриваемых точках газохода. Третий режим будет соответствовать штатному рабочему режиму установки.

Обработка результатов рассматриваемой серии опытов позволила определить средние значения температуры в газоходе для каждой точки установки термодпар. При работе горелки без подачи какой-либо среды через форсунку получен экспоненциальный закон изменения температуры

$$T = T_0 \cdot e^{-\lambda \cdot x}$$

где T – температура термопары; λ – параметр, характеризующий теплопередачу, x – координата установки термопары.

Подача воды через форсунку приводит к повышению температуры до форсунки (термопара T02) и к снижению температуры после точки установки форсунки (термопары T03, T04, T05). В конце газохода температура практически выравнивается до значения, характерного при работе горелки. Снижение температуры в рассматриваемых точках газохода происходит вследствие затрат теплоты на испарение воды. Повышение температуры термопары T02 вызвано «запиранием» потока газа при увеличении объема за счет паров подаваемой воды.

Подача НСВ с низким содержанием нефтепродуктов (2 %) при качественном сохранении картины, характерной при подаче чистой воды, тем не менее, приводит к увеличению температуры термопар T03, T04, T05. Такое увеличение может свидетельствовать о дополнительном тепловыделении при осуществлении реакции окисления нефтепродуктов из состава НСВ.

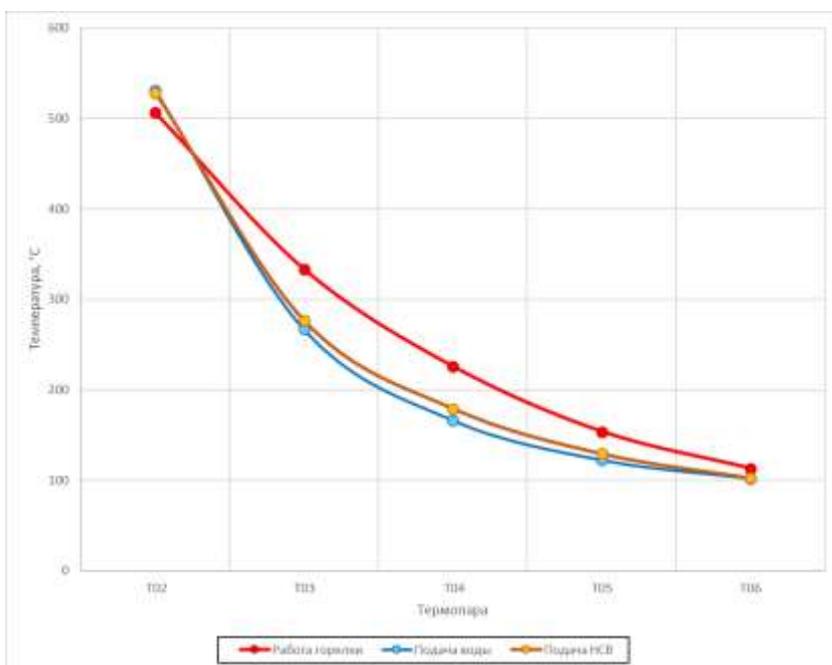


Рис.3. Значения температуры в газоходе, измеренные термопарами T02-T06

Поскольку установка оборудования для термического обезвреживания НСВ будет влиять на величину выбросов вредных (загрязняющих) веществ в отработавших газах двигателя, при проведении экспериментов значительное внимание уделялось газовому анализу. Анализ газового состава в газоходе выполнялся с помощью газоанализаторов ДАГ-510МВ и АГМ-510МВ. В Российской Федерации нормируются [15] выбросы в отработавших газах судовых двигателей оксидов азота NO и NO₂ (в приведении к NO₂), угарного газа CO и остаточных углеводородов CH (для дизельных установок в приведении к пропану). Концентрация указанных газов контролировалась при проведении всех экспериментов.

При осуществлении опытов сформировался порядок действий, отраженный на графиках изменения температуры (по данным термопары зонда газоанализатора) и

концентрации газов (рисунок 4). Сначала включалась газовая горелка и прогревался газоход. На графиках формировался участок, характерный для данного режима. Вместе с тем, в силу кратковременности этого периода стабильные значения по некоторым газам получить не удалось. Следующим действием открывалась подача НСВ через форсунку. Это приводило к изменению рассматриваемых параметров. Для каждого опыта уже в ходе обработки записей выделялся стабилизированный участок в 10...15 мин., на котором усреднялись значения NO , NO_2 , CO и CH (таблица 2).

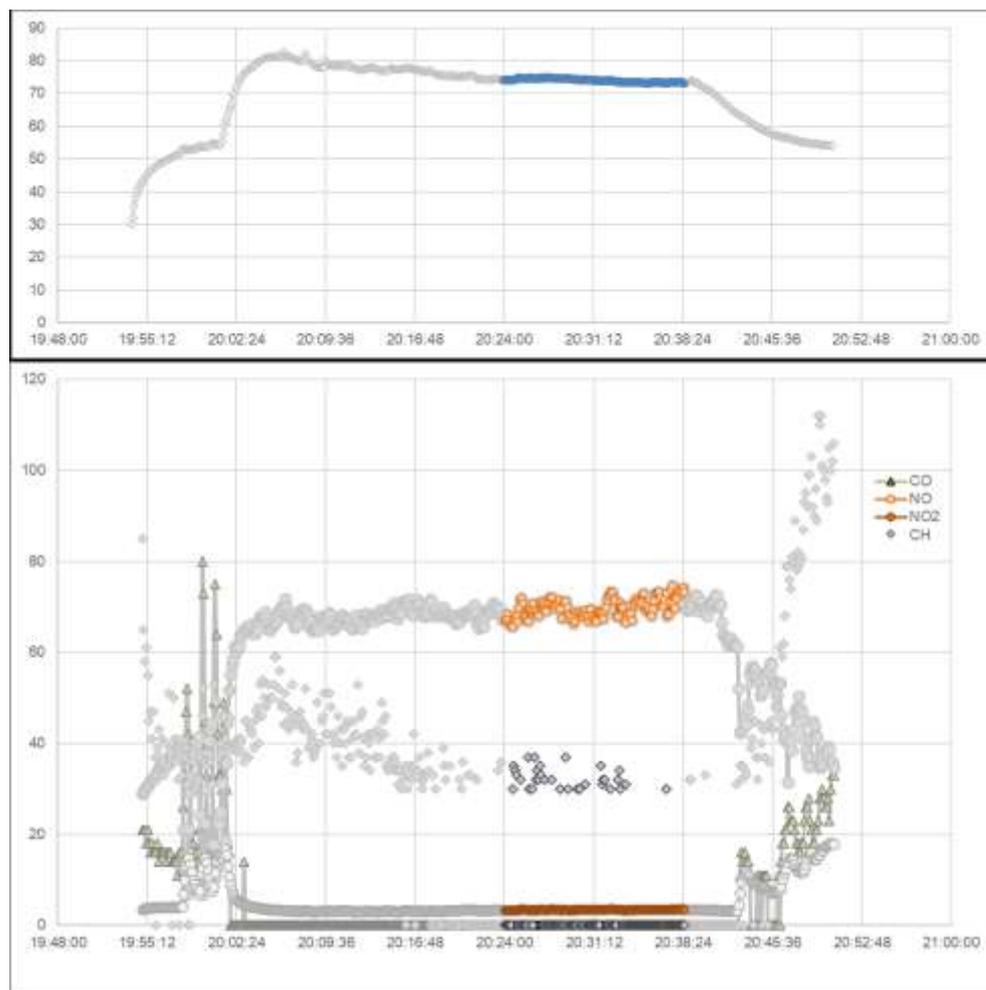


Рис.4. Пример записи данных о температуре газа, °С (вверху), и концентрации, млн.⁻¹ нормируемых веществ в газоход в течение отдельно взятого опыта. Цветом показан активный (стабилизированный) участок опыта

Концентрация диоксида азота NO_2 во всех случаях очень мала, поэтому, как и в судовых дизелях, в рассматриваемом стенде основной вклад в образование NO_x вносит монооксид азота NO . Следует отметить повышение концентрации NO во всех опытах с подачей чистой воды или НСВ по сравнению с опубликованными ранее результатами [14] при работе газовой горелки.

Во всех опытах отмечается снижение практически до нуля концентрации угарного газа СО при подаче через форсунку чистой воды или НСВ, и восстановление исходных концентраций после прекращения поступления этих сред (см. рисунок 4).

Также во всех опытах зарегистрировано присутствие углеводородов СН, концентрация которых представляет повышенный интерес в рамках настоящего исследования. При подаче воды или НСВ наблюдается снижение концентрации СН, которая, как и в случае с СО, возрастает после выключения форсунки.

Таблица 2

Результаты газового анализа

Подаваемая среда	Нефте-содержа-ние	Tg, °C	O ₂ ,%	CO, ppm	NO, ppm	NO ₂ , ppm	CO ₂ ,%	CH, ppm	Alf ²
Вода	0	67.8	10.22	0	49	2.5	6.06	37	1.84
Вода(245 мл) +ДизТопливо (5 мл)	2.0%	68.6	9.19	0	55	2.9	6.63	33	1.69
Вода(290 мл) +ДизТопливо (8 мл)	2.8%	74.0	6.51	0	70	3.4	8.14	32	1.40
Вода(245 мл) +ДизТопливо (5 мл)	2.0%	124.7	8.2	2	47	2.8	7.2	132	1.7
Вода(244 мл) +ДизТопливо (5 мл) + ПАВ (1 мл)	2.0%	98.9	10.2	0	49	3.7	6.1	85	1.84

Для численной оценки воздействия различных режимов работы стенда на параметры процесса термического обезвреживания НСВ дальнейшие исследования на стенде предполагают проведение отсеивающего эксперимента с целью выявления значимых и незначимых факторов, влияющих на процесс, а в дальнейшем интерполяционного эксперимента для определения оптимальных значений этих факторов.

Выводы

В результате выполнения текущего этапа исследований:

1. Получена калибровочная кривая для датчика давления, позволяющая преобразовать напряжение на входе микроконтроллера в значение давления.
2. Установлена зависимость между давлением в баке и расходом НСВ через форсунку.
3. Определен вид распределения температуры по длине газохода при различных режимах работы стенда.
4. Установлено, что подача НСВ повышает температуру газов в центральной части газохода по сравнению с подачей чистой воды, что может свидетельствовать о протекании экзотермических реакций в газоходе.
5. Подача воды или НСВ приводит к снижению концентрации СО практически до нулевых значений. При этом наблюдается также снижение концентрации углеводородов СН, однако концентрация

² Коэффициент избытка воздуха

монооксида азота NO возросла в 1,5...2 раза по сравнению с опытами без подачи какой-либо среды через форсунку.

6. Результаты доводочных испытаний демонстрируют достаточную стабильность измеряемых величин и отсутствие временного дрейфа.

7. На основании проведенных опытов можно заключить, что стенд полностью готов к проведению дальнейших исследований по планам отсеивающего и интерполяционного экспериментов.

Список литературы

1. Chen, Xin & Qin, Haofeng & Guo, Shijun & Cai, Jianbang. Critical Technology of Energy Conservation and Environmental Protection of Shipboard Incinerator. 2016. DOI:10.2991/iccahe-16.2016.35
2. Han, Meiling & Zhang, Jin & Chu, Wen & Chen, Jiahao & Zhou, Gongfu. Research Progress and Prospects of Marine Oily Wastewater Treatment: A Review. 2019.
3. Чернов В.А., Бевза Д.И., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Методы очистки нефтесодержащих вод. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2022, № 3. С. 50-59. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-3-50-59>.
4. Тихомиров Г.И. Технологии обработки воды на морских судах. Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2013. 159 с.
5. Хуснутдинов И.Ш., Сафиулина А.Г., Заббаров Р.Р., Хуснутдинов С.И. Методы утилизации нефтяных шламов. // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 10. С. 3-20. – EDN UQCSGR.
6. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010. 272 с.
7. Писарев А.О., Курников А.С. Актуальные проблемы очистки судовых нефтесодержащих вод. // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2009, № 27. С. 97-108. – EDN ROBTXF
8. Тимофеев П.А. Обоснование разработки современной инсинераторной установки с возможностью сжигания нефтяных остатков // Труды Крыловского государственного научного центра. 2018, № S1. – С. 142-150. – DOI 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-142-150.
9. Руководство по применению положений Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78. НД № 2-030101-026, РМРС. СПб.: 2016. [Guidelines on the application of provisions of the International Convention MARPOL 73/78. ND No. 2-030101-026, RS, SPb.: 2016. (in Russian)].
10. Иванов В.П., Дронченко В.А. Использование нефтесодержащих отходов в качестве добавки к топливу, сжигаемому в паровом котле // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2016, № 16. С. 178-183. – EDN YKQPLN.
11. Prelec, Zmagoslav & Mrakovčić, Tomislav & Dragičević, Viktor. Technical and Environmental Aspects of Shipboard Incinerators Design. Annals of Maritime Studies; Vol.43 No.1. 2005
12. Чичурин А.Г., Шураев О.П. Утилизация нефтесодержащих вод теплотой отработавших газов судовых дизелей. // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2016, №47. С. 201-206.
13. Чернов В.А., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Стенд для исследования термического обезвреживания нефтесодержащих вод. // Научные проблемы водного транспорта. 2022, №73. С. 79-87. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi73.314>
14. Чернов В.А., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Эксперименты по термическому обезвреживанию судовых нефтесодержащих вод. // Научные проблемы водного транспорта. 2024, №79. С. 79-87.
15. Российское классификационное общество. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов. М.: 2019 (переизд. 2022). / URL: <https://rfclass.ru/assets/Uploads/PPZS.pdf?t=1718632553> (Дата обращения 19.05.2024)

References

1. Chen, Xin & Qin, Haofeng & Guo, Shijun & Cai, Jianbang. Critical Technology of Energy Conservation and Environmental Protection of Shipboard Incinerator. 2016. DOI:10.2991/iccahe-16.2016.35
2. Han, Meiling & Zhang, Jin & Chu, Wen & Chen, Jiahao & Zhou, Gongfu. Research Progress and Prospects of Marine Oily Wastewater Treatment: A Review. 2019.
3. Chernov V.A., Bevza D.I., Shurayev O.P., Chichurin A.G. Metody ochistki neftesoderzhashchikh vod // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2022, № 3. s. 50-59. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-3-50-59>.
4. Tikhomirov G.I. Tekhnologii obrabotki vody na morskikh sudakh. Vladivostok, Mor. gos. un-t, 2013. 159 s.
5. Metody utilizatsii neftyanykh shlamov / I. SH. Khusnutdinov, A. G. Safiulina, R. R. Zabbarov, S. I. Khusnutdinov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – 2015. – T. 58. – № 10. – S. 3-20. – EDN UQCSGR.
6. Ksenofontov B.S. Flotatsionnaya obrabotka vody, otkhodov i pochvy. M.: Novye tekhnologii, 2010. 272 s.
7. Pisarev A.O., Kurnikov A.S. Aktual'nye problemy ochistki sudovykh neftesoderzhashchikh vod. // Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta. – 2009. – № 27. – S. 97-108. – EDN ROBTXF
8. Timofeev P.A. Obosnovanie razrabotki sovremennoi insineratornoi ustanovki s vozmozhnost'yu szhiganiya neftyanykh ostatkov // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra. – 2018. – № S1. – S. 142-150. – DOI 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-142-150.
9. Rukovodstvo po primeneniyu polozenii Mezhdunarodnoi Konventsii MARPOL 73/78. ND № 2-030101-026, RMRS. SPb.: 2016. [Guidelines on the application of provisions of the International Convention MARPOL 73/78. ND No. 2-030101-026, RS, SPb.: 2016. (in Russian)].
10. Ivanov V.P., Dronchenko V.A. Ispol'zovanie neftesoderzhashchikh otkhodov v kachestve dobavki k toplivu, szhigaemomu v parovom kotle // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. – 2016. – № 16. – S. 178-183. – EDN YKQPLN.
11. Prelec, Zmagoslav & Mrakovčić, Tomislav & Dragičević, Viktor. Technical and Environmental Aspects of Shipboard Incinerators Design. Annals of Maritime Studies; Vol.43 No.1. 2005
12. Chichurin A.G., Shurayev O.P. Utilizatsiya neftesoderzhashchikh vod teplotoi otrabotavshikh gazov sudovykh dizelei. // Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta. 2016. №47. S. 201-206.
13. Chernov V.A., Shurayev O.P., Chichurin A.G. Stend dlya issledovaniya termicheskogo obezvrezhivaniya neftesoderzhashchikh vod. // Nauchnye problemy vodnogo transporta, 2022, №73, s. 79-87. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi73.314>
14. Chernov V.A., Shurayev O.P., Chichurin A.G. Ehksperimenty po termicheskomu obezvrezhivaniyu sudovykh neftesoderzhashchikh vod. // Nauchnye problemy vodnogo transporta, 2024, №79, s. 79-87.
15. Rossijskoe klassifikacionnoe obshchestvo. Pravila predotvrashcheniya zagryazneniya okruzhayushchej sredy s sudov. M.: 2019 (pereizd. 2022). / URL: <https://rfclass.ru/assets/Uploads/PPZS.pdf?t=1718632553> (Data obrashcheniya 19.05.2024)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чернов Владимир Александрович, аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, ауд. 667, e-mail: vov7777@bk.ru

Vladimir A. Chernov, postgraduate, Volga state university of water transport, 5, Nesterova str., Nizhny Novgorod, Russia

Шураев Олег Петрович, к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, ауд. 667, e-mail: solwrk@inbox.ru

Чичурин Александр Геннадьевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, ауд. 667, e-mail: alex1.chich@yandex.ru

Гуро-Фролова Юлия Романовна, к. п. н., доцент, заведующая кафедрой иностранных языков и конвенционной подготовки, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, ауд. 667, e-mail: aspirant_vguvt@mail.ru

Oleg P. Shurayev, Candidate of Technical Science, Associate Professor, The Department «Operation of Ship Power Plants», Volga state university of water transport, 5, Nesterova str., Nizhny Novgorod, Russia

Alexander G. Chichurin, Candidate of Technical Science, Associate Professor, The Department «Operation of Ship Power Plants», Volga state university of water transport, 5, Nesterova str., Nizhny Novgorod, Russia

Yuliya R. Guro-Frolova, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Foreign Languages and Convention Training, Volga state university of water transport, 5, Nesterova str., Nizhny Novgorod, Russia

Статья поступила в редакцию 18.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 18.06.2024; published online 20.09.2024.

ЭКОНОМИКА, ЛОГИСТИКА И МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТЕ

ECONOMICS, LOGISTICS AND TRANSPORT MANAGEMENT

УДК 656.09

DOI: 10.37890/jwt.vi80.498

Рынок транспортно-логистических услуг в условиях глобальной трансформации цепей поставок

Д.Д. Бухалкин

ORCID: 0009-0005-9661-764X

В.Н. Костров

ORCID: 0000-0002-8703-6713

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

Аннотация. В статье рассматривается рынок транспортно-логистических услуг Российской Федерации и приводится анализ ключевых трендов и изменений, вызванных трансформацией цепей поставок, связанной с политическими и экономическими факторами. В рамках анализа рассматриваются количественные характеристики рынка транспортно-логистических услуг и определяются современные тренды и их влияние на преобразование логистических систем. Приводится анализ развития сегмента мультимодальных перевозок и роль контейнеризации грузов в развитии данного сегмента. При обсуждении результатов проанализированы классификации транспортно-логистических услуг, предложенные различными исследователями и их применимость при исследовании рынка транспортно-логистических услуг в Российской Федерации.

Влияние трансформации цепей поставок рассматривается на примере нефтегазового комплекса Российской Федерации. Выделяются основные проблемы, с которыми столкнулись предприятия нефтегазового комплекса в условиях изменения цепей поставок и ориентированности экономики. В статье приводятся основные пути решения некоторых проблем, выделяемых исследователями, например, переориентация нефтеперевозок на Северный морской путь и Сибирские трубопроводы, ведущие материальные потоки на восток и в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Ключевые слова: транспортно-логистические услуги, классификация логистических услуг, логистические провайдеры, нефтегазовый комплекс, цепи поставок, смешанные перевозки, мультимодальные перевозки.

Market of transport and logistics services in the context of global transformation of supply chains

Danila D. Bukhalkin

ORCID: 0009-0005-9661-764X

Vladimir N. Kostrov

ORCID: 0000-0002-8703-6713

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article studies the market of transport and logistics services in the Russian Federation and provides an analysis of key trends and changes caused by the transformation of supply chains associated with political and economic factors. The analysis concerns the quantitative characteristics of the transport and logistics services market and identifies current trends and their impact on the transformation of logistics systems. An analysis of multimodal transportation segment development and the role of cargo containerization in the development of this segment is provided. When discussing the results, the classifications of transport and logistics services proposed by various researchers and their applicability in transport and logistics services' market studying in the Russian Federation are analyzed. The impact of supply chain transformation is examined using the example of the oil and gas complex of the Russian Federation. The main problems faced by oil and gas enterprises in the context of changing supply chains and the orientation of the economy are highlighted. The article presents the main ways to solve some of the problems identified by researchers, for example, the reorientation of oil transportation to the Northern Sea Route and the Siberian pipelines, leading material flows to the east and to the countries of the Asia-Pacific region.

Keywords: transport and logistics services, classification of logistics services, logistics providers, oil and gas complex, supply chains, intermodal transport, multimodal transport.

Введение

Процесс глобализации влечет за собой перемены во всех сферах жизни общества, в том числе в политической и экономической. Политические и экономические события последнего десятилетия повлекли за собой масштабные изменения сложившихся цепей поставок во всех сферах экономики.

Развитие и плавная трансформация цепей поставок являются непрерывными и вызваны различными политическими, экономическими и экологическими факторами, а также развитием науки и техники. Глобальные кризисы, при этом, приводят к резким изменениям цепей поставок. Среди таких событий, оказавших значительное влияние на цепи поставок, следует выделить финансово-экономический кризис 2008 года, пандемию COVID-19 и экономические санкции против РФ [1]. Также на динамику развития цепей поставок оказывают влияние темп экономического роста и объем производства.

Основным вызовом при глобальной трансформации цепей поставок является то, что сформировавшиеся принципы и критерии управления цепями поставок оказываются неэффективными в новых условиях и возникает необходимость в формировании новых принципов и способов функционирования [2]. Глобальная трансформация потоковых процессов стимулирует применение цифровых технологий, в частности: электронного документооборота, систем отслеживания грузов в реальном времени с использованием технологий интернета вещей (IoT), цифровой аналитики и интеллектуальных транспортных систем [3].

Цель данного исследования – проанализировать рынок транспортно-логистических услуг Российской Федерации и определить ключевые тренды в отрасли, обусловленные глобальной трансформацией цепей поставок.

Основные задачи исследования:

1. Проанализировать рынок транспортно-логистических услуг Российской Федерации;
2. Проанализировать влияние глобализации и трансформации процессов на рынок транспортно-логистических услуг и цепи поставок и выделить ключевые тренды развития;
3. Проанализировать влияние глобальной трансформации цепей поставок на нефтегазовый комплекс Российской Федерации.

Методы

Источниками информации для выполнения данного научного исследования послужили данные, представленные в научных публикациях российских и зарубежных исследователей по тематике научного исследования, данные Росстата, а также публикации и интервью по тематике исследования в сети интернет. Работа выполнена с использованием методов сбора, синтеза и сравнительного анализа отобранных материалов. Основным методом изучения структуры рынка транспортно-логистических услуг и анализа влияния глобальной трансформации на цепи поставок является ретроспективный анализ. Анализ реакций рынка транспортно-логистических услуг на глобальные события и тренды последних лет позволяет выдвинуть гипотезы в части дальнейшего развития рынка.

Результаты

Логистика зарождалась как наука о снабжении армии и исследователи сходятся во мнении, что концепция логистики появилась еще в античное время. Впервые логистика, как отдельная сфера деятельности упоминается именно в военно-теоретических трактатах [4].

Периодом становления логистики в гражданских сферах деятельности считается период 1950-1970 годов. Экономический спад 1950-х годов привел к тому, что предприятия начали уделять особое внимание процессам повышения эффективности. С тех пор логистика, как одна из функций бизнеса, развивается активными темпами.

Существует множество различных определений термина «логистика», однако наиболее распространенным является определение, предлагаемое Советом профессионалов по цепям поставок (Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP):

Логистика – это процесс планирования, реализации и контроля процессов и процедур для эффективной транспортировки и хранения товаров от точки происхождения до точки потребления, включающий в себя все связанные с этим процессом услуги и информацию. Ключевой целью процесса является удовлетворение требований клиентов. Логистика включает в себя все входящие, исходящие, внутренние и внешние материальные и информационные потоки.

Говоря о логистике, часто подразумевают лишь одно из её направлений – транспортную логистику. Задачами транспортной логистики являются планирование рационального маршрута доставки грузов, подбор складов на пути следования, выбор подходящего вида транспорта и расчет времени, необходимого для выполнения каждого из этапов транспортировки.

На рынке услуг транспортно-логистические услуги часто смешиваются с экспедиторскими услугами так как между данными видами услуг сложно установить четкие границы.

Термин «экспедиторские услуги» является более узким по сравнению с транспортной логистикой. Экспедирование предполагает оказание услуг, связанных с организацией процесса отправления и получения груза, а также выполнением других работ, имеющих отношение к перевозке груза, в соответствии с договором транспортной экспедиции. Транспортная экспедиция в Российской Федерации регулируется рядом нормативно-правовых актов, в том числе главой 41 Гражданского кодекса Российской Федерации.

Еще более узким термином является «перевозка». По договору перевозки груза перевозчик обязуется доставить груз в пункт назначения и выдать его получателю, а отправитель обязуется оплатить перевозку груза.

Частью транспортно-логистических услуг также являются складские услуги и дистрибуция. Компании, занимающиеся складированием и дистрибуцией, могут

осуществлять приёмку грузов с контролем количества и качества товара, хранение и сортировку товара на партии, маркировку товара, упаковку в специальную тару и организацию дальнейшей перевозки.

Трендом последних лет является появление на рынке компаний, оказывающих полный перечень логистических услуг, так называемых Third Party Logistics (3PL) операторов. Привлечение 3PL оператора позволяет компаниям полностью отдавать логистическую функцию на аутсорс и концентрировать свои усилия на профильной деятельности [5].

Рынок транспортно-логистических услуг Российской Федерации является зрелым и сформировавшимся. В денежном эквиваленте рынок транспортно-логистических услуг является стабильными и показывает ежегодный рост (рис 1.). Ежегодный грузооборот за последние 5 лет по данным Росстата составляет порядка 5 600 млрд. тонно-километров.



Рис.1. Объем рынка транспортно-логистических услуг Российской Федерации

Ключевым этапом логистического процесса является перевозка груза. Наиболее распространенной классификацией грузовых перевозок является классификация по виду транспорта. Структура рынка грузоперевозок по основным видам транспорта является стабильной и практически не меняется в последние годы (рис. 2). Доля воздушного транспорта составляет около 0,01% - 0,02% и не отражена на диаграмме. Также, стоит обратить внимание на небольшое сокращение доли трубопроводного и железнодорожного транспорта в структуре рынка. Данное сокращение обусловлено тем, что трубопроводный и железнодорожный транспорт является менее мобильным и в условиях изменения цепей поставок часть объемов была перераспределена на более мобильный вид транспорта – автомобильный. Тем не менее, трубопроводный транспорт является основным элементом транспортной системы нефтегазового комплекса Российской Федерации и доля трубопроводного транспорта в структуре рынка грузоперевозок вряд ли продолжит снижаться в ближайшие годы.

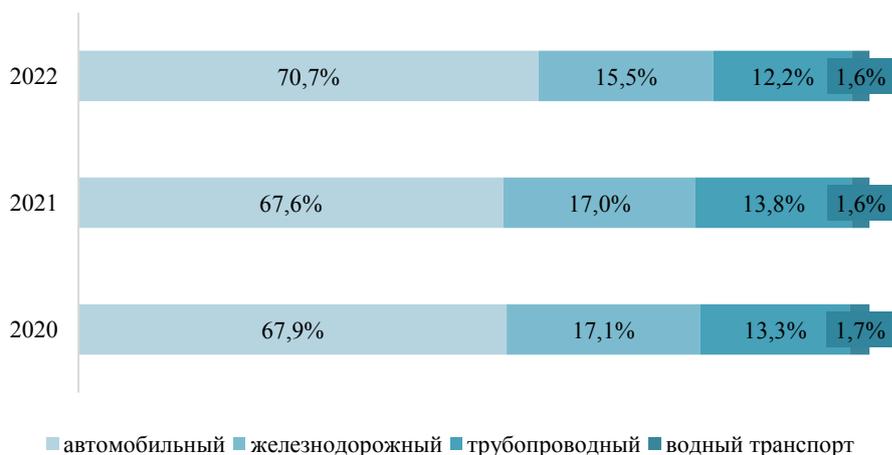


Рис.2. Структура рынка грузоперевозок по видам транспорта в Российской Федерации, %

Одним из наиболее важных трендов, наблюдаемых на рынке транспортно-логистических услуг, является рост сегмента логистических операторов. По мнению авторов настоящей статьи данный рост обусловлен общемировой тенденцией аутсорсинга логистических услуг и оптимизацией операционной модели крупных промышленных предприятий. Также, подобный рост может быть обусловлен нарушением исторически сформировавшихся цепей поставок и необходимостью быстрой адаптации к изменениям. Рост сегмента логистических операторов в России в период с 2021 по 2022 год составил 23,6% (рис. 3). Это может свидетельствовать о том, что компании в новых рыночных условиях принимали решения о передаче логистической функции операторам, которые могли в более короткие сроки сформировать новые цепи поставок за счет концентрации компетенций и наличия необходимой инфраструктуры. С учетом наблюдаемого тренда, можно предположить, что со временем все больше и больше промышленных предприятий будут отдавать свои логистические функции на аутсорс 3PL и 4PL операторам. Это важно учитывать при внедрении и модернизации ERP-систем предприятий. Необходимо закладывать возможность передачи логистической функции на аутсорс и интеграции цепей поставок с внешними операторами.



Рис.3. Объем рынка 3PL операторов в Российской Федерации

Еще одним трендом на рынке транспортно-логистических услуг является увеличение контейнеризации грузов. За период с 2017 по 2021 год контейнеризация грузов выросла в 1,7 раз (рис. 4). Контейнеризация грузов играет ключевую роль в комбинированных перевозках, предоставляя единый стандарт для перевозки грузов различными видами транспорта. Стандартизированные контейнеры облегчают перевалку грузов с одного вида транспорта на другой, минимизируя потери времени и ресурсов на перегрузку.

По данным АО «РЖД Логистика» в России уровень контейнеризации составляет примерно 5,5%. Зарубежный опыт показывает, что при развитии комбинированных перевозок уровень контейнеризации может превышать 20%. Для сравнения, в Китае уровень контейнеризации составляет порядка 15%, а в Германии 20%. Низкий уровень контейнеризации создает трудности как для бизнеса так и для логистических компаний. По прогнозам к 2030 году уровень контейнеризации грузов в России может достигнуть 20%. Это позволит существенно увеличить долю комбинированных перевозок в стране.



Рис.4. Объем рынка контейнерных перевозок в Российской Федерации

Таким образом, в условиях глобальной трансформации цепей поставок выделяются три основных тренда на рынке транспортно-логистических услуг.

1. Рост сегмента 3PL и 4PL операторов и развитие аутсорсинга логистических услуг;
2. Запрос на «гибкость» перевозок и маршрутов;
3. Рост контейнеризации грузов и рынка комбинированных перевозок.

Рассмотрим влияние глобальной трансформации цепей поставок на нефтегазовый комплекс Российской Федерации. Экспорт энергоносителей играет важную роль в экономике государства поэтому российские энергоносители попали под экономические санкции одними из первых. Ввиду этого, были нарушены традиционные цепи поставок как в России, так и в странах Западной Европы и США.

В условиях экономических санкций против Российской Федерации остро встал вопрос о перенаправлении потоков энергоресурсов и поиске новых потребителей на востоке и странах Азиатско-Тихоокеанского региона (далее – АТР) [6]. При этом трубопроводы оказались в самом уязвимом положении из-за своей стационарности.

Данные об экспорте нефти и нефтепродуктов с момента введения экономических санкций против Российской Федерации существенно отличаются друг от друга и привести актуальную на сегодняшний день информацию не представляется возможным. Однако, большинство источников указывает на то, что основными

потребителями российских энергоресурсов на данный момент являются Китай и Индия. По данным Interfax 86% экспортируемой нефти в 2023 году пришлось на дружественные страны.

Таким образом, основным трендом в нефтегазовой отрасли в условиях глобальных изменений является переориентирование материальных потоков на страны АТР. На первом этапе данной трансформации упал объем транспортировки продукции нефтегазового комплекса трубопроводным транспортом и увеличился объем перевозок продукции более мобильными видами транспорта. Однако, можно полагать, что в ближайшие годы трубопроводная инфраструктура адаптируется и объем транспортировки трубопроводным транспортом вернется к былым значениям и, возможно, увеличится.

Обсуждение

При анализе рынка транспортно-логистических услуг были выявлены различные подходы. Так, например, Курмашев Н.А говоря о рынке транспортно-логистических услуг приходит к выводу, что он представляет собой совокупность устойчивых связей между элементами, обеспечивающих целостность рынка под воздействием внешних и внутренних факторов [7]. При этом выделяя взаимодействующие подсистемы, такие как:

- Рыночная;
- Отраслевая;
- Организационная;
- Ассортиментарная;
- Производственно-техническая;
- Институциональная;
- Территориальная;
- Социальная и другие.

В контексте настоящего исследования модель рынка транспортно-логистических услуг, предложенная Курмашевым Н.М., не позволяет описать структуру рынка транспортно-логистических услуг в Российской Федерации и предоставить какие-либо количественные характеристики для данных подсистем и рынка в целом.

Ивуть Р.Б., Кастрюк А.П., Косовский А.А. и Краско И.В. в своем учебном пособии приводят классификацию логистических услуг, основанную на движении материального потока, выделяя концентрационную логистику, логистику движения ресурсов и распределительную логистику [8].

Классификация, предложенная Ивутем Р.Б., имеет более прикладной характер и позволяет количественно описать элементы рынка. Однако, информация, необходимая для количественной оценки рынка по данной классификации, не является общедоступной.

Большой интерес представляет работа Якунина Ю.С., так как в ней приведена классификация логистических услуг, используемая как на российском так и на международном рынке [9]. В рамках своего исследования Якунин Ю.С. приводит классификацию логистических услуг по различным признакам:

- Значимости, выделяя основные, поддерживающие и дополнительные услуги;
- Функциональному назначению, выделяя услуги по перевозке, таможенному оформлению, упаковке грузов, оформлению сопроводительных документов и другие услуги;
- Объекту управления и степени специализации, выделяя услуги для промышленных предприятий, для предприятий в области торговли, общественного питания, смешанные и другие услуги;

- Периодичности использования, выделяя регулярные, периодические и оперативные;
 - Услуги управленческого характера.
Описывая международный рынок логистических услуг, автор приводит классификацию, получившую большое распространение с началом развития аутсорсинга логистических услуг, выделяя:
Собственную логистику, при которой производитель сам выполняет все логистические операции (First Party Logistics – 1PL).
 - Стороннюю логистику, при которой производитель привлекает транспортную компанию для перевозок (Second Party Logistics – 2PL).
 - Сторонняя логистика, предполагающая аутсорсинг широкого спектра логистических услуг специализированному оператору (Third Party Logistics – 3PL) [10].
 - Сторонняя логистика, при которой специализированный оператор берет на себя стратегическую роль в управлении и совершенствовании всей экосистемы цепи поставок (Fourth Party Logistics – 4PL) [11].
 - Сторонняя логистика, при которой оператор берет на себя ключевую роль в организации и постоянном совершенствовании всей цепи поставок, уделяя особое внимание принятию решений на основе данных и прогнозному моделированию (Fifth Party Logistics – 5PL) [12].
- Существуют различные классификации транспортных услуг. Одним из примеров является классификация, предложенная В.В. Щербаковым и И.В. Першиным, основанная на следующих факторах [13]:
- 1) Пространственный или физико-географический фактор. Фактор, связанный с физической средой, в которой происходит транспортировка товаров и географией маршрутов. Выделяют классификацию по видам транспорта. Возможна классификация по дальности перевозок - магистральные и локальные перевозки. Классификация также может быть проведена с учетом доступности транспорта и формы собственности.
 - 2) Технично-технологический и процессный фактор. Данный фактор подразумевает классификацию видов транспорта по признакам используемых транспортных средств, например типу используемого двигателя или маневренности транспортного средства.
 - 3) Инфраструктурный фактор.
Классификация, предложенная на В.В. Щербаковым, коррелирует с классификацией транспортно-логистических услуг из Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД-2). Классификация по ОКПД-2 удобна тем, что она применяется ко всем участникам рынка и позволяет количественно оценивать структуру рынка, а также получать наиболее актуальную информацию об объеме рыночных сегментов.
- В данном исследовании используется классификация рынка транспортно-логистических услуг, основанная на виде деятельности основных участников рынка и используемом виде транспорта. Информация для количественной оценки рынка транспортно-логистических услуг по предложенной структуре является общедоступной и позволяет точно оценить ситуацию на рынке.
- В качестве нового элемента предлагается выделение смешанных перевозок в отдельный класс, а комбинированных перевозок в отдельный подкласс ввиду возрастающей популярности данных видов транспортировки в условиях глобальной трансформации потоковых процессов.

Грузоперевозки предлагается классифицировать по виду используемого транспорта, выделяя:

1. Автомобильный транспорт;
2. Железнодорожный транспорт;
3. Водный транспорт;
4. Воздушный транспорт;
5. Трубопроводный транспорт;
6. Смешанные перевозки.

6.1 Комбинированные перевозки

Спрос на смешанные и комбинированные перевозки возрос из-за нарушений цепей поставок из-за COVID-19 и санкционного давления.

Смешанная перевозка – это перевозка, которую осуществляют на двух и более видах транспорта, при этом перевозчики могут быть разными.

Комбинированная перевозка является разновидностью смешанной перевозки. Отличием комбинированной перевозки от смешанной является то, что транспортируемый груз находится в контейнере и именно контейнер перегружается с одного транспорта на другой.

Еще одним видом транспортировки, при которой используются разные виды транспорта является мультимодальная перевозка. Мультимодальная перевозка предполагает наличие единого оператора, отвечающего за груз и одной накладной. Однако, предлагается не выделять мультимодальные перевозки в отдельный класс так как от смешанных и комбинированных перевозок они отличаются только договорной обязанностью процесса транспортировки.

Основными тенденциями, стимулирующими спрос на смешанные перевозки являются: глобализация экономики, тренд на сокращение сроков доставки, гибкий подход к производственным и бизнес практикам, а также интегрированное управление цепями поставок.

Трансформация цепей поставок в некоторой степени размывает границу между конкурирующими сегментами рынка ради обеспечения стабильного материального потока [14].

Смешанные перевозки в условиях трансформации цепей поставок считаются более эффективными экономически и экологически [15]. Это связано с тем, что для каждого участка цепи поставок подбираются оптимальные виды транспорта, в зависимости от объема груза, необходимой скорости поставки и других факторов. В результате складываются определенные внутренние и международные транспортные коридоры.

Подходящий транспорт для смешанных перевозок подбирают с помощью различных методов и точных расчетов. Например, метод сравнительного анализа на основе соответствующих технико-эксплуатационных характеристик [16].

Выделение смешанных перевозок в отдельный класс целесообразно по причине того, что они отражают общий спрос на транспортные услуги и рост грузооборота в стране. Отслеживание динамики роста грузооборота в данной категории позволит избежать формирования некорректных выводов в части развития определенных видов транспорта. Например, не будет предлагаться развитие инфраструктуры определенного вида транспорта в отрыве от сложившейся на рынке транспортно-логистических услуг ситуации, ведь увеличение пропускной способности только одного вида транспорта не устранит «узкие места», которые могут возникать при последующей транспортировке другими видами транспорта.

При анализе влияния глобальной трансформации цепей поставок на нефтегазовый комплекс Российской Федерации явно прослеживается переориентирование экономики Российской Федерации на страны АТР. При этом важную роль сыграли

имеющиеся на момент введения экономических санкций трубопроводы и высококомбинированные виды транспорта, например, водный транспорт.

Трубопроводный транспорт является ключевым видом транспорта при транспортировке нефти и газа. В последние годы осуществлялся масштабный проект строительства магистрального газопровода «Сила Сибири» и в 2022 года был введен в эксплуатацию второй готовый участок. По этой магистрали транспортируется газ из Якутии на Дальний Восток и в страны АТР. Также предлагается увеличение пропускной способности трубопровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» [17].

Одним из наиболее мобильных и универсальных видов транспорта для транспортировки нефти и газа является водный транспорт. Водный транспорт является крайне гибким с точки зрения перестроения маршрутов и возможности международных перевозок. Водным транспортом могут осуществляться поставки наливных грузов и сжиженного природного газа в любой порт мира, при условии отсутствия санкций и наличия необходимой портовой инфраструктуры. За счет этого, в условиях трансформации цепей поставок, водный транспорт становится одним из ключевых элементов для перераспределения материальных потоков.

В качестве зон развития водного транспорта в контексте транспортировки энергоресурсов исследователи обращают внимание на необходимость расширения парка танкеров и всего грузового морского флота иначе существует риск, что при перенаправлении материальных потоков на водный транспорт возникнет дефицит оборудования и судов [17].

Исследователями отмечается необходимость развития портовой инфраструктуры на территории Российской Федерации, в частности, на севере. Одним из приоритетных направлений развития водного транспорта в Российской Федерации является повышение пропускной способности транспортного коридора «Северный морской путь». Этот транспортный коридор является кратчайшим морским маршрутом между Европейской частью России и Дальним Востоком. Коридор активно используется для транспортировки полезных ископаемых. Основными пользователями Северного морского пути в Российской Федерации являются компании «Норникель», «Газпром», «Роснефть» и «Росшельф». Особенностью эксплуатации Северного морского пути является необходимость использования ледоколов для обеспечения бесперебойной навигации, а сложные климатические условия требуют эксплуатации судов ледового класса, производство которых активно стимулируется различными государственными программами.

Заключение

В результате анализа рынка транспортно-логистических услуг Российской Федерации были сформированы следующие выводы:

1. Рынок транспортно-логистических услуг является зрелым и стабильным. В структуре рынка преобладают грузовые перевозки, активно развивается сегмент 3PL и 4PL операторов, что свидетельствует о трансформации рынка в сторону аутсорсинга транспортно-логистических услуг.
2. Преобладающим видом транспорта является автомобильный. Далее следуют железнодорожный и трубопроводный транспорт. Наблюдается стабильное увеличение контейнеризации грузов, что свидетельствует об увеличении доли комбинированных перевозок.
3. В условиях трансформации цепей поставок стали особенно востребованы виды транспорта, способные обеспечить мобильность и быструю реакцию на изменения в рынке.

Глобальная трансформация цепей поставок хоть и оказала значительное влияние на направления движения материальных потоков, структура рынка претерпела не

столь значительные изменения. Разрушение устоявшихся цепей поставок создало для участников рынка как новые вызовы, так и новые возможности.

Быстрая трансформация цепей поставок вывела на первый план виды транспорта, позволяющие обеспечить мобильность материального потока и позволяющие быстро реагировать на изменения во внешней среде. В этих условиях особую важность приобрели мультимодальные перевозки, которые позволяют обеспечить необходимую гибкость при разумной стоимости перевозки. Особое значение приобрела цифровизация и оптимизация цепей поставок, как результат адаптации к постоянно меняющимся процессам в сфере транспортной логистики.

Предприятия нефтегазового комплекса Российской Федерации оперативно отреагировали на изменения во внешней среде и переориентировали свои материальные потоки на страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Особую роль в перестроении цепей поставок сыграл водный транспорт так как он позволил оперативно перенаправить материальные потоки новым потребителям в то время, как трубопроводная инфраструктура не была предназначена для таких резких перемен.

Влияние глобальной трансформации цепей поставок на рынок транспортно-логистических услуг представляет большой интерес для дальнейшего исследования. На данный момент наблюдается тенденция передачи все большего объема логистических операций на аутсорсинг и это отражается росте сегмента 3PL и 4PL операторов. Возможно, в результате глобальной трансформации в отдельные классы выделяются специализированные услуги по управлению цепями поставок в условиях экономических санкций и резкого изменения рыночных условий. Также, дальнейшая цифровизация процессов и внедрение информационных технологий может привести к образованию новых классов логистических услуг.

Список литературы

1. Brodetskiy G. Supply Chain Transformation amid a Global Crisis / G. Brodetskiy, V. Gerami, D. Gusev, A. Kolik // *Analysis and Forecasting. IMEMO Journal*. – 2023. , № 2. – P. 14–23.
2. Сергеев, В. И. Логистика и управление цепями поставок - антикризисные инструменты менеджмента / В. И. Сергеев // *Логистика и управление цепями поставок*. – 2015. – № 1(66). – С. 9-23.
3. Дыбская, В. В. Мировые тренды развития управления цепями поставок / В. В. Дыбская, В. И. Сергеев // *Логистика и управление цепями поставок*. – 2018. – № 2(85). – С. 3-14.
4. Southern R. N. Historical Perspective of the Logistics and Supply Chain Management Discipline / R. N. Southern // *Transportation Journal*. – 2011. – Vol. 50, № 1. – P. 53–64.
5. Дыбская, В. В. Основные этапы и тенденции развития логистического аутсорсинга в России / В. В. Дыбская // *Логистика и управление цепями поставок*. – 2015. – № 5(70). – С. 5-15.
6. Ярова Т. В., Елисеев Ф. А. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса Азиатско-тихоокеанского региона // *Московский экономический журнал*. – 2022, – №. 2, – С. 146-182.
7. Курмашев Н. А. Рынок транспортных услуг как система // *Экономика и социум*. – 2016, – №. 1 (20), – С. 559-562.
8. *Транспортная логистика : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-26 02 05 «Логистика» / Р. Б. Ивуть [и др.]*. – Новополюк : ПГУ, 2012. – 332 с., [5] с. цв. ил.
9. Якунина Ю. С. Логистические услуги: особенности и специфика в условиях российского рынка // *Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право»*, – 2014, – №. 4, – С. 107-112.
10. Premkumar P. Trends in third party logistics – the past, the present & the future / P. Premkumar, S. Gopinath, A. Mateen // *International Journal of Logistics Research and Applications*. – 2021. – Vol. 24, № 6. – P. 551–580.

11. Saglietto L. Towards a Classification of Fourth Party Logistics (4PL) / L. Saglietto // *Universal Journal of Industrial and Business Management*. – 2013. – Vol. 1, № 3. – P. 104–116.
12. Hosie P. Determinants of fifth party logistics (5PL): service providers for supply chain management / P. Hosie, B. Sundarakani, A. W. K. Tan, A. Kozlak // *International Journal of Logistics Systems and Management*. – 2012. – Vol. 13, № 3. – P. 287.
13. Щербаков В. В., Першин И. В. Классификация транспортной логистики в задаче мультимодальности грузоперевозок // *Проблемы современной экономики*. – 2015, – №. 3 (55), – С. 243-245.
14. Домнина О. Л., Костров В. Н., Ничипорук А. О. Современное состояние, проблемы и основные направления развития логистики на водном транспорте // *Научные проблемы водного транспорта*, – 2022, – №. 76, – С. 141-165.
15. Прокофьева Т. А. Логистическая инфраструктура международных транспортных коридоров: кластерный подход к управлению / Т. А. Прокофьева // *Соискатель - приложение к журналу «Мир транспорта»*. – 2015. – № 1(9). – С. 50-57.
16. Шалаева Ж. Ю., Костров В. Н. Методы выбора транспортных средств в системе мультимодальных пассажирских перевозок // *Научные проблемы водного транспорта*. – 2022, – №. 77, – С. 211-222.
17. Сафонова Т. Ю. Трансформация рынков сбыта российской нефти с учетом санкционного давления // *Управленческое консультирование*. – 2023, – №. 1 (169), – С. 51-62.

References

1. Brodetskiy G. Supply Chain Transformation amid a Global Crisis / G. Brodetskiy, V. Gerami, D. Gusev, A. Kolik // *Analysis and Forecasting. IMEMO Journal*. – 2023. , № 2. – P. 14–23.
2. Sergeev, V. I. Logistika i upravlenie tsepyami postavok - antikrizisnye instrumenty menedzhmenta [Logistics and supply chain management - anti-crisis management tools] / V. I. Sergeev // *Logistics and Supply Chain Management*. – 2015. – № 1(66). – P. 9-23.
3. Dybskaya, V. V. Mirovye trendy razvitiya upravleniya tsepyami postavok [Global trends in the development of supply chain management] / V. V. Dybskaya, V. I. Sergeev // *Logistics and Supply Chain Management*. – 2018. – № 2(85). – P. 3-14.
4. Southern R. N. Historical Perspective of the Logistics and Supply Chain Management Discipline / R. N. Southern // *Transportation Journal*. – 2011. – Vol. 50, № 1. – P. 53–64.
5. Dybskaya, V. V. Osnovnye etapy i tendentsii razvitiya logisticheskogo outsorsinga v Rossii [Main stages and trends in the development of logistics outsourcing in Russia] / V. V. Dybskaya // *Logistics and Supply Chain Management*. – 2015. – № 5(70). – P. 5-15.
6. Yarovova T. V., Eliseev F. A. Perspektivy razvitiya toplivno-ehnergeticheskogo kompleksa Aziatsko-tikhookeanskogo regiona [Prospects for the development of the fuel and energy complex of the Asia-Pacific region] // *Moscow Economic Journal*. – 2022, – №. 2, – P. 146-182.
7. Kurmashev N. A. Rynok transportnykh uslug kak sistema [Transport services market as a system] // *Economy and society*, – 2016, – №. 1 (20), – P. 559-562.
8. *Transportnaya logistika : ucheb.-metod. kompleks dlya studentov spetsial'nosti 1-26 02 05 [Transport logistics: educational method. complex for students of specialty 1-26 02 05] «LogistikA»* / R. B. Ivut' [i dr.]. – Novopolotsk : PGU, 2012. – 332 p.
9. Yakunina YU. S. Logisticheskie uslugi: osobennosti i spetsifika v usloviyakh rossiiskogo rynka [Logistics services: features and specifics in the Russian market] // *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Ehkonomika i pravo» [Bulletin of Udmurt University. Series “Economics and Law”]*, – 2014, – №. 4, – S. 107-112.
10. Premkumar P. Trends in third party logistics – the past, the present & the future / P. Premkumar, S. Gopinath, A. Mateen // *International Journal of Logistics Research and Applications*. – 2021. – Vol. 24, № 6. – P. 551–580.
11. Saglietto L. Towards a Classification of Fourth Party Logistics (4PL) / L. Saglietto // *Universal Journal of Industrial and Business Management*. – 2013. – Vol. 1, № 3. – P. 104–116.

12. Hosie P. Determinants of fifth party logistics (5PL): service providers for supply chain management / P. Hosie, B. Sundarakani, A. W. K. Tan, A. Koźlak // International Journal of Logistics Systems and Management. – 2012. – Vol. 13, № 3. – P. 287.
13. Shcherbakov V. V., Pershin I. V. Klassifikatsiya transportnoi logistiki v zadache mul'timodal'nosti gruzoperevozok [Classification of transport logistics in the problem of multimodal cargo transportation] // Problems of modern economics, – 2015, – №. 3 (55), – P. 243-245.
14. Domnina O. L., Kostrov V. N., Nichiporuk A. O. Sovremennoe sostoyanie, problemy i osnovnye napravleniya razvitiya logistiki na vodnom transporte [Current state, problems and main directions of development of logistics in water transport] // Scientific problems of water transport, – 2022, – №. 76, – P. 141-165.
15. Prokofeva, T. A. Logisticheskaya infrastruktura mezhdunarodnykh transportnykh koridorov: klasternyi podkhod k upravleniyu [Logistics infrastructure of international transport corridors: cluster approach to management] / T. A. Prokofeva // Soiskatel' - prilozhenie k zhurnalu «Mir transportA» [Applicant - supplement to the magazine "World of Transport"]. – 2015. – № 1(9). – P. 50-57.
16. Shalaeva ZH. YU., Kostrov V. N. Metody vybora transportnykh sredstv v sisteme mul'timodal'nykh passazhirskikh perevozok [Methods for selecting vehicles in the system of multimodal passenger transportation] // Scientific problems of water transport, – 2022, – №. 77, – P. 211-222.
17. Safonova T. YU. Transformatsiya rynkov sbyta rossiiskoi nefti s uchedom sanktsionnogo davleniya [Transformation of Russian oil markets taking into account sanctions pressure] // Management consulting, – 2023, – №. 1 (169), – P. 51-62.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бухалкин Данила Дмитриевич, аспирант кафедры Логистики и Маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: danilabukhalkin@yandex.ru

Danila D. Bukhalkin, doctoral student of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Костров Владимир Николаевич, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой Логистики и Маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Vladimir N. Kostrov, doctor of economic sciences, professor, head of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 29.05.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 29.05.2024; published online 20.09.2024.

УДК 656.621/.626
DOI: 10.37890/jwt.vi80.515

Актуальные задачи развития речных контейнерных перевозок

Д.А. Коршунов
ORCID: 0000-0002-9908-4026

Е.С. Наседкина
ORCID: 0000-0002-0531-2615

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

Аннотация. Статья посвящена предложениям в рамках стратегических задач развития мультимодальности при речных грузоперевозках. Во введении описывается текущее состояние речной портовой инфраструктуры, оценивается её готовность к контейнеризации и приведена статистика по таким перевозкам. В материалах и методах сформулированы стратегические задачи для решения проблем эффективного функционирования речного транспорта в современных условиях. В результатах приведена технология перегрузки контейнерных грузов портальными кранами. результаты расчета времени следования контейнерных грузов по маршруту Санкт-Петербург – Казань, с учетом перевалки на водном и железнодорожном транспорте. В обсуждении авторами выведены научно-практические рекомендации по формированию контейнерной линии и составу портов на ней. В заключении сделан вывод, что контейнерные перевозки имеют перспективы развития на речных магистралах, что будет способствовать как достижению стратегической цели развития мультимодальности в транспортно-логистических схемах с участием внутреннего водного транспорта, а также может привести к росту грузопотока, улучшению качества транспортного обслуживания клиентуры и повышению конкурентоспособности речных магистралей, что особенно актуально в сложившихся в условиях слома традиционных логистических связей.

Ключевые слова: контейнерные перевозки, речные перевозки, внутренний водный транспорт.

Urgent tasks of the development of river container transportation

Dmitry A. Korshunov
ORCID: 0000-0002-9908-4026

Ekaterina S. Nasedkina
ORCID: 0000-0002-0531-2615

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article is devoted to proposals within the framework of strategic objectives for the development of multimodality in river cargo transportation. The introduction describes the current state of river port infrastructure, assesses its readiness for containerization and provides statistics on such transportation. The materials and methods formulate strategic objectives for solving the problems of effective functioning of river transport in modern conditions. The results show the technology for reloading container cargo with portal cranes, the results of calculating the travel time of container cargo along the route St. Petersburg - Kazan, taking into account transshipment by water and rail transport. The authors have included scientific and practical recommendations for the discussion on the formation of a container line and the composition of ports on it. In summary, it has been concluded that container transportation has prospects for development on river highways, which will

contribute to both achieving the strategic goal of developing multimodality in transport and logistics schemes involving inland water transport, and can also lead to an increase in cargo traffic, improving the quality of transport services for clients and increasing competitiveness of river highways, which is especially important in the current conditions of the breakdown of traditional logistics connections.

Keywords: container transportation, inland water transport, river transportation.

Введение

В современных транспортно-логистических системах ключевую роль должны играть речные и морские порты, особенно в связи с растущей потребностью в контейнеризации грузопотоков.

Уровень развития порта определяется его грузооборотом. Высокий грузооборот свидетельствует о востребованности порта и его значимости для экономики региона и страны в целом.

Помимо грузооборота, на уровень развития порта влияют и другие факторы:

- Технические характеристики: Глубина акватории, наличие причалов и терминалов, оснащённость погрузочно-разгрузочным оборудованием, инфраструктура для хранения и обработки грузов.
- Географическое положение: Близость к основным транспортным магистралям, промышленным центрам и рынкам сбыта.
- Качество управления: Эффективность работы портовых служб, скорость обработки грузов, уровень сервиса.
- Экологическая безопасность: Соблюдение экологических норм и стандартов при осуществлении портовой деятельности.

Авторы отмечают активное развитие проектов по формированию современной речной портовой инфраструктуры[1], таких как мультимодальной речной порт и портовая особая экономическая зона, которые планируется создать в Нижегородской области (г.Бор). Благодаря этому увеличатся транспортные потоки по реке. В порту планируется осуществлять перевалку металлов, зерновых, лесных грузов и контейнеров. Ожидается, что речной транспортно-логистический хаб сократит время доставки грузов по коридору Север — Юг до 22 суток и снизит стоимость перевозок на 20%.

Развитие портовой инфраструктуры является одним из приоритетных направлений совершенствования логистических схем в большинстве стран мира. Это связано с ростом объемов международной торговли, развитием глобальных цепочек поставок и необходимостью обеспечения эффективной логистики. В связи со сложной международной обстановкой, внутренние потоки будут замыкаться на внутренние маршруты и грузы, возможно, необходимо перенаправить их, в том числе на водный транспорт.

Если сравнить отечественные и зарубежные речные порты, то следует отметить, что в России они находятся в худшем положении. При этом, контейнерооборот морских портов России в 2023 году составил 4,96 млн TEU, что на 15% больше показателя 2022 года. [2]

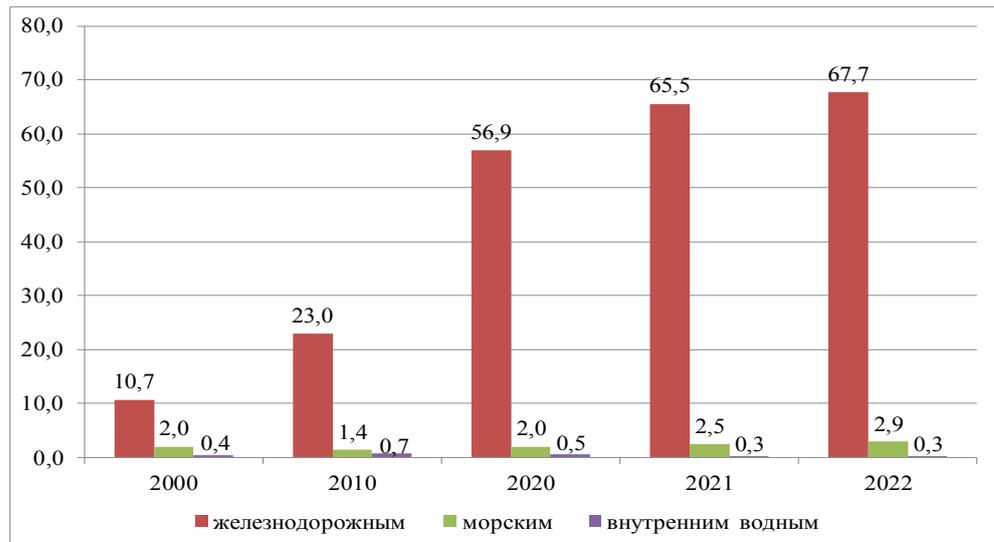


Рис.1. Перевозка контейнеров по видам транспорта

Таким образом, наблюдается увеличение объемов перевозки контейнерных грузов по железной дороге (рис.1)[3], что приводит к дисбалансу транспортных связей и значительным временем простоя тоннажа в ожидании грузовых работ при реализации международных транспортно-логистических схем.

Кроме того, среди ключевых стратегических задач развития транспортной системы страны на период до 2035 года указана необходимость формирования мультимодальных перевалочных узлов, а значит и развитие речных контейнерных перевозок в рамках совершенствования транспортно-логистических схем.

Методы

В связи с этим, авторами на основе аналитического метода сформированы направления развития речных контейнерных перевозок для решение стратегических задач развития транспортной отрасли страны и снятия проблемы несбалансированности её функционирования. Проблемы развития транспортной системы имеют следующие важные составляющие – рис.2.

Важная задача по сокращению диспропорции в темпах и масштабах развития между видами транспорта на взгляд авторов может быть решена активизацией контейнерных схем с участием внутреннего водного транспорта, что позволит:

- реализовать проекты по развитию и повышению эффективности использования речных терминалов;
- адаптировать грузовые партии к современной тенденции в частых мелких отправлениях в увязке с комбинированными (контейнерными) технологиями перевозок;
- улучшить качество транспортного обслуживания клиентуры за счет использования речных магистралей;
- применение информационных технологий и речных информационных систем (РИС) возможна бесшовная обработка заявок на грузоперевозки и эффективное взаимодействие видов транспорта за счет тщательном планирования.

Это в свою очередь позволит развивать существующую водотранспортную инфраструктуру с учетом современных требований клиентуры к грузообработке, в том числе на основе интермодальных и мультимодальных технологий.

При этом не менее важной задачей развития внутреннего водного транспорта является создание современного флота, включая речные контейнеровозы, маломерные суда на электрической тяге и т.д.



Рис. 2. Стратегические задачи для решения проблем эффективного функционирования речного транспорта [4]

Решение указанных автором задач позволит также улучшить ситуацию с технологической и экологической безопасностью на транспорте, так как внутренний водный транспорт является лидером в этих сферах.[5]

Авторами настоящей статьи также предлагается перспективная тематика научных исследований, в рамках реализации целей и решения задач Стратегии 2035 - рис.3.

Направления и тематика научных исследований, в рамках реализации целей и решения задач Стратегии 2035	
→	Обновление инфраструктуры для развития комбинированных и мультимодальных перевозок по ВВП.
→	Развитие мультимодальных схем перевозок с участием ВВП, чтобы обойти проблемы функционирования схем на основе авто и ж.д. из-за загруженности их инфраструктуры.
→	Обоснование параметров и характеристик судов-контейнеровозов (новый флот).
→	Обоснование эффективных контейнерных линий на участках река-море.
→	Моделирование типовых (стандартизированных) мультимодальных терминалов на речной сети с учётом оптимальных партий отправки.
→	Создание цифровых платформ (маркетплейсов) для формирования загрузки контейнерных и комбинированных транспортных линий с участием ВВП.
→	Формирование системы нормативных актов, регулирующих прямые смешанные перевозки в части упрощения процедур документального оформления таких перевозок, включая таможенные процедуры.

Рис.3. Направления и тематика научных исследований в рамках реализации целей и решения задач Стратегии 2035

Результаты

В рамках реализации стратегических целей и решения указанных выше задач авторами предлагается обоснование контейнерного маршрута «Санкт-Петербург – Казань». На рис.4 приведена карта перспективного маршрута.



Рис.4. Карта перспективного маршрута

Следует отметить, что в условиях работы большинства речных портов при грузообороте до 100 тыс. т перегрузка крупнотоннажных контейнеров осуществляется портальными кранами.

При обосновании терминальной технологической составляющей данного маршрута авторы считают, что на первоначальном этапе необходимо использовать существующие портовые мощности, когда портальные краны, оснащенные автоматическими захватами, устанавливаются на причале с таким расчетом, чтобы загрузка судна производилась в последовательности, предусмотренной инструкциями по загрузке-разгрузке соответствующих типов судов и других видов транспортных средств.

Авторы в ходе расчета-обоснования определили расстояние по речному маршруту на основе таблиц расстояний между портами: время нахождения контейнера на маршруте принято, как расстояние [6] на маршруте разделенное на среднюю скорость (в расчетах принята 18,5 км/ч) с учетом технологических операций в перевалочных терминалах (табл.1).

Таблица 1

Сводная таблица по расчету сроков доставки груза водным транспортом

Маршрут	Расстояние	Время, ч.
Санкт-Петербург - Череповец	855	46,2
Череповец – Нижний Новгород	634	34,2
Нижний Новгород – Казань	405	21,9
Итого:	1894	104,1

Также продолжительность занятости причала обработкой судна составляет:

$$T_3 = \frac{Q}{P_{сч}}, \text{ ч.} \quad (1)$$

где Q – количество контейнеров в судне, шт. (в расчетах принимаем по контейнеровместимости судна RSD59[7])

Pсч – норма грузовых работ, шт./ч. (определяется через число циклов перегрузок за час)

$$T_3 = \frac{248}{12} = 20,7 \text{ ч.}$$

Расчет ведется по нескольким причалам (в начальном, промежуточных и конечном пункте), то формула продолжительности занятости причала обработкой судна примет вид:

$$T_{3(н)} = T_3 * n, \text{ ч.}$$

где n- количество причалов, занятых под обработкой судна.

$$T_{3(н)} = 20,7 * 4 = 82,8 \text{ ч.}$$

Итого времени по маршруту: 104,1+82,8 = 186,9 ч.=7,8 сут.

Также мы посчитали время в пути по выбранному маршруту на железнодорожном транспорте с помощью программы Альта-Софт (ЖД тариф) с учетом возможных рисков при доставке, сводные данные представлены в таблице 2[8].

Таблица 2

Сводная таблица по расчету сроков доставки груза железнодорожным транспортом

Маршрут	Расстояние	Время, сут.
Санкт-Петербург – Череповец	466	11
Череповец – Нижний Новгород	765	11
Нижний Новгород – Казань	495	10
<i>Итого:</i>	<i>1726</i>	<i>32</i>

Итого времени по маршруту: 11+11+10 = 32 сут.

В исследовании авторов приводятся расчеты сроков доставки контейнерных грузов водным и железнодорожным транспортом по маршруту Санкт-Петербург - Казань. Из анализа полученных данных следует, что доставка речным транспортом осуществляется быстрее (на 24,2 дней), чем железнодорожным.

Обсуждение

Речные контейнерные перевозки – это перспективное направление в сфере логистики, которое обладает рядом преимуществ перед автомобильным и железнодорожным транспортом, особенно в условиях роста цен на топливо и увеличения нагрузки на транспортную инфраструктуру. Однако для полноценного развития речного транспорта необходимо решить ряд актуальных задач (рис.5).

Авторами выводятся научно-практические рекомендации по формированию контейнерной линии и составу портов на ней:

Предлагается запуск контейнерной линии, приходящего грузопотока в Санкт-Петербург с распределением его по Единой глубоководной системе европейской части России. Порожные контейнеры для обратного маршрута можно загрузить, например, зерном.

На предложенном маршруте расположены города - промышленные центры, отмечается наибольшая плотность населения, а также наблюдается максимальная загруженность автомобильных и железных дорог.[10]

Это поможет и разгрузит смежные виды транспорта в навигационный сезон.

Также предлагается рассмотреть возможность запуска аналогичного маршрута со стороны Каспийского моря, чтобы разгрузить приходящий грузопоток. А в дальнейшем, объединить маршруты для оптимизации доставки грузов в рамках МТК «Север-Юг».

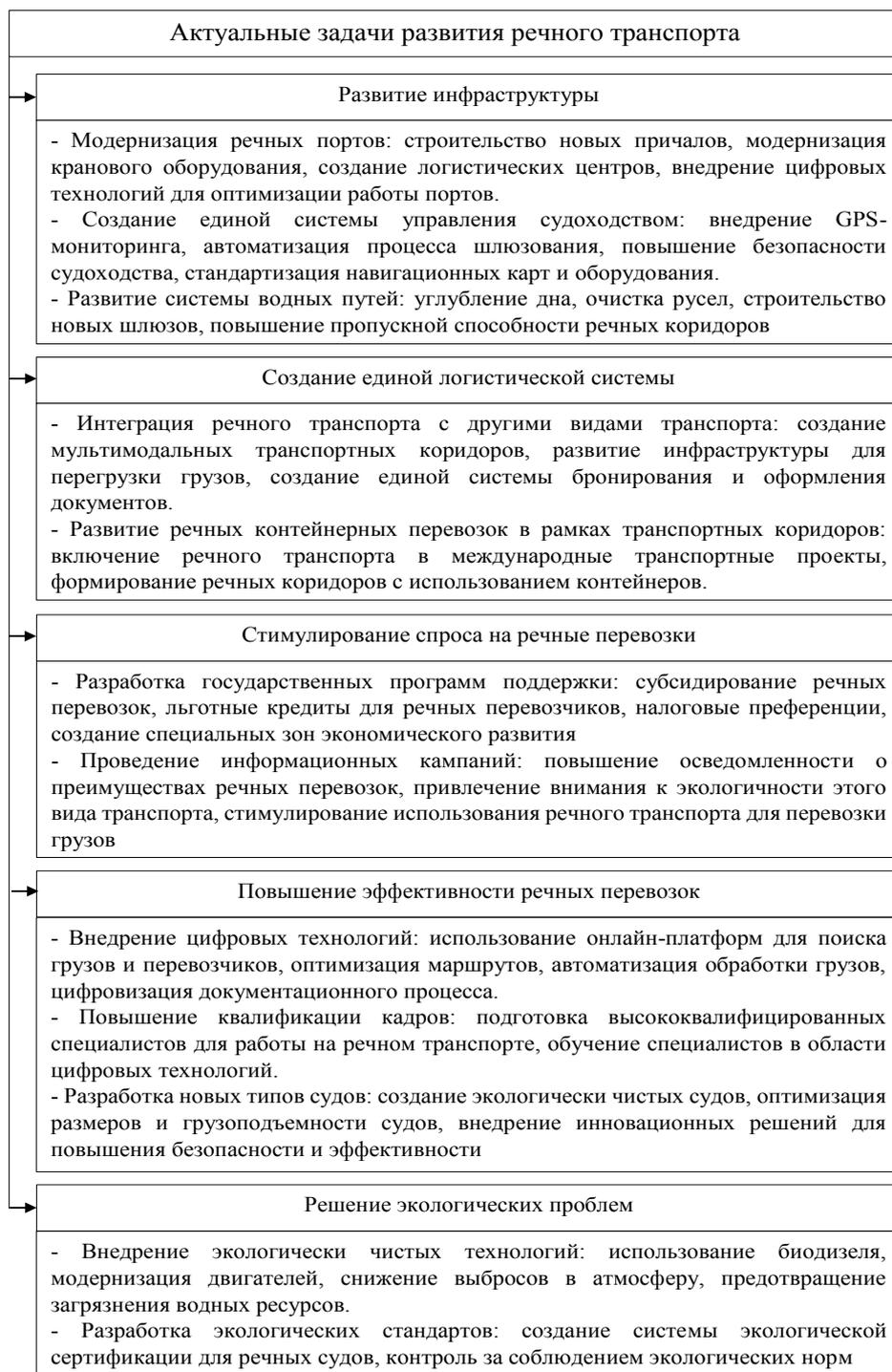


Рис.5. Актуальные задачи развития речного транспорта

Заключение

Формирование контейнерной линии и выбор портов на ней - это динамичный процесс, который требует постоянного мониторинга и адаптации к изменениям. Важно использовать комплексный подход и учитывать все факторы, влияющие на эффективность контейнерных перевозок.

Можно сделать вывод, что контейнерные перевозки имеют перспективы развития на речных магистральных, что будет способствовать как достижению стратегической цели развития мультимодальности в транспортно-логистических схемах с участием внутреннего водного транспорта, а также может привести к росту грузопотока, улучшению качества транспортного обслуживания клиентуры и повышению конкурентоспособности речных магистралей, что особенно актуально в сложившихся в условиях слома традиционных логистических связей.

Кроме того преимущества контейнерных технологий позволят ускорить доставку грузов и обеспечить их сохранности при реализации комбинированных транспортно-логистических схем с участием речных магистралей. А также нивелирование диспропорции распределения грузопотоков позволит снизить и нагрузку на автомагистрали и железную дорогу, тем самым возможна экономия бюджетных средств на содержание этой инфраструктуры.

Список литературы

1. Малышев, М. И. Развитие международного мультимодального коридора «Север - Юг» и меры интеграции региональной транспортной инфраструктуры / М. И. Малышев, Е. Н. Кожанов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2024. – Т. 27, № 1. – С. 28-42. – DOI 10.26467/2079-0619-2024-27-1-28-42. – EDN ICXYKA.
2. Курганова, Н. В. Синхрологистика контейнерных перевозок как перспективный вектор развития логистических процессов / Н. В. Курганова, А. А. Сазонов // Транспортное дело России. – 2023. – № 3. – С. 128-130. – DOI 10.52375/20728689_2023_3_128. – EDN XAJRON.
3. Российский статистический ежегодник. 2023: Стат.сб./Росстат. – Р76 М., 2023 – 701 с. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2023.pdf
4. 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 научнопромышленного форума. Нижний Новгород, 2022. Режим доступа: http://вф-рекаморе.рф/2022/PDF/1_10.pdf
5. Коршунов, Д. А. Обоснование технологических параметров современных речных контейнерных терминалов / Д. А. Коршунов, Е. С. Наседкина // 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. 119. – EDN НКХХJD.
6. Таблица расстояний между речными портами. Режим доступа: http://www.nw-agency.ru/tablitza_rasstojaniy/tablitza_rasst_3.html#Piter
7. Сухогрузы проекта RSD59. Режим доступа: <http://krsormovo.nnov.ru/produkcziya/produkcziya-sudostroeniya/suxogruzyi-proekta-rsd59m.html>
8. Альта-Софт. ЖД Тариф. Режим доступа: <https://www.alt.ru/programs/railtax/>
9. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. № 327-р. Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/8910>
10. О мерах по развитию перевозок грузов в контейнерах на внутреннем водном транспорте. Режим доступа: <https://morvesti.ru/analitika/1690/96363/>

References

1. Malyshev, M. I. Razvitiye mezhdunarodnogo mul'timodal'nogo koridora «Sever - YuG» i mery integratsii regional'noi transportnoi infrastruktury / M. I. Malyshev, E. N. Kozhanov // Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo univer-siteta grazhdanskoi aviatsii. – 2024. – T. 27, № 1. – S. 28-42. – DOI 10.26467/2079-0619-2024-27-1-28-42. – EDN ICXYKA.
2. Kurganova, N. V. Sinkhrologistika konteynernykh perevozok kak perspektivnyi vektor razvitiya logisticheskikh protsessov / N. V. Kurganova, A. A. Sazonov // Transportnoe delo Rossii. – 2023. – № 3. – S. 128-130. – DOI 10.52375/20728689_2023_3_128. – EDN XAJRON.
3. Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik. 2023: Stat.sb./Rosstat. – R76 M., 2023 – 701s. Rezhim dostupa: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegovodnik_2023.pdf
4. Dreiband, D.V. Problemy razvitiya infrastruktury vnutrennego vodnogo transporta s uchetom strategicheskikh zadach /Dreiband D.V., Korshunov D.A., Nichiporuk A.O.// V sbor-nike: Transport. Gorizonty razvitiya. Trudy 2-go Mezhdunarodnogo nauchnopromyshlennogo foruma. Nizhnii Novgorod, 2022. Rezhim dostupa: http://вф-рекаморе.рф/2022/PDF/1_10.pdf
5. Korshunov, D. A. Obosnovanie tekhnologicheskikh parametrov sovremennykh rechnykh konteynernykh terminalov / D. A. Korshunov, E. S. Nasedkina // Velikie reki - 2020 : Trudy 22-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod, 27–29 maya 2020 g.–Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta,2020.–S.119.
6. Tablitsa rasstoyanii mezhdou rechnymi portami. Rezhim dostupa:http://www.nw-agency.ru/tablitsa_rasstojaniy/tablitsa_rasst_3.html#Piter
7. Sukhogruzy proekta RSD59. Rezhim dostupa:<http://krsormovo.nnov.ru/produkcziya/produkcziya-sudostroeniya/suxogruzyi-proekta-rsd59m.html>
8. Al'ta-Soft. ZHD Tarif. Rezhim dostupa: <https://www.alta.ru/programs/railtax/>
9. Strategiya razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 29 fevralya 2016 g. № 327-r. Rezhim dostupa: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/8910>
10. O merakh po razvitiyu perevozok gruzov v konteynerakh na vnutrennem vodnom transporte. Rezhim dostupa: <https://morvesti.ru/analitika/1690/96363/>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

Dmitry A. Korshunov, Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water transport, 5, Nesterov st. Nizhny Novgorod, 603950

Наседкина Екатерина Сергеевна, аспирант кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г.Нижний Новгород, ул.Нестерова, 5, e-mail: nasedkina.ekaterina@mail.ru

Ekaterina S. Nasedkina, graduate student of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water transport, 5, Nesterov st. Nizhny Novgorod, 603950

Статья поступила в редакцию 18.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 18.06.2024; published online 20.09.2024.

УДК 332.14

DOI: 10.37890/jwt.vi80.516

Направления деятельности ПАО «Завод «Красное Сормово» в обеспечении логистики на водном транспорте в России

И.К. Кузьмичев¹

ORCID: 0000-0001-8186-0544

С.С. Чеботарев¹

ORCID: 0000-0002-2920-8150

О.Л. Морозов²

ORCID: 0000-0001-6526-2755

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

²*Нижегородская академия МВД России, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Данная работа посвящена анализу деятельности предприятия судостроительной отрасли России ПАО «Завод «Красное Сормово» в обеспечении логистики на водном транспорте в России. В статье приводятся сведения об истории развития предприятия с момента создания и до настоящего времени. Особое внимание уделено деятельности ПАО «Завод «Красное Сормово» по разработке и реализации планов по обновлению парка судов в современный период, которые зависят от конъюнктуры фрахтового рынка, доступности кредитных ресурсов, общего состояния экономики, развития транспортной системы, состояния портовых мощностей и инфраструктуры водных путей. Обозначены перспективные направления деятельности ПАО «Завод «Красное Сормово» по удовлетворению потребности государства в реализации политики совершенствования транспортной логистики, привлечения дополнительных грузопотоков на внутренний водный транспорт, в развитии круизного судоходства.

Ключевые слова: судостроение, транспортная логистика, водный транспорт, сухогрузные теплоходы, круизные лайнеры, сегмент судов типа «река-море», компании-грузовладельцы, судоходные компании.

On the role of PJSC «Krasnoe Sormovo Plant» in providing logistics for water transport in Russia

Igor K. Kuzmichev¹

ORCID: 0000-0001-8186-0544

Stanislav S. Chebotarev¹

ORCID: 0000-0002-2920-8150

Oleg L. Morozov²

ORCID: 0000-0001-6526-2755

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

²*Nizhny Novgorod Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia*

Abstract. This work is devoted to the analysis of the role of PJSC «Krasnoe Sormovo Plant» in providing logistics for water transport in Russia. The article provides information on the history of the company's development from its creation to the present time. Special attention is paid to the activities of PJSC "Krasnoe Sormovo Plant" on the development and implementation of plans for the ship fleet renewal in the modern period, which depend on the conjuncture of the freight market, the availability of credit resources, the general state of the

economy, the development of the transport system, the state of port facilities and waterway infrastructure. Statistical data characterizing the financial and economic condition of the public joint stock company are presented. The promising areas of activity of PJSC "Krasnoe Sormovo Plant" to meet the needs of the state in implementing the policy of improving transport logistics, attracting additional cargo flows to inland waterway transport are outlined.

Keywords: shipbuilding, water transport, dry cargo ships, cruise liners, the segment of river-sea vessels, cargo companies, marine and river shipping companies, transport logistics.

Введение

Речной и морской транспорт исторически и объективно является неотъемлемой частью всероссийской транспортной системы и занимает важное место в обеспечении экономического развития страны. Осуществляя перевозки на внутренних и морских водных путях, он обслуживает практически все субъекты Российской Федерации.

Новые векторы развития данной отрасли, наряду с другими видами транспорта, были определены в распоряжении Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» (Далее – Транспортная стратегия) [1]. В этом же стратегическом документе перед определением проблем и постановкой задач была дана характеристика отрасли.

Внутренние водные пути Российской Федерации по итогам проведенного анализа составляют 101,6 тыс. километров. Из них 50,2 тыс. километров – это маршруты, по которым могут пройти суда с современными размерами и водоизмещением. При этом по 38,8 тыс. километрам в навигационный период можно организовать бесперебойное сообщение.

В стране кроме большого числа речных портов функционируют 67 морских портов, находящихся в 5 морских бассейнах. Их пропускная способность грузов только в 2020 года составляла 1224 млн. тонн в год.

Число всех видов грузовых судов в стране превысило 21 тыс. единиц, из них для перевозки пассажиров более 2 тыс. единиц. Средний возраст их колеблется в пределах сорока лет.

Масштабы перемещения грузов по воде в России превышают 108 млн. тонн со средним расстоянием свыше 600 километров. Однако участие морских и речных судов внутри страны в грузообороте отмечается только на уровне 2 процентов (при этом, например, в Китае - 7 процентов, в Германии - 8 процентов). Очевидно, что здесь имеются нереализованные резервы и возможности. Если посмотреть в ретроспективе, то в Союзе Советских Социалистических Республик в 1985 году этот показатель достигал 9 процентов.

Преобладающими видами грузов являются строительные (51 %), продукты нефтепереработки (18 %), зерновые (6 %) и лесоматериалы (5,4 %).

Количество перевозимых данным транспортом пассажиров в последние 5 лет приближается к 12 млн. пассажиров [1].

Методы

При обработке материала использовались комплексный и ретроспективный методы к анализу публикаций по исследуемой теме, размещенных в открытом доступе.

Исследования ученых в области транспортной логистики в числе проблемных областей, рассматриваемых логистикой на водном транспорте в современных

условиях, обращают особое внимание на технологические и технические проблемы, в том числе в современном судостроении [2].

Многие логистические подходы и решения, в том числе организационно-технологического характера, требуют соответствующего инфраструктурного и технического обеспечения. Эффективность многих этапов перевозки требует использования, проектирования и разработки судов, отвечающих предъявляемым требованиям. Часть предложений в области оптимизации логистических цепей поставок базируется на имеющихся технических решениях, а другие, наоборот, требуют обоснования и разработки инновационных средств. К ним могут относиться разработка новых грузовых судов [3-6], использование или модернизация имеющихся проектов с учетом их раннего прогрессивного опыта эксплуатации [7], обоснование эксплуатационно-технических характеристик грузовых судов на основе критерия энергоэффективности [8], развитие и оптимизация существующей транспортной инфраструктуры в целях повышения эффективности перевозок, в том числе в комбинированном сообщении [9-10], формирование транспортно-логистической инфраструктуры на новых территориях (Сибири, Дальнего Востока, Арктики и др.) и направлений использования водного транспорта, тем самым расширяя сферу его эффективного использования [11-12]. Также уделяется внимание оценке использования контейнеров и других укрупненных грузовых единиц с целью увеличения провозных и пропускных возможностей, увеличения средней скорости доставки на внутренних водных направлениях [12].

В современной России одной из ведущих и крупнейших судостроительных компаний, которая может выпускать современные многофункциональные корабли, соответствующие ожиданиям заказчиков и международным сертификатам соответствия, является ПАО «Завод «Красное Сормово», входящее с 2012 года в Объединенную судостроительную корпорацию.

Предприятие ведет свою историю с 1849 года и в 2024 году ему исполняется 175 лет. Все это время завод был и остается флагманом гражданского судостроения.

Среди основных типов кораблей, производимых на «Красном Сормово», - это сухогрузы, танкеры, круизные лайнеры, плавучие краны и доки, дно углубительные снаряды, суда для очистки акватории и другие. Всего их построено более 2 тысяч, в том числе более ста для перевозки пассажиров [13].

Вехами научно-технического прогресса в кораблестроении в истории завода стали создание первых в стране [13]:

- двухпалубного парохода в 1871 году,
- цельносварного судна в 1934 году;
- судна на подводных крыльях в 1957 году;
- трёхпалубного - флагмана Волжского пароходства дизель-электрохода «Ленин» в 1958 году;
- судна на воздушной подушке в 1962 году.
- С 1930 по 2005 гг. на заводе построено свыше 300 подводных лодок [13].

Результаты

На сегодняшний день ПАО «Завод «Красное Сормово» позиционируется как инновационная верфь, выпускающая корабли дедвейтом до 15 000 тонн [13]. Специализация предприятия – постройка таких речных и морских транспортных средств, как сухогрузные суда для перевозки генеральных и навалочных грузов, контейнерные и наливные суда, суда для обслуживания регулярных пассажирских линий и туристических путешествий, специальные транспортные суда.

С 2012 года заводом реализован проект RST27 по строительству 29 танкеров. Судно данной серии «ВФ Танкер-1» и танкер-продуктовоз-химовоз проекта RST27M

«Балт Флот 16» включены в перечень лидеров среди головных образцов, подготавливаемый каждый год Британским Королевским обществом корабельных инженеров (RINA - Royal Institution of Naval Architects).

В 2016 году спущены на воду три единицы самоходной дноуглубительной техники серии TSHD1000 "Соммерс", "Кроншлот" и "Кадош". Данные суда служат для поддержания заданных глубин на акваториях и подходах к морским портам Усть-Луга, Большой порт Санкт-Петербург и Туапсе с целью обеспечения безопасности судоходства.

С 2017 года начинается производство сухогрузов линейки RSD59. Судно этой серии «Пола Макария» также было включено в сборник RINA.

В феврале 2023 года сошёл со стапелей сухогрузный теплоход проекта RSD59, названный в честь основателя Сормовского завода «Дмитрий Бенардаки». Из почти 60 произведенных в России сухогрузных теплоходов проекта RSD59, составляющих основу современного отечественного грузового флота, 31 судно построено в Сормово. В июне 2023 года с АО ГТЛК был подписан контракт на строительство серии из 34 сухогрузов проекта RSD59.

В 2020 году спущен на воду четырёхпалубный круизный лайнер PV300 «Мустай Карим» с возможным размещением 342 человек, построенный по самым передовым технологиям. Заказчиком стала компания «ВодоходЪ». Он обслуживает речную перевозку пассажиров на дальних круизных линиях «Москва - Астрахань», «Москва - Санкт-Петербург» с переходами по Ладожскому и Онежскому озерам и «Москва - Ростов-на-Дону» с проходом Волго-Донским судоходным каналом. Данный лайнер также заслуженно вошел в обзор RINA.

В этом же году заключены соглашения с компаниями-участницами «Северо-Западного рыбопромышленного консорциума» о строительстве пяти краболовных судов проекта КСП01. Головное судно спущено на воду в июле 2022 года. В августе 2023 года головной краболов-процессор «Вайгач» успешно прошёл ходовые и промысловые испытания. До сих пор аналогичные краболовы-процессоры, фактически являющиеся плавучими фабриками по переработке краба, ни в современной России, ни в Советском Союзе не производили.

В 2022 году была проделана большая работа по привлечению и подготовке новых заказов в сфере пассажирского судостроения, которая завершилась подписанием контрактов на строительство серии круизных лайнеров из трех судов.

В середине февраля 2023 года ПАО «Завод «Красное Сормово» и КБ «Вымпел» заключили контракт на разработку проектной документации для постройки круизных лайнеров типа «Карелия». В период с апреля по июнь 2023 года на заводе были заложены все три судна данной серии, которые строятся в рамках программы Правительства РФ по обновлению речного флота.

По итогам 2022 года ПАО «завод «Красное Сормово» стало лучшим в развитии производственной системы среди предприятий ОСК. 18 ноября 2022 года заводу «Красное Сормово» была вручена Благодарность Президента РФ за заслуги в развитии кораблестроения [13].

Развитие кадрового потенциала ПАО «Завод «Красное Сормово» стало одним из приоритетных направлений деятельности предприятия. В 2021 году Общество начало системную работу по повышению квалификации сотрудников и созданию максимально комфортных условий для их профессиональной самореализации. Стало очевидно, что для выведения предприятия на новый уровень недостаточно роста операционной эффективности, роботизации и цифровизации производства. Ключевую роль в любых производственных процессах играют люди, и вложения в развитие кадрового потенциала завода просто необходимы.

Были организованы программы подготовки, переподготовки и повышения квалификации как сотрудников массовых профессий, так и руководителей среднего и

высшего звена. Всего на территории предприятия по различным направлениям прошли обучение более 1 500 человек. Кроме того, более 300 работников обучились в учебных заведениях, с которыми ПАО «Завод «Красное Сормово» заключил контракты. Продолжилась работа образовательно-производственного судостроительного кластера, открытого при Заводе в 2021 году и объединивший 9 школ, учреждения дополнительного образования, профильные техникумы, а также вузы - НГТУ им. Р.Е. Алексеева и ВГУВТ для подготовки инженерно-технических кадров для предприятия [13].

В сентябре 2022 года на территории предприятия открылась базовая кафедра НГТУ им. Р.Е. Алексеева по специальности магистратуры «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры».

6 октября 2022 года состоялось торжественное подписание договора о сотрудничестве между ПАО «Завод «Красное Сормово», ФГБОУ ВО «ВГУВТ» и школой №183 Сормовского района (смотри фотографию).

В разработке образовательных программ вместе с преподавателями вуза приняли участие сотрудники завода, чтобы сделать подготовку студентов максимально адаптированной к реалиям отрасли. Кроме того, 30 студентов-первокурсников заключили договоры на целевое обучение во входящих в периметр кластера вузах.

В течение 2022 года на заводе прошли практику почти 400 студентов техникумов и вузов. В ближайшие годы предприятие планирует увеличить прием на работу молодых специалистов - в основном из числа выпускников образовательных организаций, входящих в состав кластера.

Примечательной особенностью характеризуемого периода (2018-2024 гг.) является- интегрированная связь науки с практикой через образование, где основой стала опора на научное знание, что обеспечивает устойчивое не только функционирование, но и развитие всех участников инновационного подхода к организации современного отечественного и мирового судостроения. В качестве положительного примера успешности интеграции науки, образования и практики можно привести инновационное взаимодействие между ПАО «Завод «Красное Сормово», ФГБОУ ВО «ВГУВТ» и школой №183 Сормовского района г. Нижнего Новгорода (см. фотографию).



На фотографии запечатлен знаковый момент (6 октября 2022) в новейшей истории России по инновационному подходу развития современного отечественного

и мирового судостроения на примере интеграции науки, образования и практики между ПАО «Завод «Красное Сормово», ФГБОУ ВО «ВГУВТ» и школой №183 Сормовского района г. Нижнего Новгорода.

В части гражданской судостроительной отрасли Сормовская верфь возглавляет рейтинги российского кораблестроения за период с 2021 года по настоящее время. Её вклад в данной продуктовой группе составил около 50%. Положительный итог Сормовской верфи, в частности, является объективным фактом успешности выбранного и проводимого вектора инновационного развития отечественной судостроительной промышленности.

Обсуждение

Потребность в судах рассматриваемой категории имеется, в основном, у следующих представителей бизнеса, связанного с морскими и речными перевозками:

- организации-владельцы грузов;
- фрахтовщики;
- судоходные и другие компании, специализирующиеся на использовании водных коммуникаций.

Старение имеющихся у судовладельцев судов является триггером для их ускоренного воспроизводства на основе современных инновационных технологий. Перспективы судостроения в России определяют такие факторы, как состояние деловой активности компаний-фрахтователей, возможности привлечения заемных банковских средств, совершенствование транспортно-логистической инфраструктуры, инвестирование в эти и смежные отрасли народного хозяйства.

Особенностью кораблестроения всегда будет широкий охват использования большого количества комплектующих материалов, выпускаемых другими видами производств. Это промышленная обработка металлов, выплавка стали, внедрение современных цифровых устройств, изготовление приборов и оборудования на основе применения инновационных инженерных решений.

Меры государственной поддержки данной сферы реального сектора экономики Российской Федерации в последние годы привели к увеличению темпов развития судостроительной промышленности.

В настоящее время Сормовский завод является поставщиком для Государственной транспортной лизинговой компании, обществ с ограниченной ответственностью «Фростер», «Карапакс», «Эта-трейд», «Альфа-трейд», АО «Адмиралтейские верфи» и других.

Перспективные направления Сормовской верфи обусловлены векторами движения и колебаниями рынка, а также производственными возможностями непосредственно публичного акционерного общества.

С учетом этих обстоятельств определены задачи:

- удовлетворение спроса отечественных гражданских судоходных компаний страны;
- обеспечение качества и сроков строительства гражданских судов, соответствующих мировому уровню;
- обеспечение конкурентоспособности судов и высокого уровня устойчивости предприятия на рынке.

Решение задач по указанным ключевым направлениям позволит Обществу достичь намеченных целей:

- обеспечение имиджа надежного партнера в своей производственной нише;
- достижение формирования высокопрофессионального ядра работников и эффективного механизма привлечения на работу молодых специалистов;
- освоение в полном объеме ресурсосберегающих технологий;

- исключение дополнительных необоснованных затрат;
- модернизация имеющихся производственных средств.

Выполнение запланированного объема мероприятий позволит достигнуть уровня современного кораблестроительного предприятия, способного конкурировать не только на отечественном, но и на мировом рынке судостроения.

В соответствии с достигнутыми контрактными соглашениями в 2024-2025 гг. завод продолжит выпуск продукции гражданского судостроения в сегментах краболовных судов проекта КСПО1 (рисунок 1) и судов «река-море» проекта RSD59 с учётом заключенных в 2024 году контрактов на строительство 39 таких кораблей (рисунок 2).

К тому же, на основе созданной производственной базы при реализации проекта RV300 (четырёхпалубный круизный лайнер нового поколения «Мустай Карим»), ПАО «Завод «Красное Сормово» запускает в 2024 году строительство серии пассажирских судов из пяти кораблей проекта 00840 (круизные лайнеры типа «Карелия» (рисунок 3)).



Рис.1. Краболов – процессор Вайгач проекта КСПО1



Рис.2. Судно река-море проекта RSD59



Рис.3. Крузный лайнер Карелия проекта 00840

В долгосрочной перспективе Общество видит свое активное участие в производстве линейки многофункциональных и инновационных судов нового поколения, таких как:

- рыболовные траулеры (5 кораблей проекта КСП01);
- аварийно-спасательные суда;
- крузные суда (5 кораблей проекта 00840);
- дноуглубительные суда.

Заключение

В настоящее время, благодаря проведенной модернизации и техническому перевооружению производства, завод адаптирован к выполнению самых сложных заказов гражданского судостроения, без которых в настоящее время невозможно обеспечение логистики на водном транспорте в России. Вся выпускаемая продукция соответствует международным нормам безопасности и экологическим требованиям. Для страны он является крупным объектом налогообложения, а для партнеров надежным поставщиком.

Таким образом, ПАО «Завод «Красное Сормово» готово к удовлетворению потребности государства в инновационном переформатировании логистики на морском и речном транспорте, в том числе, увеличивая перевозки грузов, осуществляемые по водным путям сообщения, что, несомненно, приведет к значительному уменьшению загруженности автомобильных трасс страны за счет перераспределения крупнотоннажных и инертных грузов, а также железнодорожной инфраструктуры в сегменте возможного перевода перевозок зерновых, нефтехимических продуктов, угля и других товаров на морской и речной транспорт.

Планы развития данного предприятия гармонично вписываются в проект Стратегии развития судостроительной отрасли Российской Федерации. По заявлению заместителя Министра промышленности и торговли России В.Л. Евтухова, которое он сделал на полях Петербургского международного экономического форума, проходившего в г. Санкт-Петербурге с 5 по 8 июня 2024 года, данный планирующий документ готовится к утверждению осенью 2024 года.

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 года № 3363-р [Электронный ресурс]. URL: <https://mintrans.gov.ru/file/473193> (дата обращения: 13.05.2024).
2. Домнина, О. Л., Костров, В. Н., Ничипорук, А.О. Современное состояние, проблемы и основные направления развития логистики на водном транспорте. Научные проблемы водного транспорта, 2023. - №76. – с. 150-151. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi70.234>.
3. Волков, А. Н., Зуев, В. А. Технические показатели работы современных траулеров. Научные проблемы водного транспорта, 2021. №69, с.49-62. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi69.215>.

4. Корепанов, А. Э., Роннов, Е. П. Обоснование главных размерений тримарана из условия пассажировместимости в задачах исследовательского проектирования. *Научные проблемы водного транспорта*, 2022. - №70. – с. 39-47. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi70.234>.
5. Larina, I.V., Larin, A.N., Kiriliuk O., Ingaldi M. Green logistics - modern transportation process technology. *Production engineering archives*. 2021, 27(3), pp. 184-190. DOI:10.30657/pea.2021.27.24.
6. Сустретов, С.В. Отечественный и зарубежный опыт разработок в области грузовых перевозок на судах инновационного типа / С.В. Сустретов // *Транспорт. Горизонты развития*. 2022: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2022. – Режим доступа: http://vf-река-море.рф/2022/PDF/1_19.pdf. (дата обращения 10.06.2024).
7. Зяблов, О. К., Алексеева, О. В., Алексеев, Ю. А. Обоснование принятия управленческих решений о модернизации сухогрузных теплоходов типа «Волга» на основании экспресс-анализа рыночной ситуации. *Научные проблемы водного транспорта*, 2021. - №69. – с. 63-80. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi69.218>.
8. Васильева, О. Ю. Выбор эффективных судов по критерию предельной стоимости при эксплуатационном обосновании / О. Ю. Васильева, М. В. Никулина, Ю. И. Платов // *Научные проблемы водного транспорта*. – 2021. – № 68. – С. 172-181. – DOI 10.37890/jwt.vi68.207.
9. Майоров, Н. Н. Исследование вариантов обоснования модернизации инфраструктуры морского пассажирского порта для решения задачи прогнозирования его развития с учетом влияния внешней среды / Н. Н. Майоров, А. А. Добровольская // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 701-712. – DOI 10.21821/2309-5180-2022-14-5-701-712.
10. Ничипорук, А. О., Карташова, О. И., Ганчеренок, И. И. (2022). Методика определения оптимального территориального размещения транспортно-логистических терминалов на речном транспорте. *Научные проблемы водного транспорта*, (73), 148-159. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi73.318>.
11. Романова, С.А. Развитие транспортной инфраструктуры Арктики / С.А. Романова, О.Г. Севостьянова // *Транспорт. Горизонты развития*. 2022: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2022. – Режим доступа: http://vf-река-море.рф/2022/PDF/1_18.pdf. (дата обращения 10.06.2024).
12. Изотов, О. А. Изотов, О. А. Влияние развития внутренней логистики на режимы работы контейнерного терминала / О. А. Изотов // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 257-263. – DOI 10.21821/2309-5180-2022-14-2-257-263.
13. <http://krsormovo.nnov.ru> (дата обращения 11.06.2024).

References

1. The transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035. Decree of the Government of the Russian Federation No. 3363-r dated November 27, 2021 [Electronic resource]. URL: <https://mintrans.gov.ru/file/473193> (date of application: 05/13/2024).
2. Domnina, O. L., Kostrov, V. N., Nichiporuk, A.O. The current state, problems and main directions of logistics development in water transport. *Scientific problems of water transport*, 2023. - No.76. – pp. 150-151. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi70.234>.
3. Volkov, A. N., Zuev, V. A. Technical performance indicators of modern trawlers. *Scientific Problems of water Transport*, 2021. No.69, pp.49-62. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi69.215>.
4. Korepanov, A. E., Ronnov, E. P. Substantiation of the main dimensions of the trimaran from the passenger capacity condition in research design tasks. *Scientific problems of water transport*, 2022. - No.70. – pp. 39-47. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi70.234>.
5. Larina I.V., Larin A.N., Kirilyuk O., Gold M. "Green logistics" - modern technology of the transport process. *Archive of production processes*. 2021, 27(3), pp. 184-190. DOI:10.30657/pea.2021.27.24.

6. Sustretov, S.V. Domestic and foreign experience of developments in the field of cargo transportation on innovative type vessels / S.V. Sustretov // Transport. Horizons of development. 2022: Proceedings of the International Scientific and Practical Forum. FGBOU VO "VGUVT". – 2022. – Access mode: http://вф-река-море.RF/2022/PDF/1_19.pdf. (accessed 06/10/2024).
7. Zyablov, O. K., Alekseeva, O. V., Alekseev, Yu. A. Justification for making managerial decisions on the modernization of Volga-type dry cargo ships based on an express analysis of the market situation. Scientific problems of water transport, 2021. - No.69. – pp. 63-80. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi69.218>.
8. Vasilyeva, O. Yu. The choice of efficient vessels according to the criterion of marginal cost for operational justification / O. Yu. Vasilyeva, M. V. Nikulina, Yu. I. Platov // Scientific problems of water transport. - 2021. – No. 68. – pp. 172-181. – DOI 10.37890/jwt.vi68.207.
9. Mayorov, N. N. Investigation of options for justifying the modernization of the infrastructure of a marine passenger port to solve the problem of forecasting its development taking into account the influence of the external environment / N. N. Mayorov, A. A. Dobrovolskaya // Bulletin of the Admiral S.O. Makarov State University of Marine and River Fleet. – 2022. – Vol. 14, No. 5. – pp. 701-712. – DOI 10.21821/2309-5180-2022-14-5-701-712.
10. Nichiporuk, A. O., Kartashova, O. I., Gancherenok, I. I. (2022). The methodology for determining the optimal territorial location of transport and logistics terminals on river transport. Scientific Problems of water Transport, (73), 148-159. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi73.318>.
11. Romanova, S.A. Development of the Arctic transport infrastructure / S.A. Romanova, O.G. Sevostyanova // Transport. Horizons of development. 2022: Proceedings of the International Scientific and Practical Forum. FGBOU VO "VGUVT". – 2022. – Access mode: http://вф-река-море.RF/2022/PDF/1_18.pdf. (accessed 06/10/2024).
12. Izotov, O. A. Izotov, O. A. The influence of the development of internal logistics on the modes of operation of the container terminal / O. A. Izotov // Bulletin of the Admiral S.O. Makarov State University of Marine and River Fleet. - 2022. – Vol. 14, No. 2. – pp. 257-263. – DOI 10.21821/2309-5180-2022-14-2-257-263.
13. <http://krsormovo.nnov.ru> (accessed 06.11.2024).

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, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-mail: rector@vsuwt.ru

Чеботарев Станислав Стефанович, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: StSt57@yandex.ru

Stanislav S. Chebotarev, Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-mail: StSt57@yandex.ru

Морозов Олег Леонидович, кандидат экономических наук, заместитель начальника (по научной работе), Нижегородская академия МВД России, 603950, Бокс-268, Нижний Новгород, Анкудиновское шоссе, 3, e-mail: morozoole@yandex.ru

Oleg L. Morozov, Candidate of Economic Sciences, Deputy Head (for Scientific work), Nizhny Novgorod Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 603950, Box-268, Nizhny Novgorod, Ankudinovskoe highway, 3, e-mail: morozoole@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 28.06.2024; published online 20.09.2024.

УДК 656.6:629

DOI: 10.37890/jwt.vi80.517

Перспективы формирования логистически организованной системы транспортировки генеральных грузов речным транспортом в условиях развитой транспортной сети

С.И. Нюркин

ORCID: 0000-0003-0194-820X

О.С. Нюркин

ORCID: 0000-0002-8723-6635

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

Аннотация. Развитие транспортной отрасли предполагает реализацию комплексного подхода, который охватывает все виды транспорта и, при этом, опирается во многом на маркетинговые и логистические основы. Имеющийся перекоп в сторону наземного транспорта кроме объективных причин имеет под собой и множество факторов, обусловленных упущениями в организации деятельности предприятий речного транспорта. Исправление этих ошибок и упущений на сегодня - это не только интерес речного транспорта и его наземных баз, но и объективная необходимость. Для многих грузовладельцев для местных, региональных и федеральных органов власти насущной является проблема отсутствия резервов пропускной способности наземных транспортных путей, что автоматически порождает ряд проблем экономического, экологического, социального и т.п. характера. Использование практически неограниченных резервов пропускной способности водных путей может стать не только тактическим, но и стратегическим решением в этой ситуации. Очевидно, что порты, являясь по сути мультитранспортными терминалами, должны активно включиться в работу по формированию для грузовладельцев логистических цепочек, проводя при этом комплексные маркетинговые исследования, которые позволят внятно и четко определить перспективные для водного транспорта сегменты региональных рынков.

Ключевые слова: грузовая обработка, транспортные средства, речной порт, перегрузочное оборудование, виды деятельности, оператор товародвижения, транспортная партия, суда.

Prospects for the formation of a logically organized system for transporting general cargo by river transport in conditions of a developed transport network

Sergey I. Niurkin

ORCID: 0000-0003-0194-820X

Oleg S. Niurkin

ORCID: 0000-0002-8723-6635

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The development of the transport industry involves the implementation of an integrated approach that covers all types of transport and, at the same time, relies largely on marketing and logistics bases. The existing bias towards land transport, in addition to objective reasons, is also based on many factors caused by omissions in the organization of the activities of river transport enterprises. Nowadays correcting these errors and omissions is not only the interest of river transport and its land bases, but also an objective necessity. For

many cargo owners, for local, regional and federal authorities the problem of lack of reserves of throughput capacity of land transportation routes is urgent, which automatically generates a number of problems of economic, environmental, social, etc. nature. The use of practically unlimited reserves of waterway capacity can be not only a tactical, but also a strategic solution in this situation. It is obvious that ports, being in fact multitransport terminals, should be actively engaged in the formation of logistics chains for cargo owners, while conducting comprehensive marketing research which will allow to identify promising segments of regional markets for water transport clearly and precisely.

Keywords: cargo handling, vehicles, river port, transshipment equipment, types of activities, goods movement operator, transport party, ships.

Введение

В настоящее время общая идея развития транспорта в целом и водного транспорта в частности плохо сочетается с имеющимися реалиями, а именно: речной транспорт на устойчивой основе имеет негативную тенденцию снижения как объемов перевозок грузов, так и пассажиров. И если на снижение пассажиропотока оказывают влияние много направленные факторы и их комбинированный учет неоднозначен, то для грузоперевозок задача более прозрачная. Речные грузоперевозки, в отличие от наземных маршрутов, имеют колоссальный резерв пропускной способности. Используя это преимущество, автор отмечает в [1], что "речная отрасль в целом и ее отдельные структурные элементы, такие как судоходные компании и порты, должны поставить перед собой и начать оперативно решать соответствующую комплексную задачу, нацеленную изначально на расширение своего участия в работе транспортной системы страны". Целью речной транспортной системы сегодня является поиск и использование своих преимуществ для привлечения грузопотоков. Задачи, позволяющие обеспечить достижение этой цели, будут различаться в зависимости от конкретных условий транспортного рынка в каждом регионе. Поскольку задачи носят комплексный характер, то необходимо привлечь для их решения как береговые, так и плавательные подразделения отрасли, и конечно же, соответствующий научный потенциал. От качества и скорости ее решения во многом зависит само существование таких элементов системы, как, например, речные порты.

Рассматривая деятельность речного транспорта, стоит отметить, что порядка 80% всех речных перевозок приходится на минерально-строительные грузы, а значит и в работе речных портов этот груз является в еще большем приоритете из-за собственной добычи, добавленной к транзитным грузопотокам. Такая зависимость в целом создает дополнительную проблему, связанную с вопросами качества и была показана авторами в [2]. Исследования современного транспортного рынка показывают, что потребители с возрастающим вниманием и с растущими требованиями относятся как к самим поставщикам, так и к условиям поставки продукции с учетом, естественно, своих приоритетов. Фактически это означает приоритетное внимание к системе качества обслуживания грузовладельцев.

Методы

Многие речные порты в стране можно отнести к категории мультитранспортных терминалов [3]. Они обеспечивают транспортные и логистические операции целой номенклатуры грузов, а также коммерческое обслуживание грузовладельцев. Учитывая это, их администрация просто обязана в системе оперативного, тактического и стратегического планирования ориентироваться на возможные изменения в требованиях потенциальных заказчиков транспортной продукции, а также прогнозировать возможные тенденции изменения приоритетов. Эта работа может быть положена в основу не только сохранения положения транспортных

предприятий на рынке, но и их планомерного развития. Применительно к речным портам, по сути, стоит значимая задача проведения комплексных маркетинговых исследований, направленных на установление динамики рыночных изменений всех параметров транспортного рынка и, на этой основе, формирования понимания собственных возможностей удовлетворения сегодняшних и перспективных запросов клиентуры [4]. Решение этой задачи также позволит оценить реальные возможности имеющихся конкурентов.

Прокофьева О.С. утверждает, что "сравнительный анализ своих реальных возможностей и предпочтений сложившейся клиентуры, а также анализа общерыночной конъюнктуры транспортного рынка, позволит выявить и/или сформировать уникальные преимущества своих товаров и услуг, как основы для будущего процветания" [5].

Важнейшей проблемой функционирования речных портов является необходимость их эффективного взаимодействия с различными видами транспорта, прибывающими в грузовые терминалы с грузами или порожнем. В свою очередь Ермаков С.В. в [6] отмечает, что "сложность транспортировки и терминальной обработки существующих грузопотоков определяется сложившимися стереотипами представлений грузовладельцев и меняющимися характеристиками использования существующих наземных транспортных путей в зоне расположения терминала".

Многолетний анализ деятельности речных портов показывает весьма незначительную картину. Речные порты просто потеряли большое количество высокотарифицированных грузов, такие как генеральные и контейнерные. Причины этого лежат в разных плоскостях: часть из них перешла на автомобильный и железнодорожный транспорт по причине их большей мобильности, а часть, что наиболее прискорбно, ушла на наземный транспорт из-за недостаточной маркетинговой активности предприятий водного транспорта. Эта недостаточная активность выразилась в нежелании, а иногда и в неумении, перестроить свою организационно-техническую работу с клиентурой. Учитывая, что порты традиционно в приоритете имели задачу грузопереработки продукции речного транспорта при сокращении времени обработки транспортных средств, то сложившаяся ситуация привела к ряду проблем, среди которых, например, значительное недоиспользование как складских площадей, так и возможностей перегрузочной техники. Все это имеет место на фоне трудностей многих грузовладельцев и предприятий, которые организуют транспортировку своих товаров. К таким трудностям укрупненно можно отнести определенное заикливание на наземных видах транспорта. Это заикливание вынуждает их использовать ограниченное число доступных маршрутов, зачастую нерациональных, затрачивать дополнительное время на сухопутную перевалку грузов, что в конечном итоге просто увеличивает цену товара, а значит, снижает его конкурентоспособность. Как следствие - ухудшение позиций продавца на рынке. Все это усугубляется тем, что резерв пропускной способности сухопутных транспортных путей практически исчерпан и близок к нулю. Чего не скажешь о водных путях, идущих параллельно наземным маршрутам - их резерв пропускной способности, даже с учетом прохождения гидроузлов, колоссальный.

Налицо ситуация когда, с одной стороны речные порты имеют возможности эффективно обслуживать разнообразные грузопотоки (выполнять полный комплекс необходимых операций с различными грузами), и организовать на своей территории необходимое обслуживание транспортных средств (автомобильного и ж/д тоннажа) но испытывают недостаток в заказах на грузовое обслуживание грузопотоков, а с другой стороны грузовладельцы испытывают дополнительные трудности и несут нерациональные затраты, вынужденные выбирать нерациональные маршруты

перевозок своих грузов, использовать малоквалифицированное оборудование и трудовые ресурсы при выполнении перегрузочных операций.

Активное желание стран-экспортеров различных товаров использовать транспортную сеть нашей страны для рационализации транзитных маршрутов транспортировки своих грузов и накопленный ими опыт в логистике грузодвижения потенциально создает для российских транспортных организаций в целом и для производственных организаций речного транспорта благоприятные возможности для [7]:

1. Повышения уровня логистической культуры своей операционной деятельности.

2. Выбора правильного направления перестройки своей материально-технической базы, с небольшими материальными затратами, приобретая именно те оборудования и технологии, которые ускорят и облегчат болезненный перевод грузовых терминалов традиционного речного порта в высокоэффективные интермодальные логистические операторы товародвижения.

3. Повышения имиджа речных портов на региональных рынках грузоперевозок как надежных и эффективно работающих участников транспортного процесса, способных сократить транспортные издержки грузовладельцев.

В этом плане интересно посмотреть, как сегодня работают речные порты зарубежных стран, имеющих развитые внутренние водные пути.

Например, в Германии на внутренних водных путях протяженностью 7500 км расположены и активно участвуют в транспортном бизнесе многочисленные речные порты, расположенные на Дунае [8]. Многочисленные порты (Деггендорф, Пассау, Регенсбург, Шальдинг и другие) обеспечивают обработку различных грузов, в том числе и генеральных. Наибольшие объемы грузопотоков на Дунае перерабатывают порты Деггендорф и Регенсбург. На многочисленных грузовых терминалах перерабатываются не только генеральные, но и массовые навалочные и зерновые грузы. Некоторые порты, например порт Шальдинг имеет возможность перевалку грузов выполнять накатным способом по системе «Ро-Ро». Это позволяет обеспечить транспортировку по речным путям, как самым дешевым, грузов в контрейлерах, а также разнообразную колесную и тяжеловесную технику. В 2022 году было перевезено около 180 миллионов тонн различных грузов.

В Голландии имеющаяся сеть внутренних водных путей (2600 км) с расположенными на них сотнями портами и отдельными грузовыми терминалами позволяет обеспечивать транспортировку различных грузов по рекам как самый дешевый и конкурентный по времени вариант доставки грузов потребителям. Так в 2022 году было перевезено более 320 миллионов тонн. Например, доставка руды из Роттердама до Рура барже-буксирным составом выполняется всего за 24 часа. Грузовладельцы в целях улучшения логистики вкладывают солидные материальные затраты, создавая собственные речные порты. Такой нетрадиционный для грузовладельцев подход обусловлен существующими особенностями, а именно: отсутствием территорий для развития существующих крупных портов и невозможностью расширения пропускной способности существующей транспортной инфраструктуры в районе их расположения и т.п. При этом строительство дополнительных внутренних портов идет по нескольким направлениям, так например, сооружение небольших частных терминалов с ограниченной пропускной способностью, но с благоприятными перспективами для дальнейшего развития за счет присоединения дополнительной территории. Интересное решение демонстрируют управленцы фирмы «Хейнекен», которые почти полностью использовали пропускную способность специализированного терминала, типа

«Alphergium», который управляется компанией «VanUdenGroup». Продукция пивоваренной компании с этого терминала идет преимущественно в США и сейчас составляет до 85% всего грузооборота терминала. До его использования вся продукция отгружалась грузовыми автотрейлерами из Роттердама. Пробег по автодорогам составлял около 60 км с интенсивностью более двухсот автопоездов в сутки. С использованием нового терминала пробег сократился до 15 км. В результате такого управленческого решения компания сократила на 6 млн. км пробег по автодорогам используемого автотранспорта и на 35% величину выбросов CO₂ в окружающую среду. Грузовые контейнеры с терминала отправляются в морской порт речными контейнеровозами (по 3-4 рейса в сутки). Доставка рекой на этот терминал порожних контейнеров с их последующей автотранспортировкой на небольшое расстояние до складов фирмы «Хейнекен» позволяет повысить эффективность работы терминала и закольцевать транспортные маршруты грузовых и порожних контейнеров. Другое направление – это реализация программы консолидации контейнерного грузопотока путем использования сети внутренних портов – промежуточных пунктов, обеспечивающих преобразование мелких транспортных партий контейнеров в более крупные перед их доставкой в морской порт для погрузки в контейнеровоз. Такой перехватывающий портовый пункт принимает контейнеры с автотрейлеров и/или с небольших судов и перегружает их на более крупные речные контейнеровозы, которые и транспортируют контейнеры на морской грузовой перевалочный терминал. Положительной стороной такой схемы перемещения грузопотоков (контейнеропотоков) является снижение нагрузки на подъездные транспортные пути и повышение эффективности грузовой обработки морских контейнеровозов.

Расширение подъездных железных дороги/или автодорог для большинства существующих портов страны является задачей, зачастую не имеющей решения. Следовательно, использование таких промежуточных терминалов может принести и достаточно большой синергетический эффект.

На современном этапе развития транспортного рынка в европейских странах судоходные внутренние водные пути и внутренние (речные) порты стали существенной частью глобальной транспортной логистики доставки грузов, обеспечивающих доставку грузов по системе «*door-to-door*». При этом некоторые судоходные компании расширили сферу своей деятельности, стали совладельцами речных портов.

Например, в портах северо-запада Европы судами речных компаний перевозятся до 80% сухих и навалочных грузов, до 60% нефтяных, химических и опасных и до 40% контейнеров. К настоящему времени на речном транспорте европейских стран перевозки контейнеров составляют 33% всего объема перевозок грузов речным транспортом. Растет и доля транспортировки грузов, перевозимых речными судами на паллетах. Так на речном флоте Голландии (половина общеевропейского речного флота по числу судов) это 4% всех перевозок. Правительство Голландии, понимая важность работы внутреннего водного транспорта, предпринимает различные меры для его устойчивого развития, в том числе и экономического характера. Европейская федерация внутренних портов, расположенная в Брюсселе, включает более 200 внутренних портов, из которых 104 порта на внутренних водных путях включены в «Основной план Евросоюза развития транспортного сектора», что позволяет планомерно финансировать дальнейшее развитие этих портов.

Крупнейшим внутренним портом Европы является Дуйсбург (Германия), расположенный на берегах Рейна и устья реки Рур и имеющий около 40 км суммарной длины причального фронта. Из них на 17 км причальной стенки имеются подъездные и перегрузочные железнодорожные фронты. На многочисленных

причалах перегружается, а при необходимости и складировается, вся номенклатура грузов, перевозимых по европейским внутренним водным путям.

В Европе несколько стран могут перемещать свои грузы, используя практически совместные внутренние водные пути и, по данным литературных источников около трети грузооборота между этими странами выполняется транспортными средствами речного транспорта, обеспечивая наиболее высокую экологичность транспортировки грузов, более низкую стоимость и более высокую безопасность по сравнению с наземными видами транспорта. То есть, по многим показателям внутренний водный транспорт позволяет снизить нагрузку на существующую зачастую перегруженную наземную транспортную сеть и повысить эффективность логистической организации транспортировки грузов, обеспечивая повышенное внимание грузовладельцев, транспортных операторов и администраций территорий к расширению объемов и номенклатуры грузов, которые должны транспортироваться по внутренним водным путям.

Результаты

Сотрудниками кафедры Логистики и маркетинга ФГБОУ ВО "ВГУВТ" в инициативном порядке была выполнена научно-исследовательская работа по выявлению возможности доставки речными судами порожних контейнеров через порты Волги в Большой морской торговый порт Санкт-Петербурга. В ходе выполнения работы были проведены встречи с руководителями некоторых портов, судоходной компании "Волга-Флот" и запрошено мнение организации "Трансконтейнер". Все транспортные организации проявили интерес и потенциальную готовность принять участие при ее практической реализации.

Какими возможностями обладают речные порты нашей страны сегодня?

Во-первых, практически все речные порты привязаны к крупным городам, которые исторически являются некими "центрами тяготения". Это означает, что порты могут быть легко переформированы в полноценные распределительные центры, работа которых будет осуществляться на логистических принципах. Уже сегодня порты имеют достаточное количество перегрузочной техники, способной осуществлять грузопереработку практически всей номенклатуры грузов. Такая ситуация и с гидротехническими портовыми сооружениями - они способны работать со всеми видами и типами судов, работающих на внутренних водных путях.

Во-вторых, практически все порты имеют необходимые открытые и крытые складские территории, в том числе и для хранения высокотарифицированных грузов, требующих особых мер хранения. Конструктивно крытые склады могут быть легко модифицированы для организации стеллажного хранения. При этом средства внутрипортовой механизации достаточно универсальны, что позволяет обрабатывать практически любые грузопотоки.

В-третьих, перегрузочные фронты большинства существующих речных портов способны обеспечить высокоскоростную загрузку и разгрузку транспортных средств любых видов транспорта, как по прямому варианту перегрузки, так и через склад.

В-четвертых, ряд портов до сих пор имеют на своем балансе перегрузочную технику большой грузоподъемности (до 100 тонн), что позволяет строить маршруты доставки крупногабаритных или тяжеловесных грузов с большим разнообразием.

В-пятых, на существующих портовых территориях имеется возможность организовывать также обработку, стоянку и обслуживание сухопутного тоннажа (автомобилей, а также прицепов и полуприцепов).

В-шестых, кадровый состав, как правило, на всех уровнях (от производственно-исполнительного до административно-управленческого) достаточно квалифицирован

и способен на заданном уровне качества осуществлять грузовые работы с любыми грузами. А при минимальных дополнительных затратах на переобучение менеджеров портов можно превратить существующий порт в современный интермодальный логистический центр товародвижения.

В-седьмых, наземная транспортная инфраструктура большинства действующих речных портов имеет возможность обеспечивать транспортировку обслуживаемых на терминалах грузопотоков по авто и ж/д путям (табл.1).

Таблица 1

Транспортная инфраструктура портов Волжского бассейна

Название порта	Корреспондирующие виды транспорта		Необходимость перевозки груза по городской территории	
	Автотранспорт	Ж/Д	Автотранспорт	Ж/Д
МЮП	+	+	значительная	значительная
МСП	+	-	значительная	отсутствует
Тверь	+	+	значительная	незначительная
Рыбинск	+	+	незначительная	незначительная
Ярославль	+	+	значительная	значительная
Кострома	+	-	незначительная	отсутствует
Кинешма	+	+	незначительная	незначительная
Н.Новгород: Причалы на р.Волга Автозаводский реч. порт	+	+	незначительная	незначительная
Чебоксары (причалы в Новочебоксарске)	+	-	незначительная	отсутствует
Казань (причалы Свияжска)	+	+	отсутствует	отсутствует
Казань (городские причалы)	+	+	значительная	значительная
Ульяновск	+	+	значительная	незначительная
Тольятти	+	+	незначительная	незначительная
Самара	+	+	значительная	значительная
Сызрань	+	+	значительная	незначительная
Балаково	+	-	незначительная	-
Вольск	+	+	незначительная	незначительная
Саратов	+	+	значительная	незначительная
Волжский	+	+	незначительная	незначительная
Волгоград	+	+	значительная	значительная
Астраханский ВТУ	+			
Оля (морской порт)	+	-	отсутствует	-

Наличие данной инфраструктуры позволяет значительно усовершенствовать технологию организации грузовых перевозок.

Обсуждение

Какие недостатки в деятельности существующих речных портов препятствуют такому превращению?

Во-первых, менеджмент портов должен освоить и принять на вооружение логистические подходы к организации грузодвижения, для чего управленческий персонал должен пройти переобучение новым принципам организации своей работы, чего нет в настоящее время или пополнить отделы и службы управления выпускниками вузов с логистической подготовкой.

Во-вторых, порты должны значительно пересмотреть схемы, принципы и подходы к организации своей деятельности. По сути, речь идет о построении своей работы по аналогии с тем, как это организовано с грузами собственной добычи. Характер региональных грузопотоков свидетельствует о небольших размерах транспортных партий, предъявляемых к перевозке, слабой ритмичности поступления заявок и различной длительности существования грузопотоков. Следовательно, менеджменту речных портов необходимо досконально выявить транспортные особенности каждого такого грузопотока, определить не только необходимые, но и привлекательные для грузовладельца условия его обслуживания в порту и одновременно повысить степень готовности всех подразделений порта к обслуживанию такого грузопотока.

В-третьих, прежде речные порты не рассматривали грузовую обработку и обслуживание транспортных средств автомобильного и железнодорожного тоннажа, обрабатываемых в порту, как приоритетные виды своей деятельности (за исключением обязательности своевременной грузовой обработки грузового железнодорожного тоннажа), считая основным грузовую обработку и обслуживание флота. То, что прежде было оправданным при обслуживании грузопотока большого объема с переходом на логистическую организацию товародвижения требует от портов на сегодняшнем этапе своего существования (крупные постоянные грузопотоки практически отсутствуют, на региональном транспортном рынке большое количество мелкопартионных грузопотоков) кардинальной перестройки своей деятельности и, прежде всего, в организационном плане. Сегодня необходимо обратить первоочередное внимание на обслуживание автотранспорта не только в плане грузовой обработки, но и плане повышения эффективности его работы как фактора повышения привлекательности самого порта и/или отдельного терминала.

В-четвертых, номенклатура товаров, перевозимых другими видами транспорта, много шире, а размеры предлагаемых ныне к перевозке транспортных партий грузов много меньше, чем перевозимые прежде речным транспортом, что во многом определялось потребностями хозяйственного механизма страны и нашло отражение в технико-эксплуатационных характеристиках имеющихся в распоряжении судоходных компаний судов. Так как флот это самая дорогостоящая часть материально-технической базы речного транспорта, а значит и каждой судоходной компании, то строительство новых судов, специализированных для перевозки множества региональных мелкопартионных грузопотоков, без помощи государства на федеральном и/или региональном уровнях невозможно.

С точки зрения интересов общества речные грузовые перевозки обладают существенными положительными сторонами, а именно:

- существенный экологический эффект за счет смены вида транспорта и уменьшения при этом вредных выбросов в окружающую среду;
- большой социальный эффект за счет снижения величины дорожного трафика на наиболее загруженных в теплое время года автомагистралях и существенный экономический эффект за счет увеличения межремонтного срока службы дорожного полотна федеральных и межобластных автодорог.

В-пятых, многие грузовладельцы не рассматривают водный транспорт как таковой. Здесь есть как объективные, так и субъективные причины. При наличии круглогодичных устойчивых грузопотоков для них проще иметь договор с устойчивым одним перевозчиком, чем рассматривать сезонные изменения. Кроме того, большую роль играет стремление осуществлять безперевалочную перевозку, что приведет к использованию монотранспортных сетей. Нельзя сбрасывать со счетов и критерий сроков доставки. Для широкой номенклатуры грузов и для многих

грузовладельцев при небольших партиях этот критерий может иметь определенную роль, а значит речной транспорт автоматически становится неконкурентоспособным.

Подробный анализ первого требования показывает, что организация монотранспортной перевозки груза возможна и, может быть, эффективна только при наличии следующих условий:

- размер перевозимой партии груза равен грузоподъемности или грузместимости автомобиля и дополнительная перегрузка груза не нужна;
- перевозимая партия груза перевозится от одного отправителя к одному получателю;
- стоимостные характеристики перевозки малозначимы для грузовладельца.

Во всех остальных случаях, а их абсолютное большинство, груз, перевозимый из одного города в другой, должен в процессе перевозки быть перегружен из одного автомобиля в другой один или более раз.

Второе требование грузовладельцев больше относится скорее к экономической составляющей транспортировки (стоимость грузовой массы в пути) и, для абсолютного числа перевозок практически не влияет ни на стоимость, ни, в большинстве случаев, на сроки доставки груза потребителям, учитывая расстояния перевозки между соседними городами-центрами региональных грузопотоков. К тому же здесь надо принимать во внимание не только скоростные характеристики автомобильного и речного транспорта, но и режимы работы отдельных подразделений грузоотправителя и грузополучателя.

Переход сегодняшних грузовых терминалов речных портов на логистические условия своей работы потребует от менеджмента разработки и реализации программ, целью которых является повышение конкурентоспособности речных портов именно на региональных рынках грузовых перевозок, когда многие товары перемещаются между соседними областными центрами. При этом выгодность доставки грузов речным транспортом, а также перечень и качество услуг, предлагаемых портами грузовладельцам, должны значительно превышать аналогичный перечень, существующий сегодня с учетом особенностей каждого регионального транспортного рынка.

Следовательно, менеджмент каждого порта должен проанализировать сегодняшнее состояние регионального транспортного рынка грузовых перевозок, выявить недостатки при обслуживании грузовладельцев, определить свои возможности по их устранению и, на этой основе, сформировать привлекательные для грузовладельцев условия выполнения перевозки грузов и предложить существующим и потенциальным потребителям набор потребительских свойств «речной» услуги, обладающий повышенной конкурентоспособностью по критериям важным, как для отправителей, так и для получателей грузов.

Заключение

Формирование для грузовладельцев привлекательного рыночного предложения невозможно без активного участия судоходных компаний, как важнейших участников логистических цепочек транспортировки грузов, условия работы которых должны обеспечить преимущество использования речных перевозок как высоко конкурентоспособного варианта перемещения грузопотоков по направлениям, проходящим параллельно водным путям.

Для речных портов крайне важно провести либо своими силами, либо с привлечением сторонних специалистов комплексные маркетинговые исследования, которые будут охватывать тяготеющие к ним территории. Это позволит правильно

провести сегментацию регионального рынка и выбрать на основе собственных сильных сторон и имеющихся возможностей те сегменты, которые можно считать наиболее привлекательными, то есть, по сути, определить собственные целевые рынки. Это, в свою очередь, позволит для каждого целевого рынка разработать уникальные стратегии их освоения и определить адаптированные к ним "правила игры" [9].

В первом приближении все грузопотоки, входящие, выходящие и проходящие транзитом через «зону тяготения» порта можно разделить на четыре группы.

Первая – это грузопотоки, которые для водного транспорта по своим характеристикам являются не подходящими. Речь идет либо о грузах, требующих высокой скорости доставки, либо о мелкопартионных грузах, ориентированных на монотранспортные наземные системы, преимущественно обеспечивающие схему работы "от двери до двери".

Вторая – это грузопотоки, корреспонденция, а значит и траектория перемещения которых не предусматривает использование речного транспорта.

Третья – это грузопотоки у которых процесс перемещения требует консолидации или расконсолидации в пути следования или смены вида сухопутного транспорта. Речные порты могут с высокой эффективностью выполнять эти операции, используя свои производственные мощности (территорию, перегрузочное оборудование и складские площади).

Четвертая - это большая группа грузопотоков, которые в настоящее время при существующих условиях перемещаются по железнодорожным путям и автомобильным дорогам, но которые с равным успехом могут либо частично, либо полностью обслуживаться судами внутреннего водного транспорта.

Вполне очевидно, что первостепенной целью административно-управленческого аппарата речных портов должны стать подробный анализ грузопотоков третьей и четвертой группы. Именно поиск и использование возможностей в этих грузопотоках может обеспечить для портов определенную стратегическую устойчивость и, может быть, и перспективное развитие. При этом возникает и определенный синергетический эффект за счет улучшения условий работы других видов транспорта - появляется некоторый резерв пропускной способности наземных видов транспорта на местном, региональном и/или межрегиональном уровнях.

К тому же, при проведении политики расширения сферы своей деятельности, оказывая высококачественные услуги в работе с различными грузопотоками на основе принципов логистики, а также используя инновационные транспортные технологии, речные порты по сути превращаются в некую единую организационно-производственную систему, транспортных операторов, которые будут иметь хорошую техническую базу, устойчивую коммуникацию с судоходными компаниями и иными транспортными предприятиями наземного транспорта, а в перспективе, принимать участие в доставке грузов по системе "от двери до двери" и "точно в срок".

Список литературы

1. Нюркин, С.И. Переосмысление функций и задач речных портов, расположенных в крупных городах / С.И. Нюркин // Великие реки 2016: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2016. – URL: <http://vf-река-море.рф/2016/PDF/161.pdf>.
2. Нюркин, С.И. Современные тенденции в деятельности речных портов и возможные варианты совершенствования (маркетинговый аспект) / С.И. Нюркин, О.С. Нюркин // Материалы всероссийской научно-технической конференции «Транспорт: проблемы, цели, перспективы (ТРАНСПОРТ 2020)». - Пермь: Пермский филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – с. 297-300.

3. Концепция создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации (на материалах ПОФ «РЖД»): [Режим доступа]: <https://cargo.rsd.ru/api/media/resources/c/5/121/74208>
4. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года [Режим доступа]: https://www.rosmorport.ru/media/File/State-Private_Partnership/strategy_2030.pdf
5. Прокофьева О.С. Транспортные терминалы и логистические центры как элементы товаропроводящей сети // Вестник ИрГТУ. 2011. №11 (58). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnye-terminaly-i-logisticheskie-tsentry-kak-elementy-tovarovprovodyashey-seti> (дата обращения: 20.04.2024).
6. Ермаков, С.В. Об оценке состояния грузовых терминалов и возможности их использования в логистической транспортной сети / С.В. Ермаков, В.Н. Костров, В.М. Федюшин // Юбилейный выпуск научных трудов. - Волго-Вятское региональное отделение, ПАТ, 2002. - С. 12-15.
7. Нюркин, А.В. Зарубежный опыт контейнерных перевозок грузов в Западной Европе / А.В. Нюркин, С.И. Нюркин, А.И. Телегин // Научные проблемы водного транспорта. 2017. №53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-konteylernyh-perevozok-gruzov-v-zapadnoy-evrope> (дата обращения: 10.05.2024).
8. Нюркин, А.В. Формирование типовых транспортно-логистических схем доставки грузных контейнеров / А.В. Нюркин, А.О. Ничипорук, А.И. Телегин // Сборник статей участников Четырнадцатых Прохоровских чтений. – Н. Новгород: Типография «Автор», 2019. – С. 146–151.
9. Транспортная стратегия РФ на 2025-2030 годы.[Режим доступа]: [https://aviatp.ru/files/strategiaccents/trans_strategy/Strategy%20\(TP\).pdf](https://aviatp.ru/files/strategiaccents/trans_strategy/Strategy%20(TP).pdf)

References

1. Nyurkin S.I. Pereosmyslenie funktsii i zadach rechnykh portov, raspolozhennykh v krupnykh gorodakh. // Velikie reki 2016: Materialy mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii. FGBOU VO «VGUVT». – 2016. – URL: <http://vf-rekamore.rf/2016/PDF/161.pdf>
2. Nyurkin, S.I. Sovremennye tendentsii v deyatelnosti rechnykh portov i vozmozhnyye varianty sovershenstvovaniya (marketingovyi aspekt) / S.I. Nyurkin, O.S. Nyurkin // Materialy vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Transport: problemy, tseli, perspektivy (TRANSPORT 2020). - Perm': Permskii filial FGBOU VO «VGUVT», 2020.– s. 297-300.
3. Kontseptsiya sozdaniya terminal'no-logisticheskikh tsentrov na territorii Rossiiskoi Federatsii (na materialakh POF «RZHD»): [Rezhim dostupa]: <https://cargo.rsd.ru/api/media/resources/c/5/121/74208>
4. Strategiya razvitiya morskoi portovoi infrastruktury Rossii do 2030 goda [Rezhim dostupa]: https://www.rosmorport.ru/media/File/State-Private_Partnership/strategy_2030.pdf
5. Prokof'eva O.S. Transportnye terminaly i logisticheskie tsentry kak ehlementy tovaroprovodyashchei seti // Vestnik IRGTU. 2011. №11 (58). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnye-terminaly-i-logisticheskie-tsentry-kak-elementy-tovarovprovodyashey-seti> (data obrashcheniya: 20.04.2024).
6. Ermakov, S.V. Ob otsenke sostoyaniya gruzovykh terminalov i vozmozhnosti ikh ispol'zovaniya v logisticheskoi transportnoi seti / S.V. Ermakov, V.N. Kostrov, V.M. Fedyushin // Yubileinyi vypusk nauchnykh trudov. - Volgo-Vyatskoe regional'noe otdelenie, PAT, 2002. - S. 12-15.
7. Nyurkin, A.V. Zarubezhnyi opyt kontreilernykh perevozok gruzov v Zapadnoi Evrope / A.V. Nyurkin, S.I. Nyurkin, A.I. Telegin // Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2017. №53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-kontreilernyh-perevozok-gruzov-v-zapadnoy-evrope> (data obrashcheniya: 10.05.2024).
8. Nyurkin, A.V. Formirovanie tipovykh transportno-logisticheskikh skhem dostavki gruzhenykh konteynerov / A.V. Nyurkin, A.O. Nichiporuk, A.I. Telegin // Sbornik statei uchastnikov Chetyrnadtsatykh Prokhorovskikh chtenii. – N. Novgorod: Tipografiya «AvtoR», 2019. – S. 146–151.

9. Transportnaya strategiya RF na 2025-2030 gody.[Rezhim dostupa]:
[https://aviatp.ru/files/strategicaccents/trans_strategy/Strategy%20\(TP\).pdf](https://aviatp.ru/files/strategicaccents/trans_strategy/Strategy%20(TP).pdf)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Нюркин Сергей Иванович, к.т.н., доцент,
доцент кафедры логистики и маркетинга,
Волжский государственный университет
водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: NurkinSI@rambler.ru

Sergey I. Niurkin, Ph.D. in Engineering Science,
Associate Professor of the Department of
Logistics and Marketing, Volga State University
of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny
Novgorod, 603951

Нюркин Олег Сергеевич, 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: osnu@rambler.ru

Oleg S. Niurkin, Ph.D. in Engineering Science,
Associate Professor of the Department of
Economics and Management, Volga State
University of Water Transport, 5, Nesterovst,
Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 20.05.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 20.05.2024; published online 20.09.2024.

УДК 656.614.32
DOI: 10.37890/jwt.vi80.518

Сравнительный расчет затрат при креплении штабеля пакетированных пиломатериалов монолитом и поярусно

Г. А. Пелехов
А. А. Хохлов

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

Аннотация. В статье дается краткое описание штабеля, требований к его укладке и креплению. Описывается поярусный способ укладки и крепления штабеля пакетированных пиломатериалов, а также его основные принципиальные отличия от способа крепления монолитом. Рассматриваются и приводятся сравнительные расчеты расходов при креплении штабеля пакетированных пиломатериалов поярусно и монолитом. Описывается методика крепления штабеля при поярусном способе крепления и сравнивается количество материалов необходимых для изготовления крепления, описывается разница в расходовании материалов для изготовления найтов, необходимое время на выполнение крепления штабеля. Описывается возможность избежания затрат с поярусным способом на дополнительное крепление при нескольких портах выгрузки. Также описывается и анализируется количество времени необходимое для крепления непосредственно после завершения погрузки при креплении штабеля разными способами.

Ключевые слова: штабель, пакетированные пиломатериалы, укладка, крепление, найтов, ярус, расходы.

Comparative calculation of costs when securing a stack of bundled lumber monolithically and tiered

Georgy A. Pelekhov
Alexander A Khokhlov

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article gives a brief description of a stack, requirements for its laying and fixing. The tiered method of laying and fixing a stack of packaged lumber is described, as well as its main fundamental differences from the method of fixing with a monolith. Comparative calculations of costs when fastening a stack of packaged lumber in tiers and monoliths are considered and provided. The method of fixing the stack using the tiered method of fastening is described and the amount of materials required for the manufacture of the fastening is compared, the difference in the consumption of materials for the manufacture of lashings, and the time required to fasten the stack are described. The possibility of avoiding costs for additional fastening at several unloading ports with the tiered method is outlined. The amount of time required for fastening immediately after completion of loading when fixing the stack in different ways is also described and analyzed.

Keywords: stack, packaged lumber, laying, lashing, wire, tier, expenses.

Введение

Перевозка грузов с помощью водного транспорта – это один из старейших способов транспортирования грузов в тех условиях, когда использование иных видов

транспорта является экономически нецелесообразным или технически невозможным [1,2].

Обеспечение эксплуатационной безопасности судов при перевозке пакетированных пиломатериалов – это очень важная задача. Статистика количества аварий в результате смещения груза не отличается положительной тенденцией, даже при условии использования современных средств и способов крепления грузов на судах, требуется поиск новых внедрений, предотвращающих чрезвычайные ситуации, одним из которых, является анализ и разработка новых способов крепления пакетированных пиломатериалов на борту судна³.

Методы

В настоящее время существуют нормативные методики расчета пакетирования и крепления грузов на палубе судна, однако многочисленные практические данные о разрушении штабелей пакетированных пиломатериалов подтверждают, что данные расчетные схемы имеют множество недостатков и не учитывают ряд внешних воздействий, таким образом, не позволяя точно рассчитать поведение штабеля пиломатериалов и его крепление на борту [3,4,5]. В статье приведён расчёт затрат при креплении штабеля пакетированных пиломатериалов монолитом и поярусно.

Штабель пакетированных пиломатериалов является нестандартизированным структурообразующим грузом, состоящий из отдельных дискретных элементов - пакетов⁴, укладка и расчет средств, необходимых для крепления, выполняется охватывающими найтовыми, согласно утвержденных требований [6,7,8]. Схема с поярусным и монолитным креплением штабеля пакетированных пиломатериалов показана на рис.1. Методика расчета необходимых средств крепления для поярусного способа является аналогичной, что и для крепления монолитом [8]. Принципиальное отличие поярусного способа заключается в том, что расчет необходимых средств крепления производится согласно требований, но для каждого яруса по отдельности, а также каждый погруженный на палубу или люковые закрытия ярус, крепится отдельно и независимо от других ярусов. Так как при поярусном креплении углы статической и динамической устойчивости намного выше, а также критерий несмещаемости в два раза больше [9], таким образом штабель, закрепленный поярусным способом, является более устойчивым и менее подвержен смещению [9].

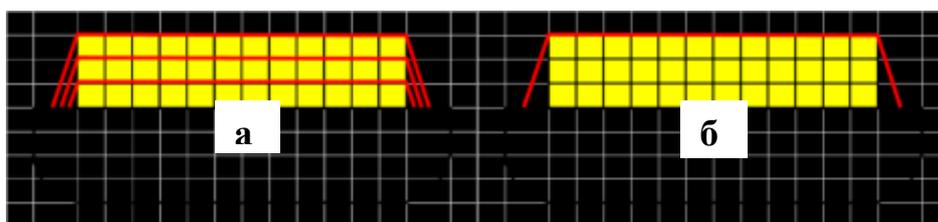


Рис.1. Схемы крепления штабеля пакетированных пиломатериалов

а) Поярусное крепление штабеля

б) Крепление штабеля монолитом

³ Приказ Минтранса России от 21.04.2003 N ВР-1/п (ред. от 06.07.2012) «Об утверждении Правил безопасности морской перевозки грузов»

⁴ Правила морской перевозки грузов, (с изменениями на 6 июля 2012 года) РД 31.11.21.16-2003. Санкт-Петербург. ЦНИИМФ. 2003г

Результаты

Проанализируем затраты при поярусном креплении по сравнению с креплением монолитом.

Рассмотрим составляющие расходов, в которые входят:

- расходы крепежных материалов⁵;
- расходы на бригаду рабочих занимающихся креплением;
- время, затраченное на крепление штабеля пакетированных материалов непосредственно после окончания погрузки (экономия времени нахождения судна в порту).

Расчет расходов на крепежные материалы

Рассмотрев схемы крепления (рис. 1), а также методические указания по креплению⁶, отметим, что разница в расходах материалов на крепление будет только в расходовании материалов для изготовления найтовов. При креплении монолитом и поярусно используется одно и тоже количество найтовов [9,10]. При поярусном креплении на каждые три найтова - два из них потребуются короче. Причем один, в зависимости от высоты пакета пиломатериалов, в среднем короче на 2 метра, а второй, в зависимости от высоты пакета пиломатериалов, в среднем короче на 4 метра. Найтовы будут требоваться короче из-за высоты яруса на обе стороны. Для сравнения расходов на найтовы условно возьмем штабель пиломатериалов с размерами:

- а) ширина -12 метров (12 пакетов в ширину);
- б) высота - 3 метра (3 пакета в высоту);
- в) длина 48 метров (8 пакетов по 6 метров в длину).

Для крепления данного штабеля монолитом потребуется 48 найтовов [9], длиной по 19 метров каждый. При поярусном креплении будет использоваться то же количество найтовов, однако треть из них будет короче на 2 метра и еще одна треть короче на 4 метра. Используя эти данные, составим табл. 1

Таблица 1

Расход крепежных материалов

Схема крепления	Длина найтова, м.	Количество найтовов, шт.	Общая длина, м.	Общая длина для полной схемы крепления, м
Монолитом	19	48	912	912
Поярусно, 1-й ярус	15	16	240	816
Поярусно, 2-й ярус	17	16	272	
Поярусно, 3-й ярус	19	16	304	

Из табл. 1 видно, что при поярусном креплении общая длина найтовов будет меньше. Экономия составит 10,53% ($816:912 * 100 = 89,47$).

⁵ Приказ Минтранса России от 21.04.2003 N ВР-1/п (ред. от 06.07.2012) «Об утверждении Правил безопасности морской перевозки грузов»

⁶ Приказ Минтранса РФ от 13.08.1997 N 94 «Об утверждении и введении в действие Правил безопасности морской перевозки лесных грузов»

Расчет расходов на бригаду рабочих, занимающихся креплением

Так как при креплении штабеля монолитом и поярусно, для одного и того же количества пакетов пиломатериалов будет использоваться одно и тоже количество найтовов, независимо от схемы крепления [9], и рассмотрев нормативы по креплению грузов⁷, приходим к выводу, что независимо от схемы заводки найтова, потраченное время будет одинаковым. Из этого следует, что общие затраты времени на заводку 48-ми найтовов будут одинаковыми, независимо от схемы крепления. Поэтому и затраты на бригаду рабочих, занимающихся креплением, в обоих случаях будут одинаковыми. Однако, поярусный способ крепления даст возможность избежать дополнительных расходов на повторное крепление штабеля в случае, если штабель предназначается для выгрузки в нескольких портах. В первом и каждом последующем порту выгрузки будет необходимо раскрепить только ту часть штабеля или яруса, которую необходимо выгрузить, а после выгрузки, оставшаяся часть штабеля останется закрепленной и в этом случае крепление после выгрузки части штабеля или яруса не потребуются, по сравнению со штабелем закрепленным монолитным способом.

Расчет времени, затраченного на крепление штабеля пакетированных материалов непосредственно после окончания погрузки (экономия времени нахождения судна в порту)

Если затраты времени на заводку 48-ми найтовов будут одинаковыми, независимо от схемы крепления, это значит, что экономии по времени крепления нет. Однако, примем во внимание то, что при поярусном креплении первый и второй ярусы возможно будет крепить во время погрузки последующего яруса, не нарушая технику безопасности⁸ и никак не препятствуя, при этом, процессу погрузки. Таким образом, после погрузки, завершающего штабеля третьего яруса, при поярусном креплении останется завести и обтянуть только треть найтовов по сравнению с креплением монолитом. Это даст возможность значительно сэкономить время, затрачиваемое на крепление и на время нахождения судна в порту. Воспользуемся нормативами⁹, и для наглядности внесем данные в табл. 2.

Таблица 2

Затраты времени на заводку и обтяжку найтовов одной бригадой

Схема крепления	Всего найтовов	Норматив на один найтов, час.	Общее количество, час.
Монолитом	48	0,5	24
Поярусно 3-й ярус	16	0,5	8

Из табл. 2 видно, что после окончания погрузки, время, требуемое для завершения крепления штабеля, значительно отличается. Экономия времени при креплении поярусным способом составит 16 часов. Однако, после окончания погрузки, для ускорения процесса крепления возможен вариант назначения двух и даже трех бригад. Но в этом случае расходы на крепление штабеля необоснованно возрастут по сравнению с поярусным креплением.

⁷ Комплексные нормы выработки и времени на специальное крепление (раскрепление) грузов морских судах подвижном железнодорожном составе, применяемые при производстве погрузочно-разгрузочных работ в портах МФ. Ленинград. 1977.

⁸ Правила техники безопасности на судах морского флота, РД 31.81.10-91. Москва. МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА. 1992 г.

⁹ Единые комплексные нормы выработки и времени на погрузочно-разгрузочные работы, выполняемые в морских портах. Москва. НИИ труда. 1989.

Вывод

При поярусном креплении выявлена экономия на расходование крепёжных материалов. В частности, экономия составит 10,53% на материалы для изготовления найтовов.

Экономия времени при креплении примера штабеля после окончания погрузки составит 16 часов.

Не потребуются дополнительных расходов на крепление в случае выгрузки штабеля в нескольких портах назначения.

Увеличения расходов при поярусном креплении, в сравнении с креплением монолитом, не выявлено.

Список литературы

1. Аносов, Н.М. Условие обеспечения устойчивости палубного каравана пакетированных пиломатериалов. [текст]/ Н.М. Аносов // Сборник докладов 60-й Международной молодежной научно-технической конференции «МОЛОДЕЖЬ.НАУКА.ИННОВАЦИИ», 17-18 сентября 2012 г. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2012. – Т. 1. – С. 17-22
2. Маликова, Т. Е. Теоретическая модель смещающихся грузов с дискретной распорной структурой [текст]/ Т. Е. Маликова, А. С. Шпак // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2013. — № 1. — С. 142–145.
3. Москаленко, М. А. Адаптация моделей теории катастроф для исследования остойчивости судов при смещении грузов [текст]/ М. А. Москаленко, Т. Е. Маликова // Проблемы транспорта Дальнего Востока. Пленарные доклады десятой юбилейной международной научно-практической конференции. 2-4 октября 2013 г. - Владивосток, Россия - Владивосток: ДВО РАТ, 2013. - С. 217-218
4. Аносов, Н. М. Влияние неплотной укладки палубного пакетированного груза на возникновение дополнительных кренящих моментов [текст]/Н. М. Аносов, М. И. Хоцкий // Сборник докладов 58-й международной молодежной научно-технической конференции «МОЛОДЕЖЬ–НАУКА–ИННОВАЦИИ», 24-25 ноября 2010 г. в 2-х т. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010. – С. 8-14
5. Журавлев, О. М. Конструктивные особенности судов-лесовозов, приспособленных для перевозки пакетированных пиломатериалов / О. М. Журавлев // Морской вестник. – 2006. – № 3(19). – С. 19-24.
6. Тарасов, В. В. Технологическая линия для автоматизированной загрузки/выгрузки пакетированного груза в транспортные средства / В. В. Тарасов // Сборник научных трудов SWorld. – 2011. – Т. 1, № 1. – С. 82-85..
7. Маликова, Т. Е. Причинно-следственный анализ аварийности судов, перевозящих пакетированные грузы / Т. Е. Маликова, Н. М. Аносов, А. И. Филиппова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 4. – С. 86-89.
8. Пелехов, Г.А. Анализ российских и международных требований к расчетам, по креплению палубного груза пакетированных пиломатериалов / Г.А. Пелехов // Морской вестник. — 2020. — № 1 (73). — С. 116-117.
9. Пелехов, Г. А. Расчет необходимого количества найтовов для поярусного и монолитного крепления и их сравнительный анализ / Г. А. Пелехов // Морской вестник. – 2022. – № 3(83). – С. 105-106.
10. Маликова, Т. Е. Совершенствование способа погрузки пакетированных грузов на палубу судна / Т. Е. Маликова, Н. М. Аносов, А. Ю. Стрелков // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 499-505. – DOI 10.21821/2309-5180-2017-9-3-499-505.

References

1. Anosov, N.M. Condition for ensuring the stability of a deck caravan of packaged lumber. [text]/ N.M. Anosov // Collection of reports of the 60th International Youth Scientific and

- Technical Conference "YOUTH. SCIENCE. INNOVATIONS", September 17-18, 2012 - Vladivostok: Mor. state University, 2012. – Т. 1. – P. 17-22
2. Malikova, T. E. Theoretical model of shifting cargo with a discrete spacer structure [text] / T. E. Malikova, A. S. Shpak // Scientific problems of transport of Siberia and the Far East. - 2013. - No. 1. - P. 142–145.
 3. Moskalenko, M. A. Adaptation of catastrophe theory models for studying the stability of ships when cargo shifts [text] / M. A. Moskalenko, T. E. Malikova // Problems of transport of the Far East. Plenary reports of the tenth anniversary international scientific and practical conference. October 2-4, 2013 - Vladivostok, Russia - Vladivostok: Far Eastern Branch PAT, 2013. - pp. 217-218
 4. Anosov, N. M. The influence of loose stowage of deck packaged cargo on the occurrence of additional heeling moments [text]/N. M. Anosov, M. I. Khotsky // Collection of reports of the 58th international youth scientific and technical conference "YOUTH – SCIENCE – INNOVATION", November 24-25, 2010 in 2 volumes - Vladivostok: Mor. state univ., 2010. – pp. 8-14
 5. Zhuravlev, O. M. Design features of timber carriers adapted for transportation of packaged lumber / O. M. Zhuravlev // Morskoy Vestnik. – 2006. – No. 3(19). – pp. 19-24.
 6. Tarasov, V.V. Technological line for automated loading/unloading of packaged cargo into vehicles / V.V. Tarasov // Collection of scientific papers SWorld. – 2011. – Т. 1, No. 1. – P. 82-85..
 7. Malikova, T. E. Cause-and-effect analysis of accident rates of ships transporting packaged cargo / T. E. Malikova, N. M. Anosov, A. I. Filippova // Scientific problems of transport of Siberia and the Far East. – 2015. – No. 4. – P. 86-89.
 8. Pelekhov, G.A. Analysis of Russian and international requirements for calculations for securing deck cargo of packaged lumber / G.A. Pelekhov // Morskoy Vestnik. — 2020. — No. 1 (73). — pp. 116-117.
 9. Pelekhov, G. A. Calculation of the required number of lashings for tiered and monolithic fastening and their comparative analysis / G. A. Pelekhov // Morskoy Vestnik. – 2022. – No. 3(83). – pp. 105-106.
 10. Malikova, T. E. Improving the method of loading packaged cargo onto the deck of a ship / T. E. Malikova, N. M. Anosov, A. Yu. Strelkov // Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after. Admiral S.O. Makarova. – 2017. – Т. 9, No. 3. – P. 499-505. – DOI 10.21821/2309-5180-2017-9-3-499-505.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пелехов Георгий Александрович, аспирант кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:

Georgy A. Pelekhov, graduate student of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Хохлов Александр Андреевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: hakva54@bk.ru

Khokhlov Alexander Andreevich, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 10.10.2023; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 10.10.2023; published online 20.09.2024.

УДК 338.001.36

DOI: 10.37890/jwt.vi80.519

The effectiveness of the logistics systems of the APEC countries

Vladislav I. Puzevich

ORCID: 0009-0007-7634-4300

Lyudmila G. Orlova

ORCID: 0000-0002-0600-9562

Olga V. Pochekaeva

ORCID: 0000-0003-0400-0756

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The Asia-Pacific Economic Cooperation Forum is an international union for collaboration in the field of regional trade, simplification and liberalization of investments, which serves the interaction of countries and their economic sectors with various stages of development. Transport and logistics systems are necessary to offset the shortcomings caused by issues with safety, usefulness and, most importantly, supply efficiency. The forum's management regularly works out strategies to solve these problems without noticeable losses for resource bases such as financial security and labor. Significant differences in the development of the association countries require an analysis of the effectiveness of logistics as a tool for the growth of the participating economies, ensuring conditions for constant progress and adaptation of the best foreign experience. The authors concluded that the degree of infrastructure quality affects the effectiveness of logistics services, confirmed the close relationship between the level of economic competitiveness of the country and the degree of its logistics efficiency, found out that the criteria for logistics efficiency are based on indicators of the pace of digitalization of transport activities. It is also established that Russia is one of the regions that can be characterized as catching up with the rest in terms of logistics efficiency, therefore, domestic transport industry specialists should study and, depending on the conditions, introduce technologies from the world's leading global players, creating a comparative advantage over other participants.

Keywords: APEC; transport systems; logistics efficiency; digitalization; competitiveness; Logistics Performance Index; diagnostic groups; correlation.

Эффективность логистических систем стран АТЭС

В.И. Пузевич

ORCID: 0009-0007-7634-4300

Л.Г. Орлова

ORCID: 0000-0002-0600-9562

О.В. Почекаева

ORCID: 0000-0003-0400-0756

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

Аннотация: Форум Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества - это международный союз для взаимодействия в области региональной торговли, упрощения и либерализации инвестиций, который служит сотрудничеству стран и их экономических секторов, находящихся на различных стадиях развития. Транспортно-логистические системы необходимы для устранения недостатков, связанных с проблемами безопасности, полезности и, самое главное, эффективности поставок. Руководство форума регулярно разрабатывает стратегии решения этих проблем без заметных потерь для ресурсной базы, такой как финансовая безопасность и рабочая сила. Существенные различия в развитии стран ассоциации требуют анализа

эффективности логистики как инструмента роста экономик-участниц, обеспечения условий постоянного прогресса и адаптации лучшего зарубежного опыта. Авторами сделан вывод о влиянии степени качества инфраструктуры на эффективность предоставления логистических услуг, подтверждена тесная взаимосвязь между уровнем экономической конкурентоспособности страны и степенью ее логистической эффективности, установлено, что критерии эффективности логистики базируются на показателях темпов цифровизации транспортной деятельности. Также установлено, что Россия является одним из регионов, который можно охарактеризовать как догоняющий остальные по эффективности логистики, следовательно, отечественным специалистам транспортной отрасли следует изучать и, в зависимости от условий, внедрять технологии ведущих мировых глобальных игроков, создающих сравнительное преимущество перед другими участниками.

Ключевые слова: АТЭС; транспортные системы; эффективность логистики; цифровизация; конкурентоспособность; индекс эффективности логистики; диагностические группы; корреляция.

Introduction

One of the most important international associations of the world economy is the Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC), which includes the economies of various states. The main mission of APEC is the optimization of problematic aspects of transport and logistics systems, minimizing risks and increasing efficiency. These issues are regularly raised by the APEC working group in the field of transport, since the uneven economic development of the participating countries requires an in-depth analysis of their logistics systems in order to identify areas for improvement and exchange best practices. The aim of this article is to study the transportation efficiency based on the data, published by the World Bank every 3 calendar years regarding the logistics of all countries providing information. The purpose of our study is to analyze the most successful countries in the framework of regional cooperation, which will identify the strengths and weaknesses of the transport industries of various states for the subsequent exchange of best practices.

The conditionality of the creation of an association that monitors the logistics activity of participants in the Asia-Pacific region and studies the prospects for its development lies in the noticeable increase in financial investments and capital in freight and passenger transportation over the past few years. A distinctive feature of this cooperation is the different structuring of the economies and the level of development and dynamics. Within the framework of the organization's existence, there is a regular flow of applications from states to join the association, which determines the usefulness of mutual cooperation for many years, however, in order to become a participant in the collaboration, strict compliance of economic, political and social conditions is necessary [1].

APEC actively contributes to the development of transport infrastructure through conferences and meetings, as well as the development of strategic action plans. The main goal is to strengthen international transport links in order to ensure economic integration between the APEC countries, Europe, Central Asia and America, including providing transport logistics for the development of foreign trade cooperation [2].

At the moment, the research is aimed at improving logistics efficiency by optimizing supply chain management through control and coordination of operations of various modes of transport. In the work of Sergi and colleagues, an attempt was made to determine the impact of logistics efficiency of certain aspects of the competitiveness of the states [3]. Rashidi and Cullinan developed a methodology to identify problematic issues in transport and logistics systems that have a negative impact on the final results [4].

Modern digital technologies are the key to increasing the efficiency rate of the logistics sector in the era of Industry 4.0, where artificial (machine) intelligence comes out on top, capable of processing a significant amount of information on transportation in a short time

[5, 6]. In the field of data transmission APEC has established a system of rules governing cross-border confidentiality, which differs from EU standards in the field of data protection at the global level [7].

The relevance of the task of studying logistics within the APEC countries lies in the need to define criteria for classifying economies, identifying leaders and outsiders. In addition, the reliability of the assumption about the relationship between the level of economic competitiveness of the country and its degree of logistics efficiency will be tested, which is still the subject of many disputes among scientists and experts in this field. The novelty of the research lies in the analysis of this hypothesis, what will make it possible to assess the implementation of the best digital practices in the transport industry of the APEC countries and their subsequent adaptation for the progress of logistics in Russia. The article is intended for experts and developers of logistics infrastructure development programs both at the regional and national levels to integrate the best external experience, as well as for the business community, which is able to adopt the best methods of building supply chains of its goods and services from other participants in commercial activities.

The article has been prepared in English in order to increase of in-depth perception and representation of the scientific audience not only within the country, but also at the international arena.

Methods

The existing simplified approaches to the study do not allow us to fully explore the level of logistics of the country and its characteristics, as well as to compare the parameters with other countries, for which the Logistics Performance Index (LPI) was created by the analytical direction of the World Bank. LPI is considered to be one of the key criteria for studying the state of the national logistics sector, identifying both weaknesses and strengths of the flow of different types of transportation. For the most part, it reflects the level of infrastructural development and functioning of the logistics chain. This indicator is calculated on the basis of information from the reports of transport and logistics companies using the survey method.

Conducting a study to determine the level of efficiency of logistics processes in APEC countries by a selective type is irrational due to the need to define the LPI indicator and its dynamics, for which it is mandatory to diagnose and form appropriate calculation matrices. The basis of the diagnostic approach lies in the gradation of APEC member countries depending on the results of 6 factors and their nature of variability over time. Based on the data obtained, economies are classified as leaders, as well as those with potential, catching up or lagging behind, which reflects their level of development and competitiveness as of the date of information collection. The calculation of the index includes several indicators rated on a scale of up to 5 points, such as the effectiveness of customs clearance, the quality of infrastructure and others (Table 1) [8].

Table 1

The main indicators reflecting the effectiveness of logistics in the state

The name of the indicator	Interpretation	Ranking
Customs	Efficiency of customs procedures (efficiency, convenience and reliability of the process) state border control structures	From 0 to 5
Infrastructure	Efficiency of the commercial and transport framework (e.g. seaports, railways and highways, technologies)	
International shipments	Efficient organization of supplies at favorable rates	

Logistics Competence	Professional qualifications and standards for the provision of logistics services (for example, carriers, customs intermediaries)	
Tracking and Tracing	The ability to monitor transport goods	
Timeliness	Punctuality of transportation of goods to the destination within the prescribed or predicted time frame of transportation	

To search for the relationship between the level of logistics efficiency of the state and the competitiveness of its economy in the international arena, the use of a standard correlation type of mathematical analysis is proposed. The studied determinants are the LPI and the global competitiveness index. The correlation coefficient is interpreted depending on the nature of the level of interrelation of the criteria: from 0.1 to 0.3 - weak, from 0.3 to 0.5 - moderate, from 0.5 to 0.7 - noticeable, from 0.7 to 0.9 - high, 0.9 – pronounced [9, 10].

Results

The first stage of the analysis demonstrated that 3 APEC participants, namely Australia, Japan and Singapore, took places in the top 10 of the international ranking of logistics process efficiency in 2021 (Table 2). Australia has strengthened its position from seventh to fourth place for 2 years, Japan has made a breakthrough from twelfth to fifth place, and Singapore has slightly worsened its status by moving from fifth to seventh place. As for the deterioration in the rating, Hong Kong can be noted, which in the previous release of the World Bank was in the top ten, and in the current one takes only 12th place, displacing Japan from this position.

Table 2

Data on the logistics efficiency of the APEC countries (2021), points

Economy	Cust oms	Infrastru cture	Internation al shipments	Logistic Competen ce	Trackin g and Tracing	Timelines s	LPI Score
Australia	3.71	4.18	3.88	4.08	4.09	4.25	4.03
Brunei	2.62	2.46	2.51	2.71	2.75	3.17	2.71
Canada	3.6	3.75	3.38	3.9	3.81	3.96	3.73
Indonesia	2.67	2.89	3.23	3.1	3.2	3.67	3.15
Japan	3.99	4.25	3.59	4.09	4.05	4.25	4.03
Republic of Korea	3.4	3.73	3.33	3.59	3.75	3.92	3.61
Malaysia	2.9	3.15	3.35	3.3	3.15	3.46	3.22
New Zealand	3.71	3.99	3.43	4.02	3.92	4.26	3.88
The Philippines	2.53	2.73	3.29	2.78	3.05	3.37	2.9
Singapore	3.89	4.06	3.58	4.1	4.08	4.32	4
Thailand	3.14	3.14	3.46	3.41	3.47	3.81	3.41
The United States	3.78	4.05	3.51	3.87	4.09	4.08	3.89
Chinese Taipei	3.47	3.72	3.48	3.57	3.67	3.72	3.6

Hong Kong	3.81	3.97	3.77	3.93	3.92	4.14	3.92
China	3.29	3.75	3.54	3.59	3.65	3.84	3.61
Mexico	2.77	2.85	3.1	3.02	3	3.53	3.05
Papua New Guinea	2.32	1.97	2.15	1.88	2.26	2.44	2.17
Chile	3.27	3.21	3.27	3.13	3.2	3.8	3.32
Peru	2.53	2.28	2.84	2.42	2.55	3.45	2.69
Russia	2.42	2.78	2.64	2.75	2.65	3.31	2.76
VietNam	2.95	3.01	3.16	3.4	3.45	3.67	3.27

Considering the dynamics of the rating of countries over 2 years, it is necessary to emphasize the positive trend of the level of Vietnam, Russia and New Zealand due to the increase in the volume and quality of international transportation, timely deliveries, as well as the introduction of technologies into the logistics infrastructure.

Papua New Guinea, Peru and Brunei showed low logistics efficiency in the world ranking, taking remote positions because of the lack of the resource base from a legal, financial and political point of view for the implementation of supply chain modernization programs. China and the Republic of Korea, on the contrary, occupy higher places among the economic leaders of the region due to the implementation of digitalization measures, and, as a result, optimization of logistics. The dynamics of changing positions in the rating indicates the different effectiveness of logistics systems in these countries.

A general analysis of the data showed that Papua New Guinea has the lowest quality of logistics services, equal to 1.88 points, while Singapore showed the highest result in timely delivery, equal to 4.32 points. Taiwan experienced the largest decrease in the score during the study period, especially in the indicator of on-time delivery, falling by 0.53 points. New Zealand, on the other hand, showed the maximum increase in the quality of logistics services by 0.8 points. The described dynamics is due to the special attention of the governments of the leading countries to the field of logistics, for example, various benefits and subsidies for both logistics enterprises and their employees, which leads to a high level of wages and competition for vacancies in the labor market.

After analyzing the APEC member economies according to the indicators determining the LPI, it was revealed that Japan, New Zealand, the USA, Chinese Taipei and Chile are the leaders in the efficiency of customs and border clearance with positive dynamics, the reason for which is the optimization of many control processes based on empirical studies of customs clearance, especially since the experience and significant volume of the customs flow of the listed countries make it possible to identify shortcomings leading to loss of time at the checkpoint and develop measures to eliminate them. Australia, Canada, the Republic of Korea, Singapore, Hong Kong and China also have high scores, but with negative dynamics. Thailand, Russia and Vietnam have the potential to improve the efficiency of customs and border clearance, although they start with low estimates.

Australia, Japan, New Zealand, Chinese Taipei and China are the leaders in the infrastructure quality index. Indonesia, the Philippines, Thailand, Chile, Russia and Vietnam are striving to reach the average level, while Canada, the Republic of Korea, Singapore, the United States and Hong Kong are showing negative dynamics, despite high scores. Brunei, Malaysia, Mexico, Papua New Guinea and Peru belong to the group of countries with lagging infrastructure development. These results mostly stem from the financial condition of states over the past decade, namely, the size and quality of taxation and the share of its transfer to the development of logistics infrastructure.

According to the analysis of the indicator of international transport organizations, the APEC economies are distributed as follows: the leading groups include the countries of Australia, New Zealand, the Philippines, and Thailand; regions with lost potential are Canada, Japan, the Republic of Korea, Malaysia, Singapore, the United States, Chinese Taipei, Hong Kong, China and Chile; catching up regions include Indonesia, Mexico, Russia and Vietnam; lagging regions are Brunei, Papua New Guinea and Peru. This parameter depends on the political activity of countries in the international arena, indulgences or even support in the work of branches of foreign companies on their territory, achieving their equality with resident organizations.

The assessment of the quality of logistics services and their dynamics show that some countries, such as Canada, Japan, New Zealand, Singapore, Thailand and Vietnam, are leaders in APEC. Countries such as Australia, the Republic of Korea, the United States, Chinese Taipei, Hong Kong and China have negative dynamics, although they are still at a high level of assessments. The explanation lies in the current level of technical endowment of the country and, consequently, its readiness to expand demand for transportation services, mainly with the participation of digitalization of processes.

The countries of Japan, New Zealand, Singapore, Thailand, Chinese Taipei and Vietnam are leaders within APEC due to high estimates on cargo tracking, while Australia, Canada, the Republic of Korea, the United States, Hong Kong and China show negative dynamics and are among the regions losing potential. Indonesia, the Philippines and Russia are showing positive dynamics, although they have insufficient points, that places them in the group of catching up regions. As part of other criteria for evaluating logistics efficiency, the above distribution is tightly correlated with the level of technological, and specifically digital, development of transportation, which allows some countries to break ahead in the international ranking, creating a vector of development for competitors.

Japan, New Zealand, Thailand and Chile stand out for their timely deliveries and positive dynamics within APEC, which makes them the leading regions. Indonesia, the Philippines, Mexico, Peru, Russia and Vietnam lag behind according to the indicator and are considered as developing economies. This is due to differences in the organization of logistics supply chains in order to reduce time and financial costs.

New Zealand and Japan have shown high diagnostic results and are in the leading group according various indicators. Thailand also performed well on four indicators, joining the leaders, but on two other indicators it was in the group of catching up regions (Fig. 1).

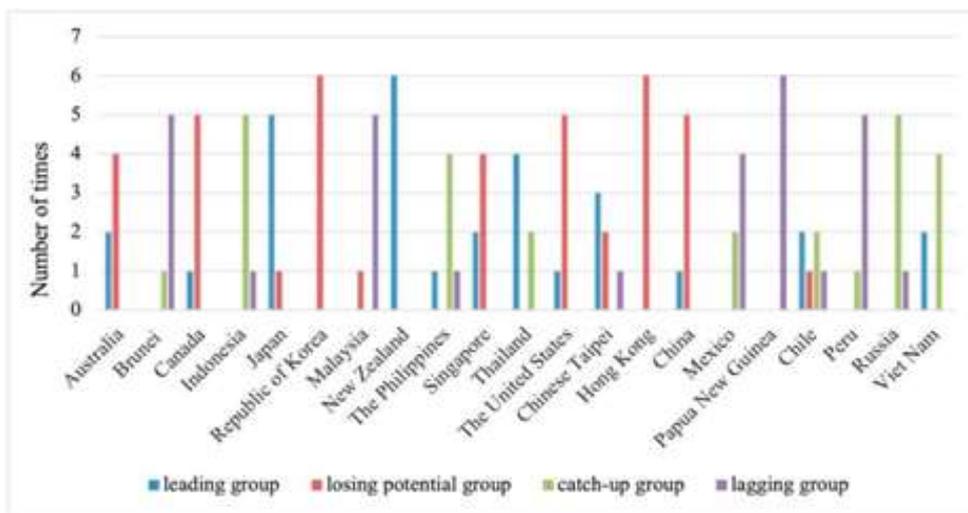


Fig. 1. Ranking of APEC by diagnostic groups according to logistics efficiency indicators (2021)

The Republic of Korea and Hong Kong have lost most of their logistics capacity across all six indicators. Canada, the United States and China are among the group of countries with high scores on five of the six criteria. Indonesia and Russia have the best chance of catching up with the leaders or surpassing the averages. Papua New Guinea lags behind other APEC regions in logistics, while Brunei, Peru and Malaysia have mixed results on various indicators.

Discussion

The socio-economic level of development is inextricably linked to the stage of progress in the field of transport. Current trends in the structure of commodity exchange set the vector for improving transport logistics, which in turn affects the efficiency of supply chains of goods and services. From the point of view of economic theory, the pace of development of transport should be relatively ahead of the pace of development of industrial achievements in order to offer the latter various prospects for improvement and a field of action for rational movement forward, laying growth points. In many countries, transport policy at the legislative level is fixed as an essential component of determining the level of welfare and security of the state, which is embedded in their strategic planning programs in the medium and long term. Thus, in Russia, both transport programs in general and individual modes of transport, have been formed in order to achieve a higher level of its efficiency.

The expansion of the geography of foreign economic partnership has become the main trend at the international level in modern conditions. The main task of exporters in this case is to minimize the transport costs of supplies, which will set the necessary transaction efficiency, and as a result, increase the average volume of high-value-added shipments. It is difficult to overestimate the role of transport in the process of expanding production activities and the efficiency of the money-commodity-money mechanism, especially at the international arena, which serves to level the spatial boundary between production and consumption. Experts note that the effectiveness of this process can be formed in absolutely different ways. And, the scientific community has agreed on the following criteria for determining the proper quality of the provision of transport services in the conduct of foreign trade: dynamism, efficiency, regulation and concomitant of all stages of logistics operations, taking into account the current infrastructure for this process. As for the APEC member countries, they are also distinguished by their involvement in the progress of commodity international relations.

It is believed that it is not possible for the State to achieve the status of a competitive economy at the international level without an effectively functioning transport and logistics system. To confirm this hypothesis, a correlation analysis was carried out (Figure 2), which revealed a very close relationship between the level of development of the transport and logistics system of the APEC countries and their competitiveness indicator, which reflects a correlation coefficient of 0.92.

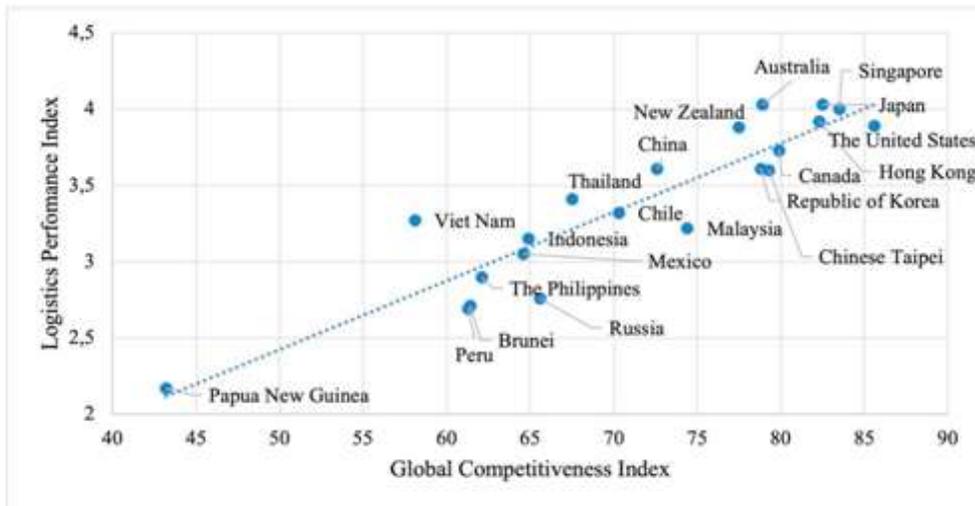


Fig. 2. Correlation of logistics efficiency and competitiveness of APEC economies

In order to maximize the usefulness of using logistics systems, and as a result of competitiveness, APEC countries should study the experience of leading countries for further analysis and early implementation into their own processes. Global technological progress makes it possible to build models of rationalization and optimization of transport routes using the most up-to-date mathematical and metric tools, that helps to reduce logistics costs and, as a result, increase the marginality of activities. In addition, it serves the partnership development and unification of the involved territories, their rapprochement with the global logistics community and strict adherence to rules and standards in the field of coordination of digitalization of supplies. The country's competitiveness on the world stage is largely ensured by transport and logistics support, which should be reflected in subsidizing digitalization as the main direction of the transport industry's expenses. And finally, as already mentioned, the development of digitalization serves as a guarantee of the country's comparative advantages, and, consequently, a significant incentive for the implementation of its strategic development programs and improving the efficiency of logistics supply chains.

As for the APEC countries themselves and the endowment of digitalization, active improvement of the leading countries according to this indicator is observed thanks to the sufficiency of the resource base and the endowment for moving forward. For example, Singapore has approved the Smart Mobility program, which is divided into the following areas of digital status formation in the medium term: timely planning, rationalization of funds and provision of data online. The implementation of these vectors is realized through the use of various kinds of tools, such as ground sensors, demand management, mathematical modeling, building predictive values of necessary indicators, multimodal transportation and research. Part of the program has already been implemented, for example, in Singapore you can find unmanned autonomous trains, robot loaders and other technologies without human involvement.

Data analysis has shown that South Korea has some of the best indicators within the framework of the APEC association, but despite it, there are weaknesses that require improvements to achieve proper efficiency. Among the many advanced countries, the results of this state are among the most advanced in terms of digitalization of logistics. In the future, in the coming years, the country's leadership plans to launch unmanned vessels, develop autonomous transportation technologies, as well as create three-wheeled courier

electric vehicles. Moreover, one of the most important goals is the introduction of the Internet of Things in loading and unloading operations, smart routing for the transportation of risky goods and autonomous cargo vehicles.

Let's move on to the values of China, where the level of development of the transport and logistics system is also highly valued despite constant variability. As in any advanced country, digitalization of transport logistics processes is aimed at progress and innovation. If we look ahead to the future, we plan to create analytical information processing organizations, cybersecurity departments, autonomous trains, smart vehicles and ships, but also mechanisms for their operation. It is worth noting that blockchain technology has reached its maximum perfection precisely in China, according to local law all business processes must be accompanied by electronic document management, and especially those related to the turnover of dangerous goods.

The described best practices and the resulting strategic vectors for further development Russia's logistics policy should clearly follow the principles developed for building a digital transport association within the country in order to confirm standards of reliability and efficiency. Nowadays, the Association of Digital Transport and Logistics has already been established in Russia, aimed at ensuring the expansion of the use of smart technologies in logistics, and the largest national players have already submitted algorithms for implementing digitalization strategies to the government. If we draw a parallel with other industries within the state, the Russian transport industry is characterized by the great presence of smart technologies in terms of the intensity of use, however, in order to solve new tasks and accept challenges, it is necessary to develop and integrate new models and tools for managing operations.

According to the forecasts of many analytical agencies, the coming years in Russia can be characterized by a technological breakthrough due to the resource endowment of IT and the sufficiency of the number of specialists and their proper qualifications for the implementation of all government-approved programs for the introduction of artificial intelligence in key sectors of the state, the list of which includes the logistics system. This will undoubtedly give an impetus to the development of business processes and increase the economic well-being of the country by reducing supply costs and their timeliness, creating a competitive advantage for the industry on the world stage.

Conclusion

The current stage of international economic relations requires the organization of associations to enable the exchange of experience between participating countries in order to maximize the efficiency of production processes. The transport and logistics systems of these countries should develop and be effective, which should confirm the necessity and usefulness of the existence of such international associations. Foreign trade processes have a close connection with operations in the field of transport (about 60-70%), which once again confirms the requirement to pay attention to improving transport and logistics systems. If we turn to the domestic policies of the countries, the role of transport can be traced in strengthening business communications in the regions, optimizing labor migration and generating rational supply chains, which ultimately contribute to a significant digital endowment of the state.

The degree of infrastructure quality directly affects the effectiveness of the provision of logistics services, since the very presence of infrastructure does not yet indicate the groundwork for achieving the targets. Experts predict a favorable future to Russia in the field of digitalization of logistics processes and see significant potential in it. Various modes of transport, including sea and rail, provide transport links between the regions of Western Europe, Southeast Asia and North America through the routes of the Trans-Siberian Railway. Positive plans for the future also flow through the Northern Sea Route, which is

noted in the reduction of the required time resource for delivery. The very significant size of Russia in terms of area does not prevent the malfunctioning of logistics links between the European part of Russia, Siberia and the Far East due to the developed level of infrastructure. Despite this, there are guidelines for further progress in the field of transport, since Russia's place in the logistics efficiency rating is only the seventh, which indicates the need to continue working on improving supply procedures.

After conducting a study based on the logistics data of the APEC countries, it was revealed that Russia is one of the regions that can be described as catching up with the rest in terms of logistics efficiency, which means that domestic transport industry specialists should study and implement technologies of leading global players, creating a comparative advantage over other participants, depending on the country's conditions. The interdependence between competitiveness and efficiency of logistics has been verified by the conducted correlation analysis between the level of development and efficiency of logistics with the competitive status of the state. Taking into account the main trends of Industry 4.0, the implementation of programs to achieve the necessary optimal or even high levels of criteria for logistics efficiency is based on indicators of the pace of transport operation digitalization.

States characterized by high positions in the logistics efficiency rating have a special role in the development of digitalization of the logistics sector, introducing robot loaders, autonomous transport and creating smart infrastructure along with the introduction of blockchain technologies into daily activities. A number of countries, including Russia, have approved programs to expand the use and improvement of digital solutions, especially in the transport industry, which should be combined with the integration of successful practices of leading states, taking into account the specifics of their own economies. The result of the study demonstrated that an increase in the country's competitiveness is not possible without an increase in the efficiency of its logistics environment, which can currently be achieved only through innovations using digitalization.

As for the directions of further research, as an assumption, a promising task is to predict the economic effect of the introduction of digitalization into logistics supply chains, taking into account inflationary costs and other various amendments. As a result, the scientific community will be presented with an adequate accurate model for building a future trend of efficiency from the operation of a technological solution, which will contribute to the growth of competition in the industry, thereby increasing the pace of its evolution and, most importantly, will create additional comfort for consumers of goods and services. The rationality and calculation of each digital introduction will make it possible to "close the gaps" in the stability of business and will serve as a guarantee for the confidence of the transport sector in the future.

Список литературы

1. Шепард Б. Принесли ли результаты планы действий АТЭС по упрощению процедур торговли? // Журнал азиатской экономики. 2016. № 43. С. 1-11.
2. Ли З., Альхартти С. Разрыв между доходами от продажи нефти и затратами на ее добычу и его влияние на окружающую среду: экономическая глобализация в странах Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества // Geoscience Frontiers. 2023. № 15. С. 78-86.
3. Серджи С., Д'Алео В., Конечка С., Шопик-Депчинска К., Дембинска И., Иопполо Г. Конкурентоспособность и индекс эффективности логистики: применение метода ANOVA для регионов Африки, Азии и ЕС // Устойчивые города и общество. 2021. № 69. С. 33-41.
4. Рашиди К., Куллинан К. Оценка устойчивости национальной логистической деятельности с использованием анализа охвата данных // Транспортная политика. 2019. № 74. С. 35-46.

5. Пэн С., Трентезо Д., Макфарлейн Д., Монтрей Б., Баллот Э., Хуан К. Цифровая совместимость в логистике и управлении цепочками поставок: современные подходы и направления исследований в направлении физического Интернета // Компьютеры в промышленности. 2021. № 128. С. 62-69.
6. Кайикчи Й. Влияние цифровизации в логистике на устойчивое развитие // Procedia Manufacturing. 2018. № 21. С. 782-789.
7. Салливан С. GDPR ЕС или CBPR АТЭС? Сравнительный анализ подхода ЕС и АТЭС к трансграничной передаче данных и защите персональных данных в эпоху Интернета вещей // Обзор компьютерного права и безопасности. 2019. № 35. С. 380-397.
8. Видерер К., Арвис Дж., Оджала М., Кииски М. Индекс эффективности логистики Всемирного банка, Редактор(ы): Роджер Викерман // Международная энциклопедия транспорта. 2021. № 19. С. 94-101.
9. Гюрлер Э., Озчалиджи М., Памукар Д. Определение весов критериев с помощью генетических алгоритмов для многокритериальных методов принятия решений: на примере рейтинга индекса эффективности логистики стран Европейского союза // Social-Economic Planning Sciences. 2024. № 91. С. 29-43.
10. Резаи Дж., ван Рокель С., Тавасси Л. Измерение относительной важности показателей индекса эффективности логистики с использованием метода наилучшего наихудшего результата // Транспортная политика. 2018. № 68. С. 158-169.

References

1. Shepherd B. Did APEC's Trade Facilitation Action Plans deliver the goods? // Journal of Asian Economics. 2016. Vol. 43. p. 1-11.
2. Li Z., Alharthi S. Oil revenue and production cost disconnect and its impact on the environment: Economic globalization in Asia-Pacific economic cooperation countries // Geoscience Frontiers. 2023. Vol. 15. p. 78-86.
3. Sergi S., D'Aleo V., Konecka S., Szopik-Depczyńska K., Dembińska I., Ioppolo G. Competitiveness and the Logistics Performance Index: The ANOVA method application for Africa, Asia, and the EU regions // Sustainable Cities and Society. 2021. Vol. 69. p. 33-41.
4. Rashidi K., Cullinane K. Evaluating the sustainability of national logistics performance using Data Envelopment Analysis // Transport Policy. 2019. Vol. 74. p. 35-46.
5. Pan S., Trentesaux D., McFarlane D., Montreuil B., Ballot E., Huang Q. Digital interoperability in logistics and supply chain management: state-of-the-art and research avenues towards Physical Internet // Computers in Industry. 2021. Vol. 128. p. 62-69.
6. Kayikci Y. Sustainability impact of digitization in logistics // Procedia Manufacturing. 2018. Vol. 21. p. 782-789.
7. Sullivan C. EU GDPR or APEC CBPR? A comparative analysis of the approach of the EU and APEC to cross border data transfers and protection of personal data in the IoT era // Computer Law & Security Review. 2019. Vol. 35. p. 380-397.
8. Wiederer K., Arvis J., Ojala M., Kiiski M. The World Bank's Logistics Performance Index, Editor(s): Roger Vickerman // International Encyclopedia of Transportation. 2021. Vol. 19. p. 94-101.
9. Gürler E., Özçalıcı M., Pamucar D. Determining criteria weights with genetic algorithms for multi criteria decision making methods: The case of logistics performance index rankings of European Union countries // Socio-Economic Planning Sciences. 2024. Vol. 91. p. 29-43.
10. Rezaei J., van Roekel S., Tavasszy L. Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method // Transport Policy. 2018. Vol. 68. p. 158-169.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пузевич Владислав Игоревич, аспирант кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов, «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: puzevich.vlad@gmail.com

Vladislav I. Puzevich, postgraduate student of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Орлова Людмила Георгиевна, к.ф.н., доцент, доцент кафедры иностранных языков, «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: orlova-436@yandex.ru

Lyudmila G. Orlova, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Почкаева Ольга Владимовна, 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: olga156@bk.ru

Olga V. Pochkaeva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 24.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 24.06.2024; published online 20.09.2024.

УДК 334.02

DOI: 10.37890/jwt.vi80.520

Стратегическое планирование развития транспортных систем. Региональный аспект

Н.В. Пумбрасова

ORCID: 0000-0001-9644-1721

Е.В. Упадышева

ORCID: 0000-0002-5400-0888

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

Аннотация. В ходе исследования рассмотрена степень проработки вопросов стратегического развития транспортных систем на примере нескольких регионов, изучены сравнительные характеристики транспортных программ регионов, в том числе в разрезе финансирования по видам транспорта, проведено сопоставление основных направлений и условий реализации мероприятий в рамках программ. Авторами проведен сравнительный анализ применения инновационных подходов в инфраструктурных мероприятиях, обозначенных в государственных программах, а также анализ перспективных направлений развития внутреннего водного транспорта в регионах с соответствующими географическими особенностями.

Целью проводимого исследования выступает определение перспективных направлений развития и совершенствования транспортной системы государства как необходимого структурного элемента экономики каждого региона.

В качестве основных методов исследования авторами статьи определены: абстрагирование, конкретизация, наблюдение, сравнение, анализ, синтез, аналогия, дедукция, индукция, обобщение.

Результатом проведенного исследования является определение перечня перспективных направлений развития транспортных систем на примере ряда регионов с обязательным применением инновационной составляющей и выработкой конкретных предложений по вариантам интеграции предлагаемых решений в региональную экономику.

Ключевые слова: транспортные системы, стратегическое планирование, государственные программы, региональное развитие, финансирование, инновации.

Strategic planning for the transport system development. The regional aspect

Natalia V. Pumbrasova

ORCID: 0000-0001-9644-1721

Elena V. Upadysheva

ORCID: 0000-0002-5400-0888

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The study examined the degree of elaboration of issues of strategic development of transport systems using the examples of several regions, studied comparative characteristics of regional transport programs, including financing according to the type of transport, and compared the main directions and conditions for implementing activities within the framework of the programs. The authors conducted a comparative analysis of the application of innovative approaches in infrastructure measures outlined in state programs, as well as the analysis of favorable areas for the development of inland waterway transport in regions with relevant geographical features. The purpose of the research is to identify

favorable areas for the development and improvement of the state's transport system as a necessary structural element of the economy of each region. The main research methods identified by the authors of the article are: abstraction, concretization, observation, comparison, analysis, synthesis, analogy, deduction, induction, generalization.

The result of the conducted research is to determine the list of favorable areas for the development of transport systems using the example of a number of regions with the mandatory use of the innovative component and the development of specific proposals for options to integrate the suggested solutions into the regional economy.

Keywords: transport systems, strategic planning, government programs, regional development, financing, innovations.

Введение

Развитие транспортной отрасли любого субъекта Российской Федерации опирается на положения, определенные Транспортной стратегией до 2035 года¹⁰.

Перспективы развития и совершенствования транспортных систем, в первую очередь путем внедрения инновационных подходов и технологий, в том числе в рамках организации мультимодальных перевозок, активно обсуждаются в научных кругах [1], [2].

Подобного рода информационные системы получают широкое распространение в государственных и частных системах управления и мониторинга различными видами транспорта (в системах управления водным транспортом - это электронные навигационные карты внутренних водных путей, на автомобильном транспорте - система ЭРА-ГЛОНАСС, на железнодорожном транспорте - высокочастотная маркировка грузовых и пассажирских составов, спутниковые и беспилотные системы управления) [3].

При этом в процессе анализа документов стратегического планирования федерального уровня, и в частности Транспортной стратегии, авторами отмечен довольно общий и абстрагированный характер формулировки приоритетных задач и направлений развития транспортной системы страны, что, вернее всего, объясняется масштабом решаемых проблем. Необходимость конкретизации финансового планирования в разрезе видов транспорта, направлений развития и географии осуществляемых мероприятий обуславливает разработку региональных стратегий и программ развития транспортных систем [4].

Перечень решаемых задач, обозначенных в региональных документах стратегического планирования, носят, как правило, менее глобальный характер, проблематика привязана к конкретной территории, однако основные направления и стратегические цели опираются на федеральные документы планирования и вытекают из концепций Транспортной стратегии страны.

Такие документы стратегического планирования разрабатываются региональными органами исполнительной власти в форме стратегий развития регионального уровня либо в форме региональных государственных программ [5], [6], [7], [8].

При этом следует отметить, что программы развития транспортного комплекса мегаполисов (таких, к примеру, как Москва и Санкт-Петербург) ориентированы в первую очередь на увеличение доли перевозок экологичным транспортом и на внедрение инновационных технологий на транспорте и транспортной инфраструктуре.

¹⁰ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года».

Инновационные подходы в развитии экономических систем, в том числе в части планирования развития транспортной отрасли, на протяжении продолжительного периода рассматриваются и обсуждаются в научном сообществе [9], [10], [11], [12].

В зарубежных научных публикациях особое внимание уделяется применению инновационных подходов в развитии транспортных систем в первую очередь в части обеспечения экологической безопасности транспорта [13], [14].

Региональный аспект развития транспорта и транспортной инфраструктуры, по мнению авторов, выражается как в осуществлении мероприятий в рамках региональных программ по развитию транспортных систем, так и в привязке (проецировании) мероприятий федеральных программ по объектам федерального значения к конкретным территориям в разрезе регионов (к примеру, это может быть реализация мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры на реке Волга (федерального значения) в привязке к экономическим объектам и отдельным территориям Нижегородской области).

Целью научного исследования является определение перспективных направлений развития и совершенствования транспортной системы государства как необходимого структурного элемента экономики каждого региона.

Для достижения указанной цели авторами проведена работа по выполнению следующих задач:

- 1) изучение основных направлений Транспортной стратегии страны;
- 2) выбор ряда регионов для исследования по принципу максимально возможного количества видов транспорта, функционирующих на территории, поиск и изучение документов стратегического планирования транспортной отрасли соответствующих регионов;
- 3) выявление перспективных направлений развития транспортных систем рассматриваемых территорий, определение возможности тиражирования положительных практик в других регионах;
- 4) выработка предложений по совершенствованию транспортной системы в региональном аспекте с определением возможного к получению положительного экономического, социального и (или) экологического эффектов.

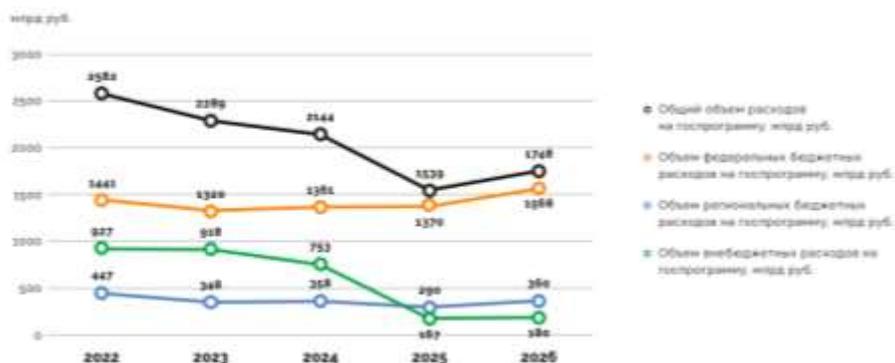
Материалы и методы

Основными методами научного познания, использованными авторами в ходе исследования, выступают: абстрагирование, конкретизация, наблюдение, сравнение, анализ, синтез, аналогия, дедукция, индукция, обобщение.

С целью определения общей картины развития транспортной системы страны и динамики объемов финансирования авторы изучили материалы упомянутой выше Транспортной стратегии и федеральной государственной программы¹¹, в рамках которой осуществляется финансирование мероприятий, предусмотренных стратегией.

Анализ динамики финансирования данной федеральной программы в разрезе бюджетных и внебюджетных источников за период 2022 – 2026 гг. демонстрирует снижение общих расходов на финансирование госпрограммы по сравнению со значениями 2022 года за счет снижения объемов финансирования из внебюджетных средств, в основном представленных частным инвестированием в рамках концессионных соглашений (рис.1).

¹¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 20.12.2017 г. № 1596 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы»» (с изменениями от 01.04.2024).



* Аналитика Sherpa Group (открытый интернет-ресурс sherpagroup.ru)

Рис.1. Динамика расходов на развитие транспортной системы в рамках федеральной госпрограммы в разрезе источников финансирования за период 2022 – 2026 гг.

Из представленного рисунка видно, что объем федерального финансирования увеличивается, начиная с 2024 года. Объем же региональных средств, выделяемых на программу, относительно стабилен с 2023 года за исключением планового 2025 года.

Распределение расходов на реализацию транспортных программ страны в рамках национальных проектов и вне национальных проектов в планируемом периоде представлено на рисунке 2.

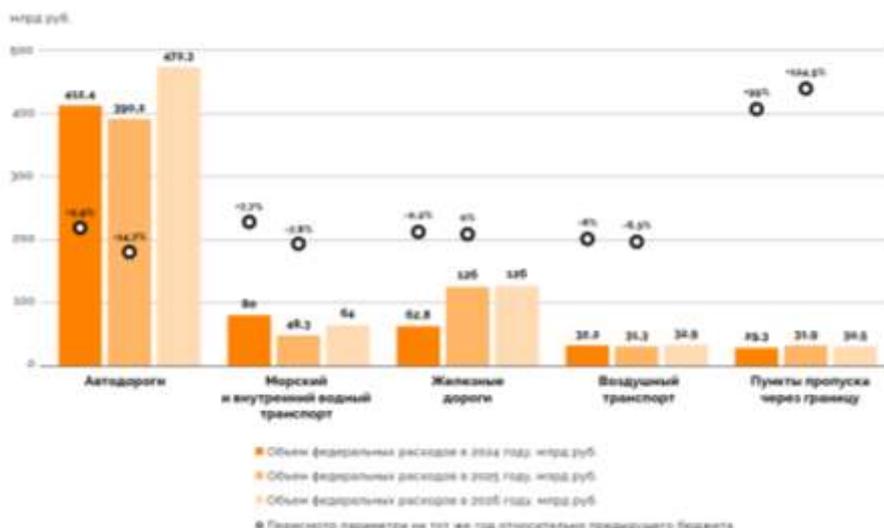


* Аналитика Sherpa Group (открытый интернет-ресурс sherpagroup.ru)

Рис.2. Структура федеральных расходов на развитие транспортной системы в рамках госпрограммы в 2024-2026 гг.

Как видно из представленного рисунка, объем федеральных средств распределен на реализацию мероприятий в рамках национальных проектов и вне реализации нацпроектов приблизительно поровну.

При этом распределение федеральных средств вне национальных проектов в рамках программы на развитие инфраструктуры по различным видам транспорта выглядит следующим образом (рисунок 3):



* Аналитика Sherpa Group (открытый интернет-ресурс sherpagroup.ru)

Рис.3. Распределение федеральных расходов на инфраструктурные проекты в рамках госпрограммы в 2024-2026 гг.

Представленные инфографические данные свидетельствуют о преобладающем объеме финансирования инфраструктурных мероприятий по автомобильному транспорту над другими видами транспорта (железнодорожным, водным и воздушным).

В целях исследования и проведения сравнительного анализа по территориям авторами выбран ряд документов стратегического планирования (регионального уровня) по следующим субъектам Российской Федерации:

1. Москва и Московская область (Стратегия развития транспортной системы г. Москвы и Московской области на период до 2035 года);
2. Санкт-Петербург и Ленинградская область (Стратегия развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области до 2030 года);
3. Нижегородская область (государственная программа «Развитие транспортной системы Нижегородской области»);
4. Амурская область (государственная программ Амурской области «Развитие транспортной системы Амурской области»).

Для анализа выбраны перечисленные регионы ввиду наличия и довольно широкой сети всех видов транспорта в данных регионах, исходя из целей обеспечения относительной сопоставимости имеющихся показателей и наличия предпосылок и перспектив для развития экологичных видов транспорта.

Анализ региональных документов развития транспортных систем показывает нацеленность на:

- повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий;
- повышение мобильности населения на общественном транспорте;
- увеличение объема и скорости транзита грузов и развитие мультимодальных логистических технологий;
- цифровую трансформацию отрасли;
- повышение экологичности и энергоэффективности транспорта.

При этом основной упор в региональных стратегических документах делается на автомобильный и железнодорожный транспорт, а в сфере городских пассажироперевозок – на электротранспорт и внутренний водный транспорт как наиболее экологичные виды транспорта.

По мнению авторов статьи, в условиях снижения объемов внебюджетного финансирования (вложений частных инвесторов) важно отметить необходимость увеличения федерального финансирования на развитие инфраструктуры по всем видам транспорта, и в первую очередь на модернизацию инфраструктуры внутреннего водного транспорта и железнодорожного транспорта, особенно в отдаленных от региональных центров районах.

В связи с вышеизложенным, основываясь на специфике и общих тенденциях развития экономических систем рассмотренных регионов, а также сопоставлении с другими регионами страны и обобщении до общегосударственных масштабов планирования, авторы пришли к выводу целесообразности и научной обоснованности формирования ряда перспективных предложений для включения в региональные документы стратегического планирования по развитию транспортных систем, реализация которых позволила бы дать существенный стимул к развитию региональных экономических систем в современных экономических и внешнеполитических условиях.

Сформированные авторами предложения и обобщения по направлениям развития транспортных систем в региональном аспекте отражают результаты проведенного исследования.

Результаты

По результатам исследования федеральных и региональных документов стратегического планирования, направленных на развитие транспортной системы, авторами статьи сформирован ряд предложений по совершенствованию транспортной системы страны в целях обеспечения социально-экономического развития регионов с определением ожидаемого положительного эффекта, возможного к получению как в долгосрочном, так и в среднесрочном периоде (представлены в таблице 1).

Таблица 1

Направления совершенствования транспортной системы страны в целях обеспечения социально-экономического развития регионов

№ п/п	Вид транспорта	Задача (предложение по совершенствованию)	Необходимость дополнительного привлечения ресурсов	Ожидаемый эффект
1.	Автомобильный транспорт:			
	1.1. Пассажироперевозки	Обновление парка автобусов городского, пригородного и междугороднего сообщения.	Увеличение финансирования из федерального бюджета	Повышение качества жизни населения, улучшение экологической обстановки
	1.2. Грузоперевозки	Расширение системы логистики.	Привлечение средств частных инвесторов.	Снижение неэффективных затрат грузоперевозчиков, разгрузка автодорог, улучшение

№ п/п	Вид транспорта	Задача (предложение по совершенствованию)	Необходимость дополнительного привлечения ресурсов	Ожидаемый эффект
				экологии
2.	Железнодорожный транспорт	Развитие высокоскоростных железнодорожных сообщений на дальних расстояниях	Увеличение финансирования из федерального бюджета	Мобильность трудовых ресурсов, демографический рост, разгрузка автодорог, улучшение экологии
3.	Внутренний водный транспорт:			
	1.1. Пассажироперевозки	Организация инфраструктуры речного туризма, развитие регулярных перевозок	Финансирование из федерального бюджета	Развитие туризма, снижение аварийности на автомобильных дорогах, улучшение экологической обстановки
	1.2. Грузоперевозки	Установка причалов и терминалов для организации межрегиональных грузоперевозок, строительство подъездных путей	Финансирование из федерального бюджета, ГЧП (государственно-частное партнерство)	Оптимизация системы логистики, снижение неэффективных затрат на посреднические операции, разгрузка автодорог, улучшение экологии, развитие экономики береговых зон
4.	Воздушный (авиационный) транспорт	Развитие сети аэропортов для организации внутреннего (межрегионального) туризма	Федеральное финансирование	Развитие внутреннего туризма, развитие экономики зон, прилегающим к аэропортам, мобильность населения, демографический рост

Предложения авторов носят обобщенный характер, однако применимы к большинству регионов страны. В случае проведения детальной проработки по

каждому направлению в разрезе видов транспорта перечень предложений может быть расширен и конкретизирован в привязке к отдельным территориям.

Количественная оценка необходимых объемов финансирования может быть проведена только после определения конкретных потребностей регионов и составления проектно-сметной документации, либо изучения статистики расходов отдельных регионов на аналогичные мероприятия с соответствующими характеристиками.

Выводы

Авторами исследованы материалы стратегического планирования развития транспортных систем общегосударственного и регионального уровней.

В ходе исследования выявлены направления, предполагающие более детальную научную и практическую проработку, реализация которых позволит получить положительный эффект как в развитии экономики регионов, так и в улучшении экологической обстановки страны.

Авторы отмечают, что оценка необходимых объемов финансирования может быть проведена только после определения конкретных потребностей каждого региона.

При этом, по мнению авторов статьи, важно заметить, что в целях обеспечения выполнения перечисленных задач требуется дополнительное федеральное финансирование, поскольку их реализация сопряжена с необходимостью строительства и организации транспортной инфраструктуры соответствующих направлений.

Список литературы

1. Бафанов А.П. Методический подход к обоснованию экономической устойчивости операторов комбинированных пассажирских перевозок // Научные проблемы водного транспорта. 2022. №72(3).
2. Владимиров С.А. Об основных направлениях развития мировой транспортной системы и логистики. «Транспорт на альтернативном топливе» № 1 (49), 34 – 45 (2016).
3. Равилова А.Р. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития системы отраслевого транспортного образования. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией И.Р. Салахова, 54-60 (2019).
4. Коваленко Л.В., Тахтарев А.В. Анализ региональных программ развития транспорта. Журнал правовых и экономических исследований, 2020, 4: 218–223. DOI 10.26163/GIEF.2020.43.20.032.
5. Стратегия развития транспортной системы г. Москвы и Московской области на период до 2035 года. <https://mintrans.gov.ru/documents/7/11694?ysclid=lwsaw89c6f880762118>. Дата обращения 20.05.2024.
6. Стратегия развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области до 2030 года. <https://нацпроекты.рф/стратегия-развития-транспортной-сис>. Дата обращения 20.05.2024.
7. Постановление Правительства Нижегородской области от 30.04.2014 № 303 «Об утверждении государственной программы «Развитие транспортной системы Нижегородской области»» (с изм. от 23.12.2023 № 1179).
8. Постановление Правительства Амурской области от 25.03.2023 № 796 «Об утверждении государственной программы Амурской области «Развитие транспортной системы Амурской области»» (с изм. от 20.02.2024 № 106).
9. Пыжова Ж.Ю., Лыкова Е.С. Новации проектно – целевого подхода в системе стратегического планирования национальной экономики. Научные проблемы водного транспорта, №77(4), 2023. DOI: 10.37890/jwt.vi77.432.

10. Пумбрасова Н.В., Упадышева Е.В. Фактор инновационности в системе оценки качества транспортных услуг. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. 403 LNNS, С. 827-836. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_91.
11. Каретников В.В., Пашенко И.В., Соколов А.И. перспективы внедрения безэкипажного судоходства на внутренних водных путях российской федерации. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2017. № 3 – 9. С. 619-627. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-619-627.
12. Платов Ю.И. Влияние субъективных факторов на внедрение информационных технологий на речном транспорте. *Научные проблемы водного транспорта*, (63), С.138-147. (2020) <https://doi.org/10.37890/jwt.vi63.84>.
13. Daddi, T., Frey, M., Giacomo, M.R., Testa, F., Iraldo, F.: Macro-economic and development indexes and ISO14001 certificates: a cross national analysis. *Journal of Cleaner Production* Volume 108, Part A, 1239 – 1248 (2015).
14. Lira, J.M.S., Salgado, E.G., Beijo, L.A., Silva, C.E.S.: Shedding light on the diffusion of ISO 14001 across Africa, Asia and Oceania. *Journal of Cleaner Production* 289 125724, 1 – 19 (2021).

References

1. Bafanov A.P. Metodicheskij podhod k obosnovaniyu ekonomicheskoy ustojchivosti operatorov kombinirovannyh passazhirskih perevozok // *Nauchnye problemy vodnogo transporta*. 2022. №72(3).
2. Vladimirov S.A. Ob osnovny`x napravleniyax razvitiya mirovoj transportnoj sistemy` i logistiki. «Transport na al`ternativnom toplive» № 1 (49), 34 – 45 (2016).
3. Raviolova A.R. V sbornike: Aktual`ny`e problemy` i perspektivy` razvitiya sistemy` otraslevogo transportnogo obrazovaniya. *Sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Pod redakciej I.R. Salaxova, 54-60 (2019).
4. Kovalenko L.V., Taxtarev A.V. Analiz regional`ny`x programm razvitiya transporta. *Zhurnal pravovy`x i e`konomicheskix issledovanij*, 2020, 4: 218–223. DOI 10.26163/GIEF.2020.43.20.032.
5. Strategiya razvitiya transportnoj sistemy` g. Moskvy` i Moskovskoj oblasti na period do 2035 goda. <https://mintrans.gov.ru/documents/7/11694?ysclid=lwsaw89c6f880762118>. Data obrashheniya 20.05.2024.
6. Strategiya razvitiya transportnoj sistemy` Sankt-Peterburga i Leningradskoj oblasti do 2030 goda. <https://naczproekty`.rf/strategiya-razvitiya-transportnoj-sis>. Data obrashheniya 20.05.2024.
7. Postanovlenie Pravitel`stva Nizhegorodskoj oblasti ot 30.04.2014 № 303 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy` «Razvitie transportnoj sistemy` Nizhegorodskoj oblasti»» (s izm. ot 23.12.2023 № 1179).
8. Postanovlenie Pravitel`stva Amurskoj oblasti ot 25.03.2023 № 796 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy` Amurskoj oblasti «Razvitie transportnoj sistemy` Amurskoj oblasti»» (s izm. ot 20.02.2024 № 106).
9. Py`zhova Zh.Yu., Ly`kova E.S. Novacii proektno – celevogo podxoda v sisteme strategicheskogo planirovaniya nacional`noj e`konomiki. *Nauchny`e problemy` vodnogo transporta*, №77(4), 2023. DOI: 10.37890/jwt.vi77.432.
10. Pumbрасова Н.В., Упады`шева Е.В. Фактор инновационности в системе оценки качества транспортны`х услуг. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. 403 LNNS, S. 827-836. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_91.
11. Karetnikov V.V., Pashhenko I.V., Sokolov A.I. perspektivy` vnedreniya beze`kipazhnogo sudoxodstva na vnutrennix vodny`x putyax rossijskoj federacii. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova*. 2017. № 3 – 9. S. 619-627. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-619-627.
12. Platov Yu.I. Vliyanie sub`ektivny`x faktorov na vnedrenie informacionny`x texnologij na rechnom transporte. *Nauchny`e problemy` vodnogo transporta*, (63), S.138-147. (2020) <https://doi.org/10.37890/jwt.vi63.84>.
13. Daddi, T., Frey, M., Giacomo, M.R., Testa, F., Iraldo, F.: Macro-economic and development indexes and ISO14001 certificates: a cross national analysis. *Journal of Cleaner Production* Volume 108, Part A, 1239 – 1248 (2015).

14. Lira, J.M.S., Salgado, E.G., Beijo, L.A., Silva, C.E.S.: Shedding light on the diffusion of ISO 14001 across Africa, Asia and Oceania. *Journal of Cleaner Production* 289 125724, 1 – 19 (2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пумбрасова Наталья Владимировна, к.э.н., 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 18.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 18.06.2024; published online 20.09.2024.

УДК 656.6

DOI: 10.37890/jwt.vi80.521

Анализ и направления развития транспортно-логистических схем доставки зерновых грузов с участием внутреннего водного транспорта России

Т.С. Усов

ORCID: 0009-0007-4827-1212

В.Н. Костров

ORCID: 0000-0003-1139-102X

В.В. Цверов

ORCID: 0000-0003-0835-4615

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

Аннотация. В данной статье авторами выполнен анализ транспортно-логистических схем транспортировки зерновых грузов с возможным участием водного транспорта в условиях новой геополитической обстановки. После введения санкций стран Запада против Российской Федерации существующие схемы доставки зерна потеряли свою актуальность, поэтому авторами предложена схема перевозок зерновых грузов из зернопроизводящих регионов центральной части России к южным портам на Каспии.

На основании представленной схемы, авторами предложены варианты доставки зерновых грузов от зернопроизводящих регионов Российской Федерации, тяготеющих к внутренним водным путям, до Иранских портов, в рамках развивающегося международного транспортного коридора (МТК) «Север-Юг».

Предложенные варианты доставки в обязательном порядке подразумевают работу речного флота и судов типа «река-море» для доставки зернового сырья странам Ближнего Востока и Африки в период навигации, а так же в межнавигационный период с участием смежных видов транспорта.

Ключевые слова: зерновые грузы, транспортно-логистические схемы перевозок, внутренний водный транспорт, суда типа «река море», МТК «Север-Юг».

Analysis and directions of development of transport and logistics schemes for the delivery of grain cargoes with the participation of inland waterway transport in Russia

Timur S. Usov

ORCID 0009-0007-4827-1212

Vladimir N. Kostrov

ORCID 0000-0003-1139-102X

Vladimir V. Tsverov

ORCID: 0000-0003-0835-4615

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.

Abstract. In this article the authors analyzed the transport and logistics schemes for the transportation of grain cargoes with the possible participation of water transport in a new geopolitical situation. After the introduction of sanctions by Western countries against the Russian Federation, the existing grain delivery schemes are not relevant any more, therefore, the authors proposed a scheme for transporting grain cargoes from grain-producing regions of central Russia to southern ports on the Caspian Sea. Based on the presented scheme, the authors propose options for the delivery of grain cargoes from grain-producing regions of the

Russian Federation, which tend to inland waterways, to Iranian ports, within the framework of the developing "North-South" international transport corridor (ITC). The proposed delivery options necessarily imply the operation of a river fleet and river-sea vessels for the delivery of grain raw materials to the countries of the Middle East and Africa during navigation, as well as the participation of related modes of transport during the inter-navigation period.

Keywords: grain cargo, transport and logistics schemes of transportation, inland waterway transport, the ITC "North-South".

Введение

С 2000 года до настоящего момента в России наблюдается тенденция роста объемов производства для внутреннего потребления и поставок на экспорт зерновых культур. Производство зерна в стране выросло с 65,4 млн. тонн в 2000 году до 142 млн. тонн в 2023 году [1]. Согласно прогнозу, валовый сбор зерна в России в 2024 году может составить 137-151 млн. тонн, в том числе 90-95 млн. тонн пшеницы.

Российское зерно поставляется во множество стран мира. Крупными покупателями являются Турция, Египет, Иран, Саудовская Аравия, Китай и другие. В последние годы выстраиваются новые партнерские отношения с Африканскими, Южно-Азиатскими и Ближневосточными странами.

Зерно – это важный стратегический ресурс для Российской Федерации. Высокий уровень грузопотока зерновых грузов обеспечивает стабильную экономику страны и прирост бюджета. Транспортирование зерновых культур в России осуществляется смежными видами транспорта: автомобильным, железнодорожным и водным.

Транспортировка зерна требует соблюдения определенных условий, поскольку зерновые грузы имеют ряд особых характеристик [2].

На сегодняшний день внутренний водный транспорт (ВВТ) в инфраструктурном поле имеет ряд проблем, которые тормозят развитие транспортировки зерновых культур. К основным проблемам относятся дефицит портовых элеваторов, устаревание средств погрузки – разгрузки, износ флота и т.д. [3].

На основании стратегии развития зернового комплекса России в период до 2035 года рассматривается наращивание доли транспортировки зерновых грузов на экспорт водным внутренним транспортом на 4%, за счет развития внутренних водных путей и строительства судов «река-море» [4].

Это, в свою очередь, требует интенсивного развития инфраструктурных объектов водного, автомобильного и железнодорожного видов транспорта.

Необходимо строительство современных портовых элеваторов, причальной линии, а также подъездных путей с высокой пропускной способностью и т.п. [2].

Крупнейший объем речных грузоперевозок в нашей стране отмечен в 1989 году в количестве 580 млн. тонн. На сегодняшний день он находится в диапазоне 115-130 млн. тонн, то есть сократился в 4-5 раз.

Главные транспортные стратегии России на основании качественных и количественных показателей прогнозируют, что речной транспорт так и продолжит занимать низкий уровень в общем составе перевозок [5].

В настоящее время существует множество проблем, препятствующих динамичному развитию внутреннего водного транспорта, таких как:

- смежные виды транспорта чаще выступают как конкуренты для речного транспорта, а не партнеры;
- крайне низок уровень контейнеризации, динамика роста при этом отрицательная (в странах Евросоюза контейнеризация в составе сухогрузов занимают порядка 50%);
- полностью отсутствуют контейнерные линии на речном транспорте;

- низкая развитость портовых мощностей мультимодальных терминалов.

Для решения данных сложностей необходим комплексный логистический подход к формированию работы отдельных транспортно-технологических систем. При создании которых необходимо учитывать интегральные издержки в процессе оптимизации.

На сегодняшний день, в условиях изменяющейся рыночной экономики, перестраивается не только система отношений участников процесса перевозок, но и система показателей оценки работы транспорта и требований, заданных грузовладельцами и государством [6].

После событий 24 февраля 2022 и начала специальной военной операции логистика доставки претерпела существенные изменения и потребовала немедленного пересмотра.

В свете нестабильной геополитической обстановки к стремительно развивающимся направлениям совершенствования перевозок Российского зернового сырья зарубежным партнерам, можно отнести разработку новых цепей поставок, построение актуальных транспортно- логистических схем и вариантов доставки зерновых грузов.

В результате анализа было установлено, что традиционные схемы и направления доставки зерновых грузов, частично утратили свою актуальность и на сегодняшний день важным направлением для изучения является «Волжско-Камский» бассейн, который непосредственно входит в структуру работы международного транспортного коридора «Север–Юг». Данное направление крайне интересно для изучения, поскольку большинство зернопроизводящих регионов тяготеют к портам и терминалам, находящимся на внутренних водных путях МТК «Север-Юг».

Целью исследования является анализ и определение вариантов транспортно-логистических схем доставки зерновых грузов в экспортном направлении с обязательным участием внутреннего водного транспорта.

Для выполнения поставленной цели в ходе научного исследования в работе поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ современного состояния логистики и транспортировки зерновых грузов, в экспортном направлении, в условиях нестабильной геополитической обстановки.
2. Выявить узкие места при организации перевозок по традиционным логистическим маршрутам.
3. Проанализировать предложения ученых и специалистов в области трансформации транспортно-логистических маршрутов.
4. На основании анализа предложить авторскую схему транспортировки зерновых грузов, от производственных элеваторов в регионах Российской Федерации до Иранских портов с использованием внутреннего водного транспорта.

Методология и методы

Исследование проведено на основании сбора, обобщения (метода синтеза), систематизации и сравнительного анализа материалов и данных, полученных из официальных источников информации.

Анализ современных направлений развития транспортировки зерновых грузов с участием внутреннего водного транспорта России, базируется на изучении современной практики организации проектов по доставке зерновых грузов, а так же на рассмотрении актуальных предложений и разработок ученых и специалистов.

Большая часть исследований и разработок, касающихся вопросов управленческого развития транспорта и федерального регулирования в области эффективной работы инфраструктуры водного транспорта, нацелена на рационализацию издержек и увеличение эффективности работы внутреннего водного транспорта.

Так, Коршунов Д.А. указал на ряд проблем, присущих внутреннему водному транспорту по отношению к смежным видам перевозок, а в частности – портовой инфраструктуры ВВТ. В своей работе автор представил предложения, затрагивающие модернизацию системы организационной координации речных портов, и анализ экономической эффективности данных преобразований. Инновации в управлении функционирования портов в работе рассматриваются только со стороны самих портов, без включения интересов и выгоды государства [7].

Большое количество исследований сконцентрировалось в сфере информационных технологий, как на разработке инновационного программного оборудования для работы в транспортной сфере, так и задействовании уже опытных программных объектов для адаптации множества транспортно-логистических задач [8, 9].

Домниной О.Л. была выполнена работа по изучению работы логистики после введения санкционных мер, ввиду нестабильной политической ситуации в мире. В результате исследований было установлено, что существенно сократился грузопоток особенно на морском и авиационном транспорте, особенно на балтийском направлении. Кардинально поменялась география закупок и схемы транспортировки грузов. Тарифы на перевозки существенно выросли, вместе с фрахтом судов и страховками. Сроки доставки по большинству направлений выросли. Прогнозируется рост грузооборота на МТК «Север – Юг» и «Запад-Восток» [10].

По мнению Королевой Е.А. «Основной причиной, ограничивающей дальнейший рост экспорта зерна из России, является нехватка портовых мощностей для перевалки зерна. Для устойчивого развития экспорта зерна по международному транспортному коридору Север-Юг необходимо развитие внутреннего водного транспорта и портовой инфраструктуры для разгрузки железнодорожного и автомобильного транспорта» [11].

В работе [12], посвященной расширению участия внутреннего водного транспорта в перевозках зерновых культур по МТК «Север-Юг», дается оценка готовности речных портов к отправке зерновых грузов на экспорт. Главной причиной, сдерживающей увеличение объемов отправки зерновых грузов внутренним водным транспортом, по мнению автора, является сезонность работы речного флота. Решением данной проблемы является строительство крупного современного перевалочного зернового хаба в Каспийском регионе, с помощью которого поставки зерновых грузов можно будет осуществлять круглогодично [13].

Кроме того, в результате изучения научных исследований было выявлено, что имеется несколько трудов, в которых был произведен анализ и обоснование транспортно – логистических схем мультимодальных перевозок отдельных видов грузов с задействованием внутреннего водного транспорта. Из них можно отметить исследования Ничипорука А.О. по транспортировке разного рода удобрений [14, 15], Гончаровой Н.В. по транспортировке грузов химической промышленности [16], Шаброва В.Н. по доставке автомобилей отечественного производства [17].

Касаемо перевозок сухих грузов (в том числе и зерновых) была рассмотрена коллективная работа ученых Телегина А.И, Мирославской С.В., Коршунова Д.А, Наседкиной Е.С. В представленной работе коллектив авторов уделил внимание теории и алгоритму обоснования транспортно-логистических схем доставки сухогрузов с участием речного транспорта.

В результате исследования авторы сошлись во мнении о том, что основными транспортно-логистическими схемами транспортировки сухих грузов являются:

А. По Северному морскому пути либо через железнодорожную сеть Российской Федерации (Альтернатива – Гибралтар и Суэцкий канал)

Б. МТК «Север-Юг»

В. «Западная Европа – Россия» [18].

После начала специальной военной операции логистика доставки претерпела существенные изменения и потребовала немедленного пересмотра. Данное исследование стало источником идеи для написания статьи, но уже применительно к перевозкам зерновых грузов в условиях нестабильной геополитической обстановки.

Результаты

В данной статье авторами Усовым Т.С, Костровым В.Н., Цверовым В.В. были проанализированы теория и алгоритм обоснования транспортно-логистических схем доставки сухих грузов с участием внутреннего водного транспорта, выполненные учеными Волжского Государственного Университета Водного Транспорта: Телегиным А.И, Мирославской С.В., Коршуновым Д.А, Наседкиной Е.С. [18]. Ввиду нестабильной политической обстановки и трансформации внешне экономических торговых маршрутов, актуальность данных транспортно-логистических схем требует пересмотра.

На сегодняшний день, на основании перестраиваемой логистики нужны современные обоснованные и структурированные государственные решения по увеличению роли речного транспорта в взаимовыгодной работе со смежными видами транспорта.

В последние годы приоритетными транспортно-логистическими маршрутами доставки зерновых грузов с возможным внедрением речного флота России, рассматривались следующие направления:

А. Через СМП или железнодорожную сеть России;

Б. МТК «Север-Юг» сухих зерновых грузов [18];

В. Через Северный морской путь или железнодорожную сеть, с последующей перевалкой на морской транспорт через Гибралтар и Суэцкий канал (изображена на рис. 1).

На представленной схеме отчетливо видно, что в транспортировке сухогрузов огромную роль играли порты западной Европы. Каждая из представленных авторами схем обязательно подразумевала работу с западными портами через порты Санкт-Петербурга [18].

После начала специальной военной операции Евросоюз, в рамках пятого пакета санкций, закрыл свои порты для захода судов под флагом РФ в порты западной Европы. В результате санкционной политики, в настоящее время количество судов в портах Санкт Петербурга сократилось в десятки раз.

По статистическим данным грузооборот Санкт-Петербургского порта, входящего в состав «Администрации морских портов Балтийского моря» снизился порядка 41% в первой половине 2022 года. Такое существенное падение произошло благодаря снижению перевалки универсальных контейнеров (почти 50%), навалочных грузов (свыше 60%) и генеральных (более 10%) [19].



Рис.1. Традиционная схема доставки зерновых грузов морским транспортом через Северный морской путь или железнодорожным транспортом и далее морским транспортом через Гибралтар и Суэцкий канал

О работе судов Российской Федерации через Гибралтар и Суэцкий канал, как показано в схеме на рис. 1 вообще говорить не приходится, их там попросту нет.

В настоящее время наблюдается фактически полная приостановка международного морского сообщения к европейским портам России. Зарубежные грузовладельцы, которые изначально были готовы выстраивать партнерские отношения, несмотря на напряженную обстановку, объявили, что приостанавливают логистику через Российские порты из-за большого риска потерять дорогостоящие перевозимые грузы.

Также при рассмотрении данной схемы, не стоит забывать о сложностях в логистике на Северном морском пути. Береговая инфраструктура, которая была построена во времена советского союза, на сегодняшний день крайне устарела и непригодна для модернизации. Необходимо коренное обновление объектов инфраструктуры.

Необходимо понимать, что некоторые инфраструктурные объекты нужно будет полностью исключить из современной транспортной системы Северного Морского Пути.

Развитие Северного Морского Пути в большей степени зависит от развития социально-экономического кластера арктических территорий, а также от эффективной работы инвестиционных проектов добычи минеральных ресурсов и полезных ископаемых.

Рассмотрим предложенную авторами схему доставки грузов через МТК «Север – Юг» (показана на рис. 2).

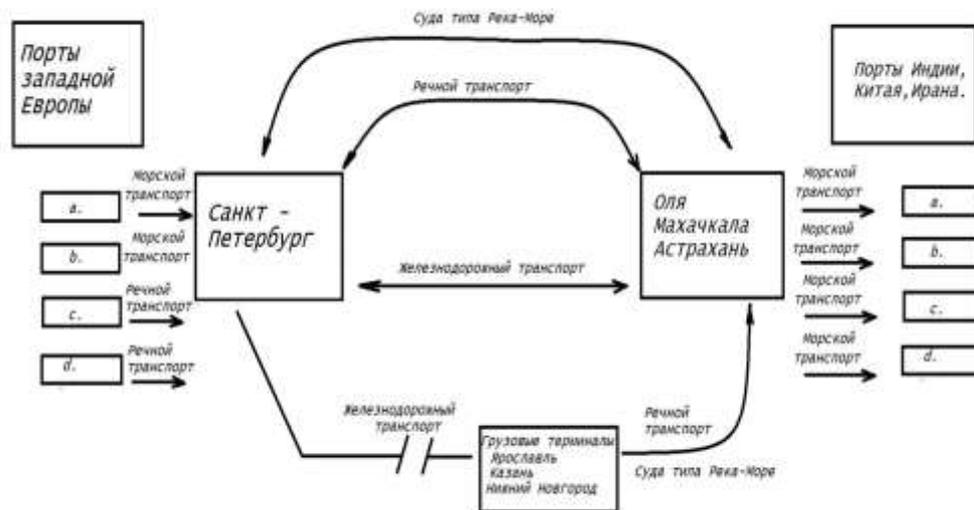


Рис.2. Традиционная схема доставки зерновых грузов через МТК «Север-Юг»

В предложенной схеме авторы в обязательном порядке подразумевали сотрудничество с зарубежными коллегами через порты на Балтике. После чего из портов Санкт Петербурга сухогрузы с помощью речного и железнодорожного транспорта направлялись в направлении дружественных партнеров по международному коридору «Север - Юг» [18].

Данная схема транспортировки является самой привлекательной для задействования в перевозках внутреннего водного транспорта, поскольку напрямую связана с Единой глубоководной системой Российской Федерации.

Однако на сегодняшний день, выстроить логистику перевозки зерновых грузов, как показано на транспортно-логистической схеме (рис. 4) не представляется возможным.

Ввиду санкционной блокировки портов на Балтии, на сегодняшний день возможны перевозки преимущественно из Европейской части России в Иран, Индию, Пакистан и др. Роль направления Север – Юг растет с каждым днем, что связано с санкциями в адрес России и смещением центров экономической активности. По аналитическим данным по маршруту «Север-Юг» к 2030 году общие объемы перевалки составят порядка 41-45 миллионов тонн различного вида грузов [20]. К тому же, по оценкам экспертов, грузопоток зерновых по данному маршруту к 2030 году может составить 14,6–24,7 млн. тонн.

На основании анализа выше представленных схем, авторами предлагается схема поставки зерновых грузов из зернопроизводящих регионов центральной части России к портам Каспия с дальнейшей транспортировкой в Иран, Азербайджан, Пакистан и другие страны Центральной Азии, Ближнего Востока и Африки с участием ВВТ (показана на рис. 3).

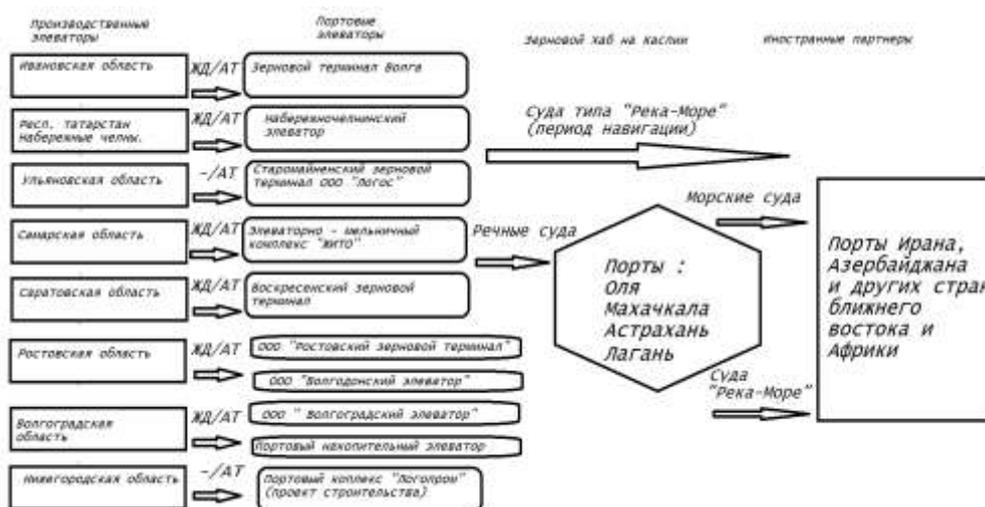


Рис.3. Схема перевозок зерновых грузов из центральных регионов России с прямым участием внутреннего водного транспорта до портов Ближнего Востока и Африки (разработана авторами)

Обозначения на рис. 3:

Первая схема: Производственные элеваторы (зернопроизводящие регионы РФ) – автомобильный или железнодорожный транспорт (ЖДТ/АТ) – портовые элеваторы на ВВП – суда типа «Река-Море» – порты иностранных партнеров.

Вторая схема: производственные элеваторы – автомобильный или железнодорожный транспорт (ЖДТ/АТ) – портовые элеваторы на ВВП – речные суда – зерновые порты (хабы) на Каспии – морские суда/ суда типа «река-море» – порты иностранных партнеров.

Данные схемы доставки зерновых грузов из зернопроизводящих регионов РФ европейской части до стран Ближнего Востока и Африки задействуют в себе работу внутреннего водного транспорта и судов типа «река-море».

Обсуждение

На основании представленной авторами схемы доставки можно выделить два основных варианта доставки зернового сырья, задействуя внутренние водные пути (ВВП).

Давайте рассмотрим данные варианты, представленные в таблице 1:

Таблица 1

Звенья доставки зерновых грузов от зернопроизводящих регионов России до портов Ирана по вариантам схем доставки

Доставка в навигационный период	Доставка в межнавигационный период
1. Закупка грузовладельцами зерновых у производителя.	1. Закупка грузовладельцами зерновых у производителя.
2. Доставка зерна с производственных элеваторов до речных портов автомобильным и железнодорожным транспортом.	2. Доставка зерна с производственных элеваторов до речных портов автомобильным и железнодорожным транспортом.
3. Накопление судовых партий на портовых элеваторах и поиск иностранного покупателя.	3. Накопление судовых партий на портовых элеваторах и поиск иностранного покупателя.
4. После заключения сделки грузовладелец заключает договор с речными судоходными компаниями.	4. После заключения сделки грузовладелец заключает договор с речными судоходными компаниями.
5. Доставка зерна судоходной компанией от зернопроизводящего региона до Ирана, судами типа «река-море», по внутренним водным путям, через Каспийское море.	5. Судоходная транспортная компания осуществляет доставку зерновых грузов до зерновых терминалов на Каспии (Оля, Астрахань, Махачкала, Лагань).
6. В иранских портах зерно перегружается на смежные виды транспорта и доставляется конечному покупателю.	6. Накапливание зерновых партий и их дальнейшее хранение в терминалах на Каспии в количестве, необходимом для осуществления бесперебойных поставок зерна зарубежным партнерам, в межнавигационный период.
	7. Отправка судовых партий в межнавигационный период от портов Каспия до Иранских Портов.
	8. В Иранских портах зерно перегружается на смежные виды транспорта и доставляется своему конечному покупателю.

Из данной таблицы видно, что представленная авторами транспортно-логистическая схема дает возможность бесперебойно осуществлять поставки зерновых грузов от зернопроизводящих регионов Российской Федерации иностранным партнерам двумя вариантами - в период навигации и межнавигационный период, с обязательным участием внутреннего водного транспорта и судов типа «река-море».

В данной таблице представлен основополагающий элемент, позволяющий осуществлять поставки зерновых грузов круглогодично – это накопление и хранение зерна в специализированных терминальных комплексах портов Каспийского моря Оля, Астрахань, Махачкала и Лагань.

Авторами предлагается развить и дополнить данные исследования применимо к транспортировке зерновых грузов с учётом современного состояния работы речного транспорта, в том числе в следующих направлениях:

1. Необходимо определить объем грузопотока зерновых грузов в экспортном направлении.
2. Выполнить объемную транспортно-технологическую характеристику доставки зерновых грузов по МТР «Север-Юг», включающую объемы перевозок грузов, способы транспортировки, а также приоритетные направления и порты.

3. Выявить транспортно-логистические схемы доставки зерновых грузов по МТК «Север-Юг» с участием речным флотом Российской Федерации с определением альтернативных им схем, способов и видов транспорта.
4. Обосновать критерии и метод выбора схем доставки зерновых грузов.
5. На основании определенных транспортно-логистических схем выработать транспортно-логистические процессы и регламенты на все звенья в цепи доставки партий груза.
6. На основании выработанных транспортно-логистических процессов и регламентации продолжительности отдельных операций процесса доставки разработать методику определения сроков доставки партий груза.
7. Разработать методику расчёта материальных расходов владельцев груза с учетом временных периодов транспортно-технологических процессов.

Заключение

В ходе данного исследования авторами был выполнен анализ современного состояния логистики и транспортировки зерновых грузов, в экспортном направлении, в условиях нестабильной геополитической обстановки. В результате анализа были выявлены узкие места в организации доставки зерновых грузов по традиционным транспортно-логистическим маршрутам. В рамках данной работы были изучены и проанализированы предложения ученых и специалистов в области перевозок на внутреннем водном транспорте.

В результате исследования авторами была предложена современная транспортно-логистическая схема доставки зерновых грузов из зернопроизводящих регионов России, с участием внутреннего водного транспорта, до портов Ближнего Востока и Африки, через порты на Каспии. На основании представленной схемы авторами было предложено два варианта транспортировки зерновых грузов иностранным партнерам в период навигации и межнавигационный период.

Список литературы

1. Сайт «Интерфакс-Россия». 25.12.2023. Сбор зерна в РФ в чистом весе в 2023 г. может составить не менее 142 млн т. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/937805> (дата обращения: 10.01.2024).
2. Павлова Е.И., Емельянова И.И., Глазов И.А. Перспективы развития портовой инфраструктуры для перевозок зерна на экспорт. В сборнике: Современные экономические проблемы развития и эксплуатации транспортной инфраструктуры. Материалы III Международной научно-практической конференции. Под редакцией Е.А. Ступниковой, А.Д. Разуваева. Москва, 2022. С. 104-109.
3. Сустретов С. В., Ничипорук А.О. Современное состояние и перспективы развития грузовых перевозок в судах инновационного типа // Научные проблемы водного транспорта. 2022. №72. С. 144-155. DOI:10.37890/jwt.vi72
4. Распоряжение Правительства РФ от 10.08.2019 № 1796-р (ред. от 13.10.2022) «Об утверждении Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года». [Электронный ресурс]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/y1lpA0ZfzdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> (дата обращения: 16.03.2023).
5. Телегин А.И., Ничипорук А.О. Развитие перевозок грузов внутренним водным транспортом в свете Транспортной стратегии России на период до 2030 года и зарубежного опыта // Вестник транспорта Поволжья. – 2011 г. - №5 (29). – с.14-21.
6. Ничипорук А.О. Методика формирования временных показателей типового технологического процесса транспортирования минеральных удобрений // Вестник «ВГАВТ». Выпуск 11. – Н. Новгород: изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2004 г. – с. 150-162.

7. Коршунов Д.А. Формирование инфраструктуры комплекса внутреннего водного транспорта // Научные проблемы водного транспорта. 2022. No72(3). С. 111–120. DOI:10.37890/jwt.vi72.289
8. Кузнецов А.Л., Кириченко А.В., Кузнецов Р.В. Математическое описание задачи анализа пропускной способности морских портов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 327-335. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-3-327-335>
9. Шаповалова М.А., Семенов А.Д. Имитационное моделирование системы взаимоотношений участников транспортно-логистического процесса на морском грузовом терминале // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 336-345. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-3-336-345>
10. Домнина О.Л. Влияние санкций на перевозку грузов // Актуализация транспортной стратегии России как необходимое условие обеспечения экономического прорыва и национальной безопасности страны на этапах геополитического противостояния. Коллективная монография. Часть II. М. - Н. Новгород: ВГУВТ, 2023. С. 105-113.
11. Федорова Е. М., Королева Е.А. Организация экспорта зерна из пунктов Волжского бассейна // Логистика - евразийский мост : Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, Красноярск, 27–30 апреля 2023 года. Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 289-293. – EDN OFHXFX.
12. Цверов В. В. (2023). Анализ условий расширения участия речного транспорта в перевозках зерновых культур по МТК «Север – Юг». *Научные проблемы водного транспорта*, (76), 192-209. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.389>
13. Цверов В.В. Оценка базирования зернового хаба на Каспийском море с учетом участия в перевозках речного транспорта. Том 4 № 46 (2023): Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия экономка. – с. 97-105. - DOI: 10.37890/jwt.v
14. Ничипорук А.О. Методика формирования временных показателей типowego технологического процесса транспортирования минеральных удобрений // Вестник «ВГАВТ». Выпуск 11. – Н. Новгород: изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2004 г. – с.150-162.
15. Ничипорук А.О. Методические основы определения оптимальных способов и схем транспортирования минеральных удобрений: монография. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009г. -108с.
16. Гончарова Н.В. Экономико-математическая модель определения оптимальной логистической схемы доставки груза с учетом качественных критериев // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. –2012 г. - No2. –с.7-10.
17. Шабров В.Н. Обоснование эффективности комбинированных перевозок автомобилей с участием речного транспорта. Дисс. соиск. канд. техн. наук. – Н. Новгород, ВГУВТ. – 2017 г. – 181 с.
18. Телегин, А. И., Милославская, С. В., Коршунов, Д. А., Наседкина, Е. С. Концепция и алгоритм обоснования транспортно-логистических схем доставки экспортно-импортных сухогрузов с участием речного транспорта России. // Научные проблемы водного транспорта. 2021. №68. С. 163-171. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.190>
19. Петербургский порт из-за санкций потерял половину грузов. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/29/05/2022/628f821e9a7947c6e86fe41e?from=copy (дата обращения: 03.12.2023).
20. Грузопоток по международному транспортному коридору «Север-Юг» к 2030 году вырастет в 3 раза. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ac.gov.ru/news/page/gruzopotok-po-mezdunarodnomu-transportnomu-koridoru-sever-ug-k-2030-godu-vyrastet-v-3-raza-27450> (дата обращения: 05.12.2023).

References

1. Sajt «Interfaks-Rossiya». Web. 25/12/2023. Sbor zerna v RF v chistom vese v 2023 g. mozhет sostavit' ne menee 142 mln t. [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/937805> (accessed: 10.01.2024).

2. Pavlova E.I., Emel'yanova I.I., Glazov I.A. Perspektivy razvitiya portovoj infrastruktury dlya perevozok zerna na ehksport [Prospects for the development of port infrastructure for grain transportation for export], *Sovremennye ehkonomicheskie problemy razvitiya i ehkspluatatsii transportnoj infrastruktury. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Modern economic problems of development and operation of transport infrastructure. Materials of the III International Scientific and Practical Conference]*, ed. E.A. Stupnikovoj, A.D. Razuvaeva. Moskva, 2022. pp. 104-109. (In Russ).
3. Sustretov S. V., Nichiporuk A.O. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya gruzovykh perevozok v sudakh innovacionnogo tipa [The current state and prospects for the development of cargo transportation in innovative vessels] *Russian Journal of Water Transport*. 2022. №72. pp. 144-155. (In Russ). DOI:10.37890/jwt.vi72
4. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 10.08.2019 № 1796-r (red. ot 13.10.2022) «Ob utverzhdenii Dolgosrochnoj strategii razvitiya zernovogo kompleksa Rossijskoj Federatsii do 2035 goda». [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfzdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> (accessed: 16.03.2023).
5. Telegin A.I., Nichiporuk A.O. Razvitie perevozok gruzov vnutrennim vodnym transportom v svete Transportnoi strategii Rossii na period do 2030 goda i zarubezhnogo opyta [Development of cargo transportation by inland water transport in light of the Transport Strategy of Russia for the period up to 2030 and foreign experience] // *Bulletin of Transport of the Volga Region*. – 2011. - №5 (29). – pp.14-21.
6. Nichiporuk A.O. Metodika formirovaniya vremennykh pokazatelei tipovogo tekhnologicheskogo protsessa transportirovaniya mineral'nykh udobrenii [Methodology for the formation of time indicators of a typical technological process for the transportation of mineral fertilizers] // *VSAVT Bulletin*. Issue 11. - N.Novgorod: publishing house of FGOU VPO «VSAWT», 2004 g. – pp.150-162.
7. Korshunov D.A. Formirovanie infrastruktury kompleksa vnutrennego vodnogo transporta [Infrastructure Development of Inland Water Transport Complex]. Nauchnye problemy vodnogo transporta [*Russian Journal of Water Transport*]. 2022. No72(3). pp. 111–120. DOI:10.37890/jwt.vi72.289
8. Kuznetsov A.L., Kirichenko A.V., Kuznetsov R.V. Mathematical description of the sea ports throughput assessment. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. 2022.14(3):327-335. (In Russ.) <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-3-327-335>
9. Shapovalova M.A., Semenov A.D. Simulation modeling of the system of relations between the participants of the transport and logistics process at the sea cargo terminal. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. 2022;14(3):336-345. (In Russ.) <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-3-336-345>
10. Domnina O.L. Vliyaniye sanktsii na perevozku gruzov [The impact of sanctions on the transportation of goods]. Aktualizatsiya transportnoi strategii Rossii kak neobkhodimoe uslovie obespecheniya ehkonomicheskogo proryva i natsionalnoi bezopasnosti strany na ehtapakh geopoliticheskogo protivostoyaniya. Kollektivnaya monografiya [Updating the transport strategy of Russia as a necessary condition for ensuring an economic breakthrough and national security of the country at the stages of geopolitical confrontation. Collective monograph]. Vol. II. M.-N.Novgorod: VGUVT, 2023. pp. 105-113.
11. Fedorova, E. M. Organization of grain export from the points of the Volga basin / E. M. Fedorova, E. A. Koroleva // *Logistics - Eurasian bridge : Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, 27-30 April 2023. Volume Part 2.* - Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2023. - C. 289-293. - EDN OFHFX.
12. Tsverov, V. V. (2023). Analysis of conditions for expanding the participation of river transport in the transportation of grain crops along the ITC "North - South". *Scientific problems of water transport*, (76), 192-209. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.389>
13. Tsverov V.V.. Estimation of basing of grain hub on the Caspian Sea taking into account the participation in transportation of river transport. Vol. 4 No. 46 (2023): *Vestnik UGNTU. Science, education, economics. Series ekonomika.* - c. 97-105. - DOI: 10.37890/jwt.v

14. Nichiporuk A.O. Methodology for the formation of time indicators of a typical technological process for the transportation of mineral fertilizers//VSAVT Bulletin. Issue 11. -N.Novgorod: publishing house of FGOU VPO "VSAWT," 2004 - p.150-162
15. Nichiporuk A.O. Methodological foundations for determining optimal methods and schemes for transporting mineral fertilizers: monograph. -N.Novgorod: Publishing House of FGOU VPO "VSAWT," 2009 -108 pages
16. Goncharova N.V. Economic and mathematical model for determining the optimal logistic scheme for cargo delivery taking into account quality criteria // *Scientific problems of transport in Siberia and the Far East*. -2012 -No. 2. – pp 7-10.
17. Shabrov V.N. Rationale for the efficiency of combined transport of cars with the participation of river transport. Diss. A juice. Candidate Techn. sciences. -N. Novgorod, VSUWT. - 2017 -181 p.
18. Telegin, A.I., Miloslavskaya, S.V., Korshunov, D.A., Nasedkina, E.S. Kontseptsiya i algoritm obosnovaniya transportno-logisticheskikh skhem dostavki ehksportno-importnykh sukhogruzov s uchastiem rechnogo transporta Rossii [Concept and algorithm of justification of transport and logistics schemes for the delivery of export-import dry cargowith the participation of river transport of Russia] // *Russian Journal of Water Transport*. 2021. №68. S. 163-171. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.190>
19. Peterburgskii port iz-za sanktsii poteryal polovinu gruzov. [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/29/05/2022/628f821e9a7947c6e86fe41e?from=copy (accessed: 03.12.2023).
20. Gruzopotok po mezhdunarodnomu transportnomu koridoru «Sever-YuG» k 2030 godu vyrastet v 3 raza. [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://ac.gov.ru/news/page/gruzopotok-pomezhdunarodnomu-transportnomu-koridoru-sever-ug-k-2030-godu-vyrastet-v-3-raza-27450> (accessed: 05.12.2023).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Костров Владимир Николаевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. 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, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Усов Тимур Сергеевич, аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: timurusov@yandex.ru

Timur S. Usov, postgraduate student, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: timurusov@yandex.ru

Цверов Владимир Викторович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент кафедры «Логистики и маркетинга», ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», г. Нижний Новгород, Россия, email: v.tsverov@yandex.ru

Vladimir V. Tsverov, Doctor of Economics, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 603951, Nizhny Novgorod, st. Nesterova, 5, e-mail: v.tsverov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 10.04.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 10.04.2024; published online 20.09.2024.

УДК 336.1

DOI: 10.37890/jwt.vi80.526

Методические и практические рекомендации по повышению качества прогнозов инновационного развития науки, технологий и техники

В.С. Чеботарев¹

ORCID: 0000-0002-2913-2360

С.С. Голубев²

ORCID:0000-0001-8745-6235

А.М. Губин²

ORCID:0000-0003-0514-4794

Н.Ю. Романенко²

ORCID:0000-0003-0421-288X

¹*АО «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры имени академика В.С. Семенухин», Москва, Россия*

²*ФГАОУ ВО «Московский государственный университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА)», Москва, Россия*

Аннотация. Формируемые долгосрочные прогнозы инновационного развития науки, технологий и техники широко используются для определения приоритетных направлений научно-технологического (инновационного) развития. В условиях нестабильной экономической ситуации важно обеспечить качество прогнозов, так как они определяют приоритеты и первоочередные направления финансирования проектов научно-технологического (инновационного) развития. Поэтому проблема повышения качественных характеристик долгосрочных прогнозов развития науки, технологий и техники является актуальной. Авторами поставлена цель определения комплекса мероприятий по повышению качества формируемых прогнозов с учетом современных условий развития экономики, характеризующейся нестабильностью и санкционным ограничениями. Для этого применяется системный и комплексный подход к разработке предложений по инновационному развитию. Комплексность заключается во всестороннем анализе факторов влияния на результаты прогноза, а предложения сформированы на основе системного учета составляющих показателей качества прогнозов и взаимных связей. В работе представлены предложения по повышению точности, полезности, информативности, полноты и достоверности прогнозов инновационного развития. Показаны сходства и отличия предложений от существующих, а также раскрыты направления применения разработанных рекомендаций участниками формируемых долгосрочных прогнозов инновационного развития науки, технологий и техники.

Новизна статьи заключается в том, что авторами на основе применения системного и комплексного подходов определены основные методические и практические предложения по повышению качественных характеристик долгосрочных прогнозов инновационного развития науки, технологий и техники. Это будет способствовать повышению качественных характеристик научно-технологических прогнозов и эффективному расходованию бюджетных средств на финансирование новых (инновационных) проектов, формируемых на основе результатов прогнозирования.

Ключевые слова: научно-технологическое прогнозирование, качество прогноза, точность, полезность, информативность, полнота и достоверность прогнозов, этапы прогнозирования, эффективность.

Methodological and practical recommendations for improving the quality of forecasts of innovative development of science, technology and engineering

Vladislav S. Chebotarev¹

ORCID: 0000-0002-2913-2360

Sergei S. Golubev²

ORCID:0000-0001-8745-6235

Aleksandr M. Gubin²

ORCID:0000-0003-0514-4794

Nadezhda Yu. Romanenko²

ORCID:0000-0003-0421-288X

¹*JSC "Order of the Red Banner of Labor Scientific Research Institute of Automatic Equipment named after Academician V.S. Semenikhin", Moscow, Russia*

²*Moscow State University named after O.E. Kutafin (MGUA), Moscow, Russia*

Abstract. The generated long-term forecasts for the development of science, technology and engineering are widely used to determine priority areas of innovative scientific and technological development. In an unstable economic situation, it is important to ensure the quality of forecasts, since they determine the priorities and priority areas for financing innovative scientific and technological development projects. Therefore, the problem of improving the quality characteristics of long-term forecasts for the development of science, technology and engineering is relevant. The authors set the goal of determining a set of measures to improve the quality of the generated forecasts, taking into account the current conditions of economic development, characterized by instability and sanctions restrictions. For this purpose, a systematic and integrated approach is used to develop proposals for innovative development. The complexity lies in a comprehensive analysis of the factors influencing the forecast results, and the proposals are formed on the basis of a systematic account of the component indicators of forecast quality and mutual relations. The paper presents proposals to improve the accuracy, usefulness, information content, completeness and reliability of forecasts. The similarities and differences between the proposals and the existing ones are shown, and the directions for applying the developed recommendations by the participants in the formation of long-term forecasts for the development of science, technology and engineering are also revealed. The novelty of the article lies in the fact that the authors, based on the use of systematic and integrated approaches, have identified the main methodological and practical proposals for improving the quality characteristics of long-term forecasts for the development of science, technology and engineering. This will help improve the quality of scientific and technological forecasts and effectively spend budget funds to finance new projects formed on the basis of forecasting results.

Keywords: scientific and technological forecasting, forecast quality, accuracy, usefulness, information content, completeness and reliability of forecasts, forecasting stages, efficiency.

Введение

Прогнозирование является важной частью стратегического планирования и принятия решений. От правильного прогноза зависит успех предприятия или организации, а правильность прогноза определяется его качеством.

Гипотеза проведения исследований заключается в том, что современная экономика России находится на пути интенсивного инновационного развития, а наличие возрастающего влияния факторов неопределённости приводит к необходимости поиска новых методов повышения качества научно-технологического прогнозирования.

Развитие научного прогнозирования в нашей стране связано с исследованиями выдающихся советских и российских специалистов И.В. Бестужева-Лады, а также на труды крупнейших зарубежных специалистов в этой области: Э. Янча, Д. Белла, Д.Х. Медоуз и Д.Л. Медоуз, Э. Тоффлера, А. Печчеи, де Жувеналья, Л. Брауна, Дж. Мартина, Дж. Нейсбрита и П. Абурден, П. Кеннеди и др. Наиболее известными работами в области социального прогнозирования являются "Окно в будущее: современные проблемы социального прогнозирования" И. Бестужева-Лады (1970); "Предвидение и цель в развитии общества: философско-социологические аспекты социального прогнозирования" А. Гендина (1970); "Методологические проблемы социального прогнозирования" под ред. А. Казакова (1975); "Вопросы прогнозирования общественных явлений" под ред. В. Куценко (1978) и др. Следует отметить, что западные прогнозисты признавали неизбежность войн при прогнозировании будущего, а самые пессимистические прогнозы связаны с угрозой ядерной войны. [1].

Процедура оценки качества формируемых научно-технологических прогнозов описана в работе [2], а пути повышения качества прогнозной информации показаны в трудах Комкова Н.И., например путем их валидации на соответствие закономерностям научно-технологического развития [3] и рассмотрения проблемы управления развитием как крупномасштабных социально-экономических систем [4].

Целью исследования является обобщение научно-методических рекомендаций по повышению качества научно-технологического прогнозирования на системной основе с учетом максимального количества факторов влияния в условиях турбулентной экономики и неопределенности, вызванной введенными санкциями стран Запада и США и проведением специальной военной операции.

Новизна проведенного исследования заключается в развитии научно-методического аппарата применения наиболее целесообразных и эффективных технологий прогнозирования при формировании долгосрочных прогнозов развития науки, техники и технологий России, обеспечивающих качественное формирование научно-технологического прогноза, при снижении затрат на его формирование.

Значимость проведенного авторами исследования заключается в том, что представленные научно-методические и практические рекомендации по повышению качества формирования прогноза развития науки, техники и технологий позволят организаторам и участникам этого процесса сократить сроки и повысить качественные показатели формируемых прогнозов научно-технологического развития России.

Методы

Теоретической и методологической базой проведенного исследования явились научные отечественные и зарубежные публикации ученых, связанные с проведением научно-технологического прогнозирования, повышения качества формируемых прогнозов в условиях неопределенности.

Поиск методов повышения качества формируемых прогнозов осуществляется на основе системного и комплексного подходов. Системность исследования обеспечивается рассмотрением путей повышения качества прогноза на всех уровнях структуры его формирования, а комплексность – всеобъемлющем учетом факторов, влияющих на качество формируемых научно-технологических прогнозов.

Результаты и их обсуждение

Взаимосвязь показателей оценки качества прогноза

Проанализируем взаимосвязь системы показателей оценки качества прогноза.

Основными показателями качества прогноза являются его точность и полезность. В свою очередь точность прогноза в большей степени зависит от достоверности и информативности исходных данных, которые в конечном счете определяют достоверность и информативность сформированного прогноза.

Информативность прогноза определяется его полнотой и обоснованностью, что в конечном счете связано с полнотой исходной информации и обоснованностью используемых методов прогнозирования в соответствии с поставленными целями и задачами прогноза (рисунок 1)



Рис.1. Системная взаимосвязь показателей оценки качества прогноза

Представленная логика взаимосвязи показателей качества прогноза положена в структуру разработки предложений по повышению качества прогноза.

Под точностью прогноза понимают величину, показывающую на сколько точно разработанный прогноз совпадает с фактическими данными. Она зависит также и от достоверности и информативности исходной информации.

Достоверность прогнозирования во многом определяется используемыми методами, способами и моделями формирования прогноза.

Для повышения точности прогноза необходимо производить валидацию результатов прогнозирования, например применением теории решения изобретательских задач (законы развития технических систем) [5] и рассмотрения проблемы управления развитием как крупномасштабных социально-экономических систем [4]. Если результаты сформированного прогноза не будут валидированы, то прогноз подлежит доработке.

Факторы, влияющие на качественные характеристики прогноза

Прогнозирование является сложным процессом, который требует учета множества факторов. Чтобы сделать точный и надежный прогноз, необходимо учитывать различные факторы, которые могут повлиять на будущие события и результаты (рисунок 2). Это поможет организации принимать эффективные решения и достичь успеха в будущем.



Рис.2. Факторы, влияющие на качество научно-технологического прогноза

Важным фактором, влияющим на качество прогноза, является учет внешних и внутренних факторов среды прогнозирования. К внешним факторам относится экономическая ситуация, её стабильность и динамика развития, политические события, санкции, изменения в трендах рыночных показателей, а также уровень развития науки и технологий. Их необходимо учесть их при формировании научно-технологических прогнозов.

Так, например, после очередного формирования научно-технологического прогноза началась специальная военная операция. Это привело к необходимости уточнения сформированного прогноза научно-технологического развития.

Также необходимо учитывать внутренние факторы, к которым в первую очередь относятся существующие и будущие технические возможности, имеющиеся в распоряжении финансовые ресурсы, поставленные стратегические задачи государства и предприятия, например формирование технологического суверенитета нашего государства.

Предложения по повышению качества научно-технологических прогнозов

В ходе проведённого авторами исследования сформулированы и систематизированы следующие основные предложения по повышению качественных характеристик научно-технологических прогнозов (Рисунок 3).

Увеличение количества источников информации	<ul style="list-style-type: none"> •Использовать не только первичные, но и вторичные источники информации •Использовать смешанные источники •Применять технические источники информации:
Сокращение сроков актуализации сформированного прогноза	<ul style="list-style-type: none"> •Создавать постоянно действующие группы прогнозирования •Актуализировать прогнозную информацию с периодичностью 2-3- года.
Уточнение классификации прогнозной информации	<ul style="list-style-type: none"> •Исключить дублирование прогнозной информации в различных разделах прогноза •Ввести единый терминологический аппарат
Выбор современных методов прогнозирования	<ul style="list-style-type: none"> •Применять методологию форсайта •Применять многоаспектные системы прогнозирования •Применять технологии искусственного интеллекта
Повышение качества экспертов и участников разработки прогноза	<ul style="list-style-type: none"> •Подбор экспертов осуществлять с учетом их широкого кругозора, глубоких специальных знаний и системного мышления •Осуществлять методическую подготовку экспертов
Повышение эффективности взаимодействия участников разработки прогноза	<ul style="list-style-type: none"> •Организовать поступление в отраслевые центры компетентности прогнозной информации от конкурирующих организаций •Устранять дублирование прогнозной информации •Формировать документы в соответствии с горизонтом прогнозирования
Автоматизация процессов формирования и доведения прогнозной информации до потребителей	<ul style="list-style-type: none"> •Использовать современные методы электронного анкетирования •Создать межведомственную систему оперативного обеспечения научно-технической информацией •Сочетать результаты деятельности искусственного интеллекта с экспертными знаниями в качестве основы принятия решений
Повышение ценности прогнозной информации для потребителей	<ul style="list-style-type: none"> •Формировать комплексный прогноз •Вносить изменения в документы программно-целевого планирования в соответствии с результатами прогноза •Оперативно доводить до заинтересованных органов и организаций необходимые им прогнозные данные

Рис. 3. Предложения по повышению качественных характеристик научно-технологических прогнозов

Увеличение количества источников исходной информации

Эксперты работают при формировании прогнозов с исходной информацией. От того, на сколько она полна, современна и информативна зависит качество формируемых прогнозов. В качестве такой информации целесообразно использовать не только первичные источники, но и вторичные источники, представляющие собой обобщение первичной информации по различным направлениям прогнозирования. Данные должны быть достаточно полными и актуальными. Недостаточность данных может привести к искажению результатов анализа и прогноза, а устаревшие данные

могут оказаться неприменимыми для современной ситуации. Кроме того, данные должны быть достоверными и соответствовать действительности. Безусловно важно учитывать источник данных и анализировать его достоверность и надежность.

Основным способом получения и актуализации прогнозной информации является адресный опрос экспертного сообщества, представляющего отраслевые центры компетенций, генеральных конструкторов по важнейшим направлениям развития ВВСТ, руководителей приоритетных технологических направлений, ведущие научные организации Российской академии наук, Фонд перспективных исследований, высшую школу, оборонные предприятия.

При этом, как показала практика разработки прогноза в части отдельных областей и направлений, прогнозной информации из указанных опросов зачастую бывает недостаточно для формирования целостного представления об объектах прогнозирования.

По ряду объектов прогнозирования исходная информация отсутствовала полностью, что привело к необходимости исключения таких объектов из итогового документа, когда центры компетенции, ответственные за соответствующие разделы прогноза, были не в состоянии самостоятельно восполнить дефицит информации.

При формировании прогнозов развития науки и техники для сбора информации должны использоваться разнообразные источники, позволяющие получить широкий спектр необходимых сведений.

В настоящее время при разработке прогнозов развития науки и техники в большинстве случаев используются только первичные источники. При этом основным методом получения прогнозной информации является анкетирование. Предложения по составу и содержанию новых методов, методик и моделей, необходимых для формирования и уточнения прогноза рассматриваются далее.

Если рассматривать доступность других источников в интересах формирования прогноза, то наиболее перспективными являются вторичные источники.

Наиболее удобными в работе являются библиометрические базы данных (как общие, например, Web of Science или Scopus, так и специализированные – Medline и т.п.) для отслеживания исследовательских фронтов и зарождающихся технологий, а также патентные источники для поиска информации о технологических решениях и приложениях в определенной предметной области.

Кроме этого, источниками данных для формирования прогнозов развития науки и техники в интересах обеспечения обороны и безопасности государства могут служить новости, отчеты о деятельности венчурных фондов и стартапов, материалы конференций, программы и планы научно-технологического развития и др.

Сбор информации из указанных источников – отдельная задача, которая решается путем формирования списка ключевых слов, задающих область исследования. Конкретными инструментами поиска служат одно или несколько ключевых словосочетаний, характеризующих рассматриваемую область, или перечень ключевых слов, отобранных на основании экспертных мнений, а также из важнейших документов, либо комбинации этих подходов.

Альтернативной поисковой стратегией является формирование списка статей или патентов по какому-либо признаку: статьи из специализированных журналов, наиболее высоко цитируемые публикации, патенты из соответствующих классов международной патентной классификации или отдельных стран, отраслевые научно-технические программы, тематические конференции и т. д.

Полученные данные образуют коллекции (научных публикаций, патентов и т. д.), которые в дальнейшем подлежат обработке с применением тех или иных количественных и качественных методов.

В качестве способов получения исходной информации необходимо применять не только опросные формы, но и интервью, сессии, семинары, ежегодные анализы тенденций развития.

Опросные формы должны предусматривать получение информации для установления взаимосвязи достижений науки, результатов реализации технологии и параметров технических средств. При этом необходимо, чтобы их содержание и формальная структура предопределяли получение формализованных оценок, поддающихся операциям обобщения, систематизации и т.п.

Для увеличения числа источников прогнозной информации предлагается использовать один из наиболее популярных и динамично развивающихся методов проведения сетевого анализа – организационный сетевой анализ (от англ. Organizational Network Analysis — ONA) (далее — ОСА). Многие авторы не выделяют ОСА как отдельный метод анализа, а определяют его в качестве сетевого анализа, применимого на уровне организаций. ОСА при этом предполагает проведение анализа профессиональных взаимосвязей на уровне «организаций», в то время как в фокусе сетевого анализа находятся индивидуумы и социальные связи между ними [6].

В широком смысле ОСА можно определить в качестве одного из методов организационной диагностики, позволяющей провести систематический сбор и анализ информации об организации с целью выявления проблем функционирования и способов их преодоления. В более узком смысле данный метод анализа представляет собой набор аналитических инструментов для отображения связей между организациями в ходе выполнения работы.

Эффективным программным решением для проведения ОСА также является система интеллектуального анализа больших данных iFORA, разработанная Институтом статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» [7]. Использование алгоритмов семантического анализа, машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет проводить:

- оценку трендов (картирование, диаграммы жизненного цикла и др.);
- оценку рынков (количественные оценки, продуктовые и технологические портфели и др.);
- поддержку проектного управления (приоритезация инициатив, разработка технологических дорожных карт и др.);
- бенчмаркинг и оценку рисков (анализ конкурентоспособности, репутационный анализ и др.);
- прогнозы (таймлайны событий будущего, прогноз спроса на компетенции и др.);
- сетевой анализ (выявление центров компетенций, картирование сетевых связей, анализ коопераций и аффилиаций).

В качестве инструментов визуализации в iFORA используются:

- семантические карты;
- карты жизненного цикла;
- карты структурной динамики;
- тренд-карты и др.

Уникальное преимущество iFORA заключается в синтезе методов статистического, синтаксического и семантического анализа текстов для решения креативных по своей природе задач, ведущем к аугментации (усилению, повышению качества и глубины результатов) существенной части работ экспертно-аналитического и прогнозного характера. В базе iFORA собраны новости за более чем двадцатипятилетний период (более 500 млн документов), при этом база регулярно пополняется (+30 тыс. документов ежедневно).

Для определения наилучшего интервала актуализации прогнозной информации было проведено исследование, в котором в качестве примера рассмотрен прогноз развития науки и техники, разработанный в 2023 году на период до 2038 года, основанный на пяти ретроспективных периодах – 2018-2022 года (табл. 1).

Таблица 1

Периоды основания и прогнозный горизонт

№ п/п	Год	Номер периода основания (n)	Прогнозный горизонт (k)
1	2018	5	-
2	2019	4	-
3	2020	3	-
4	2021	2	-
5	2022	1	-
6	2023	0	15
7	2024	-	14
8	2025	-	13
9	2026	-	12
10	2027	-	11
11	2028	-	10
12	2029	-	9
13	2030	-	8
14	2031	-	7
15	2032	-	6
16	2033	-	5
17	2034	-	4
18	2035	-	3
19	2036	-	2
20	2037	-	1
21	2038	-	0

С каждым годом, следующим за годом разработки прогноза, количество ретроспективных периодов будет увеличиваться на единицу ($n + 1$), а прогнозный горизонт будет уменьшаться на единицу ($k - 1$) (таблица 2).

Таблица 2

Изменение количества ретроспективных периодов и прогнозного горизонта

Год	2024	2025	2026	...	2036	2037
Количество ретроспективных периодов (n)	6	7	8	...	18	19
Прогнозный горизонт (k)	14	13	12	...	2	1

Из формулы определения границ доверительного интервала (1) ясно, что ширина доверительного интервала зависит от количества ретроспективных периодов и прогнозного горизонта. Для определения данной зависимости проведен расчет подкорневого выражения (2).

$$y_i^P = y \pm S_e \times t_\alpha \times \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{3 \times (n + 2k - 1)^2}{n \times (n^2 - 1)}} \quad (1)$$

где y_i^P – прогнозное i-е значение ЗПП;

S_e – стандартная ошибка оценки ЗПП;

n – количество периодов основания прогноза;

k – прогнозный горизонт.

$$\sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{3 \times (n + 2k - 1)^2}{n \times (n^2 - 1)}} \quad (2)$$

Расчетные значения, полученные с увеличением количества ретроспективных периодов на единицу (n + 1) и уменьшением прогнозного горизонта на единицу (k – 1) представлены на графике (рисунок 5).

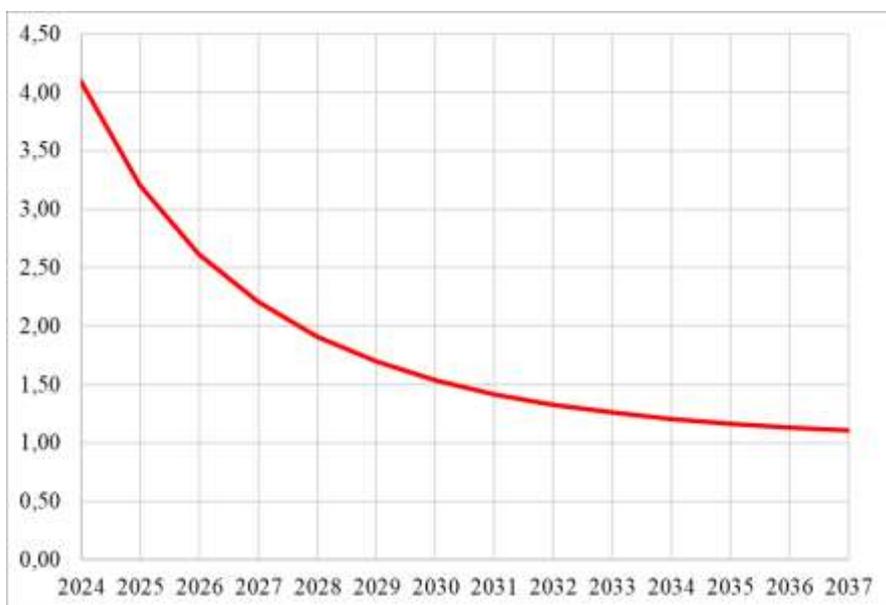


Рис.5. Изменение подкорневого выражения формулы определения границ доверительного интервала во времени

Результаты проведенного исследования показали, что наилучшим интервалом актуализации прогнозной информации является один год, так как при проведении ежегодного уточнения прогноза в распоряжении его разработчиков добавляется количество периодов основания, а также уменьшается прогнозный горизонт, что ведет к увеличению точности прогноза, и соответственно к повышению его качества.

В условиях нестабильности внешней и внутренней среды важно производить постоянный мониторинг прогнозной информации и в случае необходимости обновлять сформированный ранее прогноз. Постоянство мониторинга и регулярное его уточнение будет способствовать повышению качества сформированного научно-технологического прогноза.

В этой связи представляется целесообразным создание постоянно действующих групп прогнозирования вне зависимости от циклов программно-целевого

планирования, основным видом деятельности которых станет мониторинг и актуализация прогнозной информации. Такие группы могли бы размещаться в тех же отраслевых центрах компетенции, но представлять собой обособленные подразделения, нацеленные на сбор и обработку данных о мировых тенденциях развития технологий и техники, уровне развития технологий и техники в нашей стране и за рубежом и др.

Это позволит выйти на принципиально новый уровень прогнозирования развития технологий и техники в интересах обороны страны и безопасности государства и всегда владеть актуальной информацией.

Выбор современных методов и способов прогнозирования

Важным фактором, определяющим качество прогноза, являются методология и применяемые методы научно-технологического прогнозирования [8]. Повышению качества формируемых прогнозов безусловно будет способствовать применение современных методов прогнозирования, таких как Форсайт, методы моделирования и методы использования больших данных и искусственного интеллекта [9,10].

Лучше всего помогает понять динамику развития объекта прогнозирования простой регрессии. Повысить точность прогнозирования позволит формирование комбинированных прогнозов или прогнозов полученных от разных моделей.

При этом необходимо правильно учитывать все данные (особенно малозначительные на первый взгляд), которые у вас есть (Байесовский подход). Эксперты неправильно оценивают имеющиеся у них данные, не принимают во внимание все необходимые условия. А делать это нужно, и именно об этом гласит теорема Байеса, основанная на условных вероятностях. Необходимо делать прогноз не событию как таковому, а по набору условий, ему соответствующих. Теорема Байеса необходима для правильных и точных прогнозов.

В связи с современными достижениями в области цифровых технологий и искусственного интеллекта, которые повышают эффективность доступа к огромным объемам информации, в Форсайт-исследованиях получили распространение такие методы, как глубинный анализ текстов (текст-майнинг), сайтов (веб-майнинг), машинное обучение и анализ больших объемов данных.

Сочетание результатов деятельности искусственного интеллекта с экспертными знаниями в качестве основы принятия решений представляют большой интерес [11, 12].

Современными инструментами в области обработки и интеллектуального анализа информации могут служить мировые достижения в области технологий «больших данных». Применение методик и алгоритмов технологий «больших данных» к обработке естественно-языковых описаний, их формализации и оценке для анализа научных и технологических разработок в области ОПК могут дать весомый вклад к определению значимых результатов и подготовке экспертного заключения.

Наличие информационных ресурсов позволяет оперативно корректировать направления НИОКР, проводить анализ угроз военного и военно-технического характера, подготовку и принятие решений, как в области разработки и создания ВВСТ, так и в области формирования военной и военно-технической политики.

С целью объединения усилий по проведению фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований, разработке новых технологий и НИОКР в области ВВСТ, необходимо активно развивать информационные системы для сбора и обмена научной и технологической информацией.

Информационные системы, позволяет надёжно сохранять и использовать технологическую и научную информацию, применяя систему поиска и хранения данных, что обеспечивает высокую степень концентрации информации о технологиях, её доступность и большие скорости обмена данными, что обуславливает

возможность автоматизированного анализа данных. Одной из таких систем может стать межведомственная система оперативного регламентированного обеспечения научно-технической информацией участников ускоренного технологического развития оборонно-промышленного комплекса, которая будет рассмотрена далее.

Некоторые источники подразделяют интеллектуальный анализ данных на прямой (задачи прогнозирования) и косвенный (задачи классификации и кластеризации). Отметим, что любые интеллектуальные методы при реальном применении используют развитый аппарат математической статистики.

Применяются современные методы и инструменты интеллектуального анализа «больших» данных, такие как:

теория машинного обучения – подраздел искусственного интеллекта, благодаря которой компьютерные системы получают возможность автоматически (без явного перепрограммирования) обучаться и совершенствоваться, на основе опыта, являющегося результатом анализа данных. Теория машинного обучения с успехом используется для решения задач предсказания поведения сложных систем в случае, когда отсутствуют гипотезы о механизмах, управляющих поведением таких систем, или такие гипотезы недостаточно точны;

кластеризация - набор методов, служащих для определения и описания связанных групп данных (или объектов с близкими свойствами). Кластеризация – это всегда обучение без учителя (даже в условиях задачи деления на непересекающиеся кластеры). В этом состоит принципиальное отличие от классификации – обучения с учителем, ни для каких объектов изначально не известна принадлежность кластерам, и даже число самих кластеров. Наиболее известные такие классические методы кластеризации, как статистические методы, нечёткие методы, методы, включающие генетические алгоритмы, графовые методы, ансамблевые методы;

классификация – структурирующее рассматриваемое множество явлений в совокупность отдельных классов, отражающих важные свойства этих явлений. Также этот термин применяется к задачам отнесения отдельных объектов к заранее заданным классам. Также этот термин применяется к задачам отнесения отдельных объектов к заранее заданным классам;

нейронные сети – мощный и развитый метод интеллектуального анализа данных, исторически являющийся особенно распространённым и проработанным для решения задач ОПК.

Повышению качества прогноза способствует применение систем интеллектуального анализа больших массивов данных.

Важно отметить следующие соображения по использованию текст-майнинга в прогнозировании:

оптимальный режим работы – циклический интерактивный анализ с использованием нескольких видов интерактивных инструментов. Каждый цикл может приводить к изменению списков ключевых слов и параметров запросов к текстовым коллекциям, в соответствии с изменением представлений эксперта. Интерактивность позволяет исследовать объёмные пространства ключевых слов, источников и семантических связей, выделяя те или иные фрагменты сетей и диаграмм;

основным языком анализа должен быть английский, который в ряде случаев (но далеко не всегда) может быть целесообразно дополнять китайским и русским, но, как правило, анализ англоязычных источников может обеспечить более 90% охвата данных в силу многократного дублирования одних и тех же по содержанию текстов на указанных трёх основных языках;

приведённые в рамках апробации визуализации предназначены для первичного просмотра ландшафтов и понимания общей картины трендов в том или ином направлении, для оптимальной работы эксперта с материалами визуализации дополняются детальными таблицами данных, по которым они построены, эти

таблицы в зависимости от конкретных потребностей либо включаются в текст или приложения основного отчета, либо приводятся в виде электронных баз данных и таблиц в сопроводительных материалах.

Предложения по выбору источников прогнозной информации и методов прогнозирования для различных целей и этапов формирования прогноза развития науки и техники представлены в таблице 3.

Таблица 3

Предложения по выбору источников прогнозной информации и методов прогнозирования

№ п/п	Характеристика прогноза (цели и этапы его формирования)	Источники прогнозной информации	Методы прогнозирования
1	Долгосрочное прогнозирование и уточнение результатов прогноза	Центры компетенций, генеральные конструкторы и руководители приоритетных технологических направлений, предприятия ОПК, ФОИВы, фонд перспективных исследований	Экспертный метод, методы Форсайт, имитационное моделирование, методы Форсайт, многоагентные системы, нечеткие методы, нейронные сети, генетические алгоритмы, когнитивные технологии
2	Мониторинг результатов прогноза	Интернет, ОАО «Компас», зарубежные источники информации	Библиографический метод, интеллектуальный поиск информации
3	Анализ и прогноз угроз и тенденций научно-технологического развития Российской Федерации	Совет Безопасности Российской Федерации, центры компетенций, база данных iFora	Экспертный метод. Методы интеллектуального поиска информации
4	Сбор, классификация, регистрация, хранение, обработка и оценка прогнозной информации по научно-техническим направлениям	Центры компетенций, генеральные конструкторы и руководители приоритетных технологических направлений, предприятия	Многоагентные системы, методы Форсайт, нейронные сети
5	Формирование предложений в проект прогноза	Центры компетенций, генеральные конструкторы и руководители приоритетных технологических направлений	Имитационное моделирование, методы Форсайт, нечеткие методы, нейронные сети, генетические алгоритмы, когнитивные технологии
6	Экспертиза предложений и формирование проекта прогноза	Генеральные конструкторы и руководители приоритетных	Многоагентные системы, методы Форсайт, нечеткие методы,

№ п/п	Характеристика прогноза (цели и этапы его формирования)	Источники прогнозной информации	Методы прогнозирования
		технологических направлений	
7	Подготовка промежуточных и выходных документов прогноза	Центры компетенций, секции научно-технического совета Военно-промышленной комиссии Российской Федерации	Экспертный метод, методы Форсайт

Повышение качества выбора экспертов и повышения эффективности взаимодействия участников разработки прогноза

Качество прогноза во многом зависит от участников формирования прогноза и экспертов, принимающих прогнозные решения. Если организация занимается прогнозированием продолжительное время, а эксперты являются проверенными специалистами своего дела, то эти факторы будут способствовать повышению качества формируемых научно-технологических прогнозов [13].

Для повышения эффективности взаимодействия участников разработки прогноза целесообразно организовать поступление в отраслевые центры компетентности прогнозной информации от конкурирующих организаций, устранять дублирование прогнозной информации в прогнозе и других документах, предшествующих его разработке, формировать документы, необходимые для разработки программно-целевых мероприятий в соответствии с горизонтом прогнозирования

Предложения автоматизации процессов формирования и доведения прогнозной информации до потребителей

Для обеспечения качества данных необходимо применять современные автоматизированные методы и инструменты для их сбора, хранения, обработки и проверки [14]. Кроме того, необходима система контроля и обновления данных, чтобы поддерживать их актуальность и достоверность.

Задаче формирования научно-технологического прогноза присущи особенности, связанные с ее большой размерностью и необходимостью привлечения достаточного количества квалифицированных специалистов в конкретных научно-технических областях. Несмотря на то, что работа по созданию электронного ресурса прогноза проводится, до сих пор документ формируется «ручным» способом.

Решение рассматриваемой задачи в неавтоматизированном режиме сопряжено со значительными трудностями как организационного (рассылка и сбор анкет), так и вычислительного характера (обработка результатов анкетирования). Ответственность за принятие ошибочных решений при определении государственных интересов в области обеспечения обороны и безопасности предъявляет повышенные требования к информационно-аналитическому обеспечению данной задачи.

Помимо этого, доведение разработанного прогноза до заинтересованных организаций и его эффективное использование (поиск и анализ информации) также требуют повышенной оперативности.

Указанные выше соображения обуславливают необходимость автоматизации процесса формирования и использования прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства.

Использование современных методов электронного анкетирования и программной реализации основных вычислительных процедур в составе автоматизированной информационно-аналитической системы позволяет достичь необходимого уровня достоверности и оперативности решения рассматриваемых задач.

Кроме того, большой объем данных, содержащихся в прогнозе, предъявляет повышенные требования к технологиям работы с ними. Элементарный поиск необходимых сведений может занимать значительное время, не говоря уже о построении какой-либо аналитики. Без должной автоматизации использование материалов прогноза становится затруднительным.

В настоящее время разработка научно-технологического прогноза осуществляется с привлечением заинтересованных органов, интегрированных структур и промышленных организаций, генеральных конструкторов по созданию вооружения, военной и специальной техники, руководителей приоритетных технологических направлений и других формирования научно-технологического прогноза. При этом, основным методом получения прогнозной информации является анкетирование. Данному подходу присущи особенности, связанные с её большей размерностью и необходимостью привлечения достаточного количества квалифицированных экспертов в конкретных научно-технических областях.

Помимо этого, большой объем данных, содержащихся в прогнозе, предъявляет повышенные требования к технологиям работы с ними, которые включают поиск, анализ, обработку и оперативное представление результатов разработки прогноза.

Среди основных организационно-технических проблем, влияющих на качество и оперативность представляемой информации, можно выделить:

отсутствие единой системы сбора и обобщения результатов НИОКР;

недостаточное оперативное доведение до генеральных конструкторов и руководителей приоритетных технологических направлений сведений о создании и внедрении в производство комплектующих изделий, входящих в состав образцов производимой техники, а также новых технологий и материалов, использование которых обеспечит высокий технологический уровень разрабатываемой техники.

В США прогнозные исследования в области развития науки и техники обеспечиваются мощным аналитическим инструментом базой данных RaDiUS, которая дословно переводится как «Исследования и разработки в США» (Research and Development in the United States). В распоряжении американских специалистов также имеется информационно-справочная система SOCRATES, которая содержит всю необходимую информацию о зарубежных технологиях (оборудование, ноу-хау, материалы и др.). США активизировали усилия по формированию механизмов использования глобального информационного пространства с целью мониторинга и задействования в собственных интересах зарубежного исследовательского потенциала.

В апреле 2022 г. Наблюдательным советом по инновациям был запущен онлайн-портал «Каналы инноваций» («Innovation Pathways»), призванный стать единой «точкой входа» для всех, кто имеет отношение к производству и потреблению инновационных решений. На портале предоставлена возможность поиска по всей базе элементов «экосистемы». Новый подход к поиску новшеств получил название «ловкий имитатор» («fast follower»). Этим термином в английском языке обозначается компания, которая быстро копирует новшества, разрабатываемые другими фирмами [15].

В связи с этим становится особенно актуальной задача полного оперативного адресного обеспечения научно-технической информацией создателей перспективных образцов и изделий за счет систематизации поиска и комплексирования открытых и

закрытых информационных ресурсов и включения в систему интегрированных структур и промышленных организаций – держателей сведений о НИОКР и РИД.

В настоящее время во ФГУП «ВНИИ «Центр» создан научно-технический задел, обеспечивающий решение задач сбора, обработки, хранения и доведения научно-технической информации. Кроме того, сформирован задел для создания межведомственной системы оперативного регламентированного обеспечения научно-технической информацией участников ускоренного технологического развития промышленного комплекса (МСО НТИ) [16].

Целью формирования МСО НТИ является создание информационного фонда на основе интеграции и аналитической обработки информации о научных достижениях, инновационных промышленных технологиях, веществах и материалах, рабочей и конструкторской документации на перспективные образцы и изделия:

- адресного предоставления организациям-разработчикам и производителям образцов систематизированной научно-технической информации об отечественном и зарубежном научно-техническом заделе по аналогичной и смежной тематике;
- формирования и реализации единых правил систематизации (каталогизации) и обращения (доведения) научно-технической информации;
- расширения ретроспективного информационного базиса для формирования стратегических прогнозных и программных документов по развитию науки, техники и технологий в интересах обороны страны и безопасности государства.

Предусматриваются следующие формы предоставления НТИ:

- по запросу специализированной НТИ;
- абонентская подписка и дайджесты по тематическим направлениям;
- результаты мониторинга (актуализации) тематической НТИ.

Указанные выше обстоятельства обуславливают необходимость автоматизации процесса сбора, обработки и оперативного доведения результатов разработки научно-технологического прогноза.

Применение современных методов электронного анкетирования и программной реализации основных вычислительных процедур в составе автоматизированной информационно-аналитической системы позволяет достичь необходимого уровня достоверности и оперативности решения рассматриваемых задач.

Вместе с этим, внедрение в процесс разработки прогноза автоматизированных систем позволит обеспечить решение задачи сокращения интервалов актуализации прогнозных данных и её доведения до заинтересованных органов и организаций.

Повышение ценности прогнозных данных для потребителей

Для повышения ценности прогнозных данных для потребителей следует формировать комплексный прогноз, позволяющий оценить зависимость характеристик техники от достигнутых параметров технологий и ожидаемых достижений науки с учетом различных вариантов ресурсного обеспечения, вносить изменения в документы программно-целевого планирования в соответствии с результатами прогноза и оперативно доводить до заинтересованных органов и организаций необходимые им прогнозные данные.

Заключение

В условиях нестабильной экономической ситуации для эффективного расходования бюджетных средств на финансирование приоритетных проектов

научно-технологического развития необходимо правильное определение приоритетов на основе прогнозов развития науки, технологий и техники. Для этого важно повышать качественные характеристики долгосрочных научно-технологических прогнозов. В результате проведенного научного исследования на основе комплексного и системного подходов определены пути повышения точности, полезности, информативности, полноты и достоверности прогнозов. На качество прогноза влияют внешние и внутренние факторы, применяемые методы прогнозирования, профессионализм и опыт экспертного сообщества, качество данных для анализа и прогнозирования, постоянство мониторинга прогноза и автоматизация процесса прогнозирования. Наиболее подходящими для повышения качества прогноза наряду с экспертными методами являются следующие методы: математического моделирования, семантический анализ, использование баз больших данных, искусственные нейронные сети [17], когнитивные методы. Для формирования научно-технологического прогноза может быть применена предикативная аналитика [18, 19]. Для повышения достоверности и точности прогноза могут быть применены математические модели, минимизирующие факторы неопределенности, а также верификация результатов прогноза с использованием инструментов теории решения изобретательских задач. Применение предложенных авторам научно-методических рекомендаций по повышению точности прогноза развития науки, технологий и техники позволит сократить сроки формирования прогнозов и повысить точность выявления приоритетов научно-технологического развития России [20].

Список литературы

1. Рабочая книга по прогнозированию / Отв. ред. И.В. Бестужев-Лада. М.: Мысль, 2005. URL: http://www.fmx.ru/sociologiya_i_obshhestvoznaniye/evolyuciya_socialnogo_prognozirovaniya.html?ysclid=1q987t5pn1856978260. Дата обращения 17.12.2023.
2. Афанасьев А.Л., Куслин С.С. Метод оценки качества научно-технологических прогнозов // В сб. VII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов организаций – ассоциированных членов Российской академии ракетных и артиллерийских наук. Молодежь. Наука. Инновации в оборонно-промышленном комплексе, М.:ФГБУ РАРАН, ФГУП «ВНИИ «Центр» - 2023 – С. 142-149.
3. Комков Н.И. Закономерности научно-технологического развития и их использование при прогнозировании // Мир. 2010. – том 1. № 3(3) - С. 72-91.
4. Комков Н.И. Проблемы управления развитием крупномасштабных социально-экономических систем: анализ, опыт, методологические основы и перспективы. – М.: Изд. дом «Наука», 2020 – 152 с.
5. Sergei Golubev, Andrey Efremov, Anna Gorokhova, Vladimir Gayduk, Ekaterina Kravets. Development of the scientific and technological forecasting methodology based on using TIPS instruments//Economic Annals-XXI: Volume 187, Issue 1-2, Page-es: 223-231, February 28, 2021. DOI: 10.21003 / ea.V187-22
6. Scott Keller and Colin Price, Beyond Performance: How Great Organizations Build Ultimate Competitive Advantage, first edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011.
7. iFORA: трехмерный взгляд на растущие области науки и технологий// Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». URL: <https://issek.hse.ru/news/254274661.html>. Дата обращения 05.10.2023 г.
8. Голубев С.С., Чеботарев С.С., Чибинев А.М., Юсупов Р.М. Методология научно-технологического прогнозирования Российской Федерации в современных условиях. М.: Креативная экономика, 2018.- 145 с.
9. Буренок В.М., Дурнев Р.А., Крюков К.Ю. Методический подход к загоризонтному прогнозированию развития систем вооружения // Вооружение и экономика. – 2018.– № 2 (44).

10. Белых Т. И. Использование способа реализации искусственного интеллекта в прогнозировании / Т.И. Белых, А. В. Бурдуковская // Известия Байкальского государственного университета. — 2018. — Т. 28, № 3. — С. 500–507. — DOI: 10.17150/2500- 2759.2018.28(3).500-507.
11. Yazid Tikhamarinea Doudja Souag-Gamane, Ali Najah, Ahmedb Ozgur, Kisic AhmedEl-Shafied. Improving artificial intelligence models accuracy for monthly streamflow forecasting using grey Wolf optimization (GWO) algorithm // Journal of Hydrology. Volume 582, March 2020, 124435
12. Голубев С.С., Губин А.М., Иванус А.И., Цивилева А.Е., Щербаков А.Г. Концептуальные подходы к сверхдолгосрочному научно-технологическому прогнозированию на основе искусственной генерации новых знаний // Инновации и инвестиции, 2023. - №8. – С. 236-239.
13. Пронин А.Ю., Лясковский В.Л. К вопросу формирования экспертных групп и оценки компетентности специалистов, привлекаемых для научно-технических экспертиз. // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2023. - № 3. – С. 76-82.
14. Голубев С.С., Чеботарев С.С. Информационные технологии как ключевой механизм устойчивого развития оборонных промышленных предприятий в современных условиях // Экономические стратегии. 2018. Т. 20. № 3 (153). С. 68-81.
15. Gregory N.Stock, Jacob Chia-AnTsai, James J.Jiang, GaryKlein. Coping with uncertainty: Knowledge sharing in new product development projects. // International Journal of Project Management. Volume 39, Issue 1, January 2021, Pages 59-70
16. Довгучиц С.И., Мушков А.Ю. Единое информационное пространство оборонно-промышленного комплекса. Результаты работ по его формированию. //Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2018. - № 2. – С. 5-9.
17. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории / А. И. Галушкин. — М.: Горячая линия-Телеком, 2010. — 496 с.
18. Huaizhi Wang, Yangyang Liua, Bin Zhou. Taxonomy research of artificial intelligence for deterministic solar power forecasting // Energy Conversion and Management. Volume 214, 15 June 2020, 112909.
19. Nisrine Zougagha, Abdelkabar Charkaouib, Abdelwahed Echchatbic. Artificial intelligence hybrid models for improving forecasting accuracy // Procedia Computer Science. Volume 184, 2021, Pages 817-822.
20. Danilo Dessiab, Francesco Osborned, DiegoReforgiato, Recuperoa Davide Buscaldie, EnricoMottad. Generating knowledge graphs by employing Natural Language Processing and Machine Learning techniques within the scholarly domain // Future Generation Computer Systems. Volume 116, March 2021, Pages 253-264.

References

1. Rabochaya kniga po prognozirovaniyu / Otv. red. I.V. Bestuzhev-Lada. M.: Mysl', 2005. URL: http://www.fmx.ru/sociologiya_i_obshestvoznaniye/evolyuciya_socialnogo_prognozirovaniya.html?ysclid=lq987t5pn1856978260 . Data obrashcheniya 17.12.2023.
2. Afanas'ev A.L., Kuslin S.S. Metod otsenki kachestva nauchno-tehnologicheskikh prognozov // V sb. VII Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh i spetsialistov organizatsii – assotsirovannykh chlenov Rossiiskoi akademii raketnykh i artilleriiskikh nauk. Molodezh'. Nauka. Innovatsii v oboronno-promyshlennom komplekse, M.:FGBU RARAN, FGUP «VNII «Tsentr» - 2023 – S. 142 -149 .
3. Komkov N.I. Zakonomernosti nauchno-tehnologicheskogo razvitiya i ikh ispol'zovanie pri prognozirovanii //Mir. 2010. – tom 1. № 3(3) -. S. 72-91.
4. Komkov N.I. Problemy upravleniya razvitiem krupnomasshtabnykh sotsial'no-ehkonomicheskikh sistem: analiz, opyt, metodologicheskie osnovy i perspektivy. – M.: Izd. dom «NaukA», 2020 – 152 s.
5. Sergei Golubev, Andrey Efremov, Anna Gorokhova, Vladimir Gayduk, Ekaterina Kravets. Development of the scientific and technological forecasting methodology based on using TIPS instruments//Economic Annals-KHKHI: Volume 187, Issue 1-2, Pag-es: 223-231, February 28, 2021. DOI: 10.21003 / ea.V187-22

6. Scott Keller and Colin Price, Beyond Performance: How Great Organizations Build Ultimate Competitive Advantage, first edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011.
7. iFORA: trekhmernyi vzglyad na rastushchie oblasti nauki i tekhnologii// Natsional'nyi issledovatel'skii universitet «Vysshaya shkola ehkonomiki». URL: <https://issek.hse.ru/news/254274661.html>. Data obrashcheniya 05.10.2023 g.
8. Golubev S.S., Chebotarev S.S., Chibinev A.M., Yusupov R.M. Metodologiya nauchno-tekhnologicheskogo prognozirovaniya Rossiiskoi Federatsii v sovremennykh usloviyakh. M.: Kreativnaya ehkonomika, 2018. - 145 s.
9. Burenok V.M., Durnev R.A., Kryukov K.YU. Metodicheskii podkhod k zagorizontnomu prognozirovaniyu razvitiya sistem vooruzheniya // Vooruzhenie i ehkonomika. – 2018.– № 2 (44).
10. Belykh T. I. Ispol'zovanie sposoba realizatsii iskusstvennogo intellekta v prognozirovanii / T.I. Belykh, A. V. Burdukovskaya // Izvestiya Baikalskogo gosudarstvennogo universiteta. — 2018. — T. 28, № 3. — S. 500–507. — DOI: 10.17150/2500-2759.2018.28(3).500-507.
11. Yazid Tikhamarinea Doudja Souag-Gamane, Ali Najah, Ahmedb Ozgur, Kistic AhmedEl-Shafied. Improving artificial intelligence models accuracy for monthly streamflow forecasting using grey Wolf optimization (GWO) algorithm // Journal of Hydrology. Volume 582, March 2020, 124435
12. Golubev S.S., Gubin A.M., Ivanus A.I., Tsivileva A.E., Shcherbakov A.G. Kontseptual'nye podkhody k sverkhdolgosrochnomu nauchno-tekhnologicheskomu prognozirovaniyu na osnove iskusstvennoi generatsii novykh znaniy // Innovatsii i investitsii, 2023. - №8. – S. 236-239.
13. Pronin A.YU., Lyaskovskii V.L. K voprosu formirovaniya ehkspertnykh grupp i otsenki kompetentnosti spetsialistov, privilekaemykh dlya nauchno-tekhnicheskikh ehkspertiz. // Nauchnyi vestnik oboronno-promyshlennogo kompleksa Rossii. – 2023. - № 3. – S. 76-82.
14. Golubev S.S., Chebotarev S.S. Informatsionnye tekhnologii kak klyuchevoi mekhanizm ustoychivogo razvitiya oboronnykh promyshlennykh predpriyatii v sovremennykh usloviyakh // Ehkonomicheskie strategii. 2018. T. 20. № 3 (153). S. 68-81.
15. Gregory N.Stock, Jacob Chia-AnTsai, James J.Jiang, GaryKlein. Coping with uncertainty: Knowledge sharing in new product development projects. // International Journal of Project Management. Volume 39, Issue 1, January 2021, Pages 59-70
16. Dovguchits S.I., Mushkov A.YU. Edinoe informatsionnoe postranstvo oboronno-promyshlennogo kompleksa. Rezul'taty rabot po ego formirovaniyu. //Nauchnyi vestnik oboronno-promyshlennogo kompleksa Rosii. – 2018. - № 2. – S. 5-9.
17. Galushkin A. I. Neironnye seti: osnovy teorii / A. I. Galushkin. — M. : Goryachaya liniya-Telekom, 2010. — 496 s.
18. Huaizhi Wang, Yangyang Liua, Bin Zhou. Taxonomy research of artificial intelligence for deterministic solar power forecasting // Energy Conversion and Management. Volume 214, 15 June 2020, 112909.
19. Nisrine Zougagha, Abdelkabar Charkaouib, Abdelwahed Echchatbic. Artificial intelligence hybrid models for improving forecasting accuracy // Procedia Computer Science. Volume 184, 2021, Pages 817-822.
20. Danilo Dessiab, Francesco Osborned, DiegoReforgiato, Recuperoa Davide Buscaldie, EnricoMottad. Generating knowledge graphs by employing Natural Language Processing and Machine Learning techniques within the scholarly domain // Future Generation Computer Systems. Volume 116, March 2021, Pages 253-264.Статья поступила в редакцию 11.11.2019 г.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чеботарев Владислав Стефанович, д.э.н., профессор, главный научный сотрудник, АО «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры имени академика В.С. Семенихина», 117393, Москва, ул. Профсоюзная, д. 78, e-mail: vschebotarev@rambler.ru

Vladislav S.Chebotarev, Doctor of Economics, Professor, Chief Scientist, JSC "Order of the Red Banner of Labor Scientific Research Institute of Automatic Equipment named after Academician V.S. Semenikhin", 117393, Moscow, ul. Trade Union, 78

Голубев Сергей Сергеевич, д.э.н., профессор, профессор кафедры управления и экономики ФГАОУ ВО «Московский государственный университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА)», 125993, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д.9, стр.2, e-mail: sergei.golubev56@mail.ru

Sergei S. Golubev, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management and Economics, Moscow State University named after O.E. Kutafin, 9, Building 2, Sadovaya-Kudrinskaya st., Moscow, 125993, e-mail: sergei.golubev56@mail.ru

Губин Александр Михайлович, к.ю.н., заведующий кафедрой управления и экономики ФГАОУ ВО «Московский государственный университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА)», 125993, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д.9, стр.2, e-mail: lab.Kupriek@msal.ru

Aleksandr M. Gubin, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management and Economics, Moscow State University named after O.E. Kutafin, 9, Building 2, Sadovaya-Kudrinskaya st., Moscow, 125993, e-mail: sergei.golubev56@mail.ru

Романенко Надежда Юрьевна, к.э.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой управления и экономики ФГАОУ ВО «Московский государственный университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА)», 125993, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д.9, стр.2, e-mail: romanenkon09@mail.ru

Nadezhda Y. Romanenko, Ph.D. in Economics, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Management and Economics, Moscow State University named after O.E. Kutafin, 9, Building 2, Sadovaya-Kudrinskaya st., Moscow, 125993, e-mail: romanenkon09@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.02.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 28.02.2024; published online 20.09.2024.

УДК 656.6

DOI: 10.37890/jwt.vi80.527

Инновационный вектор развития судоходных компаний на основе технологий – автономное судовождение

В.С. Чеботарев¹

ORCID 0000-0002-2913-2360

В.А. Ионов²

ORCID 0009-0009-7956-5760

¹*АО «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры имени академика В.С. Семенихин», Москва, Россия*

²*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Павловский филиал, Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Статья посвящена текущему состоянию водного транспорта, проблемам и перспективам его развития. Особое внимание уделяется инновационному вектору развития судоходных компаний на основе технологий – автономное судовождение. Развитие судоходной отрасли на основе автономного судовождения открывает значительные возможности в сфере повышения безопасности, увеличению прибыли за счет сокращения издержек на содержание судовых команд. Приводятся примеры внедрения и использования дистанционного управления судна с применением средств автономной навигации по социально-экономически значимому маршруту.

Исследуется нормативно-правовые акты, вступившие в силу в 2024 году, закрепившие правовые основы создания автономного судоходства, что дает возможность активно развиваться данному перспективному направлению. Позволит водному транспорту быть конкурентоспособным, а значит одной из ключевых отраслей российской экономики стать опорой для достижения ее роста.

На основе изучения материалов СП РФ в сфере развития внутреннего водного транспорта предлагаются факторы, которые будут способствовать повышению эффективности реализации инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года.

Ключевые слова: водный транспорт, автономное судовождение, безопасность, эффективность, рост экономики, технологический прорыв, стратегия, человеческий фактор.

The innovative vector of technology-based development of shipping companies is autonomous navigation

Vladislav S. Chebotarev¹

ORCID 0000-0002-2913-2360

Vladimir A. Ionov²

ORCID 0009-0009-7956-5760

¹*JSC "Order of the Red Banner of Labor Scientific Research Institute of Automatic Equipment named after Academician V.S. Semnikhin", Moscow, Russia*

²*FGAOU VO "National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky", Pavlovsky Branch, Nizhny Novgorod, Russia.*

Abstract. The article is devoted to the current state of water transport, problems and prospects of its development. Special attention is paid to the innovative vector of development of shipping companies on the basis of technologies - autonomous navigation. The development of the shipping industry on the basis of autonomous navigation opens

significant opportunities in the sphere of safety improvement, increase of profit by reducing the costs of ship crews maintenance. Examples of implementation and use of the vessel remote control using autonomous navigation means along a socially and economically significant route are given.

The article studies the legal acts that came into force in 2024, fixing the legal basis for the creation of autonomous navigation, which gives the opportunity to actively develop this promising direction. It will allow water transport to be competitive, and thus one of the key Russian economy sectors to become a pillar for achieving its growth.

Based on the Russian Federation SP materials study in the field of inland water transport development, the factors that will contribute to the efficiency of the Russian Federation socio-economic development initiatives implementation proposed until 2030.

Keywords: economic growth, water transportation, autonomous navigation, safety, efficiency, technological breakthrough, strategy, human factor.

Введение

На современном этапе эффективное развитие водного транспорта (далее – ВТ) является ключевым вопросом в обеспечении роста экономики. Актуален этот вопрос и в связи с поручением Президента В.В. Путина по реализации Послания Федеральному Собранию правительству и региональным властям: «Обеспечить вхождение к 2030 году Российской Федерации в четверку крупнейших экономик мира по объему ВВП, рассчитанному по паритету покупательной способности» [1]. В связи с чем системное развитие речного и морского транспорта, основанного на внедрении инноваций, внесет значительный вклад в достижение данного макроэкономического показателя.

Важно подчеркнуть, что водные пути — это транспортные артерии, которые в комплексе обеспечивают решение ряда значимых задач в сельском хозяйстве, гидроэнергетике и др. ВТ обеспечивает важнейшую функцию в экономике, т.к. в нашей стране значительная часть территории непригодна для создания автомобильных и железнодорожных путей, а для отдельных территорий нет альтернативы кроме ВТ. Судходные пути сообщения проходят более чем по 60 регионам России, на территории которых проживает 80 % населения большой страны, где производится до 90 % ВВП. Еще в период Российской империи и СССР укрепление российской государственности осуществлялось в том числе за счет строительства речных систем и морских портов.

Последние события показали, насколько уязвимы крупные инфраструктурные проекты, вспомним диверсию на «Северных потоках». Россия, являясь крупнейшей морской державой без конкурентного флота, может попасть в зависимость от других государств, имеющих современный флот. В связи с чем стратегическое значение приобретает вопрос независимости России от любых геополитических факторов. Развитие отечественного флота, инфраструктуры речных и морских портов позволит увеличить потенциал в сфере обеспечения грузоперевозок в Азию и других важнейших направлениях.

Локомотивом развития ВТ могут стать инновации в сфере автономного судовождения. Злободневны здесь следующие данные, представленные в прогнозе социально-экономического развития России, подготовленном Минэкономразвития: «к 2025 году перевозки грузов морским транспортом могут снизиться более чем на 17% к уровню 2021 года» [2], но отмечается, что фактором роста могут стать перевозки по внутренним водным путям.

Разработка и широкое внедрение изобретений в данной сфере снизит издержки, обеспечит повышение безопасности, увеличит грузоперевозки, в том числе позволит устранить причины отставания и неконкурентоспособности российских судходных компаний. В связи с чем необходимо задействовать все точки роста экономики, а

эффективное развитие ВТ позволит достичь поставленную Президентом России значимую цель. Для развития любой отрасли экономики необходимы инновации. Актуально здесь мнение профессора Чеботарева С.С.: «Государству требуется приложить больше усилий для создания модернизационного импульса, активизирующего инновационные процессы во всех секторах национальной экономики» [3].

Материалы исследования

При подготовке данной статьи использовались материалы научных отечественных исследований и публикации в средствах массовой информации, посвященные проблемам развитию водного транспорта. Статистические данные, отчеты и доклады аудиторов Счетной Палаты РФ, Транспортная стратегия РФ до 2030 года (далее – Стратегия 2030), инициативы социально-экономического развития РФ до 2030 года «Автономное судоходство» и «Беспилотные логистические коридоры» в контексте обеспечения технологического рывка. Нормативно-правовые акты, закрепившие понятие и развитие автономного судоходства.

Результаты и их обсуждение

Система ВТ испытала ряд существенных изменений, связанных в первую очередь с переходом экономики от плановой к рыночной. Значительно поменялась логистика, особенно при перевозке грузов судами ВТ, произошел значительный «уход» грузов на другие виды транспорта. Отдельный сюжет – это состояние судоходного флота. Существенным фактором, ограничивающим морские грузоперевозки, является средний возраст судов под флагом России, позволяющий заходить в иностранные порты т.к. в 2 раза превышает установленные нормативы. Приведем следующие данные:

- в Стратегия 2030 указано о среднем возрасте судов внутреннего ВТ, который превысил 40 лет [4];
- почти весь северный завоз обеспечивает речной флот, а его средний возраст уже перевалил сорок лет [5].

Проблема старения судов внутреннего водного транспорта (далее – ВВТ) напрямую связана с эффективностью развития данной важнейшей отрасли, т.к. именно данный вид транспорта зачастую является единственным вариантом на социально значимых маршрутах. Представим сложившуюся ситуацию в сфере грузооборота в сравнении с другими странами (см. таблицу 1).

Таблица 1

Доля ВВТ в грузообороте по видам транспорта

Россия	2 %
Китайская Народная Республика	7 %
Федеративная Республика Германия	8 %
СССР 1985 год	9 %

Источник. Стратегия 2030

Морально и технический устаревший морской и речной флот должен уйти в прошлое. Актуально здесь мнение министра транспорта РФ В. Савельева: «Был период 80-х и 90-х, когда внимания к флоту было минимально. Особенно пострадал речной транспорт. К 2000 году осталось всего 15 судов на подводных крыльях» [6].

Представим структуру внутреннего водного транспорта (см. рис.1)



Рис.1. Структура флота ВВТ, зарегистрированного в PPP и РМРС, тыс. ед.; %
Источник: INFOLine по данным PPP, РМРС

По состоянию на 2021 г в России эксплуатируется около 22,5 тыс. речных судов и судов смешанного плавания в то время как на начало 2000 х годов российский речной флот насчитывал более 30 тыс. судов (сокращение на 25 %). В связи с тем, что с рынка транспортных услуг страны ушли все иностранные суда, которые были задействованы в перевозках отечественных грузов, то встала задача скорейшего обновления и наращивания собственного флота России. Западные партнеры в нарушение всех договоренностей отказались от продолжения сотрудничества с нашими компаниями. В сложившейся ситуации необходимо строить крупнотоннажный флот и в 2023 году гражданское судостроение показало рост числа сданных судов и их общего водоизмещения (см. рис. 2). Флагманами изучаемой отрасли стали пассажирский и танкерный флот. В 2024 году планируется сдача еще трех танкеров «Алексей Косыгин», «Сергей Витте» и «Валентин Пикуль».



Рис. 2. Динамика количества гражданских судов и специальных кораблей водоизмещением более 50 тонн, построенных в 2012-2023 гг., шт. [7]

Износ ВТ приводит к появлению экологических и экономических проблем: невыполнение контрактов, снижение прибыли, сокращение судовых команд, снижение эксплуатационных характеристик судов в результате критически превышенных сроков эксплуатации. Все вышеуказанные факторы могут стать причинами крупных катастроф. По итогам реализации Стратегии 2030 ВВТ России должен полностью соответствовать современным требованиям и стать одним из факторов повышения конкурентоспособности российской экономики.

В связи с важностью эффективного развития данного направления Распоряжением Правительства РФ от 6 октября 2021 года № 2816-р утвержден Перечень инициатив

социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года среди которых особое место в обеспечении технологического рывка занимают:

- беспилотные логистические коридоры (далее – БЛК);
- автономное судовождение (далее – АС) [8].

Ответственным за реализацию которых определен Министерство транспорта России (далее – Минтранс России). Представим прогноз по беспилотным автономным судам в грузоперевозках к 2040 году (см. рис. 3)



Рис.3. Доля АС в мировых перевозках, %
Источник. Минтранс РФ. Инфографика А. Стригин А. Дурова [9]

Инициатива АС напрямую связана с созданием автономного флота и этот вопрос крайне актуален т.к. до 2030 года планируется строительство более трехсот транспортных судов [10]. Опережающее внедрение беспилотных технологий способно в целом обеспечить повышение конкурентоспособности судоходных компаний и улучшение транспортной логистики России. По оценкам Минтранса России, при переходе на а-Навигацию приведет уменьшению расходов судоходных компаний, что даст эффект в 25 млрд руб. в год [11].

Для активного развития автономного судовождения необходима детально проработанная нормативно-правовая база, разработка технологий и стандартов. Поручением Президента от 19.12.2020 № ПР-2177 поставлены задачи обеспечить нормативно-правового регулирования АС. В связи с чем отдельного внимания заслуживает рассмотрение правовых основ эксплуатации АС, которые закреплены Федеральным законом от 10.07.2023 № 294-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Изменения внесены в Кодекс торгового мореплавания РФ (см. таблицу 2.) и ряд др. НПА.

Таблица 2

Изменения, внесенные в Кодекс торгового мореплавания РФ от 10.07.2023

Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации	
Статья 7 Судно	Автономное судно (далее – АС) – это самоходное судно, процессы управления которым в зависимости от наличия или отсутствия экипажа на борту судна частично (полуавтономное судно) или полностью (полностью автономное судно) осуществляются в автоматическом режиме
Статья 21.1. Идентификация автономного судна	Автономному судну наряду с названием присваивается уникальный идентификатор автономного судна, позволяющий определить национальную принадлежность автономного судна и его владельца

Под автономным безэкипажным судном понимается самоходный ВТ, процессы управления которым частично или полностью осуществляются в автоматическом режиме. В первом случае водный транспорт будет называться полуавтономным. Экипаж будет на борту, но без непрерывного несения вахты. Во втором случае суда будут полностью автономными, то есть без экипажа на борту, при этом перевозка пассажиров полностью автономными судами не допускается.

Так же установлен порядок формирования экипажа полуавтономного и автономного судов и его правовой статус, порядок управления судном, уточнены нормы, касающиеся лоцманской проводки и др. важные аспекты. Автономное судовождение значительно меняет подходы в организации доставки грузов и перевозки пассажиров, т.к. требуется решение таких значимых вопросов как:

- разработка и внедрение судового и берегового оборудования автономного судовождения;
- разработка, строительство и эксплуатация автономного портового флота;
- разработки и внедрение образовательных стандартов и программ, т.е. системы подготовки квалифицированных специалистов и др.

С целью определения необходимости внедрения технологий АС судходными компаниями необходимо определиться какие выгоды они получают и какие риски возможны в данной сфере.

Первый аспект, требующий особого внимания это безопасность. Приведем сведения об авариях, расследованных Ространснадзором в 2023 году (см. табл. 3) и (см. рис. 4) [12]

Таблица 3

Виды и количество аварий с торговыми судами 2022-2023 гг.

Виды и количество аварийных случаев на море		
	2022	2023
1. Навигационные, всего:	14	14
Навал	4	4
столкновение	1	4
посадка на мель	7	4
касание грунта	1	1
столкновение с притопленным предметом	1	1
2. Технические, всего:	15	14
лишение возможности движения	5	7
повреждение корпуса, конструкций или механизмов судна	6	5
взрывы, пожары	1	1
потеря остойчивости, плавучести	3	1
3. Гибель человека (пропажа без вести), случаев	2	4
Всего погибших, человек	2	4
4. Получение ТП, случаев	2	1
Всего получивших ТП, человек	2	2
Аварии, связанные с гибелью людей и травматизмом	4	6
Всего аварий с торговыми судами	33	33

Причинами аварий, расследованных в 2023 году, стали нарушение или не выполнение членами экипажей требований, регламентирующих безопасность плавания, что составляет от 75% до 96% причин аварийных случаев [13].

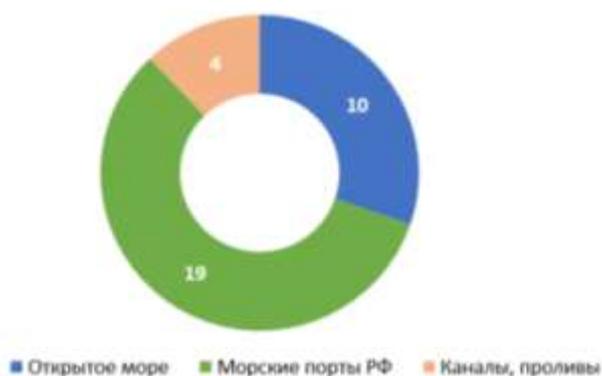


Рис.4. Сведения об авариях на море и внутренних водных путях

В связи со сложившей обстановкой, безопасная и своевременная доставка грузов, например, сжиженного природного газа (далее – СПГ) в другие страны является важнейшим компонентом развития данной отрасли.

Отдельный сюжет, это снижение поставок российского трубопроводного газа в страны Евросоюза, а значит критически важно развитие СПГ отрасли. В 2022-м российские предприятия произвели рекордные 32,5 миллиона тонн СПГ, работая на пределе возможностей (см. рис. 5). 16 миллионов тонн СПГ было произведено в России в первой половине 2023 года. Заместитель председателя правительства А. Новак заявил, что: «К 2030 году необходимо выйти не менее чем на 100 миллионов тонн СПГ» [14].

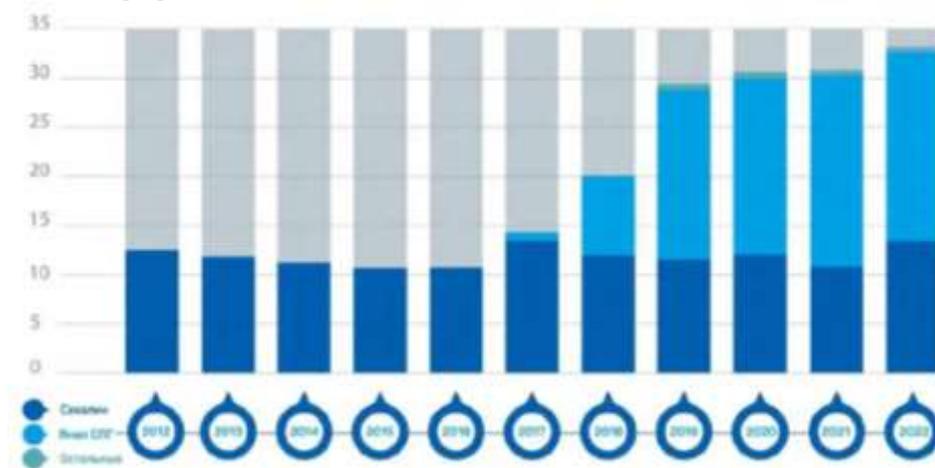


Рис.5. Производство СПГ в России, млн. т.

Источник. Аналитическое исследование состояния и трендов рынка Маринет в 1 полугодии 2023 года. Москва. 2023. С. 19.

На наш взгляд внедрение АС способно так же положительно повлиять на развитие данной сферы, т.к. внедрение технологий АС при доведении их до совершенства, способны повлиять на безопасность и своевременность поставок СПГ иностранным потребителям.

Продолжим рассмотрение проблем по заявленной теме. Вторым, но не менее важным аспектом является повышение эффективности и снижении затрат для судовладельцев. В связи с чем представим структуру эксплуатационных расходов

ПАО «Современный коммерческий флот» за 2019 г. в % (см. рис. 6.). Большую часть которых – это содержание экипажей – 56,6 % [15], а в отчете от 2021 года – 58,6 %.

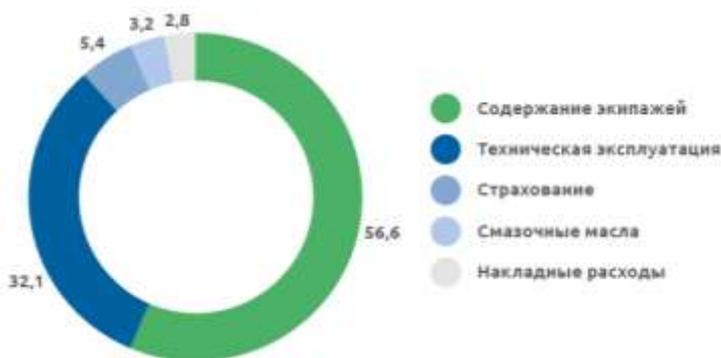


Рис.6. Структура эксплуатационных расходов в 2019 году (%)

АС позволит сократить расходы на системы обеспечения жизнедеятельности человека. Активное развитие автономного судовождения, на наш взгляд может решить проблему нехватки персонала, т.к. зачастую эта ситуация связана с нежеланием работать в сложных условиях.

Необходимо обратить внимание на ситуацию в Калининградской области, для которой запуск проекта беспилотных автономных судов имеет важнейшее социально-экономическое значение, т.к. является наиболее оптимальным вариантом сообщения между эксклавом и «большой землей». Воздушное сообщение не способно обеспечить потребности данного региона. По железнодорожному транспорту действуют существенные ограничения в виде запрета на транзит через территорию наших «соседей» до 250 пассажиров. Суда, которые работают в данном направлении не способны обеспечить потребности региона. Сегодня эксклаву нужно 22 парома и сухогруза, действующие 13 судов не способны обеспечить необходимое. Очереди на погрузку в порту Усть-Луга достигают 2-3 месяцев.

В связи с необходимостью решения данной важной проблемы было инициировано строительство двухтопливного инновационного двухсотметрового автомобильно-железнодорожного парома «Генерал Черняховский», который будет обслуживать морскую линию между Ленинградской и Калининградской областями, что позволит разгрузить морскую логистику региона. Паром «Генерал Черняховский», первым в стране в 2023 году вышел из порта Усть-Луга и прибыл в порт Калининград. Управление паромом на протяжении части маршрута, проходящей в открытом море, велось из Центра дистанционного управления с применением средств автономной навигации (а-Навигации) [16].

Отдельного внимания заслуживают факторы, которые могут сдерживать эффективное развитие и внедрение АС в ВТ России. Помимо санкций, ограничение инвестиций, высокой конкуренции и др., на наш взгляд одной из основных проблем является эффективность использования бюджетных средств, направляемых (см. рис. 7) на развитие данной стратегической сферы. Для иллюстрации приведем итоги проверки аудиторами Счетной палаты РФ реализации первого этапа Стратегии развития ВВТ.



Рис.7. Объемы и источники финансового обеспечения на 2019 и 2020 годы мероприятий по развитию ВВТ в разрезе программных документов. Млрд руб.

* Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года (далее – КПМИ)

По данным представленным аудитором СП РФ В.Н. Богомоловым: [18]

- планировалось построить гидроузел Нижегородский на Волге. С этой целью был подготовлен проект, но он не прошел экспертизу, контракт был расторгнут, а проектировщик обанкротился. В результате из 1,2 млрд руб., направленных на проектировку только 375 млн. руб. вернулись в бюджет, оставшаяся часть суммы потрачена, но результата нет;
- проблемы и с достижением еще одной ключевой цели Стратегии – повышение безопасности ВВТ. В процессе реализации ФЦП «ГЛОНАСС» закупленное оборудование стоимостью 285,6 млн руб., напрямую способное увеличить уровень безопасности судоходства, не применяется и др.

В связи с чем необходимо обеспечить усиление контроля за обоснованностью предложений и расчетов по финансированию государственных заданий, за соответствием оплаты выполненных работ и др., что позволит достичь поставленных значимых целей. В сфере развития АС необходимо определить ключевые показатели эффективности научно-исследовательских (опытно-конструкторских) работ, а также реализуемых Минтрансом России государственных программ совместно с заинтересованными ФОИВ в сфере создания, внедрения и развития автономного флота в целях обеспечения «Технологического рывка».

Заключение

Несмотря на вышеуказанные проблемы, безусловным остается факт необходимости инновационного развития ВТ, включая техническое переоснащение и внедрение технологий с целью создания автономного портового флота. Необходимо преломить ситуацию, когда санкции ставят под угрозу развитие ключевых отраслей, стратегических предприятий и реализацию государственных программ в целом. Зависимость от импортных технологий, комплектующих, микроэлектроники и др. является прямой угрозой обеспечения национальной безопасности. Например, любое судовое оборудование — это продукция двойного назначения, а введенные санкции ставят под угрозу эти поставки из Китая и других стран. Не утратила актуальность позиция профессора Чеботарева С.С., представленная в научной литературе еще в 2017 году: «Особенно остро актуализировалась задача экономической независимости и исключения внешнего влияния на отечественную промышленность с целью ее деградации» [19].

Развитие ВТ на основе внедрения АС создаст мультипликационный импульс в развитии российских технологий в данной стратегической для России сфере. В условиях нестабильной экономической ситуации для эффективного расходования бюджетных средств направленных на финансирование приоритетных проектов научно-технологического развития необходимо правильное определение приоритетов. Для этого важно повышать требования к ключевым показателям эффективности реализуемых программ.

Список литературы

1. Егорова В. Путин поручил обеспечить вхождение РФ в четверку крупнейших экономик к 2030 году. Российская газета. 2024. 1 апреля.
2. Евгений Г., Шадрина А. Грузоперевозки по рекам будут расширяться. Российская газета. 2023. 1 февраля.
3. Чеботарев С., Чеботарев В., Ионов В. Высокотехнологичные малые и средние предприятия – стратегический ресурс оживления российской экономики // Общество и экономика, № 3, 2018. С. 41.
4. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года».
5. Ледаева М. Для речного судоходства на севере нужны новый флот и дноуглубление. Российская газета. 2023. 14 июня.
6. Министерство транспорта РФ. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11158> (дата обращения 2.05.2024)
7. URL: <https://infoline.spb.ru/news/index.php?news=284501&ysclid=lv4n42ltmf942657874> (дата обращения 2.05.2024)
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 октября 2021 года № 2816-р
9. Михайлов А. Россия первой в мире получит автономные морские суда. Российская газета. 2021. 17 августа.
10. Голубкова М., Михайлов А. До 2030 года в РФ планируется построить более трехсот транспортных судов. Российская газета. 2021. 28 сентября.
11. Газета «Транспорт России». URL: <https://www.miit.ru/news/184442> (дата обращения 2.05.2024)
12. Федеральная служба по надзору в сфере транспорта Управление государственного морского и речного надзора «Обзор аварийности с судами на море и внутренних водных путях Российской Федерации за 2023 год. Москва. 2024 г. С. 3.
13. Овсянкина О. Газета «Транспорт России». Автономное судоходство. 2023. 13 сентября.
14. Курбатов М. Россия намерена увеличить выпуск СПГ. Российская газета. 2023. 1 сентября.
15. Годовой отчет публичного акционерного общества «Современный коммерческий флот» за 2019 год. С. 41. Годовой отчет ПАО «Совкомфлот» за 2021 год. С. 29.
16. Министерство транспорта РФ. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11049> (дата обращения 2.05.2024)
17. Отчет о результатах контрольного мероприятия «Проверка деятельности федеральных органов исполнительной власти, учреждений и иных организаций по реализации Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года в 2018–2020 годах и истекшем периоде 2021 года». С. 19.
18. Счетная палата РФ. URL: <https://ach.gov.ru/checks/schetnaya-palata-potentsial-rossiyskikh-vnutrennikh-vodnykh-putei-v-polnom-obeme-ne-ispolzuetsya?ysclid=lv0lz7szk0566375942> (дата обращения 2.05.2024)
19. Чеботарев С.С., Григоренко И.А. Импортзамещение наукоемкой продукции как фактор экономической безопасности России в современных условиях // На страже экономики. Научно-практический журнал. № 3 (3). 2017. С. 69.

References

1. Egorova V. Putin instructed to ensure that Russia will be among the four largest economies by 2030. Rossiyskaya gazeta. 2024. April 1.

2. Evgeny G., Shadrina A. Cargo transportation along the rivers will expand. Rossiyskaya gazeta. 2023. February 1.
3. Chebotarev S., Chebotarev V., Ionov V. High-tech small and medium-sized enterprises - a strategic resource for revitalizing the Russian economy // Society and Economy, No. 3, 2018. C. 41.
4. Order of the Government of the Russian Federation of 27.11.2021 № 3363-r "On the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035".
5. Ledyayeva M. New fleet and dredging are needed for river navigation in the North. Rossiyskaya gazeta. 2023. June 14.
6. Ministry of Transport of the Russian Federation. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11158> (date of circulation 2.05.2024)
7. URL: <https://infoline.spb.ru/news/index.php?news=284501&ysclid=lv4n42ltnf942657874> (date of circulation 2.05.2024)
8. Order of the Government of the Russian Federation No. 2816-r dated October 6, 2021
9. Mikhailov A. Russia will be the first in the world to receive autonomous marine vessels. Rossiyskaya Gazeta. 2021. August 17.
10. Golubkova M., Mikhailov A. More than three hundred transport ships are planned to be built in the Russian Federation by 2030. Rossiyskaya gazeta. 2021. September 28.
11. Newspaper "Transport of Russia". URL: <https://www.miit.ru/news/184442> (date of circulation 2.05.2024)
12. Federal Service for Supervision in the Sphere of Transport Department of State Maritime and River Supervision "Review of Accidents with Vessels at Sea and Inland Waterways of the Russian Federation for 2023. Moscow. 2024. p. 3.
13. Ovsyankina O. Gazeta "Transport of Russia". Autonomous ship navigation. 2023. September 13.
14. Kurbatov M. Russia intends to increase LNG output. Rossiyskaya gazeta. 2023. September 1.
15. Annual report of Modern Commercial Fleet, a public joint stock company, for 2019. C. 41. Annual report of PAO Sovcomflot for 2021. C. 29.
16. Ministry of Transportation of the Russian Federation. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11049> (date of circulation 2.05.2024)
17. Report on the results of the control measure "Verification of the activities of federal executive authorities, institutions and other organizations on the implementation of the Strategy for the Development of Inland Water Transport of the Russian Federation for the period up to 2030 in 2018-2020 and the expired period of 2021". C. 19.
18. Accounts Chamber of the Russian Federation. URL: <https://ach.gov.ru/checks/schetnaya-palata-potentsial-rossiyskikh-vnutrennikh-vodnykh-putey-v-polnom-obeme-ne-ispolzuetsya?ysclid=lv0lz7szk0566375942> (date of circulation 2.05.2024)
19. Chebotarev S.S., Grigorenko I.A. Import substitution of knowledge-intensive products as a factor of economic security of Russia in modern conditions // On guard of the economy. Scientific and practical journal. № 3 (3). 2017. C. 69.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чеботарев Владислав Стефанович, д.э.н., профессор, главный научный сотрудник, АО «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры имени академика В.С. Семенихина», 117393, Москва, ул. Профсоюзная, д. 78? e-mail: vschebotarev@rambler.ru

Ионов Владимир Алексеевич, к.ю.н., доцент, доцент кафедры экономики и права Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, Павловский филиал, г. Павлово, 606100, Нижегородская область, г. Павлово, ул. Шмидта, 7, e-mail: ionovva@mail.ru

Vladislav S.Chebotarev, Doctor of Economics, Professor, Chief Scientist, JSC "Order of the Red Banner of Labor Scientific Research Institute of Automatic Equipment named after Academician V.S. Semnikhin", 117393, Moscow, ul. Trade Union, 78

Vladimir A. Ionov, Candidate of Law, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Law, N.I. Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University, Pavlovsky Branch, Pavlovo, 606100, Nizhny Novgorod region, Pavlovo, Schmidt str., 7. e-mail: ionovva@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15.07.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 15.07.2024; published online 20.09.2024.

УДК 332.14

DOI: 10.37890/jwt.vi80.528

Численные методы оптимизации логистических систем в процессе управления запасами

С.С. Чеботарев¹

ORCID: 0000-0002-2920-8150

В.А. Хайтбаев²

ORCID: 0000-0001-8244-8842

В.В. Бутченко¹

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

²*Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия*

Аннотация. Перед учеными всегда стояла задача оценить эффективность функционирования сложных систем, к которым однозначно относятся логистические системы транспорта (водный, воздушный, железнодорожный, автомобильный и их комбинации) и запасов продукции (товаров), которые (запасы товаров) во времени находятся в статическом (склады) и динамическом (транспорт) состояниях. В этой области знаний накоплен огромный теоретический материал, многократно проверенный и успешно применяемый, особенно в отношении логистических систем. Однако, как известно, на основании оценки эффективности сравниваются однотипные системы, оперативно оценивается действие систем, проверяется соответствие системы назначению, выясняется наличие или отсутствие целевой целенаправленности и др. Отсюда определяется актуальность математического аппарата (численных методов) оптимизации запасов продукции (товаров) как расчета для аргументированного принятия решений по эффективному управлению запасами с использованием транспорта и складских емкостей на экономической основе: целевой функции - минимизации издержек.

Снижение издержек в процессах функционирования логистических систем вследствие действия двух основных законов – закона экономии времени и закона сохранения энергии является одним из основных современных направлений повышения их эффективности как сложных систем [1-5]. Поэтому, в качестве постановки задачи исследования определена оптимизация логистических систем по критерию издержек (потерь) в процессах их функционирования.

Целью работы является развитие применения численных методов оптимизации логистических систем в процессе управления запасами.

Новизна состоит в применении численных методов и полученных расчетных соотношений, которые могут быть использованы в практике логистической системы водного, воздушного, железнодорожного и автомобильного транспорта по управлению запасами методом оптимизации определяемых потерь (издержек).

Результат заключается в разработанном методе исследования теоретически рассчитанных потерь, имеющих место в процессах функционирования логистических систем всех видов транспорта и их комбинаций (далее транспорта).

Теоретическая значимость полученных результатов представляют собой развитие применения численных методов оптимизации логистических систем в процессе управления запасами, включающая: совокупность факторов и критериев оптимизации логистических процессов; метод моделирования и оптимизации процессов функционирования логистических систем транспорта; метод анализа потерь в процессах функционирования логистических систем транспорта. Указанные теоретические положения позволяют оптимизировать процессы функционирования логистических систем транспорта и, в конечном итоге, повысить эффективность обеспечения потребителей, что имеет важное социально-экономическое значение.

Ключевые слова: запасы, критерий, модель, оптимизация, процесс, система, транспорт, логистика, управление, эффективность.

Numerical methods for optimizing logistics systems in the process of inventory management

Stanislav S. Chebotarev¹

ORCID:0000-0002-2920-8150

Valery A. Khaitbaev²

ORCID:0000-0001-8244-8842

Viktor V. Butchenko¹

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

²*Samara State University of Communications, Samara, Russia*

Abstract. Scientists have always faced the task of evaluating the functioning of complex systems effectiveness, which unambiguously include transport logistics systems (water, air, rail, automobile and their combinations) and products stocks (goods), which (stocks of goods) are in static (warehouses) and dynamic (transport) states over time. A huge amount of theoretical material has been accumulated in this field of knowledge, which has been repeatedly tested and successfully applied, especially in relation to logistics systems. However, as is known, on the basis of an efficiency assessment, similar systems are compared, the operation of the systems is promptly evaluated, the system's compliance with its purpose is checked, the presence or absence of targeted targeting is found out, etc.

Hence, the relevance of the mathematical apparatus (numerical methods) for products stocks optimizing (goods) is determined as a calculation for reasoned decision-making on effective inventory management using transport and storage capacities on an economic basis: the objective function is to minimize costs. Cost reduction in the processes of logistics systems functioning due to the action of two basic laws – the law of saving time and the law of energy conservation is one of the main modern directions for increasing their efficiency as complex systems [1-5].

Therefore, the optimization of logistics systems according to the costs (losses) criterion in the processes of their functioning is defined as the research task formulation.

The aim of the work is to develop the application of numerical methods for optimizing logistics systems in the process of inventory management. The novelty consists in the application of numerical methods and the calculated ratios obtained, which can be used in the practice of the logistics system concerning water, air, rail and road transport for inventory management by optimizing the determined losses (costs).

The result consists in the developed method of studying theoretically calculated losses occurring in the processes of functioning of logistics systems of all types of transport and their combinations (hereinafter transport).

The theoretical significance of the results obtained is the numerical methods application development for optimizing logistics systems in the process of inventory management, including: a set of factors and criteria for optimizing logistics processes; a method for modeling and optimizing the processes of functioning of logistics transport systems; a method for analyzing losses in the processes of functioning of logistics transport systems. These theoretical provisions make it possible to optimize the processes of logistics transport systems functioning and, ultimately, to increase the providing consumers efficiency, which is of important socio-economic importance.

Keywords: inventory, criterion, model, optimization, process, system, transport, logistics, management, efficiency.

Введение

В целях оптимизации логистических систем транспорта и запасов по критерию издержек (потерь) в процессах их функционирования, прежде всего, необходима математическая формализация потерь и определение опорных математических выражений. Целесообразно разработать способы оценки эффективности функционирования систем с потерями, выявить и обосновать факторы и параметры оптимизации, описывающие потери в процессе функционирования данных логистических систем в целях получения необходимых опорных соотношений для дальнейшей разработки имитационных моделей функционирования исследуемых логистических систем транспорта и запасов продукции (товаров) с потерями [3, 5-6].

Обычно процессы функционирования сложных систем представляются непрерывными и, по крайней мере, однократно дифференцируемыми функциями (предполагается, что физически "скачкообразное" взаимодействие нереализуемо) [6-7]. Однако в реальности, особенно для процессов управления запасами, операционных и экономических, чаще всего реализуемо "скачкообразное" взаимодействие. При этом, возможно, что при бесконечно малом приращении аргумента (например, продолжительности процесса), приращение функции (изменение запасов материальных средств) может иметь конечную величину, т.к. изменение запасов материальных средств осуществляется "порциями" в конкретный момент времени. Величина "порции" конечна и определяется, например, при подвозе грузоподъемностью транспортных средств (автомобиля, вагона, судна, эшелона и т.п.), а при расходе - численностью и уровнем потребителя [8-10]. Причем подобное скачкообразное изменение происходит практически одномоментно, естественно, если его соотносить с длительностью процессов материального обеспечения. Поэтому, в связи с этим необходимо обосновать способ исследования функций, базирующийся на анализе конечных приращений функции, что и рассматривается в статье.

Методы исследования

Для достижения цели работы по развитию применения численных методов оптимизации логистических систем в процессе управления запасами транспорта были использованы методы классического и системного анализа, логистики, исследования операций, математического исследования поведения функций и дифференциальные исчисления.

Результаты и обсуждение

Управление запасами в логистической системе транспорта (далее логистическая система) предусматривает анализ процессов функционирования логистических систем на основе потерь через Δd_i , имеющих место в этих процессах. Поэтому является естественным методом обратиться к математической формализации этих потерь и определению соответствующих математических соотношений данных потерь по целевому критерию - Δd_i .

Для анализа функции представляет интерес разность приращений функции, которую назовем вариацией соответствующих математических соотношений относительно - Δd_i (рисунком 1), которая определяется соотношением:

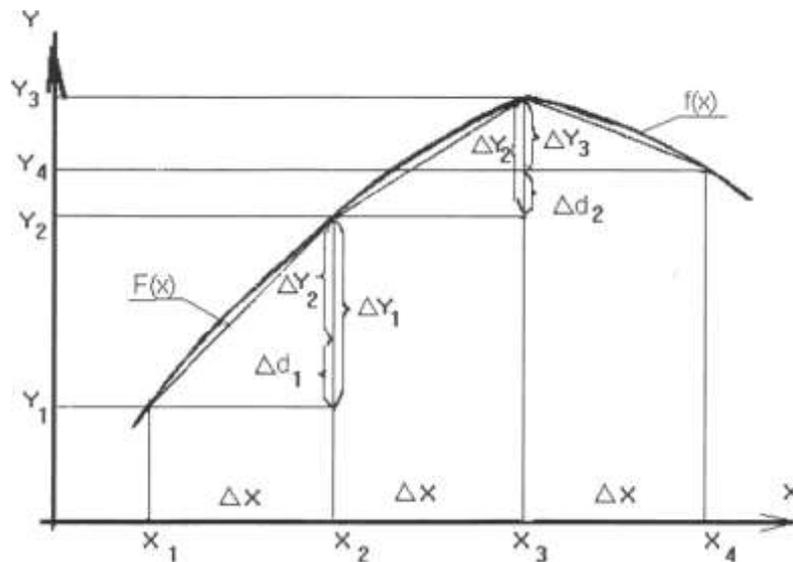


Рис.1. Вариация приращения функции: Δd_i – математическая формализация i -х потерь (издержек) логистической системы в процессах ее функционирования

$$\Delta d_i = |d_{\Delta y_i} - d_{\Delta y_{i+1}}|, (i = 1, 2, \dots, n).$$

Это соотношение используя теорию тригонометрии можно еще представить в виде:

$$\Delta d_i = \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\arctg f'(x_{i-1}) + \arctg f'(x_i)}{2} \right) dx - \operatorname{tg} \left(\frac{\arctg f'(x_i) + \arctg f'(x_{i+1})}{2} \right) dx \right|.$$

Большинство естественных процессов, как правило, описываются сложной кривой. При технической реализации процесса осуществляется разделение его на элементарные и функционально завершённые, но взаимосвязанные технологические операции. В принципе, техническую реализацию естественного процесса можно рассматривать как кусочно-линейную аппроксимацию непрерывной дифференцируемой функции, описывающую этот процесс (рисунок 2). При этом каждый линейный участок с заданной точностью аппроксимирует исследуемую функцию и описывает отдельную технологическую операцию. В зависимости от условий, аппроксимация может быть кусочно-линейной в классическом виде или ступенчатой (типа гистограммы). Следовательно, подходы к анализу функции будут разные. Необходимо отметить, что прямая и гистограмма наиболее просты для технической реализации и являются основными характеристическими функциями производственных процессов. На данном этапе развития техники они экономичнее и надежнее других характеристических функций. Поэтому рассмотрим это предметно используя для ясности и простоты понимания графическую (геометрическую) наглядность, представленную на рисунке 2. Для этого, прежде всего примем, что кусок кривой (рисунок 2), заключенный между точками $f(x_i)$ и $f(x_{i+1})$, при бесконечном уменьшении стремится к дуге окружности.

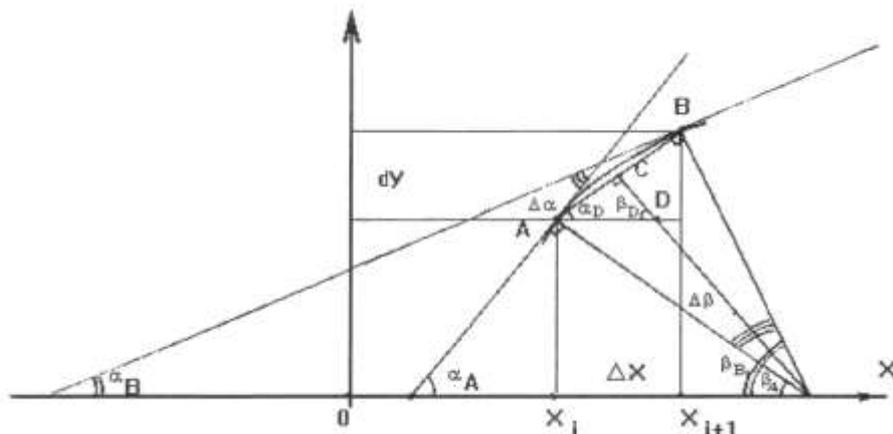


Рис.2. Аппроксимация кривой ступенчатой функцией (типа гистограммы)

Найдем выражение угла $ZCAD = \alpha_D$. Треугольник CAD прямоугольный, учитывая то, что сумма углов треугольника равна 180° и исходя из подобия прямоугольных треугольников, имеем:

$$\alpha_D = 90 - \beta_D,$$

но:

$$\beta_D = \beta_A + \frac{\Delta\beta}{2},$$

$$\Delta\beta = \Delta\alpha,$$

$$\beta_A = 90 - \alpha_A,$$

откуда:

$$\alpha_D = \alpha_A + \frac{\Delta\alpha}{2},$$

$$\Delta\alpha = \alpha_A - \alpha_B.$$

С учетом того, что:

$$\operatorname{tg}(\alpha_A) = f'(x_A), \operatorname{tg}(\alpha_B) = f'(x_B),$$

откуда:

$$\alpha_A = \operatorname{arctg} f'(x_A), \alpha_B = \operatorname{arctg} f'(x_B), \quad (1)$$

поэтому:

$$\alpha_D = \left| \operatorname{arctg} f'(x_A) - \frac{\operatorname{arctg} f'(x_A) - \operatorname{arctg} f'(x_B)}{2} \right|,$$

или:

$$\alpha_D = \left| \frac{\operatorname{arctg} f'(x_i) + \operatorname{arctg} f'(x_{i+1})}{2} \right|.$$

Зная угол α_D и давая аргументу приращение Δx , легко можно найти Δy по известному соотношению:

$$\Delta y = \operatorname{tg}(\alpha_D)\Delta x.$$

Поэтому приращение функции Δy при приращении аргумента Δx можно найти по соотношению:

$$\Delta y = \operatorname{tg}\left(\frac{\operatorname{arctg} f'(x_i) + \operatorname{arctg} f'(x_{i+1})}{2}\right) \Delta x.$$

Следовательно, если принять, что кусок любой кривой, заключенный между точками $f(x_i)$ и $f(x_{i+1})$ при бесконечном уменьшении стремится к дуге окружности, то изложенное позволяет получить выражение уточненного дифференциала функции $d_{\Delta}y$:

$$d_{\Delta}y = \Delta y = \operatorname{tg}\left(\frac{\operatorname{arctg} f'(x_i) + \operatorname{arctg} f'(x_{i+1})}{2}\right) dx, \quad (2)$$

который равен Δy и отличается от обычного дифференциала dy на бесконечно малую величину δ_d (рисунок 3): $\delta_d = d_{\Delta}y - dy$.

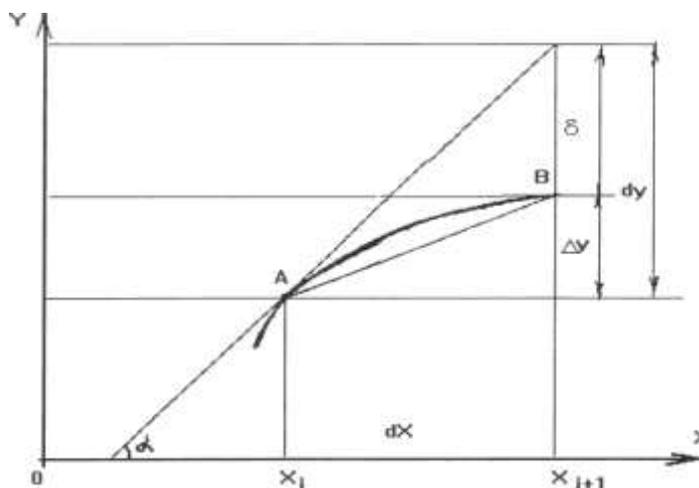


Рис.3. Дифференциал и приращение функции

Как известно, дифференциал функции dy определяется с погрешностью, т.к. $\Delta y - dy \neq 0$. Так, например, для функции:

$$y = x^2,$$

приращение функции будет:

$$\Delta y = (x + \Delta x)^2 - x^2,$$

которое можно преобразовать к виду:

$$\Delta y = 2x\Delta x + \Delta x^2,$$

а дифференциал функции dy :

$$dy = (x^2)' = 2x \Delta x.$$

Откуда абсолютная погрешность вычисления дифференциала функции будет δ :

$$\delta = d_{\Delta}y - dy = \Delta y - dy = \Delta x^2.$$

При этом если значения Δx переходят из области бесконечно малых величин в область конечных, то в этом случае величина погрешности становится настолько большой, что пренебрегать ей становится невозможно.

Поэтому, если принять, что кусок кривой при бесконечном уменьшении стремится к дуге окружности, то для того, чтобы определить изменение функции достаточно знать производные этой функции в двух точках: $f'(x_i)$ и $f'(x_{i+1})$. А тем, что "происходит" между этими точками, в данном случае можно пренебречь.

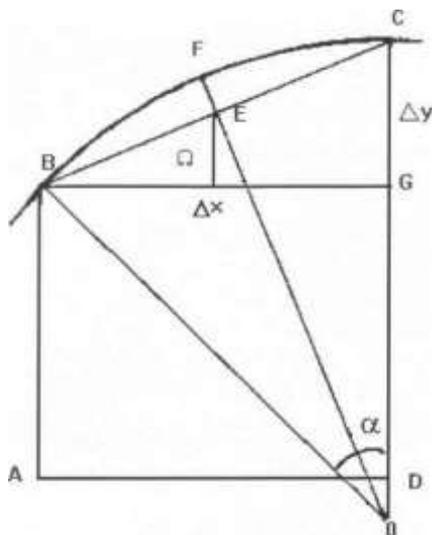


Рис.4. Аппроксимация кривой линейным участком

Таким образом, можно, при определенных условиях, аппроксимировать ступенчатую функцию (гистограмму) сегментами окружности (рисунок 4). Тогда и для данного случая применимо соотношение (1), если только нам достаточно знать ответ на один вопрос - на какую величину произошел скачок.

Приведенные выше положения с определенными допущениями позволяют (не "ломаю" классических методов анализа и в рамках этих методов) с одной стороны "сохранить" скачкообразное изменение, а с другой стороны решать задачи в условиях реализации этого скачкообразного изменения.

Рассмотрение допущения о том, что техническая реализация естественного процесса является кусочно-линейной аппроксимацией сложной функции, описывающей этот процесс, неизбежно приводит к необходимости оценки точности ее осуществления.

Показатель $d_{\Delta y}$, имеющий конечную величину, можно использовать как показатель, описывающий погрешность аппроксимации исследуемой функции приближенной ступенчатой функцией (по типу гистограммы).

Выделим один линейный участок, имеющий вид как показано на рисунке 4. В качестве погрешности при аппроксимации функции одним таким линейным участком целесообразно взять половину Δy^2 или $d_{\Delta y}^2$.

В этом случае, в качестве критерия близости функций можно принять $\Phi(\Omega)$:

$$\Phi(\Omega) = \sum_{i=1}^n \frac{d_{\Delta y_i}^2}{2} = \sum_{i=1}^n \frac{\left[\operatorname{tg} \left(\frac{\operatorname{arctg} f'(x_i) + \operatorname{arctg} f'(x_{i+1})}{2} \right) dx \right]^2}{2}.$$

При определенных условиях и при необходимости оценить изменение функции еще можно следующим образом.

Рассмотрим окружность единичного радиуса с центром, совпадающим с центром координат (рисунок 5).

Обозначим $OA = OD = r$, $AB = b$, $BD = a$, откуда: $a = OD - OB$.

Найдем стрелу сегмента окружности a по известному выражению:

$$a = r - r \sqrt{1 - \left(\frac{b}{r}\right)^2} \quad (3)$$

Для удобства запишем (3) в виде:

$$\frac{a}{r} = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{b}{r}\right)^2}.$$

Обозначим a/r как h_i , b как b_i , r через r_i :

$$h_i = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{b_i}{r_i}\right)^2}, \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (4)$$

учитывая то, что $r_i = 1$ имеем:

$$h_i = 1 - \sqrt{1 - b_i^2}, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (5)$$

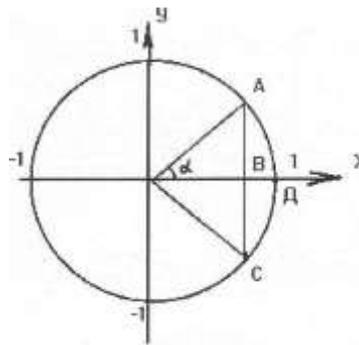


Рис.5. Окружность единичного радиуса

Показатель h_i можно, при необходимости, использовать для оценки изменения функции. Интересна графическая зависимость h_i от b_i (рисунок 6).

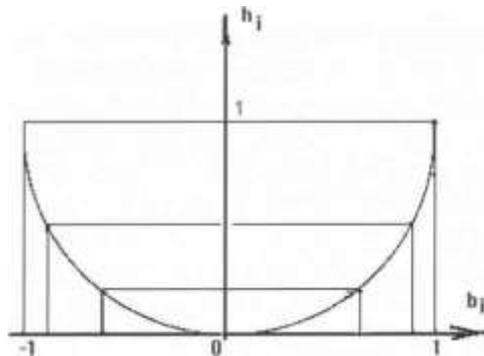


Рис.6. Графическая зависимость h_i от b_i

Рассмотрим рисунок 7. Дана функция $f(x)$, которая разделена на сегменты окружности, как показано на рисунке.

Обозначим $EA = ED = EC = R_i$, $AC = B_i$, $DB = H_i$ и $H_i/R_i = h_i$.

С учетом соотношения (4) имеем:

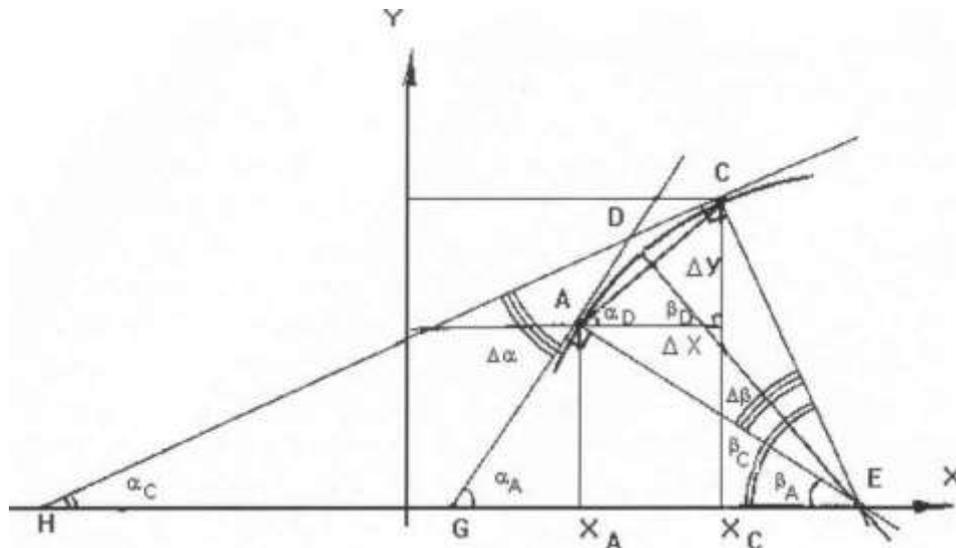


Рис.7. Аппроксимация кривой кусочно-линейной функцией

$$h_i = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{B_i}{2R_i}\right)^2}, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (6)$$

Учтем, что:

$$\frac{B_i}{2R_i} = \sin\left(\frac{\Delta\beta}{2}\right),$$

где: $\Delta\beta = \beta_C - \beta_A$.

Построим касательные в точках A и C. Учитывая то, что сумма углов треугольника:

$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ и рассматривая прямоугольные треугольники GAE и HCE находим, что:

$$\Delta\beta = \beta_C - \beta_A = \alpha_A - \alpha_C = \Delta\alpha, \text{ т.е. } \Delta\beta = \Delta\alpha,$$

$$\frac{B_i}{2R_i} = \sin\left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right) = \sin\left|\frac{\alpha_A - \alpha_C}{2}\right|,$$

с учетом того, что:

$$\text{tg}(\alpha_A) = f'(x_A), \text{tg}(\alpha_C) = f'(x_C),$$

откуда:

$$\alpha_A = \text{arctg} f'(x_A), \alpha_C = \text{arctg} f'(x_C).$$

Поэтому:

$$\left|\frac{\alpha_A - \alpha_C}{2}\right| = \left|\frac{\text{arctg} f'(x_A) - \text{arctg} f'(x_C)}{2}\right|,$$

следовательно,

$$\frac{B_i}{2R_i} = \sin \left| \frac{\alpha_A - \alpha_C}{2} \right| = \sin \left| \frac{\arctg f'(x_A) - \arctg f'(x_C)}{2} \right|. \quad (7)$$

Подставляя выражение (7) в (6), получаем:

$$h_i = 1 - \sqrt{1 - \left(\sin \left| \frac{\arctg f'(x_i) - \arctg f'(x_{i+1})}{2} \right| \right)^2} \quad (8)$$

Кроме того, h_i , выраженное аналитической зависимостью (8), можно найти и по другим известным соотношениям [3-4], подставляя в них выражение (5):

$$h_i = 1 - \cos \left| \frac{\arctg f'(x_i) - \arctg f'(x_{i+1})}{2} \right|,$$

или:

$$h_i = \left| \frac{\arctg f'(x_i) - \arctg f'(x_{i+1})}{2} \right| \operatorname{tg} \left| \frac{\arctg f'(x_i) - \arctg f'(x_{i+1})}{4} \right|.$$

Обозначим через ε наперед принимаемый показатель погрешности при аппроксимации функции кусочно-линейной функцией и выразим его соотношением:

$$\frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \leq \varepsilon.$$

Абсолютное значение стрелки сегмента окружности найдем следующим образом. Рассмотрим рисунок 8, где дана кривая, которая аппроксимируется линейным участком на отрезке $[x_A, x_C]$.

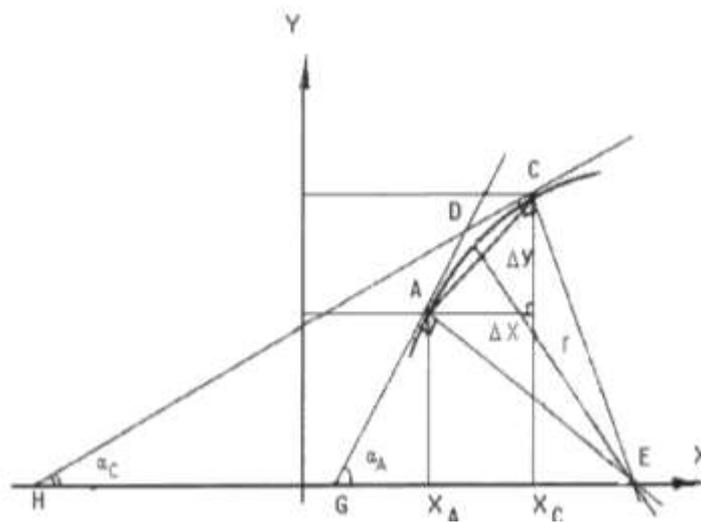


Рис. 8. Аппроксимация кривой AD кусочно-линейной функцией: линейный участок на отрезке $[x_A, x_C]$

С учетом того, что радиус кривизны кривой γ в данной точке определяется по соотношению [5]:

$$r = \frac{1}{\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} |\cos^3 \alpha|},$$

где α - угол наклона касательной в данной точке, откуда найдем:

$$H_i = h_i r = \left(1 - \sqrt{1 - \left[\sin \left| \frac{k(x_i, x_{i+1})}{\dots} \right| \right]^2} \right) \frac{1}{\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} |\cos^3 \alpha|}.$$

Рассмотрим рисунок 9. Даны две функции $f(x)$ и $g(x)$, определим изменение величины тангенсов углов β_f и β_g путем сравнения соответствующих параметров этих функций.

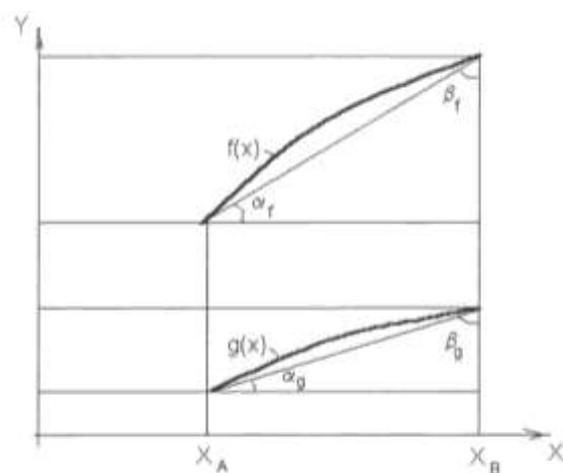


Рис.9. Определение изменения тангенсов углов: β_f и β_g

β_f и β_g можно определить как:

$$\beta_f = 90 - \alpha_f,$$

$$\beta_g = 90 - \alpha_g.$$

С учетом (1) получим:

$$\beta_{fA} = 90 - \arctg f'(x_A), \tag{9}$$

$$\beta_{gA} = 90 - \arctg g'(x_A). \tag{10}$$

Следовательно:

$$\tg \beta_{fA} = \tg[90 - \arctg f'(x_A)] = \ctg[\arctg f'(x_A)], \tag{11}$$

$$\tg \beta_{gA} = \tg[90 - \arctg g'(x_A)] = \ctg[\arctg g'(x_A)]. \tag{12}$$

Откуда изменение тангенсов углов β_f и β_g АВ, определим по соотношению:

$$\Delta\beta_i = \tg \beta_f - \tg \beta_g = |\ctg[\arctg f'(x_A)] - \ctg[\arctg g'(x_A)]|. \tag{13}$$

Общее изменение ДВ на всей области определения функции можно определить как сумму частных АВ (рисунок 10).

$$\Delta B = \sum_{i=1}^n \Delta B_i, (n = 1, 2, \dots, k). \quad (14)$$

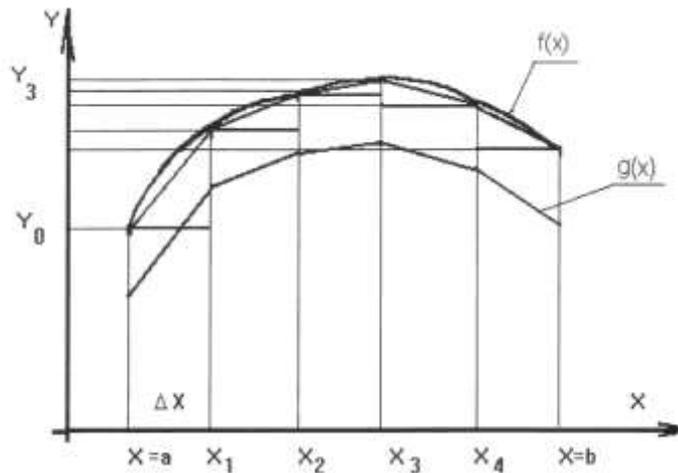


Рис.10. Определение общего изменения тангенсов углов: $\text{tg } \beta_{fA}$ и $\text{tg } \beta_{gA}$

При необходимости, и в зависимости от поставленной задачи приведенные соотношения (1) – (14) могут быть пригодны и полезны для анализа и оценки целевой функции логистической системы по управлению запасами методом оптимизации определяемых потерь (издержек) на основе вычислений (решений) дифференциальных уравнений, описывающих потери (издержки) при управлении запасами (ресурсами).

С практической точки зрения кусочно-линейная аппроксимация, которая через оценку приращения аргумента и ее влияние на приращение функции под которой пониманием изменение величин подвоза или отгрузки запасов позволяет решать достаточно тривиальную задачу, уменьшение издержек при управлении запасами, не тривиальными методами, которые более точно определяют уровень потерь ресурсов. Более того, предложенный подход более эффективен в условиях неопределенности, где задача управления запасами решается на основе разделения процесса на периоды (участки) выделяя относительно прогнозируемый детерминированный спрос и стохастический, где имеет место динамика изменения страховых запасов, что может быть инструментом снижения рисков потерь.

Очевидно, разработанный способ оценки затрат (потерь ресурсов) должен быть основой программного продукта, использование которого можно оценивать, как способ «тонкой настройки» стратегий управления запасами, где предусматриваются большие объемы движения запасов, например, для крупной логистической распределительной сети.

Вместе с тем, способ оценки затрат методом кусочно-линейной аппроксимации, предложенный в статье, требует достаточно точной первичной информации о движении запасов, которая с точек ее получения часто искажается, и при малых приращениях аргумента и функции оценка потерь или затрат будет в значительной степени не достоверна.

Тем не менее, разработанный подход, приобретет методологическую ценность, при разработке долгосрочных стратегий управления запасами частью которых является научно-методический инструментарий.

Так, например, управление запасами при многономенклатурных и многопродуктовых поставках дает возможность, оценить применение разработанного

в статье подхода, поскольку эти поставки предполагают большое число организаций, реализацию больших объемов запасов и большие затраты на их содержание, что при использовании кусочно-линейной аппроксимации функции расхода на множестве единичных операций позволяет получить эффект масштаба при упомянутых многономенклатурных и многопродуктовых поставках.

В тоже время, методы позволяющие получать приближенные решения для многономенклатурных и многопродуктовых задач, имеют вид достаточно несложных вычислений и использование кусочно-линейной аппроксимации функции расхода обеспечит повышении их точности.

Заключение

Возникновение теоретической проблемы является следствием существования в настоящее время у органов управления транспортом потребности в научно обоснованных способах и средствах оптимального использования и минимизации потерь объективно ограниченных ресурсов, предназначенных для удовлетворения потребителя.

Потери имеют место в процессах функционирования всех без исключения реальных систем, в том числе и в процессах функционирования логистических систем. Необходимость снижения потерь и оптимизации процессов функционирования указанных систем предопределили теоретическую задачу исследования и необходимость развития применения численных методов анализа потерь. При актуальности развития методологии анализа потерь в аспекте применения новых численных методов - это не означает, что практически нет теоретических наработок по проблемам потерь. Как показывает анализ, их предостаточно, однако единой комплексной теории потерь в процессах функционирования сложных систем нет. Поэтому актуальной проблемой является разрешение противоречия между объективным знанием о реально существующих потерях в процессах функционирования логистических систем и нарастающими несоответствиями в уровне развития методологии их моделирования и оптимизации на основе анализа потерь, имеющих место в этих процессах. Указанные противоречия являются следствием действия всеобщих естественных законов перехода количественных изменений в качественные, а также единства и борьбы противоположностей.

Рассматривая поведение логистической системы на бесконечно малом временном интервале, можно перейти от конечно-разностного описания динамики логистических процессов к описанию с помощью дифференциальных уравнений. С определенными допущениями (обычно оговариваемыми в экономико-математической литературе) это возможно, т.к. рассматриваются изменения экономических показателей и осуществляется анализ их предельных значений. В данном случае дифференциальное исчисление не только аппарат, позволяющий находить решения моделей экономической динамики логистических систем, но и необходимый элемент их построения.

Благодарность. Исследование выполнено в рамках государственного задания Федерального агентства железнодорожного транспорта (Росжелдор) на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения. Проект «Проектирование ресурсосберегающей транспортно-логистической системы в экономике субъектов РФ». Интернет-номер / Регистрационный номер: 124040300020-8.

Список литературы

1. Лопатников А.И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. – М.: Дело, 2013. – 520 с.

2. Эггертссон Трауинн. Экономическое поведение и институты. –М.: Дело, 2001. – 498 с.
3. Афанасьева Н.В. Логистические системы и российские реформы. - СПб.: Изд-во С.-Петербурга, ун-т экономики и финансов, 1995. - 250 с.
4. Канторович Л. Экономика и оптимизация. – М.: Наука, 1990.
5. Львов Д.С. Эффективное управление техническим прогрессом. – М.: Экономика, 1990.
6. Бард И. Нелинейное оценивание параметров. - М.: Статистика, 1979.-240 с.
7. Бартини Р.Л. Некоторые соотношения между физическими величинами. - ДАН СССР, 1965, № 4, с. 861-864 с.
8. Неруш, Ю. М. Транспортная логистика : учебник для вузов / Ю. М. Неруш, С. В. Саркисов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 351 с.
9. Агейкин А.М. Развитие направления перевозок сборных грузов на рынке инновационной логистики // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт. 2022. № 1 (39). С. 63-66.
10. Антипенко В.С., Бабич Н.С., Бабич М.Д., Касименко Л.М. Логистика управления запасами на машиностроительном предприятии // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 1. С. 37-42.

References

1. Lopatnikov A.I. Economic and mathematical dictionary: Dictionary of modern Economics. – М.: Delo, 2013. – 520 p.
2. Eggertsson Trauin. Economic behavior and institutions. –М.: Delo, 2001. – 498 p .
3. Afanasyeva N.V. Logistic systems and Russian reforms. - St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg, University of Economics and Finance, 1995. - 250 p.
4. Kantorovich L. Economics and optimization. – М.: Nauka, 1990.
5. Lvov D.S. Effective management of technical progress. – М.: Economics, 1990.
6. Bard I. Nonlinear parameter estimation. - М.: Statistics, 1979.-240 p.
7. Bartini R.L. Some relations between physical quantities. - DAN USSR, 1965, No. 4, pp. 861-864 p.
8. Nerush, Yu. M. Transport logistics : textbook for universities / Yu. M. Nerush, S. V. Sarkisov. — Moscow : Yurait Publishing House, 2024. — 351 p.
9. Ageikin A.M. Development of the direction of transportation of combined cargoes in the market of innovative logistics // Actual problems and prospects of economic development: Russian and foreign experience. 2022. No. 1 (39). pp. 63-66.
10. Antipenko V.S., Babich N.S., Babich M.D., Kasimenko L.M. Logistics of inventory management at a machine-building enterprise // Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences. 2022. No. 1. pp. 37-42.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чеботарев Станислав Стефанович, д.э.н., профессор, главный научный сотрудник, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия, e-mail: StSt57@yandex.ru

Stanislav S. Chebotarev, Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher, Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.

Хайтбаев Валерий Абдурахманович, д.э.н., профессор, профессор, Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия. E-mail: vhaitbaev21@mail.ru

Valery A. Khaitbaev, Doctor of Economics, Professor, Professor, Samara State University of Railway Engineering, Samara, Russia.

Бутченко Виктор Викторович, аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия, Vvb1977@rambler.ru

Viktor V. Butchenko, postgraduate student, Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.

Статья поступила в редакцию 17.07.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 17.07.2024; published online 20.09.2024.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА,
СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА**
**OPERATION OF WATER TRANSPORT, NAVIGATION AND
SAFETY OF NAVIGATION**

УДК 338.47

DOI: 10.37890/jwt.vi80.522

**Возможности формирования зоны территориального
развития «Ветлуга – Сура». Некоторые направления для
развития водного туризма и инфраструктуры**

С.Д. Гордлеев¹

ORCID: 0000-0003-0053-0506

О.Л. Трухинова^{1,2}

ORCID: 0000-0002-3423-9058

Л.М. Лапшин¹

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

²*Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва,
Россия*

Аннотация. В статье предлагается создание зоны территориального развития «Ветлуга-Сура» в Приволжском федеральном округе, целью которой должны стать рост экономического уровня отдаленных районов, повышение уровня жизни населения, а также увеличение количества жителей как вдоль берегов рек Ветлуга и Сура, так и на примыкающих к ним территориях области. В рамках зоны территориального развития предусматриваются государственные инвестиции в транспортную инфраструктуру, включая создание судовых ходов на реках Ветлуга и Сура. В связи с этим ожидается широкий спектр инвестиционных проектов, направленных на развитие туристического кластера, а также промышленности, сельского хозяйства и других отраслей в регионе. Значимым результатом реализации зоны территориального развития «Ветлуга-Сура» может стать возрождение пассажирских и грузовых перевозок на малых реках региона. Создание зоны территориального развития "Ветлуга-Сура" предлагается в качестве пилотного проекта для отработки модели территориального развития на основе возрождения малых рек и последующего применения в более чем 20 других регионах.

Ключевые слова: зона территориального развития, малые реки, туристический кластер, круизный маршрут, «Ветлуга-Сура», водный туризм, инвестиции, речная инфраструктура.

**Possibilities of forming a territorial development zone «Vetluga –
Sura». Some directions for the development of water tourism and
infrastructure**

Sergey D. Gordleev¹

ORCID: 0000-0003-0053-0506

Olga L. Trukhinova^{1,2}

ORCID: 0000-0002-3423-9058

Leonid M. Lapshin

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

²*Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia*

Abstract. The article proposes the creation of a territorial development zone «Vetluga-Sura» in the Volga Federal District, the purpose of which should be to increase the economic level of remote areas, improve the standard of living of the population, as well as increase the number of residents both along the banks of the Vetluga and Sura rivers and in the adjacent territories of the region. Within the framework of the territorial development zone, public investments in transport infrastructure are envisaged, including the creation of ship passages on the Vetluga and Sura rivers. In this regard, a wide range of investment projects aimed at the development of the tourism cluster, as well as industry, agriculture and other industries in the region are expected. A significant result of the implementation of the Vetluga-Sura territorial development zone may be the revival of passenger and freight traffic on small rivers in the region. The creation of the Vetluga-Sura territorial development zone is proposed as a pilot project to develop a model of territorial development based on the revival of small rivers and subsequent application in more than 20 other regions.

Keywords: territorial development zone, small rivers, tourist cluster, cruise route, «Vetluga-Sura», water tourism, investments, river infrastructure.

Введение

В современных условиях неравномерность экономического и социального развития территорий, расположенных вдоль малых рек, является важной проблемой. Одними из важнейших государственных задач являются обеспечение территориальной связанности и гармоничное развитие всех регионов страны. Ключевым инструментом в их решении выступает политика пространственного развития. Ставка на преимущественное развитие миллионных городских агломераций не оправдывает себя, вызывая дисбаланс в социальных и экономических условиях жизни населения огромных территорий России и способствуя усугублению крайне острой демографической проблемы.

Выходом из сложившейся ситуации является системный подход к организации и формированию зон территориального развития и территориальных кластеров, в том числе туристских [1].

Исследования в направлении использования малых рек [2, 3] показали, что существует значительный потенциал для активизации экономической жизни прежде всего в районах нахождения речной инфраструктуры.

Методы

Современная общенаучная системная методология и совокупность экономических методов составили основу исследования: системное и экономическое моделирование, экономический анализ, математические и статистические методы, контент-анализ и другие методы сбора и обработки информации. Информационная база исследования включала законодательные, нормативно-правовые акты и программные документы, материалы экономических и периодических изданий, аналитические и статистические обзоры и отчеты, научные публикации, экспертные мнения.

Результаты

Рассмотрим возможности использования такого механизма как зона территориального развития (далее – ЗТР) «Ветлуга-Сура» с целью подъема экономики отдаленных районов Нижегородской области и возврата судоходства на нижнее течение рек Ветлуга и Сура.

Вдоль этих рек расположены районы, очень быстро теряющие население. В Нижегородской области к ним относятся 3 муниципальных округа (Пильнинский, Краснобаковский, Воскресенский), и один городской округ (Воротынский), которые в настоящее время испытывают большие трудности и стоят на последних позициях рейтинга социально-экономического развития территорий области (Таблица 1). (по данным Минэкономразвития Нижегородской области¹²).

Таблица 1

Уровень социально-экономического развития районов вдоль рек Ветлуга и Сура на основе рейтинга развития территорий области¹

Муниципальный (городской) округ	Место в рейтинге
м.о. Пильнинский	29
м.о. Краснобаковский	37
г.о. Воротынский	41
м.о. Воскресенский	43

Как показывают исследования [4, 5, 6, 7], решение проблем, обусловленных отставанием социально-экономического развития муниципальных образований возможно с помощью такого инструмента государственной политики территориального развития, как ЗТР.

Зона территориального развития в соответствии с Федеральным законом от 03.12.2011 № 392-ФЗ «О зонах территориального развития в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» представляет собой «часть территории субъекта РФ, на которой в целях ускорения социально-экономического развития субъекта путем формирования благоприятных условий для привлечения инвестиций в его экономику резидентам зоны территориального развития предоставляются меры государственной поддержки» (далее – Федеральный закон № 392-ФЗ). При этом такие зоны могут создавать только те регионы, которые включены в периодически выпускаемые Постановления Правительства (не реже одного раза в 3 года).

В таблице 2 показаны субъекты РФ, которые входят в действующий Перечень «ЗТР» по последнему Постановлению Правительства РФ от 17.03.2023 г. № 407¹³ (цветом выделены показатели регионов, в которых наблюдается снижение количества населения).

¹² Итоги оценки социально-экономического развития муниципальных районов, муниципальных и городских округов. Министерство экономического развития и инвестиций Нижегородской области. URL: <https://minec.nobl.ru/activity/2024/> (дата обращения 05.04.2024).

¹³ Постановление Правительства Российской Федерации от 17.03.2023 г. № 407 "Об утверждении перечня субъектов Российской Федерации, на территориях которых допускается создание зон территориального развития и о внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2013 г. № 115"

Таблица 2

Динамика населения субъектов РФ, включенных в перечень по созданию ЗТР за 2002-2023 гг., тыс. чел.¹⁴

Наименование субъектов РФ	2002	2010	2020	2023	2023 к 2002, %
Респ. Алтай	202,9	206,2	210,8	210,8	3,89
Респ. Бурятия	981	972	978	974,6	-0,65
Респ. Дагестан	2584,2	2910,2	3186,9	3209,8	24,21
Респ. Ингушетия	468,9	412,5	511,3	519,1	10,71
Респ. Калмыкия	292,4	289,5	266,4	264,5	-9,54
Респ. Карелия	716,7	643,5	532,4	527,9	-26,34
Респ. Сев. Осетия - Алания	709,9	713	685,4	680,7	-4,11
Респ. Тыва	305,5	307,9	336,2	337,3	10,41
Респ. Кабардино-Балкария	900,5	860	904,3	903,3	0,31
Респ. Карачаево-Черкесия	439,7	477,9	469,1	468,4	6,53
Респ. Чечня	1100,3	1269	1514,6	1533,2	39,34
Забайкальский край	1165,4	1107,1	1000,5	992,4	-14,84
Камчатская обл. (2020г-край)	358,8	322,1	292,6	288,7	-19,54
Приморский край	2068,2	1956,5	1842	1820,1	-12,00
Республика Коми*	1 057	911	726	726,4	-31,28
Ивановская область	1148,9	1061,6	924,1	914,7	-20,38
Курганская область	1019,9	910,8	772,3	761,6	-25,33
Магаданская область	182,7	157	135,9	134,3	-26,49
Псковская область	760,9	673,4	596,9	587,8	-22,75
Еврейская автономная область	190,9	176,6	149,6	147,5	-22,73

Проведем сравнение показателей указанных регионов с рассматриваемыми районами Нижегородской области. По данным статистики, за последние годы наблюдаются более значительные потери населения в четырех округах Нижегородской области вдоль Ветлуги и Суры по сравнению с регионами, перечисленными в Постановлении Правительства (кроме Республики Коми)³ (таблица 2).

Таблица 2

Динамика населения Нижегородской области и районов в предлагаемой ЗТР «Ветлуга-Сура» за 2002-2023 гг., тыс.чел.

Наименование округа Нижегородской области	2002	2010	2020	2023	2023 к 2002, %
Нижегородская обл. в целом	3524	3310,6	3202,9	3081,8	-12,55
Воскресенский	25,1	21,6	16,7	16,2	-35,46
Краснобаковский	26	22,5	19,1	18,8	-27,69
Воротынский	21,8	19,4	14,1	13,6	-37,61
Пильнинский	25,4	22	18,6	18,3	-27,95

На рисунке 1 представлена диаграмма изменения населения в рассматриваемых районах Нижегородской области. Как видно, за последние 20 лет количество жителей

¹⁴ Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13282?print=1> (дата обращения 05.04.2024).

вдоль берегов малых рек Ветлуга и Сура неуклонно падает. Это подтверждает необходимость поднимать вопрос о создании ЗТР «Ветлуга-Сура» в Нижегородской области.

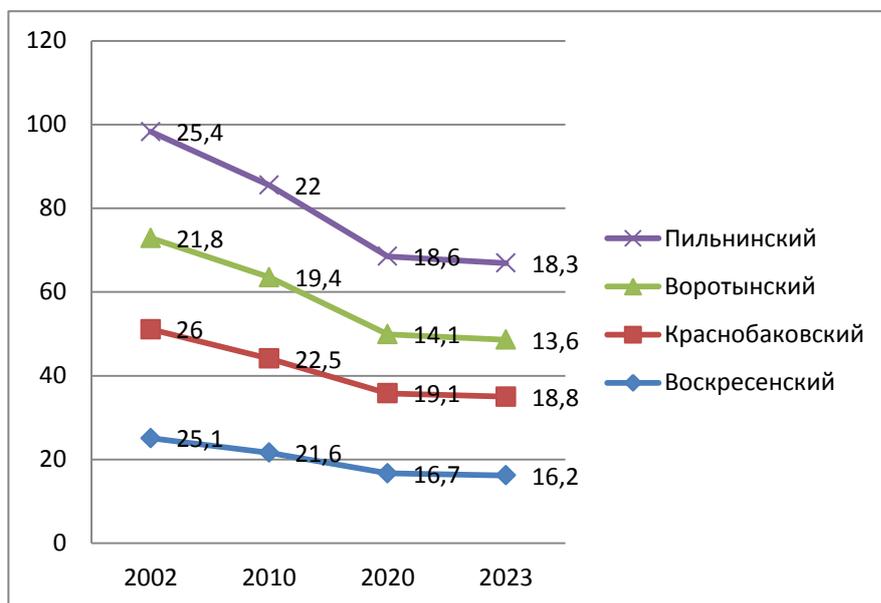


Рис.1. Изменение за 2002-2023 гг. количества населения в проблемных по социально-экономическому развитию районах Нижегородской области вдоль рек Ветлуга и Сура³

Решение масштабной цели по реализации ЗТР "Ветлуга-Сура" невозможно без опоры на государственное финансирование для создания необходимой транспортной инфраструктуры, подъема промышленности и сельского хозяйства.

Федеральным законом 392-ФЗ (Статья 13) предусмотрены для ЗТР следующие меры государственной поддержки:

- государственное финансирование объектов инженерной, транспортной и иных инфраструктур (к таким объектам, очевидно, можно отнести и необходимые гидротехнические сооружения для создания надёжных судовых ходов, например, 6-й категории (под осадку судов до 1м), а также других инфраструктурных объектов на малых реках Ветлуга и Сура);
- бюджетные ассигнования Инвестфонда РФ;
- создание объектов капитального строительства в области энергетики, транспорта;
- предоставление резидентам в аренду земельных участков;
- налоговые льготы и инвестиционный налоговый кредит;
- государственные гарантии по кредитам;
- субсидии бюджетам субъектов в целях поддержки юридических лиц и индивидуальных предпринимателей;
- иные меры государственной поддержки в соответствии с законодательством.

Круизный туризм — один из сегментов, который оказывает огромное влияние на местную экономику [8, 9]. Он является уникальным явлением, поскольку представляет четыре стороны туристической индустрии: транспорт, размещение, достопримечательности и туры. И что немаловажно — дает комплексный экономический эффект.

Таким образом, драйвером ЗТР должен стать запуск круизного маршрута «Ветлуга-Сура», в котором предусмотрен постепенный ввод в эксплуатацию от 1 до 7 судов на 60 мест (турпоток – до 7,5 тыс. чел в год, до 60 тыс. чел-дней) (рисунок 2). Протяженность маршрута составляет 1110 км, от п. Ветлужский до п. Алатырь. Круиз рассчитан на 7 суток, охватывает уникальные береговые исторические и природные достопримечательности, расположенные по берегам рек. На маршруте предусматривается 12 экскурсионных и 7 «зеленых» стоянок.



Рис.2. Карта маршрута «Ветлуга-Сура» с указанием основных остановочных пунктов

В качестве предварительной оценки социально-экономического эффекта от реализации ЗТР «Ветлуга-Сура» можно привести расчеты по круизному маршруту по рекам Ветлуга и Сура, которые показывают эффективность как для частного бизнеса, так и для бюджета.

По минимальным оценкам будут созданы 138 дополнительных рабочих мест, поступления бюджета составят 680 млн руб.

Кроме того, ожидаются:

- повышение спроса на «речные» специальности;

- увеличение «загрузки» музеев и экскурсоводов;
- увеличение торговли сувенирами и изделиями «народных промыслов»;
- значительное увеличение сервисных услуг;
- возможность создания новых видов услуг (концерты, фестивали, новые местные мероприятия, сувениры) и др.

Водный туризм на маршруте Ветлуга-Сура предполагает развитие туристской дестинации, что означает совокупность культурных, этнографических, природных ценностей, присущих данной территории, а также услуг и средств, способных удовлетворить потребности туристов [10, 11, 12] (в предыдущих исследованиях было собрано большое количество действующих и возможных точек привлекательности для туристов на данном маршруте, в том числе обновление действующих музеев и создание новых [2]).

При этом ключевым фактором является развитие речной инфраструктуры, например, создание гидротехнических сооружений для обеспечения необходимых для судоходства глубин, а также разработанные проекты эко-систем на воде [13]. Последние могут использоваться, с одной стороны, в качестве инновационных «футуристических» объектов для привлечения туристов, а с другой стороны, как мини-гостиницы, оборудованные стоянками для отдыха.



Рис.3. Эко-системы на основе плавучих объектов (разработка и дизайн Глазкова Д.А.) [13]

Для внедрения всех преимуществ ЗТР как инструмента, стимулирующего рост и развитие стагнирующих территорий в регионе, предлагается разработать Программу «Комплексное развитие отдалённых районов Нижегородской области за счёт применения инструмента Зоны территориального развития «Ветлуга – Сура». Она должна обеспечить многостороннее воздействие на социально-экономическое состояние региона, включая:

1. Развитие транспортно-логистической системы.
2. Развитие природопользования, сельского и лесного хозяйства.
3. Развитие промышленности.
4. Развитие связи и взаимодействия жителей разных территорий.
5. Подготовка специалистов и закрепление их на местах.

6. Развитие коммунального хозяйства и других видов сервиса и услуг.

7. Развитие культурного пространства для жизни и туризма.

8. Развитие обеспечения электроэнергией и газообеспечения.

Предполагаемые участники Программы «Комплексное развитие отдалённых районов Нижегородской области за счёт применения инструмента Зоны территориального развития «Ветлуга – Сура» изображены на рисунке 4. К ним относятся: Минэкономразвития РФ, Минэкономразвития и другие министерства Нижегородской области, Проектный офис Правительства Нижегородской области, администрации муниципальных округов (Краснобаковского, Воскресенского, Воротынского и Пильнинского), ФБУ «Администрация Волжского бассейна внутренних водных путей», ВГУВТ, другие вузы, проектные организации и прочие стейкхолдеры.



Рис.4. Организации-участники программы «Комплексное развитие отдалённых районов Нижегородской области за счёт применения инструмента Зоны территориального развития «Ветлуга – Сура»

В соответствии с системным подходом необходимо отметить, что участники любой социально-экономической системы выполняют определенные функции, обусловленные их ролью в данной системе [14] (таблица 3).

Подготовка такой Программы на основе разработок Волжского государственного университета водного транспорта с привлечением других вузов и проектных организаций области, утверждение этой Программы руководством Нижегородской области, включение в очередное Постановление Правительства Российской Федерации по ЗТР и последующая реализация может стать значительным вкладом в развитие отстающих территорий и районов нашей области и других регионов.

Процесс подготовки и реализации такой Программы позволит осуществить разработку общероссийской методики восстановления судоходства на малых реках, что будет способствовать развитию речного транспорта, водного туризма, а также судостроения для малых рек с помощью методической поддержки таких проектов в российских регионах.

Таблица 3

Анализ конфигурации интересов участников Программы «Комплексное развитие отдалённых районов Нижегородской области за счёт применения инструмента Зоны территориального развития «Ветлуга – Сура»

Участники (заинтересованные стороны)	Их интерес в проекте (положительные и отрицательные аспекты)	Условия заинтересованности сторон в решении проблемы	Возможное участие (возможная роль)
Минэкономразвития РФ	Вклад в экономику страны, обеспечение гармоничного развития всех территорий РФ	Соблюдение законодательства; поддержка интересов государства	Руководитель, собственник ресурсов
Минэкономразвития и др. министерства Нижегородской области	Развитие региона, поддержка отсталых районов области, получение государственной помощи для этих целей	Соблюдение законодательства; поддержка интересов государства и компаний области	Руководитель, собственник ресурсов
Проектный офис Правительства Нижегородской области	Формирование перечня приоритетных проектов в рамках Программы и оценка их реализации, получение финансирования и государственной поддержки для их осуществления	Обеспечение координации реализации приоритетных проектов в рамках Программы. Успешное выполнение проектов.	Руководитель
Администрации муниципальных округов	Развитие туризма может способствовать развитию округа и улучшению условий жизни местного населения. Необходимость инвестиций в развитие инфраструктуры, риск негативного воздействия на окружающую среду.	Разработка стратегии развития туризма, привлечение инвестиций, контроль за соблюдением экологических стандартов.	Пользователь
ВГУВТ, вузы, проектные и научные организации	Участие в создании туристических маршрутов, предоставление консультационных услуг, проектирование и разработка речной инфраструктуры, новых типов судов. Получение компетенций.	Получение финансирования на выполнение научно-исследовательских и проектных работ.	Исполнители

Участники (заинтересованные стороны)	Их интерес в проекте (положительные и отрицательные аспекты)	Условия заинтересованности сторон в решении проблемы	Возможное участие (возможная роль)
	Повышение имиджа.		
Туристические компании и предприниматели	Расширение клиентской базы, развитие новых направлений, увеличение доходов. Необходимость инвестиций в развитие инфраструктуры, конкуренция с другими компаниями	Прибыль от предоставления туристических услуг, получение государственной поддержки для инвестирования в развитие инфраструктуры.	Исполнители
Местные жители и сообщества	Возможность создания новых рабочих мест, повышение доходов от туризма, улучшение инфраструктуры и услуг. Возможное увеличение нагрузки на природные ресурсы, изменение образа жизни из-за туристического потока.	Получение доходов от предоставления услуг для туристов, защита природной среды.	Целевая группа

Таким образом, с помощью реализации Программы «Комплексное развитие отдалённых районов Нижегородской области за счёт применения инструмента Зоны территориального развития «Ветлуга – Сура» предполагается решение следующих задач:

1. Создание туристского кластера.
2. Создание судовых ходов с гарантированной глубиной.
3. Создание речной инфраструктуры.
4. Разработка модели развития отстающих округов области.
5. Апробация механизма оживления малых рек.

Заключение

Создание ЗТС "Ветлуга-Сура" предлагается в качестве пилотного проекта для отработки модели территориального развития на основе возрождения малых рек и последующего применения в более чем 20 других регионах. В случае успешного функционирования ЗТР с опорой на восстановление судоходства в Нижегородской области, а также в Республике Чувашия и Марий Эл, будет отработана методика для оживления и других регионов вдоль малых рек.

Обобщение полученных результатов позволит приблизиться к созданию универсальной модели территориального развития на основе возрождения малых рек для достижения стратегических государственных целей по дальнейшему пространственному развитию России на основе формирования новых центров роста в регионах.

Список литературы

1. Зигерн-Корн Н. В. Теоретическое обоснование государственной политики пространственного развития сферы туризма // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2019. – № 2. – С. 30–39. DOI: 10.18384/2310-7189-2019-2-30-39
2. Корнилов И.А., Трухинова О.Л. Новые горизонты для круизного туризма России: малые реки на примере маршрута Ветлуга-Сура // «Соискатель» - приложение к журналу «Мир транспорта». Москва: изд. МИИТ. – 2023. – № 3 (14). – С. 95-97.
3. Сергеев С.Н., Уртминцев Ю.Н., Железнов С.В., Малышкин А.Г. Концептуальная модель оценки целесообразности развития воднотранспортных систем на водных путях местного значения // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – Нижний Новгород: изд. ВГУВТ. – 2019. – № 60. – С. 159-172.
4. Педанов, Б.Б., Арумова Е.С. Эволюция особых экономических зон как инструмента территориального развития // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 10 (159). – С. 554-557.
5. Рюмшина Я.Е. Роль территориальных "точек роста" в социально-экономическом развитии регионов // Молодежный вестник УГАТУ. – 2022. – № 1 (26). – С. 130-135.
6. Завгородний А.Ф. Зарубежный и российский опыт функционирования особых экономических зон // Проблемы современной экономики. – 2022. – № 2 (82). – С. 70-72.
7. Folgado-Fernández J.A., Hernández-Mogollón J.M., Di-Clemente E., Campón-Cerro A.M. Water Tourism: A New Strategy for the Sustainable Management of Water-Based Ecosystems and Landscapes in Extremadura (Spain) / Land, 2019. 8 (1): 2; DOI:10.3390/land8010002.
8. Agaeva N.Yu., Shchetilina I.P., Kovaleva E.N. Cruise tourism as a factor of sustainable development of the territories of the Russian Federation // E3S WEB OF CONFERENCES. International Scientific Forum on Sustainable Development and Innovation (WFSDI 2021). 2021. С. 01041.
9. Косарева Н.В. Трансформация речного круизного туризма как приоритет развития внутреннего туризма России // Туризм - будущее и современность. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под научной редакцией Д.В. Смирнова, Н.В. Косаревой, сост. Н.В. Косарева, Д.В. Смирнов. Москва, 2023. – С. 62-67.
10. Буряшева Л.А. Газгиреева Л.Х., Гончарова Е.Н. Сущность и содержание туристской дестинации: подходы к определению // Университетские чтения-2019. Материалы научно-методических чтений ПГУ. Редакционная коллегия: А.П. Горбунов, З.А. Заврумов (отв. ред.), Ю.Ю. Гранкин, Н.В. Барышников, И.В. Боязитова, А.А. Буров, Ю.А. Дубовский, В.Н. Панин, Л.Л. Супрунова, Л.В. Лидак, 2019. – С. 31-37.
11. Черноморец А.Б., Шевченко А.В. Нишевые и уникальные туристские продукты как актуальный тренд развития и брендинга туристских дестинаций в регионах России // Экономический вектор. – 2023. – № 3 (34). – С. 44-49.
12. Moliner M.A., Hernández-Lobato L., Fandos Roig J.C., Solis-Radilla M.M. Destination image and tourist motivations as antecedents of tourist engagement / 2023 International Journal of Tourism Cities 10(5). DOI:10.1108/IJTC-09-2022-0214
13. Глазков Д.А., Трухинова О.Л. Комплекс плавучих объектов для туристических экосистем // «Соискатель» - приложение к журналу «Мир транспорта». Москва: изд. МИИТ. – 2023. – № 3 (14). – С. 92-94.
14. Щепетова С.Е. К вопросу о системных исследованиях социально-экономической сферы // Системный анализ в проектировании и управлении. Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 126-139.

References

1. Zigern-Korn N. V. Teoreticheskoye obosnovaniye gosudarstvennoy politiki prostranstvennogo razvitiya sfery turizma [Theoretical substantiation of the state policy of spatial development of the tourism sector] / Bulletin of the Moscow State Regional

- University. Series: Natural Sciences. 2019. N 2. pp. 30-39. DOI: 10.18384/2310-7189-2019-2-30-39 (In Russ).
2. Kornilov I.A., Trukhinova O.L. Novyye gorizonty dlya kruiznogo turizma Rossii: malye reki na primere marshruta Vetluga-Sura [New horizons for cruise tourism in Russia: small rivers using the example of the Vetluga-Sura route] / "Applicant" - supplement to the magazine "World of Transport". Moscow: ed. MIIT. 2023. No. 3 (14). - pp. 95-97. (In Russ).
 3. Sergeev S.N., Urtmintsev Yu.N., Zheleznov S.V., Malyshkin A.G. Kontseptual'naya model' otsenki tselesoobraznosti razvitiya vodnotransportnykh sistem na vodnykh putyakh mestnogo znacheniya [Conceptual model for assessing the feasibility of developing water transport systems on local waterways] // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. Nizhny Novgorod: ed. VSUVT. 2019. No. 60. P. 159-172. (In Russ).
 4. Pedanov, B.B., Arumova E.S. Evolyutsiya osobykh ekonomicheskikh zon kak instrumenta territorial'nogo razvitiya [The evolution of special economic zones as a tool for territorial development] / Economics and Entrepreneurship. 2023. No. 10 (159). pp. 554-557. (In Russ).
 5. Ryumshina Ya.E. Rol' territorial'nykh "tochek rosta" v sotsial'no-ekonomicheskom razvitii regionov [The role of territorial "growth points" in the socio-economic development of regions] / Youth Bulletin of UGATU. 2022. No. 1 (26). pp. 130-135. (In Russ).
 6. Zavgorodniy A.F. Zarubezhnyy i rossiyskiy opyt funktsionirovaniya osobykh ekonomicheskikh zon [Foreign and Russian experience in the functioning of special economic zones] / Problems of modern economics. 2022. No. 2 (82). pp. 70-72. (In Russ).
 7. Folgado-Fernández J.A., Hernández-Mogollón J.M., Di-Clemente E., Campón-Cerro A.M. Water Tourism: A New Strategy for the Sustainable Management of Water-Based Ecosystems and Landscapes in Extremadura (Spain) / Land, 2019. 8 (1): 2; DOI:10.3390/land8010002.
 8. Agaeva N.Yu., Shchetilina I.P., Kovaleva E.N. Cruise tourism as a factor of sustainable development of the territories of the Russian Federation // E3S WEB OF CONFERENCES. International Scientific Forum on Sustainable Development and Innovation (WFSDI 2021). 2021. C. 01041.
 9. Kosareva N.V. Transformatsiya rechnogo kruiznogo turizma kak prioritet razvitiya vnutrennego turizma Rossii [Transformation of river cruise tourism as a priority for the development of domestic tourism in Russia] / Tourism - the future and the present. Collection of materials of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation. Scientifically edited by D.V. Smirnova, N.V. Kosareva, comp. N.V. Kosareva, D.V. Smirnov. Moscow, 2023. P. 62-67. (In Russ).
 10. Burnyasheva L.A. Gazgireeva L.Kh., Goncharova E.N. Sushchnost' i sodержaniye turistskoy destinatsii: podkhody k opredeleniyu [The essence and content of a tourist destination: approaches to definition] / University Readings-2019. Materials of scientific and methodological readings of PSU. Editorial Board: A.P. Gorbunov, Z.A. Zavrumov (chief editor), Yu.Yu. Grankin, N.V. Baryshnikov, I.V. Boyazitova, A.A. Burov, Yu.A. Dubovsky, V.N. Panin, L.L. Suprunova, L.V. Lidak, 2019. pp. 31-37. (In Russ).
 11. Chernomorets A.B., Shevchenko A.V. Nishevyye i unikal'nyye turistskiye produkty kak aktual'nyy trend razvitiya i brendinga turistskikh destinatsiy v regionakh Rossii [Niche and unique tourist products as a current trend in the development and branding of tourist destinations in the regions of Russia] / Economic vector. 2023. No. 3 (34). pp. 44-49. (In Russ).
 12. Moliner M.A., Hernández-Lobato L., Fandos Roig J.C., Solis-Radilla M.M. Destination image and tourist motivations as antecedents of tourist engagement / 2023 International Journal of Tourism Cities 10(5). DOI:10.1108/IJTC-09-2022-0214
 13. Glazkov D.A., Trukhinova O.L. Kompleks plavuchikh ob'yektov dlya turisticheskikh ekosistem [Complex of floating objects for tourist eco-systems] / "Applicant" - supplement to the magazine "World of Transport". Moscow: ed. MIIT. 2023. No. 3 (14). pp. 92-94.
 14. Shchepetova S.E. K voprosu o sistemnykh issledovaniyakh sotsial'no-ekonomicheskoy sfery [On the issue of systemic research in the socio-economic sphere] / System analysis in design and management. Collection of scientific papers of the XXII International Scientific and Practical Conference. - 2018. - pp. 126-139.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гордлеев Сергей Дмитриевич, Начальник УННИД, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: gordleev@vsawt.com

Sergey D. Gordleev, Head of UNNID, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: gordleev@vsawt.com

Трухинова Ольга Леонидовна, к.э.н., доцент кафедры Бухгалтерского учета, анализа и финансов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5; старший преподаватель кафедры Системный анализ в экономике, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ»), 125993 (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский просп., 49, e-mail: truhinova@mail.ru

Olga L. Trukhinova, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Finance Volga State University of Water Transport (VSUWT), 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951; Senior lecturer of the Department of System Analysis in Economics Financial University under the Government of the Russian Federation, 49, Leningradsky prospect, Moscow, Russia, 125993, e-mail: truhinova@mail.ru

Лапшин Леонид Михайлович, м.н.с. Центра стратегического развития внутренних водных путей, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: lm.lapshin@mail.ru

Leonid M. Lapshin, junior researcher Center for the Strategic Development of Inland Waterways, Volga State University of Water Transport, 603951, Nizhny Novgorod, st. Nesterova, 5, e-mail: lm.lapshin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 31.05.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 31.05.2024; published online 20.09.2024.

УДК 629.5.015.3

DOI: 10.37890/jwt.vi80.523

Синтез алгоритма динамического позиционирования для колесного судна

Л.С. Грошева

В.И. Плющаев

ORCID: 0000-0001-6120-3782

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

Аннотация. В работе выполнен анализ показателей управляемости судна с колесным движительно-рулевым комплексом и азимутальным подруливающим устройством с целью выявления возможности разработки высокоточных алгоритмов управления, таких как задача динамического позиционирования. Рассмотрено влияние параметров колесно - движительного рулевого комплекса и азимутального подруливающего устройства на динамику судна, выявлены области управляемости судна при различных параметрах движителей. Изучено влияние на динамику судна внешнего ветрового воздействия, во многом определяющем его динамику ввиду конструктивных особенностей (малая осадка, плоское дно, большая парусность). Определены области управляемости судна в условиях внешнего воздействия при изменении параметров ветра (силы и направления), так и параметров движителей при отдельном и совместном использовании движителей. Синтезирован алгоритм динамического удержания судна в заданной точке при ветровом воздействии при сохранении заданного положения корпуса. Алгоритм динамического позиционирования представляет собой два параллельных процесса. Первый – возвращение центра масс судна, сместившегося под действием внешних воздействий, в заданную точку за счет колесного движительно – рулевого комплекса. Второй – поддержание заданной ориентации корпуса судна с использованием азимутального подруливающего устройства. Компьютерное моделирование подтвердило высокие качественные показатели предложенного алгоритма управления.

Ключевые слова: колесно-движительный рулевой комплекс, динамические характеристики судна, ветровое воздействие, алгоритмы управления, алгоритмы управления, динамическое позиционирование.

Synthesis of a dynamic positioning algorithm for wheeled boats

Ludmila S. Grosheva

Valery I. Plyushchaev

ORCID : 0000-0001-6120-3782

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The work analyzes the controllability indicators of a vessel with a wheeled propulsion-steering complex and an azimuth thruster in order to identify the possibility of developing high-precision control algorithms, such as the dynamic positioning task. The influence of the parameters of the wheel-propulsion steering complex and the azimuth thruster on the dynamics of the vessel is considered, and the areas of controllability of the vessel are identified for various propulsion parameters. The influence on the dynamics of the vessel of external wind influence, which has a great influence on the dynamics of the vessel due to its design features (shallow draft, flat bottom, large windage), has been studied. The areas of controllability of the vessel under conditions of external influence when changing

wind parameters (force and direction) and parameters of propulsors with separate and joint use of propulsors are determined. An algorithm for dynamically holding a vessel at a given point under wind influence while maintaining a given hull position has been synthesized. The dynamic positioning algorithm consists of two parallel processes. The first is the return of the center of mass of the vessel, which has shifted under the influence of external influences, to a given point due to the wheeled propulsion and steering complex. The second is maintaining a given orientation of the ship's hull using an azimuth thruster. Computer simulation confirmed the high quality indicators of the proposed control algorithm.

Keywords: wheel-propulsion steering complex, dynamic characteristics of the vessel, wind action, control algorithms, control algorithms, dynamic positioning.

Введение

В России в настоящее время эксплуатируется четыре пассажирских судна с инновационным колесным движительно-рулевым комплексом (КДРК), три из них прогулочные суда с водоизмещением 130 т и круизный пассажирский лайнер водоизмещением 900 т [1,2,3]. На пассажирском лайнере «Золотое кольцо» дополнительно установлено азимутальное подруливающее устройство (АПУ) [4]. Управление данным типом судов кардинально отличается от управления судном с традиционным винто-рулевым комплексом. У судна с КДРК отсутствует традиционный руль, маневрирование осуществляется за счет изменения соотношения между частотами вращения двух гребных колес, расположенных по бортам в кормовой части судна. Реализация приводов колес по схеме асинхронный двигатель – частотный преобразователь позволяют независимо и плавно регулировать частоту вращения каждого гребного колеса во всем допустимом диапазоне $n_{max} \geq n_{1,2} \geq n_{min}$. [5 - 7].

Повысить эффективность и безопасность эксплуатации судна позволяет компьютеризированная система управления судна (КСУ). КСУ представляет из себя распределенную систему, включающую в свой состав 2 взаимозаменяемых панельных компьютера на центральном пульте управления, 2 компьютера на крыльях ходового мостика», контроллеры для сбора информации и передачи управляющих воздействий (расположены в ходовой рубке, носовом отделении, машинном отделении и главном распределительном щите [8,9]. На экранных формах компьютеров (мнемосхемах) отображается состояние всех систем и агрегатов судна. Сенсорные экраны позволяют реализовать формирование управляющих воздействий (дистанционное управление). КСУ представляет из себя открытую для модернизации систему, позволяющую в процессе эксплуатации внедрять и отлаживать новые алгоритмы управления, например, удержания судна на заданной траектории, переход на новый курс, выполнение швартовых операций, динамическое удержание судна в заданной точке и пр.

Цель данной статьи – изучить потенциальные технические возможности КДРК и АПУ для реализации алгоритмов управления, а также предложить решение задачи динамического позиционирования колесного судна в заданной точке.

Влияние параметров КДРК и АПУ на динамику судна

Гребные колеса судов с КДРК имеют принципиальное отличие от гребных колес традиционного типа. Использование плиц аксиально-винтовой формы позволяет получить вектор тяги гребных колес судна направленным под углом α к диаметральной плоскости (ДП) судна. У гребных колес появляется поперечная составляющая вектора тяги, обеспечивающая хорошую поворотливость судна без традиционного руля [10]. На рис. 1 представлена расчетная схема для определения векторов тяги гребных колес. Здесь P_{k1} , P_{k2} , P – векторы тяги, соответственно,

левого и правого гребных колес (при частотах вращения n_1 и n_2), а также суммарный вектор тяги, угол γ – направление суммарного вектора тяги относительно ДП судна.

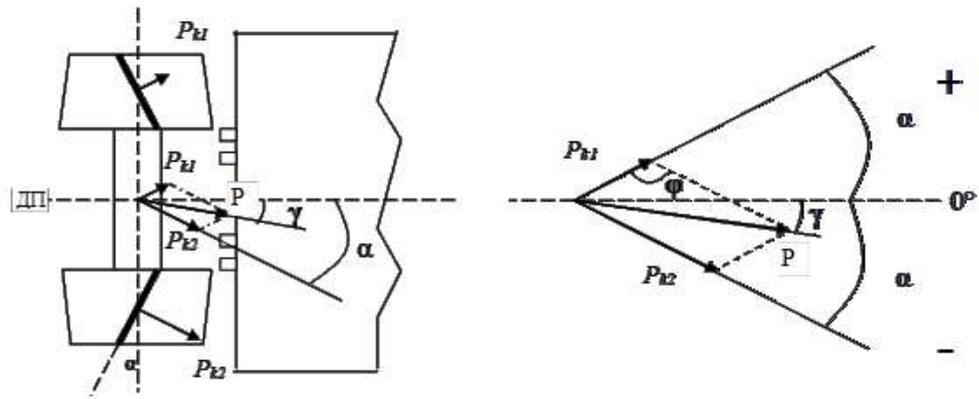


Рис. 1. Векторы тяги гребных колес для $n_2 > n_1$

Вектор тяги P и угол γ при вращении колес вперед можно вычислить как

$$P = \sqrt{P_{k1}^2 + P_{k2}^2 + 2 \cdot |P_{k1}| \cdot |P_{k2}| \cdot \cos(2 \cdot \alpha)};$$

$$\gamma = \alpha - \arcsin\left[\frac{|P_{k2}|}{|P|} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)\right]$$

или

$$\gamma = -\alpha + \arcsin\left[\frac{|P_{k1}|}{|P|} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)\right].$$

При вращении колес назад (с учетом снижения кпд) выражения для вычисления тяги и угла примут вид:

$$P = 0,9 \sqrt{P_{k1}^2 + P_{k2}^2 + 2 \cdot |P_{k1}| \cdot |P_{k2}| \cdot \cos(2 \cdot \alpha)}$$

$$\gamma = \pi + \alpha - \arcsin\left[\frac{|P_{k2}|}{|P|} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)\right]$$

или

$$\gamma = \pi - \alpha + \arcsin\left[\frac{|P_{k1}|}{|P|} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)\right].$$

При разнонаправленном вращении колес расчетные формулы имеют вид:

$$P = \sqrt{P_{k1}^2 + P_{k2}^2 - 2 \cdot |P_{k1}| \cdot |P_{k2}| \cdot \cos(2 \cdot \alpha)};$$

$$\gamma = \pi - \alpha - \arcsin\left[\frac{|P_{k1}|}{|P|} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)\right]$$

или

$$\gamma = 2\pi - \alpha - \arcsin\left[\frac{|P_{k1}|}{|P|} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)\right]$$

На рис.2а представлены значения максимальной суммарной тяги КДРК судна для различных углов α при нулевой скорости судна ($Vc \approx 0$). Максимальная тяга, развиваемая одним колесом, равна 71556 Н. Максимальный упор азимутального подруливающего устройства составляет 8200 Н (окружность 4 на рис. 2а).

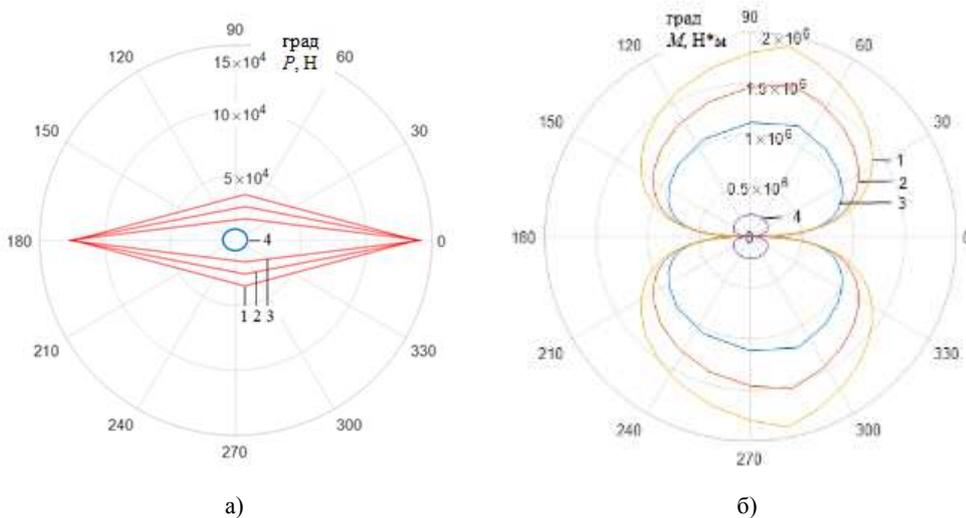


Рис. 2. Максимальные значения векторов тяги КДРК, АПУ (а) и максимальные значения крутящего момента КДРК, АПУ (б)
(1. $\alpha = 15^\circ$, 2. $\alpha = 11^\circ$, 3. $\alpha = 7^\circ$, 4. АПУ)

Моменты вращения, создаваемые КДРК при различных значениях угла α , показаны на рис. 2б. Увеличение угла α увеличивает поперечную составляющую вектора тяги, что обеспечивает повышение управляемости судна. Однако при этом несколько уменьшается продольная составляющая вектора тяги, которая определяет скорость судна. При совершении поворота судна на новый курс изменяют поперечную составляющую вектора тяги путем изменения соотношения частот вращения гребных колес

С уменьшением угла α радиус и время поворота будут увеличиваться. Для «Золотого кольца» $\alpha = 7^\circ$, и дальнейшие исследования динамики будут проведены для данного значения угла.

Для реализации алгоритмов динамического удержания судна в точке большое значение имеют динамические характеристики КДРК при нулевой скорости судна и различных значений частоты вращения колес (рис.3).

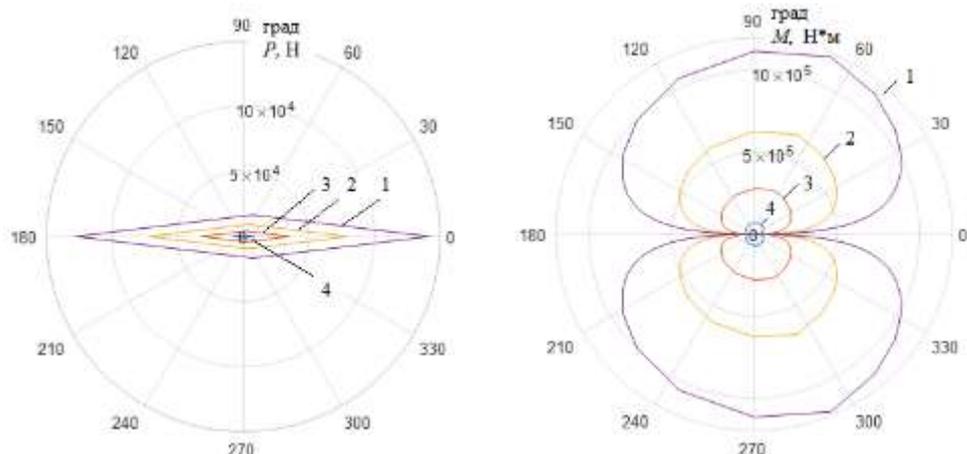


Рис. 3. Величина векторов тяги КДРК (а) и значения крутящего момента КДРК (б)
 1. $n = n_{max}$, 2. $n = 0.75n_{max}$, 3. $n = 0,5 n_{max}$, 4. $n = 0.25n_{max}$

При совместной работе КДРК и АПУ суммарный вращающий момент имеет более сложную конфигурацию по сравнению с рис. 3б. На рис. 4 представлен суммарный крутящий момент при работе КДРК, максимальным упором АПУ при различных углах направления вектора упора АПУ ($\varphi = 45^\circ$ и 90°). Здесь же приведена зависимость вращающего момента КДРК без учета АПУ (кривая 3). Как видно из графика, АПУ в состоянии не только увеличивать момент вращения, но и несколько снижать его, что может быть использовано при решении задачи динамического позиционирования.

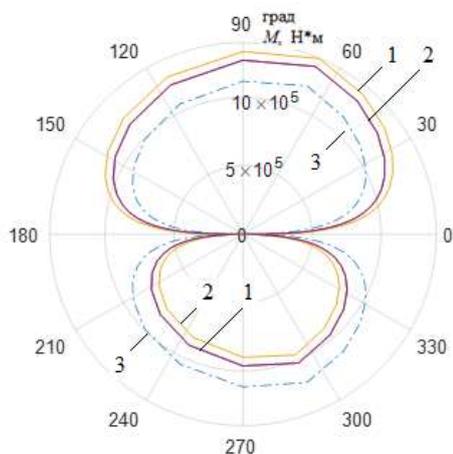


Рис. 4. Суммарный вращающий момент КДРК и АПУ для двух направлений вектора тяги АПУ:
 1. $\varphi = 90^\circ$; 2. $\varphi = 45^\circ$; 3. без учета АПУ

Влияние внешних факторов на динамику колесного судна

Ветер существенно влияет на качественные показатели управления [11-13]. Специфические характеристики судна «Золотое кольцо», а именно плоское дно, малая осадка, боковые и фронтальные проекции большой площади предопределяют значительное влияние ветровой нагрузки на динамику судна. В [14,15] предложена математическая модель судна с КДРК, а также приведена методика расчета ветрового

воздействия. На рис. 5 представлены результаты расчета ветровой нагрузки для различной скорости ветра $V_{\text{в}}$ при нулевой скорости судна. Здесь же приведен вращающий момент, вызванный ветровым воздействием.

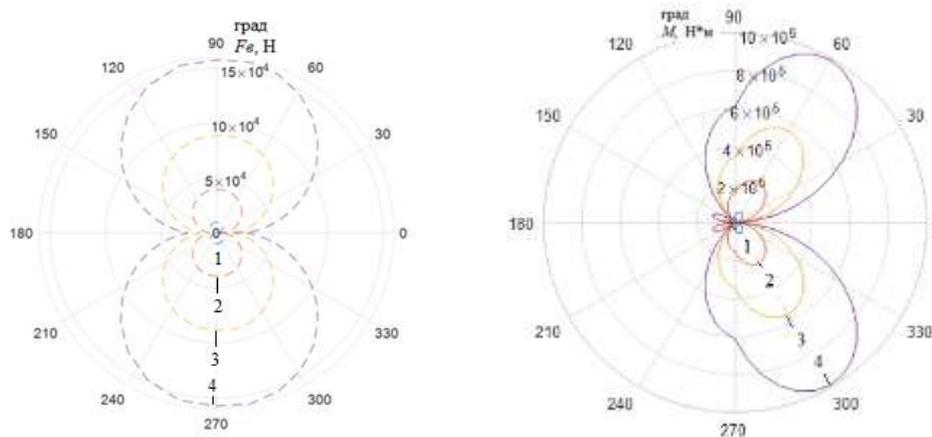


Рис. 5. Ветровое воздействие и вращающий момент, вызванный ветровым воздействием:
 1. $V_{\text{в}} = 5$ м/с; 2. $V_{\text{в}} = 10$ м/с; 3. $V_{\text{в}} = 15$ м/с; 4. $V_{\text{в}} = 20$ м/с

Полученные данные позволяют оценить область работоспособности создаваемых алгоритмов управления. На рис. 6 совмещены значения развиваемой тяги КДРК и сила ветрового воздействия. Большая парусность, малая осадка и плоское дно делают судно чувствительным к ветровому воздействию. При реализации алгоритма динамического удержания судна на точке КДРК способен обеспечить компенсацию ветрового воздействия для угла $\alpha = 7^\circ$ (направление вектора тяги гребных колес судна к диаметральной плоскости) при скорости ветра до 6 м/с (кривая 5 на рис. 6). Следует отметить, что в Нижегородской области по усредненным данным за последние 10 лет в мае-сентябре сила ветра фиксировалась в пределах 3,7 – 6 м/с [16]. При увеличении угла до $\alpha = 15^\circ$ можно компенсировать ветер до скорости 9 м/с (кривая 6 на рис.6). Совмещенные значения развиваемых КДРК, АПУ и силой ветрового воздействия вращающих моментов приведены на рис. 7. Потенциальные возможности КДРК и АПУ обеспечивают компенсацию вращающего момента ветрового воздействия, поскольку КДРК и АПУ находятся на значительном расстоянии от центра масс на корме и носу судна.

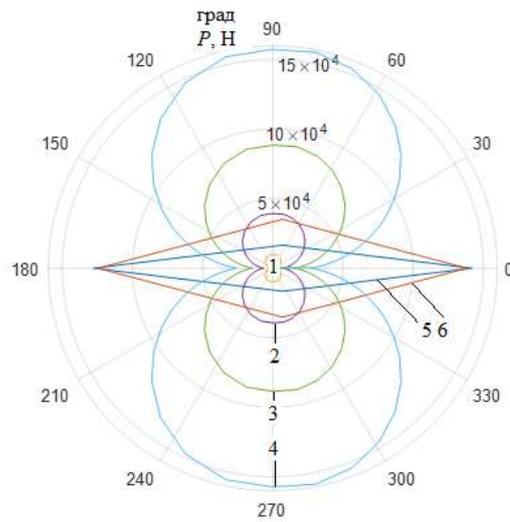


Рис. 6. Совмещенные значения развиваемой тяги КДРК и силы ветрового воздействия:
 1. $V_{в} = 5$ м/с; 2. $V_{в} = 10$ м/с; 3. $V_{в} = 15$ м/с; 4. $V_{в} = 20$ м/с

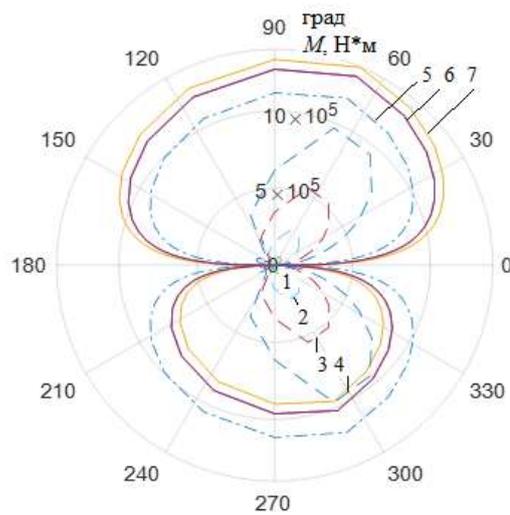


Рис. 7. Совмещенные значения развиваемых КДРК, АПУ и силой ветрового воздействия вращающихся моментов:
 1. $V_{в} = 5$ м/с; 2. $V_{в} = 10$ м/с; 3. $V_{в} = 15$ м/с; 4. $V_{в} = 20$ м/с; 5. Без АПУ;
 6. направление вектора упора АПУ $\varphi = 45^{\circ}$;
 7. направление вектора упора АПУ $\varphi = 90^{\circ}$

Однако следует напомнить, что результаты расчетов, приведенные на рис. 5 и 6 получены для $V_c \approx 0$.

При движении судна эффективность гребных колес и АПУ снижаются за счет уменьшения упора, что существенно снижает возможность компенсации ветрового воздействия. Результаты расчетов для $V_c = 4$ м/с (14,4 км/ч) приведены на рис. 8. Максимальная скорость судна составляет $V_c = 5$ м/с (18 км/ч).

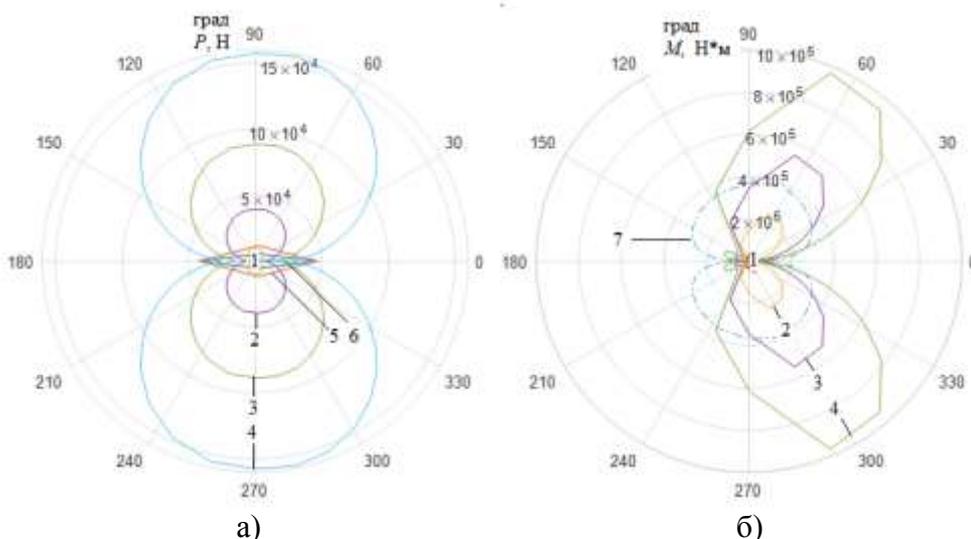


Рис. 8. Совмещенные значения развиваемой тяги КДРК и силы ветрового воздействия(а), а также создаваемых этими силами вращающих моментов(б):
 1. $V_{в} = 5$ м/с; 2. $V_{в} = 10$ м/с; 3. $V_{в} = 15$ м/с; 4. $V_{в} = 20$ м/с;
 5. $\alpha = 15^{\circ}$; 6. $\alpha = 7^{\circ}$; 7. – момент, создаваемый КДРК

Проведенный анализ потенциальных возможностей движительного комплекса судна (КДРК и АПУ) при ветровых воздействиях на корпус судна, позволяют сделать вывод о возможности реализации алгоритма динамического позиционирования судна на точке.

Синтез алгоритма удержания судна в заданной точке (алгоритм динамического позиционирования)

Алгоритм удержания судна в заданной точке можно представить в виде двух параллельных процессов. Первый процесс – возвращение судна (точнее центра масс судна), сместившегося под действием внешних воздействий, в заданную точку. КДРК судна может обеспечить перемещение судна в любом направлении (рис. 3), следовательно реализовать возврат судна в заданную точку. Второй процесс – поддержание заданной ориентации корпуса судна. Эта операция может быть выполнена АПУ судна.

Рассмотрим варианты формирования управляющих воздействий на приводы гребных колес для различных ситуаций. На рис. 9а заданная точка позиционирования имеет координаты X_0Y_0 , курс судна совпадает с направлением оси X . Ветер в правый борт, под действием которого судно смещается в точку X_1Y_1 (угол γ больше угла α). Для возврата судна в точку X_0Y_0 необходимо создать вектор тяги направленный к этой точке. При вращении правого колеса вперед создается вектор тяги P_{k2} , при вращении левого колеса назад создается вектор тяги P_{k1} .

Смещение центра масс судна и угол γ можно определить по формулам

$$|P_{01}| = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2}, \quad \gamma = \arcsin \frac{|(Y_1 - Y_0)|}{P}.$$

Соотношение

$$\frac{|P_{k2}|}{\sin(\gamma - \alpha)} = \frac{|P_{k1}|}{\sin(\pi - (\gamma + \alpha))} = \frac{|P|}{\sin(2\alpha)}$$

позволяет определить величину управляющего воздействия на колесные приводы как функцию от $|P|$:

$$|U_1| = -k_1 \cdot |P|, \quad k_1 = \frac{|\sin(\gamma + \alpha)|}{\sin(2\alpha)},$$

$$|U_2| = k_2 \cdot |P|, \quad k_2 = \frac{|\sin(\gamma - \alpha)|}{\sin(2\alpha)}.$$

Величина $|P|$ пропорциональна отклонению $|P_{01}|$ (чем больше отклонение, тем большую тягу необходимо создать), т.е.

$$|P| = k_p |P_{01}|.$$

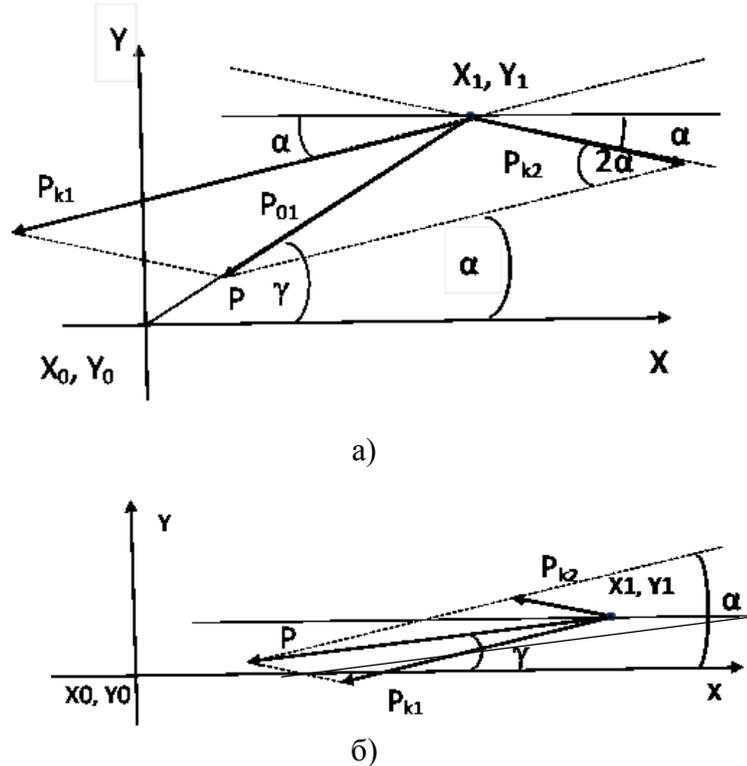


Рис. 9. Формирование управляющих воздействий на приводы гребных колес: а) угол γ больше угла α ; б) угол γ меньше угла α .

На рис. 9б рассмотрен случай формирования управляющего воздействия при угле γ меньшем угла α . Формирование необходимого вектора тяги происходит при вращении обоих колес назад:

$$|U_1| = -k_1 \cdot |P| \quad |U_2| = -k_2 \cdot |P|.$$

В результате рассмотрения всех возможных вариантов смещения судна от точки X_0Y_0 получим алгоритм формирования управляющих воздействий при любом направлении ветра:

$$U_1 = \begin{cases} -k_1 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) \geq 0, & \gamma \geq \alpha; \\ k_2 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) < 0, & \gamma \geq \alpha; \\ -k_1 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) \geq 0, & \gamma < \alpha; \\ -k_2 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) < 0, & \gamma < \alpha; \end{cases}$$

$$U_2 = \begin{cases} k_2 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) \geq 0, & \gamma \geq \alpha; \\ -k_1 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) < 0, & \gamma \geq \alpha; \\ -k_2 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) \geq 0, & \gamma < \alpha; \\ -k_1 \cdot |P| \cdot \text{sign}(x) & \text{sign}(x \cdot y) < 0, & \gamma < \alpha. \end{cases}$$

Если $U_1, U_2 < -1$, то $U_1, U_2 = -1$. Если $U_1, U_2 > 1$, то $U_1, U_2 = 1$.

Управляющие воздействия определяют частоты вращения гребных колес, необходимые для формирования вектора тяги, обеспечивающего движение центра масс судна к точке X_0Y_0 :

$$n_1 = U_1 \cdot n_{max}; \quad n_2 = U_2 \cdot n_{max}.$$

Рассмотрим процесс поддержания заданной ориентации корпуса судна с помощью АПУ. АПУ создает вектор тяги, необходимый для поддержания заданной ориентации корпуса судна. Мощность привода АПУ определяется как

$$N_p = N_{pmax} \cdot U_p,$$

где U_p – управляющее воздействие.

Управление величиной мощности АПУ осуществляется на основе пропорционально-дифференциального закона:

$$U_p = k_L \cdot (\beta - \beta_Z) + k_\omega \cdot \omega,$$

если $U_p > U_{pmax}$, $U_p = U_{pmax}$,

где U_p -управляющее воздействие;

β и β_Z - текущее и заданное значение угла поворота корпуса судна;

ω – угловая скорость вращения корпуса судна;

k_L, k_ω - коэффициенты пропорциональности

При реализации динамического позиционирования направление вектора тяги ϕ имеет два значения (создается максимальный момент вращения):

$$\phi = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & \text{при } U_p < 0; \\ \frac{3\pi}{2} & \text{при } U_p \geq 0. \end{cases}$$

Параллельная работа КДРК и АПУ позволяют обеспечивать динамическое позиционирование колесного судна.

Исследование динамических процессов позиционирования проводилось с использованием математической модели судна с КДРК и АПУ [14,15]. На рис.10 приведены траектории движения центра масс судна при ветре 3 м/с в правый борт для двух значений угла $\alpha = 7^0$ и 15^0 . Алгоритм обеспечивает удержание судна в точке. Отклонение от исходной точки не превышает 0,5 м по оси Y и 1,5 м по оси X . В процессе позиционирования курс судна меняется в пределах $0 < \beta < 1,7^0$ для $\alpha = 7^0$ и в пределах десятых долей градуса для $\alpha = 15^0$. Параметры процесса удержания приемлемы для практического применения для судна длиной 83 м.

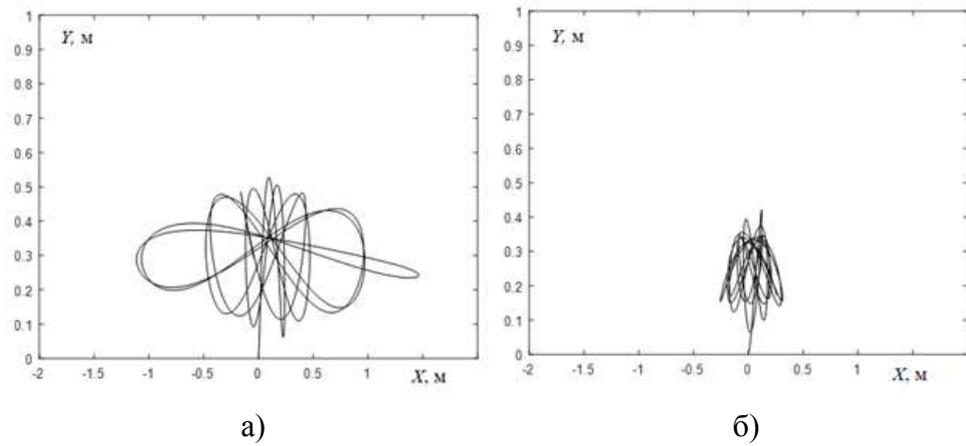


Рис. 10. Траектория движения центра масс судна:
а). $\alpha = 7^{\circ}$; б). $\alpha = 15^{\circ}$

На рис. 11-12 приведены различные сочетания динамических характеристик судна при выполнении позиционирования.

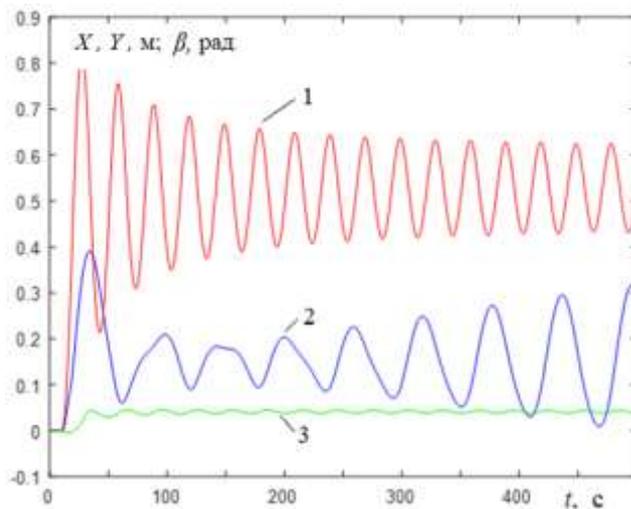


Рис.11. Изменение координат центра масс судна и курса судна при динамическом позиционировании: координата 1. Координата Y; 2. координата X; 3. курс судна

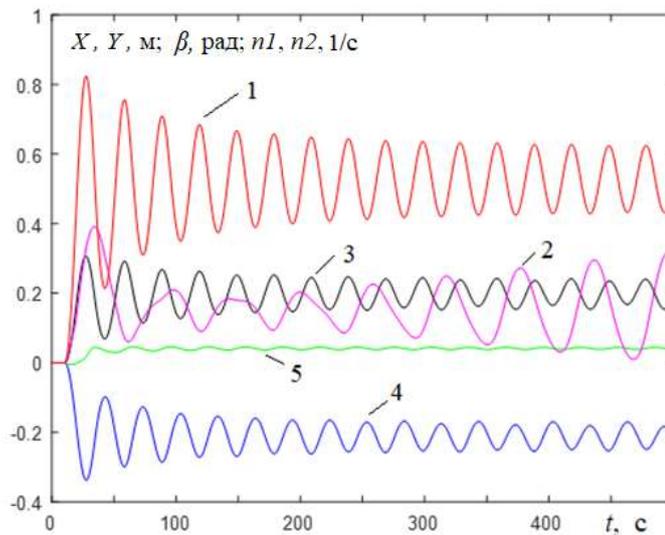


Рис. 12. Изменение координат центра масс судна и частоты вращения колес:
 1. координата Y ; 2. координата X ; 3. частота вращения правого колеса n_1 ; 4. частота вращения
 левого колеса n_2 ; 5. угол направления корпуса судна

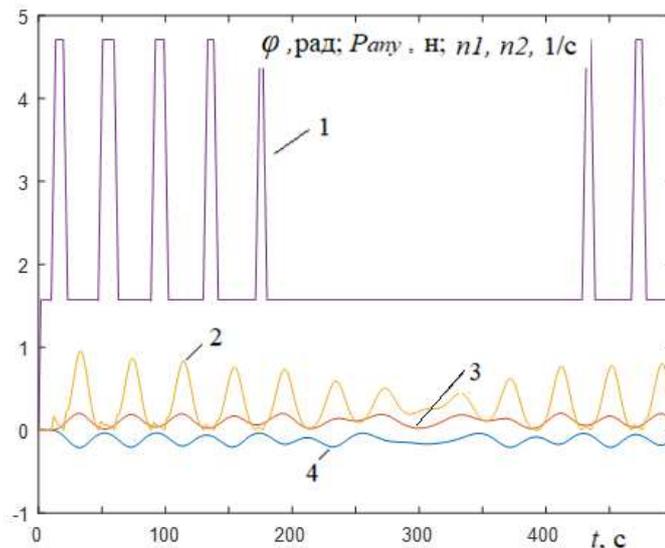


Рис.13. Параметры АПУ и КДРК при ветре 3 м/с и $\alpha = 7^\circ$:

1. угол поворота АПУ; 2. вектор тяги АПУ; 3,4. частота вращения колес

На рис. 13 представлены осциллограммы работы движителей судна – КДРК и АПУ. Параллельное управление движителями обеспечивает удержание судна в заданной точке. Естественно, эффективная работа алгоритма позиционирования при заданных параметрах движителей возможна в некоторой области изменения внешних воздействий.

Выводы

Судно «Золотое кольцо» обладает уникальным сочетанием движителей – колесным движительно – рулевым комплексом и азимутальным подруливающим устройством. Это сочетание движителей позволяет реализовать движение судна в любом направлении.

Предложенный алгоритм управления позволяет осуществить режим удержания судна в заданной точке с высокими качественными показателями.

Компьютеризированная система управления судна [8,9] позволяет легко интегрировать в ее состав новые алгоритмы (без модернизации аппаратной части).

Список литературы

1. Пат. № 2225327 Российская Федерация, МПК В63Н1/04, В63Н05/03. Колесный движительно-рулевой комплекс/ Фальмонов Е.В.; заявитель и патентообладатель Фальмонов Евгений Васильевич. – № 2001132474/11, ; заявл. 30.11.2001; опубл. 10.03.2004, Бюл. № 7. – 11 с.
2. Галкин Д.А., Малый Ю.А. От «Суры» к «Золотому кольцу». //Речной транспорт (XXI век). 2015. – №2(73). – с. 32-33.
3. Галкин Д.А. Уникальный туристический теплоход, или как развивать отрасль в современных условиях // Речной транспорт (XXI век). - 2016. - № 2 (78). - С. 21-23. URL: <http://www.vethpropulsion.com/products/bow-thrusters/compact-grid-en.html>
4. Хватов О.С., Бурда Е.М., Тарпанов И.А. Единая электростанция колесного судна с электродвижением типа "Сура" // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2015. № 44. С. 351-355.
5. Бурда Е.М., Галкин Д.Н., Корнев А.Б. Инновационная гребная электрическая установка пассажирского колесного судна. //Речной транспорт (XXI век). 2016. - №1(77) - с 24-26.
6. Хватов О.С., Бурда Е.М., Тарпанов И.А., Кшталтный Н.И. Вариант единой электростанции колесного судна с электродвижением. // Вестник Астраханского государственного технического университета. - Серия: Морская техника и технология -№2, 2016г. - с.102-108.
7. Плющаев В.И., Галкин Д.Н., Итальянцев С.А. Компьютеризированная система управления пассажирским колесным теплоходом. // Речной транспорт (XXI век). 2014. – № 6(71). – с. 35-37.
8. Бурда Е.М., Перевезенцев С.В., Плющаев В.И. Комплексная автоматизация судовых технологических процессов колесных судов. Научный журнал «Морские интеллектуальные технологии». СПб, ООО «НИЦ «Морские интеллектуальные технологии», т. 1, № 4, 2021 г., стр.180 -188.<https://doi.org/10.37220/MIT.2021.54.4.049>
9. Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Перевезенцев С.В., Плющаев В.И. Контроль вектора тяги колесного движительного комплекса теплохода // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. –2011. –№ 3 –С.10-15.
10. Ricci A., Janssen W. D., van Wijhe H. J., Blocken B. CFD simulation of wind forces on ships in ports: Case study for the Rotterdam Cruise Terminal // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2020. V. 205. P. 104315. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104315>.
11. Hoffmann M., Roy S., Berger A., Bergmann W., Chan K., Shubbak M., Langhorst J., Schnauder T., Strus O., Buskens C. Wind Affected Maneuverability of Tugboat-Controlled Ships //IFAC-PapersOnLine. 2021. V. 54.Iss. 16. P. 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.075>.
12. Szelangiewicz T., Wiśniewski B., Zelazny K. The influence of wind, wave and loading condition on total resistance and speed of the vessel. polish maritime research 3(83) 2014 Vol. 21; pp. 61-67. <https://doi.org/10.2478/pomr-2014-0031>.
13. Бычков В.Я. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Математическая модель судна с колесным движительно – 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>.
15. Бычков В.Я. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Расчет сил ветрового воздействия на корпус судна с колесно-двигательным рулевым комплексом. // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018. – Выпуск 55. С. 11-20.
 16. URL: <https://yandex.ru/pogoda/month/>

References

1. Pat. № 2225327 Rossiiskaya Federatsiya, MPK V63N1/04, V63N05/03. Kolesnyi dvizhitel'no-rulevoi kompleks/ Fal'monov E.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Fal'monov Evgenii Vasil'evich. – № 2001132474/11, ; zayavl. 30.11.2001; opubl. 10.03.2004, Byul. № 7. – 11 s.
2. Galkin D.A., Malyi YU.A. Ot «SurY» k «Zolotomu kol'tsU». //Rechnoi transport (KHKHI vek). 2015. – №2(73). – s. 32-33.
3. Galkin D.A. Unikal'nyi turistichekii teplokhod, ili kak razvivat' otrasl' v sovremennykh usloviyakh // Rechnoi transport (XXI vek). - 2016. - № 2 (78). - S. 21-23.
4. URL: http://www.vethpropulsion.com/products/bow_thrusters/compact_grid_en.html
5. Khvatov O.S., Burda E.M., Tarpanov I.A. Edinaya ehlektrostantsiya kolesnogo sudna s ehlektrodvizheniem tipa "Sura" // Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta. 2015. № 44. S. 351-355.
6. Burda E.M., Galkin D.N., Kornev A.B. Innovatsionnaya grebnaya ehlektricheskaya ustanovka passazhirskogo kolesnogo sudna. //Rechnoi transport (KHKHI vek). 2016. - №1(77) - s 24-26.
7. Khvatov O.S., Burda E.M., Tarpanov I.A., Kshaltnyi N.I. Variant edinoi ehlektrostantsii kolesnogo sudna s ehlektrodvizheniem. // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya -№2, 2016g. - s.102-108.
8. Plyushchaev V.I., Galkin D.N., Ital'yantsev S.A. Komp'yuterizovannaya sistema upravleniya passazhirskim kolesnym teplokhodom. // Rechnoi transport (XXI vek). 2014. – № 6(71). – s. 35-37.
9. Burda E.M., Perevezentsev S.V., Plyushchaev V.I. Kompleksnaya avtomatizatsiya sudovykh tekhnologicheskikh protsessov kolesnykh sudov. Nauchnyi zhurnal «Morskie intellektual'nye tekhnologii». SPb, ООО «NITS «Morskie intellektual'nye tekhnologii», t. 1, № 4, 2021 g., str.180 -188. <https://doi.org/10.37220/MIT.2021.54.4.049>
10. Grosheva L.S., Merzlyakov V.I., Perevezentsev S.V., Plyushchaev V.I. Kontrol' vektora tyagi kolesnogo dvizhitel'nogo kompleksa teplokhoda // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. – 2011. –№ 3 –S.10-15.
11. Ricci A., Janssen W. D., van Wijhe H. J., Blocken B. CFD simulation of wind forces on ships in ports: Case study for the Rotterdam Cruise Terminal // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2020. V. 205. P. 104315. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104315>.
12. Hoffmann M., Roy S., Berger A., Bergmann W., Chan K., Shubbak M., Langhorst J., Schnauder T., Strus O., Buskens C. Wind Affected Maneuverability of Tugboat-Controlled Ships //IFAC-PapersOnLine. 2021. V. 54.Iss. 16. P. 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.075>.
13. Szelangiewicz T., Wiśniewski B., Zelazny K. The influence of wind, wave and loading condition on total resistance and speed of the vessel. polish maritime research 3(83) 2014 Vol. 21; pp. 61-67. <https://doi.org/10.2478/pomr-2014-0031>.
14. Bychkov V.YA. Grosheva L.S., Plyushchaev V.I. Matematicheskaya model' sudna s kolesnym dvizhitel'no – rulevym kompleksom «Zolotoe kol'tsO». Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Morskaya tekhnika i tekhnologiya. - Astrakhan'. 2018. №3. S.36-46. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2018-3-36-49>.

15. Bychkov V.YA. Grosheva L.S., Plyushchaev V.I. Raschet sil vetrovogo vozdeistviya na korpus sudna s kolesno-dvizhitel'nym rulevym kompleksom. // Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta. – N. Novgorod: Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2018. – Выпуск 55. S. 11-20.
16. URL: <https://yandex.ru/pogoda/month/>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Грошева Людмила Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектроники Волжского государственного университета водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а, e-mail: kaf_radio@vsuwt.ru

Lyudmila S. Grosheva, Ph.D.(Eng), Associate Professor, associate Professor of the Department of Radio Electronics Volga state University of water transport 603005, Nizhny Novgorod, Nesterov str., 5 e-mail: kaf_radio@vsuwt.ru

Плющев Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроники Волжского государственного университета водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а, e-mail: vip3345@yandex.ru

Valery I. Plyushchaev, Dr. Sci. (Eng), Professor, head of the Department of Radio Electronics Volga state University of water transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterov str., 5a e-mail: [e-mail: vip3345@yandex.ru](mailto:vip3345@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 15.05.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 15.05.2024; published online 20.09.2024.

УДК 656.62/004

DOI: 10.37890/jwt.vi80.524

Речные информационные системы как фактор повышения эффективности работы внутреннего водного транспорта

Ю.Н. Уртминцев

ORCID: 0009-0001-4534-4347

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

Аннотация. Создание полноценной информационной системы, интегрирующей важную как для органов государственного управления, так и для участников перевозок информацию, и повышающей открытость рынка транспортных услуг, является одной из очень важных задач для отрасли внутреннего водного транспорта. К настоящему времени на основе информационных баз Администраций бассейнов внутренних водных путей разработаны базовые элементы речной информационной системы (РИС), основное назначение которых - контроль за движением флота, работой гидротехнических сооружений и обеспечение безопасности судоходства. В статье рассматриваются пути и направления дальнейшего развития РИС, в т.ч. создание информационно-аналитической подсистемы мониторинга работы речного транспорта для целей государственного регулирования и контроля и разработка информационной платформы для взаимодействия участников перевозок и других субъектов, связанных с контролем и обеспечением деятельности внутреннего водного транспорта. Создание и внедрение в практику рассматриваемых в настоящей работе информационных подсистем будет способствовать повышению эффективности и конкурентоспособности речного транспорта.

Ключевые слова. Речная информационная система, информационно-аналитическая подсистема, отраслевая информационная платформа, информационное взаимодействие участников транспортного процесса.

River information systems as a factor in improving the efficiency of inland waterway transport

Yuri N. Urtmintsev

ORCID: 0009-0001-4534-4347

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The creation of a full-fledged information system that integrates important information for both government agencies and transport participants, and increases the openness of the transport services market, is an extremely urgent task for domestic inland waterway transport. To date, on the basis of the Administrations of the Basins of inland Waterways, elements of the river information system (RIS) have been developed, the main purpose of which is to control the movement of the fleet, the operation of hydraulic structures and ensure the safety of navigation. The article discusses the ways and directions of further development of RIS, including the creation of an information and analytical subsystem for monitoring the operation of river transport for the purposes of state regulation and control and the development of an information platform for interaction between transport participants and other entities related to the control and maintenance of inland waterway transport. The creation and implementation of the information subsystems considered in this paper will contribute to improving the efficiency and competitiveness of river transport.

Keywords. River information system, information and analytical subsystem, industry information platform, information interaction of participants in the transport process.

Введение

Последние два десятилетия в России, как и во всём мире, идет активная разработка и внедрение информационных систем, сервисов и элементов искусственного интеллекта практически во все сферы производственной и общественной жизни. Это в полной мере касается и транспорта, отличительной особенностью которого является очень большое количество пространственно распределенных материальных объектов (транспортные средства, грузы, терминалы и т.д.) и участвующих в перевозках субъектов (транспортные компании, грузовладельцы, логистические посредники и т.д.). При этом большинство материальных объектов находятся в постоянном движении и меняют своё месторасположение. Для успешного функционирования транспортной системы все её элементы должны не только технологически, но и организационно взаимодействовать в процессе осуществления перевозок. Очевидно, что четкая и эффективная работа транспорта может быть достигнута только на основе полноценного информационного взаимодействия участников перевозок в реальном масштабе времени. При этом органы государственного регулирования и контроля должны иметь полноценную, развернутую и, в необходимой степени, интегрированную информацию о работе транспортного комплекса, позволяющую генерировать оптимальные решения по развитию отрасли.

Необходимость более широкого внедрения информационных технологий и систем на транспорте отмечена практически во всех современных государственных и отраслевых документах, посвященных формированию стратегии развития отечественного транспорта [1, 2, 3, 4].

В соответствии с этими стратегическими документами на каждом виде транспорта должны быть созданы комплексные информационные системы (ИС), объединяющие всю основную информацию о его деятельности. При этом ИС разных видов транспорта должны обеспечивать возможность их интеграции для осуществления контроля и управления деятельностью всего транспортного комплекса страны.

Основы такой системы были заложены в 2010 г., когда была разработана концепция «Автоматизированной системы управления транспортным комплексом Российской Федерации» (АСУ ТК) [5]. Основной задачей АСУ ТК стало обеспечение информационно-аналитическое сопровождение хода реализации транспортной стратегии России.

Первая очередь этой системы - «Информационно-аналитическая система государственного регулирования на транспорте» была введена в эксплуатацию в 2016 г. Эта система, в первую очередь, направлена на обеспечение процедур календарного и финансового планирования государственных программ и проектов, учета расходов по их реализации, управления проектными документами и взаимодействием участников проектов, а также подготовку интегрированной отчетности о ходе реализации проектов. Основные бенефициарии этой системы – органы государственного управления на транспорте.

Проектные работы по развитию АСУ ТК продолжаются. Среди них: создание реестра объектов транспортного комплекса и мониторинг их состояния, ведение транспортно-экономического баланса страны, мониторинг грузовых и пассажирских перевозок, формирование информационно-справочных и аналитических материалов в области транспорта и др.

Со временем АСУ ТК должна не только обеспечивать информационную и аналитическую поддержку процессов мониторинга и государственного управления транспортным комплексом, но и взаимодействие отраслевых и ведомственных электронных систем, а также информационный обмен между участниками транспортной деятельности.

В наибольшей степени в составе АСУ ТК получили развитие подсистемы и блоки, относящиеся к железнодорожному транспорту, в наименьшей степени – к внутреннему водному. Поэтому создание полноценной информационной системы, интегрирующей важную как для органов государственного управления, так и для участников перевозок информацию, и повышающей открытость рынка транспортных услуг, является одной из очень важных задач для отрасли внутреннего водного транспорта.

Создание отраслевой информационной системы как фактор повышения эффективности и конкурентоспособности внутреннего водного транспорта

Отраслевая информационная система может создана на базе Речных информационных систем (РИС), разработка и внедрение которых ведется в последние годы.

В качестве базовых элементов РИС в настоящее время приняты информационные системы Администраций бассейнов внутренних водных путей. В составе этих систем уже сегодня функционируют подсистемы, осуществляющие в соответствующем бассейне контроль судоходных условий, движения флота, работы судопропускных сооружений, метеорологических условий. Типичными задачами в рамках подсистем являются: ведение электронных навигационных карт водных путей, предоставление оперативной информации о судоходных условиях, мониторинг текущей дислокации флота, учет совершенных судами и составами рейсов, учет объемов перевозок грузов и пассажиров в бассейне, расчет платы за навигационное обслуживание судов и т.д. Телекоммуникационной основой для сбора данных о перевозках и ходе транспортного процесса служат судовые комплексы АИС (автоматическая идентификация судов), которыми оснащены сегодня практически все транспортные суда, а также средства радиосвязи (при подходе к участкам с регулируемым движением судно обязано связаться с линейным диспетчером бассейновой администрации).

Полученная информация о состоянии транспортного процесса в подведомственном бассейне регулярно выставляется на сайтах Администраций и доступна для широкого круга пользователей [6]. Также эта информация систематизируется и накапливается в базе данных каждой Администрации, что позволяет в дальнейшем использовать её для подготовки статистики по результатам работы речного транспорта. Сегодня на базе этой информации готовятся статистические формы о перевозке грузов и пассажиров на внутреннем водном транспорте: №1-ТР (вод), №1 -река, №11-ВТ.

Общая концепция РИС, как составной части будущей АСУ транспортного комплекса, была разработана Европейской экономической комиссией ООН в 2001 г. [7, 8]. Термином РИС стали называть информационные службы, обеспечивающие информационное сопровождение процессов управления движением флота и перевозками на внутреннем водном транспорте.

В качестве основных задач, стоящих перед речными информационными службами, были названы следующие:

- сделать внутреннее судоходство надежным, поддающимся планированию и транспарентным (информационно открытым) видом транспорта в составе мультимодальной транспортной цепочки;

- укрепить безопасность судоходства;
- повысить эффективность движения и перевозок посредством оптимизации использования производственной базы отрасли на основе обеспечения обмена информацией между судами и другими участниками перевозок, и повышения осведомленности пользователей РИС о ходе транспортного процесса.

В первый период разработок в области РИС основное внимание уделялось вопросам создания и контроля условий для безопасного судоходства.

В последующие годы рекомендации Европейской экономической по использованию РИС расширялись в части вопросов управления речными перевозками [9]. В состав информационных сервисов (подсистем) РИС были включены:

- информационная поддержка транспортной логистики;
- планирование рейсов;
- управление перевозками;
- управление портами и терминалами;
- управление грузами и флотом;
- информационная поддержка выполнения законодательства;
- информационная поддержка статистики;
- информация о путевых и портовых сборах.

Следует отметить, что информационно-коммуникационные возможности современных отечественных РИС явно недоиспользуются. Как следует из вышеназванной концепции создания РИС, эти системы должны быть не только направлены на обеспечение безопасности судоходства, но и выполнять широкий круг функций, связанных с информационной поддержкой участников транспортного процесса, а также органов государственного контроля и управления в сфере внутреннего водного транспорта.

Состав и содержание базы данных Администраций бассейнов внутренних водных путей позволяет существенно расширить сферу её использования, в т.ч. для целей мониторинга и анализа производственной эффективности работы речного транспорта. В качестве расчетных параметров эффективности могут выступать: степень использования грузоподъемности судов, средняя путевая скорость движения судов и скорость доставки грузов, доля и направления порожних пробегов, затраты времени и причины простоев флота, в т.ч. на объектах путевой инфраструктуры, производительность работы флота.

Также очевидна необходимость создания информационной подсистемы, генерирующей данные о работе портов бассейна. Наряду с данными об объемах выполненных перегрузочных работ расчетными параметрами могут быть: производительность грузовых работ, среднее валовое время обслуживания судна (с дифференциацией по видам работ, родам грузов и типам флота), коэффициенты использования пропускной способности грузовых терминалов, время производственного использования инфраструктурных объектов (причалов) и др.

Наличие объективных данных о работе флота и других производственных звеньев речного транспорта позволит в составе отраслевой РИС сформировать информационно-аналитическую подсистему, обеспечивающую:

- сбор и обобщение данных о перевозках и работе речного транспорта для целей государственного регулирования и контроля;
- сбор и обобщение данных о работе речного транспорта для целей статистического учета.

Использование аналитической и статистической информации позволит повысить качество принимаемых органами государственного управления решений в области повышения эффективности отрасли.

Следующим этапом развития РИС должно стать формирование информационной платформы для взаимодействия участников перевозок и других субъектов, связанных с контролем и обеспечением деятельности внутреннего водного транспорта [10].

Данная информационная платформа будет являться одной из подсистем отраслевой информационной системы.

Задачи такой подсистемы:

- возможность получения участниками речных перевозок актуальной информации о ходе транспортного процесса;
- возможность получения пользователями транспортных услуг информации о движении грузов;
- возможность согласования технологических процессов между участниками перевозок;
- сделать более открытой информацию о состоянии рынка речных перевозок;
- создание условий для взаимодействия участников рынка транспортных услуг.

К потенциальным пользователям информационной платформы относятся [10]:

- судовладельцы;
- грузовладельцы (грузоотправители, грузополучатели);
- операторы и владельцы грузовых терминалов;
- транспортные компании смежных видов транспорта;
- компании по предоставлению услуг КОФ;
- логистические и транспортно-экспедиторские компании;
- туроператоры;
- агентские и брокерские компании
- государственные организации по контролю и регулированию деятельности внутреннего водного транспорта;
- государственные органы управления на транспорте.

Общая схема отраслевой информационной платформы показана на рис. 1.



Рис.1. Структура Отраслевой информационной платформы

В табл.1 представлен примерный перечень сведений, которые представляют интерес для участников и пользователей информационной платформы.

Таблица.1

Примерный перечень сведений для участников и пользователей информационной платформы

Организация	Предоставляемая в РИС информация	Получаемая из РИС информация
Администрация водного бассейна	Сведения о путевых и метеорологических условиях, о работе судопропускных сооружениях, оперативные планы судопропуска через шлюзы, дислокация флота	Информация о движении судов в смежных бассейнах
Судовладелец	Состав и характеристики флота, типовые маршруты работы, прогнозное время прибытия судов в пункты грузовой обработки и к судопропускным сооружениям, предложение услуг по перевозке	Режим работы грузовых терминалов в портах погрузки-выгрузки и их готовность к приему конкретных судов, готовность груза в порту погрузки, нормы погрузки-выгрузки в портах, предложение услуг КОФ и др.
Грузовладелец	Предложение груза на рынке перевозок, готовность груза к перевозке, требования к подвижному составу	Дислокация судов, прогноз времени прибытия судна в порт, готовность причалов к погрузке/выгрузке судна, время начала и окончания грузовых работ по конкретным судам и др.
Портовые погрузо/разгрузочные компании (операторы терминалов)	Характеристики причалов, нормы грузовых работ, готовность причалов к загрузке/разгрузке судна, оперативный план-график обработки судов, время начала и окончания загрузки/разгрузки судна	Прогноз времени прибытия судов в порт, характеристики судов, количество груза в прибывающих под выгрузку судах
Компания КОФ	Предлагаемые услуги КОФ и их стоимость	Дислокация судов, заявки судовладельцев на обслуживание судов
Логистические и транспортно-экспедиторские компании	Состав предлагаемых компаниями услуг, запросы на оказание определенных транспортных услуг	Перечень воднотранспортных предприятий и предлагаемые ими услуги, дислокация судов, прогноз времени прибытия судна в порт, готовность причала к погрузке/выгрузке судна, готовность груза в порту погрузки, время начала и завершения грузовых работ, готовность подвижного состава смежных видов транспорта и др.
Туроператоры	Характеристики флота и экскурсионно-туристических маршрутов, информация о собственных пассажирских причалах	Дислокация судов, прогноз времени прибытия судна в порт, готовность пассажирских причалов к приёму судна, готовность компаний КОФ к обслуживанию судна.
Агентские компании	Состав услуг агентской	Дислокация судов, прогноз

Организация	Предоставляемая в РИС информация	Получаемая из РИС информация
	компания	времени прибытия судов в порт, потребность судов в услугах КОФ
Брокерские компании	Перечень предлагаемых услуг	Потребность грузовладельцев в перевозках, наличие готового к перевозке груза в портах, наличие свободного флота на рынке перевозок
Органы государственного управления на транспорте	Нормативно-правовые и административно-распорядительские документы в области внутреннего водного транспорта	Количественные и качественные показатели работы внутреннего водного транспорта, в т.ч. объемы перевозок, объемы погрузо-разгрузочных работ в портах, показатели использования флота и производственных ресурсов портов (с дифференциацией по видам грузов, направлениям перевозок, транспортным предприятиям и т.д.)
Организации в сфере государственного контроля на транспорте	Нормативно-правовые и административно-распорядительские документы в сфере контроля на внутреннем водном транспорте, результаты проведенных проверок судов и других объектов водного транспорта	Дислокация флота, прогноз времени прибытия судов в порты, план проведения контрольных проверок объектов и субъектов водного транспорта, результаты предыдущих проверок.

Следующим шагом в расширении функций информационной платформы может стать создание подсистем, ориентированных на участников рынка транспортных услуг. Для этого в рамках платформы целесообразно разработать подсистемы «Фрахтование судов», «Портовые услуги», «Комплексное обслуживание флота», «Ремонт и техническое обслуживание флота»

Подсистема «Фрахтование судов» будет информационным пространством для обмена коммерческими предложениями между грузовладельцами и судовладельцами и заключения договоров на перевозки (по аналогии с фрахтовыми биржами на морском транспорте).

Подсистемы «Комплексное обслуживание флота» и «Ремонт и техническое обслуживание флота» предназначены для взаимодействия судовладельцев с поставщиками соответствующих услуг. Стороны могут согласовывать время, место, объем и цену требуемых услуг, и заключать договоры.

Подсистема «Портовые услуги» предназначена для взаимодействия судовладельцев и грузовладельцев с портовыми компаниями, обеспечивающими грузовую обработку флота и связанные с ней вспомогательные операции. В рамках подсистемы появится возможность обсуждения условий договоров на погрузо-разгрузочные работы и другие услуги, в т.ч. время и место проведения грузовых работ, плановое стальнойное время, ставки диспача и демереджа. На основании договоров и заявок на обслуживание будут формироваться оперативные план-графики обработки флота, которые будут доступны для клиентов. Знание планового времени начала обработки позволит фрахтователям и судовладельцам более четко планировать свои действия по завозу и вывозу груза из портов, и времени подачи судов под погрузку/выгрузку. При этом судовладелец может дать указание судну по снижению скорости его хода с целью экономии топлива.

Заключение

Реализация рассмотренных в настоящей статье предложений в виде проектных решений потребует проведения не только большой научно-исследовательской работы, но и решения многих организационных вопросов, в т.ч.:

- подготовка нормативно-правовых документов, регламентирующих состав информации, предоставляемой различными категориями предприятий и организаций водного транспорта в РИС;
- определение главных эксплуатантов (служб), обеспечивающих функционирование отраслевой РИС и рассмотренных выше информационных подсистем;
- определение состава информации, доступной разным категориям пользователей;
- определение условий доступа пользователей к информационным разным подсистемам РИС (свободный доступ или на коммерческих условиях).

Очевидно, что информационные платформы должны строиться по бассейновому принципу, т.е. охватывать тех участников, которые реально взаимодействуют в процессе перевозок. При этом для бассейнов Единой глубоководной системы (ЕГС) должна быть единая платформа, позволяющая охватывать не только внутрибассейновые, но и межбассейновые перевозки. Это потребует согласования параметров и содержания информационных баз Администраций всех бассейнов внутренних водных путей ЕГС.

Создание и внедрение в практику работы речного транспорта рассматриваемых в настоящей статье информационно-аналитической подсистемы и информационной платформы будет способствовать повышению эффективности внутреннего водного транспорта и его конкурентоспособности. При этом государственные органы (Минтранс РФ, Росморречфлот) получают возможность иметь более подробную и качественную информацию о деятельности этого вида транспорта, что является важным фактором при выработке государственной политики по поддержке и развитию отрасли.

Список литературы

1. Ведомственная целевая программа «Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации» (Утв. Минтрансом РФ 05.09.2019 г.)
2. Ведомственная программа цифровой трансформации транспортного комплекса РФ . Утв. распоряжением Минтранса РФ N КБ-17-р от 4 февраля 2021 г.
3. Стратегическое направление в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 г. Утв. распоряжением Правительства РФ от 3 ноября 2023г. № 3097-р. [Электронный ресурс]: <https://www.tadviser.ru/images/9/98/0001202311070022.pdf>
4. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 года N 3363-р. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/727294161/>
5. Министерство транспорта Российской Федерации: Концепция создания «Автоматизированной системы управления транспортным комплексом Российской Федерации». [Электронный ресурс]: <https://asutk.ru/SiteDocuments/Концепция АСУ ТК.pdf>
6. Сайты предприятий ФБУ «Администрация «Волго-Балт». [Электронный ресурс]. – <https://www.volgo-balt.ru> и ФБУ «Администрация «Волговодпуть». [Электронный ресурс]. - <https://xn--80adbch2buek4ak3i.xn--p1ai/>
7. Общеввропейская конференция по внутреннему водному транспорту / Европейская экономическая комиссия. [Электронный ресурс]: <http://www.unesc.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2001/sc3/TRANS-SC3-2001-10r.pdf>.
8. Руководящие принципы и рекомендации для речных информационных служб (РИС). Резолюция ЕЭК ООН № 57 от 21.10.2004 г.

9. Речные информационные службы в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций. [Электронный ресурс]: <http://unece.org/sites/default/files/2021-10/ECE-TRANS-SC.3-2021-14r.pdf>
10. Уртминцев Ю.Н., Чабанова Е.В. Концепция информационной платформы для субъектов речного транспорта и потребителей транспортных услуг на базе РИС: Труды 3-го научно-промышленного форума «Транспорт. Горизонты развития». [Электронный ресурс]. - http://xn-----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/2023/v2023_sek01.htm

References

1. Departmental target program "Digital platform of the transport complex of the Russian Federation" (Approved by the Ministry of Transport of the Russian Federation on 09/05/2019)
2. Departmental program of digital transformation of the transport complex of the Russian Federation. Approved by order of the Ministry of Transport of the Russian Federation N KB-17-r dated February 4, 2021.
3. Strategic direction in the field of digital transformation of the transport industry of the Russian Federation until 2030 Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated November 3, 2023 No. 3097-R. [Electronic resource]: <https://www.tadviser.ru/images/9/98/0001202311070022.pdf>
4. The transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035. Approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated November 27, 2021 No. 3363-R. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/727294161/>
5. The Ministry of Transport of the Russian Federation: The concept of creating an "Automated control system for the transport complex of the Russian Federation". [Electronic resource]: [https://asutk.ru/SiteDocuments/The concept of automated control system.pdf](https://asutk.ru/SiteDocuments/The%20concept%20of%20automated%20control%20system.pdf)
6. Websites of enterprises of the Federal State Budgetary Institution "Volga-Balt Administration". [electronic resource]. - <https://www.volgo-balt.ru> and the Federal State Budgetary Institution "Administration "Volgovodput". [electronic resource]. - <https://xn--80adbch2buek4ak3i.xn--p1ai/>
7. Pan-European Conference on Inland Waterway Transport / Economic Commission for Europe. [Electronic resource]: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2001/sc3/TRANS-SC3-2001-10r.pdf>
8. Guidelines and recommendations for River Information Services (FIG). UN/ECE Resolution No. 57 of 10/21/2004
9. River information services in the United Nations Economic Commission for Europe region. [Electronic resource]: <http://unece.org/sites/default/files/2021-10/ECE-TRANS-SC.3-2021-14r.pdf>
10. Urtmintsev Yu.N., Chabanova E.V. The concept of an information platform for river transport entities and consumers of transport services based on RIS: Proceedings of the 3rd Scientific and Industrial Forum "Transport. Horizons of development". [electronic resource]. - http://xn-----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/2023/v2023_sek01.htm

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Уртминцев Юрий Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: yurtm@yandex.ru

Yuriy N. Urtmintsev, Doctor of Engineering Science, Professor of the Transport Management Department, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 26.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 26.06.2024; published online 20.09.2024.

УДК 656.61

DOI: 10.37890/jwt.vi80.525

Лавировка парусного судна на течении

В.Н. Яковлев

ORCID: 0000-0001-7624-7569

Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия

Аннотация: Движение судна под парусом прямо против ветра невозможно. В случае, когда пункт назначения находится прямо против ветра, парусное судно движется галсами, направление которых зависит от типа парусного вооружения и составляет в среднем 45 градусов от генерального курса для судов с косыми парусами. Иногда движение галсами становится полезным для продвижения по генеральному курсу и при ветре попутном. Раскладка галсов (выбор галсов и точек их смены) является не простой задачей и зависит от множества, в том числе изменение (может быть предполагаемое) силы и направления ветра, а также силы и направления течения по пути к цели. Обычно раскладка галсов является задачей тактической, то есть решаемой непосредственно в пути (в чем смысл гонок яхт). Однако, и при планировании перехода предварительная раскладка может дать полезную информацию для выбора предстоящих сценариев действий. В статье рассматриваются вопросы планирования переходов парусного судна с лавировкой против ветра и по ветру с учетом течения, а также уточнение терминологии применительно ко всем ветрам, участвующим в создании вымпельного ветра, действующего на паруса.

Ключевые слова: поляр парусного судна, раскладка галсов, лавировка на ветер, лавировка на попутном курсе, переносный, относительный, географический, истинный, вымпельный ветры, угол дрейфа, генеральный курс.

Tacking a sailing ship in the current

Vladimir N. Yakovlev

ORCID: 0000-0001-7624-7569

Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

Abstract: It is impossible for a vessel to move under sail directly against the wind. In the case where the destination is directly against the wind, the sailing vessel moves on tacks, the direction of which depends on the type of sailing rig and is on average 45 degrees from the general course for ships with triangular sails. Sometimes tack movement becomes useful for moving along the general course and with a fair wind. Laying out tacks (selecting tacks and points for changing them) is not a simple task and depends on many things, including changes (maybe expected) in the strength and direction of the wind, as well as the strength and direction of the current along the way to the goal. Usually, tack layout is a tactical task, which is, solved directly on the way (which is the point of yacht racing). However, even when planning a transition, a preliminary layout can provide useful information for choosing upcoming action scenarios. The article discusses the issues of planning passages of a sailing vessel tacking upwind and downwind, taking into account the current, as well as clarifying the terminology in relation to all winds involved in the creation of the apparent wind acting on the sails.

Keywords: polar of a sailing ship, tacks layout, upwind tacking, tacking on stern wind, translating, relative, geographical, true, apparent winds, leeway angle, general course.

Введение

История паруса в судоходстве составляет много веков. В некоторых аспектах она и не прерывалась с тех далеких времен до наших дней. Не говоря о небольших судах (яхтах_ для гонок и развлечений), парусный флот считается, например, лучшим средством обучения морской практике курсантов морских училищ.

На рис.1а фотография известного представителя учебного флота - португальского барка «Сагреш», ксати, систершипа бывшего (увы), нашего учебного барка «Товарищ».

Парусные суда строятся для все более растущего количества любителей впечатлений от морских круизов под парусами. На рис.1б фотография парусника-отеля «Sea Cloud II», как пример единения бытового комфорта со всеми неповторимыми ощущениями, которые можно получить в море под парусом.

Пример использования парусов на действующем грузовом судне «Сапорée» показан на рис.1в [4]. Судно длиной 121 метр предназначено для перевозки европейской ракеты-носителя Ariane 6. Создавшая его компания Zéphyr & Vogée проектирует инновационные торговые суда, со сниженным уровнем углеродных выбросов.

Другие фотографии грузовых парусных судов можно найти на сайтах специализированных изданий, таких как "The Maritime Magazine", "Shipbuilding and Shipping Review" и "Marine News".



Рис.1. Современные парусные суда: а) учебный барк «Сагреш», б) круизный парусник «Sea Cloud II», в) грузовое судно «Сапорée»

Примеры различных концептов и проектов грузовых судов с парусным вооружением, активно создаваемые в настоящее время можно найти в работах, в том числе, по публикациям этого года [1-3, 6-11].

В редакционной статье с сайта Российского профессионального союза моряков [5] с характерным названием «Парусные суда возвращаются», опубликованной в этом году, справедливо говорится, что: «Морякам будущего нужно будет обладать еще большим багажом знаний, чтобы качественно и безопасно выполнять свою работу в новых условиях, и очень важно, чтобы они могли получить их в учебных морских заведениях».

Таким образом, вопросы специфики использования паруса для движения судна стали актуальными и требующими в ряде случаев дополнительного аккуратного анализа в вопросах теории.

Материалы и методы

В настоящей статье рассматриваются вопросы движения парусного судна, генеральный курс которого проходит точно против и точно по ветру. В первом случае судно не может идти иначе, как в лавировку (галсами). Во втором случае лавировка

на попутном курсе может дать более быстрое продвижение к цели по сравнению с «чистым» фордевиндом.

Прежде чем приступать к построениям, необходимо договориться о терминах, в названиях и использовании которых есть в литературе разночтения. В том числе это относится и ко смыслу, и к применению таких терминов, как ветры истинный, действующий, курсовой и т.д. Нет устоявшегося термина для ветра, который ощущается на судне, влекомом течением через неподвижный воздух и т.д.

При обсуждении этого вопроса и при построениях будем пользоваться для краткости сокращениями эквивалентных английских терминов, как это принято в специальной литературе.

Перечислим термины для описания модулей векторов скоростей ветров, дающих вклад в формирование действующего на паруса вымпельного ветра:

- ветер географический - ветер над сушей (Geographic Wind Speed GWS);
- ветер переносный - ветер, возникающий исключительно за счет переноса судна течением) - ветер со скоростью течения, направленный в противоположную направлению течения сторону (Bulk Wind Speed BWS);
- ветер истинный - ветер над водой, представляющий собой векторную сумму географического ветра и ветра переносного (True Wind Speed TWS);
- ветер относительный - ветер, возникающий исключительно из-за движения судна по воде (Relative Wind Speed RWS);
- ветер вымпельный - ветер, действующий на паруса, представляющий собой векторную сумму истинного ветра TWS и относительного ветра RWS (Apparent Wind Speed AWS = TWS + RWS);

Для направлений векторов ветров используются термины

- угол (Angle A) - угол относительно диаметральной плоскости судна, (например, TWA);
- направление (Direction D) - относительно истинного севера (например, TWD);
- Для характеристик течения используются термины (оба относительно Земли):
- направление течения (Current Set SET);
- скорость течения (Current Drift DFT);

Для описания движения судна используются термины

- истинный курс судна (Heading H) - относительно истинного севера;
- курс по воде (Course Through the Water CTW) - траектория по воде с учетом ветрового дрейфа;
- скорость судна по воде (Speed Through the Water STW);
- угол ветрового дрейфа (LEEWAY) (угол между Heading и CTW);

В этом перечислении самыми важными, пожалуй, являются термины названий ветров, часть из которых не является общепринятыми, однако представляется, что без их использования невозможно строго и однозначно формулировать, и описывать решение поставленной задачи.

Результаты

На рис.2а показаны исходные данные для построений траекторий судна. Пусть имеется участок шириной 10 миль (nm) с течением (строго восточным) скоростью 1,5 узлов (kn), при том, что географический ветер (строго северный) направлен перпендикулярно течению и имеет скорость 10 узлов. Пунктиром показан предстоящий путь судна между пунктами А и В. Эта конфигурация параметров остается неизменной везде далее в построениях.

Рассмотрим вначале случай лавировки на ветер, т.е. из п.А в п.В. Для построений раскладки галсов будем использовать верхние ветви поляры условного судна, приведенную на рис.2б.

Вертикальная ось (0-6) сетки поляры на рис.2б показывает скорость судна в узлах (по соответствующим радиусам).

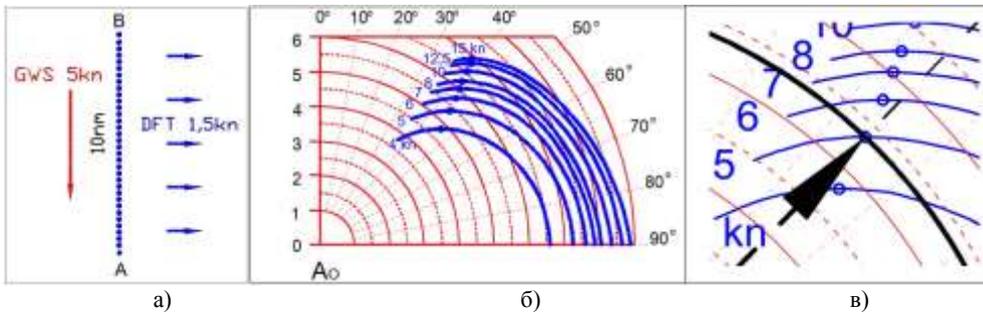


Рис. 2. Исходные данные: а) условия планируемого перехода, б) верхние ветви поляр для движения на ветер, в) построение вектора скорости судна по воде

Лучи, выходящие из центра (левого нижнего угла) полярной сетки A_0 показывают угол между траекторией движения судна по воде и направлением истинного ветра.

Цифры около полярных кривых (собственно поляр) показывают скорость истинного ветра, для которого они получены (или рассчитаны).

Метки на полярных кривых соответствуют максимальной скорости выхода на ветер (лавировочные углы).

Для определения направления и скорости движения по воде строим вектор из т. A_0 (нижней левой точки координатной сетки) в точку лавировочного угла для заданной скорости ветра (5 узлов), как показано на рис.2в.

По значению радиуса дуги (сплошная линия на рис.б.) находим скорость судна, а по продолжению направления полученного вектора (тонкий пунктир на рис.3а) - угол к истинному ветру.

Это направление лавировки левым галсом.

Направление лавировки левым галсом есть зеркальной отражение построенного вектора относительно вертикальной оси ($A_0 0^\circ$).

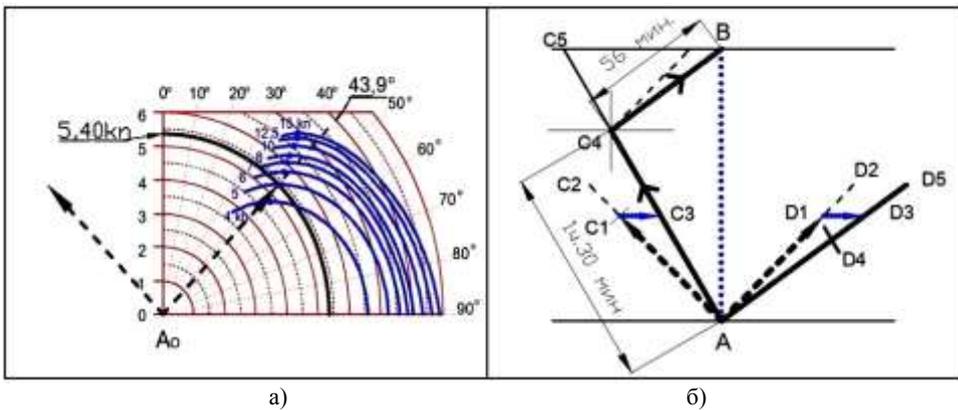


Рис.3. Раскладка галсов с помощи поляры судна без учета влияния течения на выпелный ветер: а) определение скорости и направления движения судна по воде, б) планирование перехода из А в В с учетом течения

Результат определения вектора движения судна по воде показан на рис.3а.

Перенесем теперь полученные вектора движения по воде правым и левым галсами на исходную картину нашей задачи (рис 2а).

Получается картина, приведенная на рис.3б.

Стартуя из точки А левым галсом мы через час попали бы в точку D1, но за это время течение унесет нас в точку D3.

Продолжая двигаться этим же галсом, мы стали перемещались по направлению AD5, относительно берега.

Если мы стартуем правым галсом, то двигаясь по воде в точку С1 мы через час попадаем (с течением) в точку С3, так, что наш путь относительно берега пойдет через эту точку по направлению AC5.

При лавировке на ветер при прочих равных выбирают галс, при котором меньше удаление от генерального курса. Так, что очевидно, что стартовать надо правым галсом, хотя скорость выхода на ветер в этом случае на обоих галсах одинакова.

Точка смены галса легко определится построением на этом же рисунке 3б. Надо прямую, на которой лежит отрезок AD5 параллельным переносом двигать вверх до того момента, когда она пройдет через точку назначения В.

Пересечение этой прямой с линией AC5 даст положение точки С4 смены галса.

Аналогично определяется положение точки смены галса D4, если мы все же стартовали левым галсом.

Если масштабы величин скорости ветра, скорости течения и масштаб шкалы сетки поляр согласованы (а они должны быть, конечно, согласованы), то несложно посчитать время движения до смены галса и общее время перехода. В данном случае время перехода составляет 2 часа 26 минут.

Казалось бы, все хорошо. Между тем, однако, приведенный пример не корректен, т.к. влияние течения в нем учитываются не полностью. И объясняется это, в частности, неправильной трактовкой понятия истинный ветер при течении. Необходимо учитывать влияние течения на ветер, которым располагает для движения парусное судно. Если трактовать это понятие как указано выше в данной статье, т.е. что истинный ветер на течении есть векторная сумма географического и переносного ветров, то правильное построение будет выглядеть так.

Находим скорость и направление истинного ветра, как показано на рис.4а., складывая вектора TWS и BWS

Таким образом, истинная скорость (по которой и строятся поляры) оказывается в нашем случае несколько выше (5.22, а не 5,00 kn) и чуть иначе направлена (43,5° а не 43,9°).

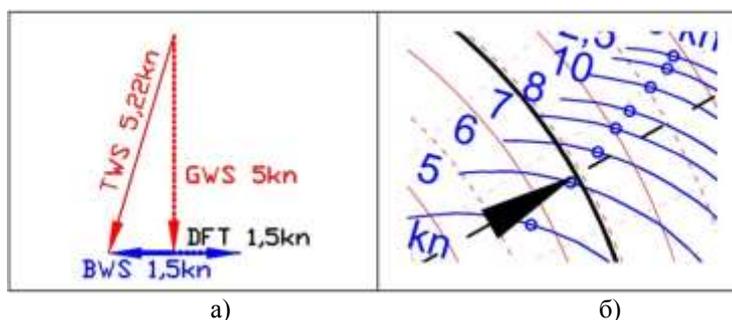


Рис.4. Полный учет влияния течения на определение истинного ветра:
а) истинный ветер как сумма векторов BWS и GWS, б) уточненное определение вектора скорости судна по воде

Соответственно, положение конца вектора скорости и направления движения судна по воде нужно размещать на отрезке, соединяющем «лабиринтные» точки для скоростей ветра 5 и 6 узлов, на пропорциональном расстоянии (в данном случае около 0,2 длины этого отрезка). Соответственно, чуть (в данном случае) изменится и угол относительного истинного ветра (обычно при больших скоростях ветра судно может идти чуть острее) (рис.4б.).

Для того, чтобы правильно определить направление полученных (для разных галсов) векторов скорости движения по воде необходимо повернуть кривые поляра и сетку так, чтобы направление левой шкалы шло точно по направлению «правильного» истинного ветра, как это показано на рис.5а.

При перенесении на карту нужно точно соблюдать полученные на рис.5а. направления и модули векторов скоростей для обоих галсов.

Перенос с сетки поляры векторы движения судна относительно воды на «карту» получаем картину, приведенную на рис.5б.

Казалось бы, и скорость течения не особенно велика, а картина с раскладкой галсов изменилась довольно сильно.

Скорость выхода на ветер у правого галса существенно выше.

При небольшом увеличении скорости потока или снижении скорости ветра весь переход может пройти одним галсом.

Старт правым галсом безальтернативен.

Общее время перехода в этом случае составляет 2 часа 4 минуты, что заметно отличается от времени перехода (2 часа 26 минут) полученного для случая, когда истинный ветер был определен неправильно.

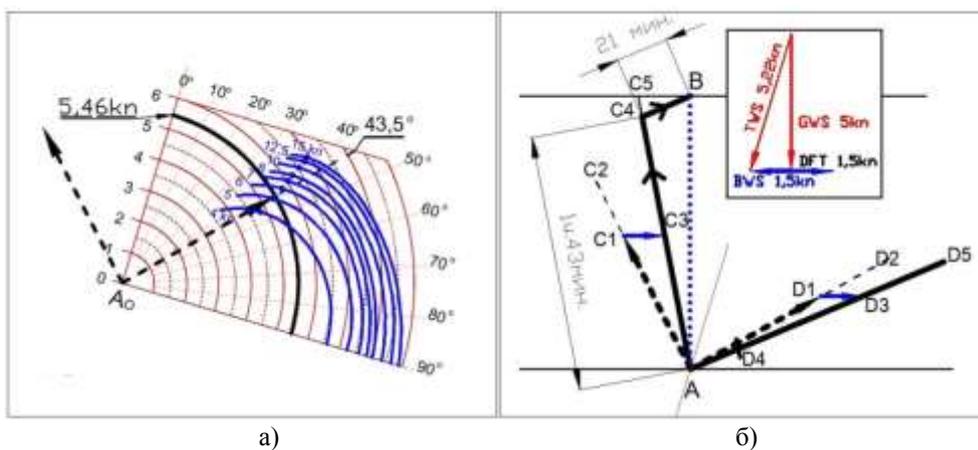


Рис. 5. Лавировка на ветер с учетом влияния течения на вымпельный ветер: а) построение векторов скорости судна по воде. б) раскладка галсов при лавировке на ветер с полным учетом влияния течения

Рассмотрим теперь плавание в обратном направлении из т.В в т.А. нашей карты. Предстоит лавировка на попутном курсе.

Характерный вид ветвей поляра для этого случая приведен на рис.6а.

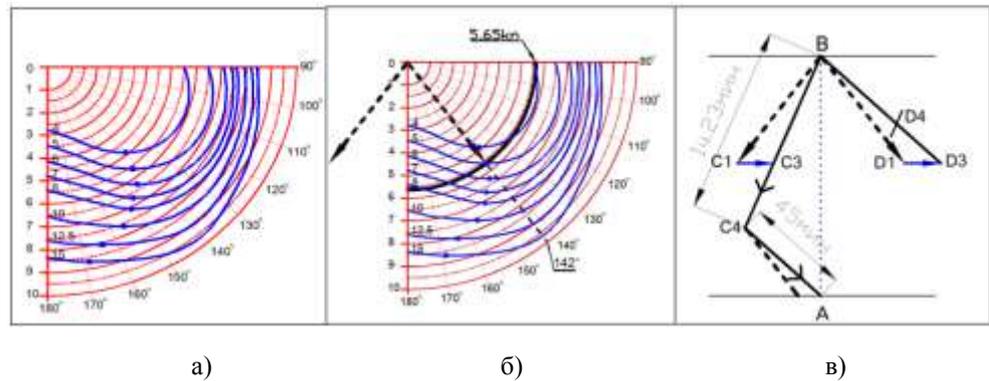


Рис.6. План перехода без учета влияния течения на выпелный ветер:
 а) ветви поляра для полных курсов, б) построение векторов скоростей судна по воде,
 в) построение плана перехода под ветер

Обсуждение

На ветвях поляры отмечены маркерами направления движения (углы лавировки на попутном курсе), соответствующие максимальной скорости убегания под ветер.

Видно, что при малых скоростях ветра лавировка на попутном курсе может дать существенной выигрыш в продвижении по дистанции. Пользуясь этими данными, сравним отличия в картинах планирования перехода для случаев правильного и не правильного учета течения на ветер для судна.

Логика и характер картин аналогичны тем, что использовались выше для лавировки на ветер, так, что картинка говорят сами за себя без особых комментариев.

Итак, если за истинный ветер принять только географический, то получаются такие построения, как на рис.6б и 6в.

Правильный учет влияния течения на ветер показан на рис.7.

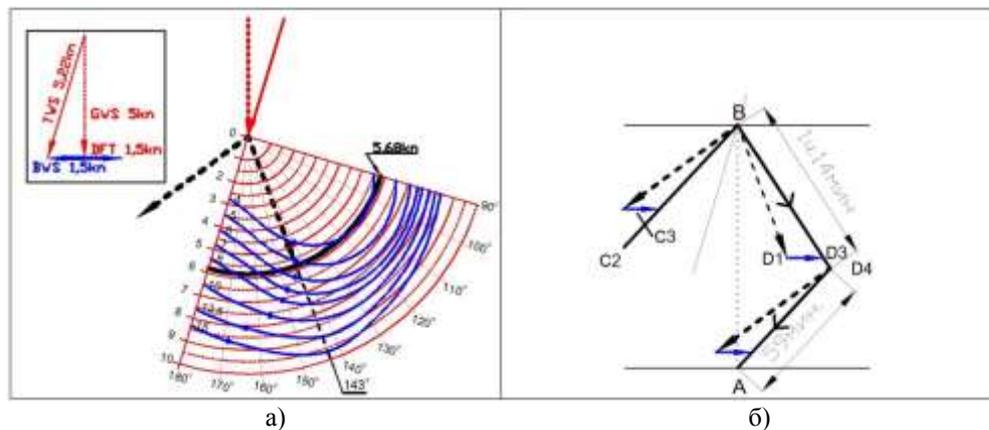


Рис.7. План перехода с правильным учетом влияния течения на выпелный ветер:
 а) построение векторов скоростей судна по воде, б) построение плана перехода под ветер

На рис. 6в. выгодным курсом представлялся правый галс, так как на нем меньше удаление от генерального курса, чем на левом (в этом смысле действует то же правило, что и для лавировки на ветер). Однако, при правильном учете влияния

переносного ветра на ветер вымпельный оказывается более выгодным уже левый галс, как видно из рис.7б. То есть, казалось бы, небольшие поправки на скорость и направление «правильного» истинного ветра существенно могут поменять план перехода (например - каким галсом стартовать).

Заключение

Термины, введенные в этой статье и изменение содержания термина истинный ветер, могут обсуждаться только по названию, но не по смыслу. Названия должны быть у всех перечисленных ветров, хотя, может быть и другие.

Предлагаемая методика использования поляры в действительности очень проста, если начертить поляру (правильно построенную – это еще специальная тема) на прозрачной кальке, то все построения можно быстро выполнять непосредственно на карте. Строя в единицах масштаба левой шкалы (скоростей судна) вектора географического ветра и вектора скорости переносного ветра (равного по модулю скорости течения и направленного противоположно) построением получаем вектор истинного ветра. Затем, ориентируя по нему левую шкалу поляры определяем направления и скорость движения судна по воде. Выбираем галс и вперед.

Выводы статьи полезны для более точного понимания специфики хождения под парусом, что важно при обучении курсантов-судоводителей. Можно придумать множество задач для работы курсантов с картами.

Кроме того, методика может оказаться и практически полезной для планирования перехода на участках с заметным течением.

Список литературы

1. Bahtic, F. Smart Green Shipping, NTS to collaborate on new wing sail designs / Fatima Bahtic. – Текст : электронный // Offshore Energy. – June 2. – 2023. URL: <https://www.offshore-energy.biz/smart-green-shiping-nts-to-collaborate-on-new-wing-sail-designs/> (дата обращения: 07.10.2023).
2. Bahtic, F. Thordon's solution to support Aloft's wind propulsion systems / Fatima Bahtic. – Текст : электронный // Offshore Energy. – March 17 – 2023. URL: <https://www.offshore-energy.biz/thordons-solution-to-support-alofts-wind-propulsion-systems/> (дата обращения: 07.10.2023).
3. Saul, J. Cargill Testing New Sail Technology for Cargo Ships to Cut Emissions / Jonathan Saul – Текст : электронный // Maritime Propulsion. – March 1. – 2023. URL: <https://www.maritimepropulsion.com/news/cargill-testing-new-sail-603286> (дата обращения: 07.10.2023).
4. «Парусник-отель «Sea Cloud II»». URL: <https://korabley.net/publ/1158.html> (дата обращения 10.04.23). – Текст: электронный
5. Российский профессиональный союз моряков. URL: http://www.sur.ru/ru/news/lent/2023-03-15/parusnye_gruzovye_suda_vozvrashhajutsja_22156/%20%3E/ (дата обращения 10.04.23). – Текст: электронный
6. Smith, Tr. Researchers Are Looking To A Surprisingly Old Idea For The Next Generation Of Ships: Wind Power / Tristan Smith. – Текст : электронный // IFLScience. – August 8. – 2015. URL: <https://www.iflscience.com/researchers-are-looking-surprisingly-old-idea-next-generation-ships-wind-power-29924/> (дата обращения: 07.10.2023).
7. Bahtic, F. Thordon's solution to support Aloft's wind propulsion systems / Fatima Bahtic. – Текст : электронный // Offshore Energy. – March 17 – 2023. URL: <https://www.offshore-energy.biz/thordons-solution-to-support-alofts-wind-propulsion-systems/> (дата обращения: 07.10.2023).
8. Leary, K. New Ship With Rigid Solar Sails Harnesses the Power of Sun and Wind at the Same Time / Kyree Leary. – Текст : электронный // Futurism. – 2018. URL: <https://futurism.com/new-ship-rigid-solar-sails-harnesses-power-sun-wind-same-time> (дата обращения: 07.10.2023).

9. Бонд, Б. Справочник яхтсмена. / Б. Бонд. – Текст : непосредственный // Ленинград. – 1989г. – 336 с.
10. Dedekam, Ivar. Illustrated navigation. / Ivar Dedekam – Текст : непосредственный // 2 edition. Fernhurst Book. – England. – 2011г. – 85 с.
11. Slooff, J. The Aero- and Hydromechanics of Keel Yachts. / J. Slooff – Текст : непосредственный // Springer. – 2015. – 625 с.
12. Сидоров, В.И. Морская навигация. / В.И. Сидоров, В.В. Романов – Текст : непосредственный // Москва: Ад фонтас, – 2003. – 193 с.
13. Колс, К.А. Под парусом в шторм. / К.А. Колс – Текст : непосредственный // Ленинград, Гидрометеиздат. Перевод с английского Л.И.Лопатухина – 1985. – 128 с.

References

1. Bahtic, F. Smart Green Shipping, NTS to collaborate on new wing sail designs / Fatima Bahtic. – Текст : электронный // Offshore Energy. –June 2. –2023. URL: <https://www.offshore-energy.biz/smart-green-shiping-nts-to-collaborate-on-new-wing-sail-designs/> (дата обращения: 07.10.2023).
2. Bahtic, F. Thordon's solution to support Aloft's wind propulsion systems / Fatima Bahtic. – Текст : электронный // Offshore Energy. – March 17 – 2023. URL: <https://www.offshore-energy.biz/thordons-solution-to-support-alofts-wind-propulsion-systems/>(дата обращения: 07.10.2023).
3. Saul, J. Cargill Testing New Sail Technology for Cargo Ships to Cut Emissions / Jonathan Saul – Текст : электронный // Maritime Propulsion. – March 1. – 2023. URL: <https://www.maritimepropulsion.com/news/cargill-testing-new-sail-603286> (дата обращения: 07.10.2023).
4. «Parusnik-otel'» «Sea Cloud II». URL.: <https://korabley.net/publ/1158.html> (дата обращения 10.04.23). – Текст: электронный
5. SEAFARERS' UNION OF RUSSIA. URL.: http://www.sur.ru/ru/news/lent/2023-03-15/parusnye_gruzovye_suda_vozvrashhajutsja_22156/%20%3E/(дата обращения 10.04.23). – Текст: электронный
6. Smith, Tr. Researchers Are Looking To A Surprisingly Old Idea For The Next Generation Of Ships: Wind Power / Tristan Smith. – Текст : электронный // IFLScience. – August 8. – 2015. URL: <https://www.iflscience.com/researchers-are-looking-surprisingly-old-idea-next-generation-ships-wind-power-29924/> (дата обращения: 07.10.2023).
7. Bahtic, F. Thordon's solution to support Aloft's wind propulsion systems / Fatima Bahtic. – Текст : электронный // Offshore Energy. – March 17 – 2023. URL: <https://www.offshore-energy.biz/thordons-solution-to-support-alofts-wind-propulsion-systems/>(дата обращения: 07.10.2023).
8. Leary, K. New Ship With Rigid Solar Sails Harnesses the Power of Sun and Wind at the Same Time / Kyree Leary. – Текст : электронный // Futurism. – 2018. URL: <https://futurism.com/new-ship-rigid-solar-sails-harnesses-power-sun-wind-same-time> (дата обращения: 07.10.2023).
9. Бонд, Б. Справочник яхтсмена. / Б. Бонд. – Текст : непосредственный // Ленинград. – 1989г. – 336 с.
10. Dedekam, Ivar. Illustrated navigation. / Ivar Dedekam – Текст : непосредственный // 2 edition. Fernhurst Book. – England. – 2011г. – 85 с.
11. Slooff, J. The Aero- and Hydromechanics of Keel Yachts. / J. Slooff – Текст : непосредственный // Springer. – 2015. – 625 с.
12. Sidorov, V.I. Marine navigation. / V.I. Sidorov, V.V. Romanov – Text : direct // Moscow: Ad fontas, - 2003. – 193 p.
13. Kols, K.A. Under sail in a storm. / K.A. Kols – Text : direct // Leningrad, Hydrometeoizdat. Translated from English by L.I.Lopatukhin – 1985. – 128 p.12. Headifen, G. Measuring your leeway for better sailing. / G. Headifen – Текст : электронный // Sail-world. –2010. URL: www.sail-world.com/71221 (дата обращения: 07.10.2023).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Яковлев Владимир Николаевич, к.ф.-м.н.
доцент, Сибирский государственный
университет водного транспорта, 630099, г.
Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail:
yvn@ngs.ru

Vladimir N. Yakovlev, Ph.D., Associate
Professor, Siberian State University of Water
Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina
str., 33, e-mail: yvn@ngs.ru

Статья поступила в редакцию 17.04.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 17.04.2024; published online 20.09.2024.

**Научные проблемы
водного транспорта**

**Russian Journal of Water
Transport**

№80(3), 2024

Формат бумаги 70x180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 16,75. Уч.-изд. л. 23,45.
Заказ 113. 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.

Свободная цена

Подписной индекс в каталоге
Агентства "Книга-Сервис"
70191

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство ПИ № ФС77-77658 от 17 января 2020 г.

Адрес редакции и издателя:
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5

Управление научных исследований
и инновационной деятельности
© ВГУВТ, 30.09.2024

Научные проблемы водного транспорта № 80 (3) 2024