



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

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

Научные проблемы водного транспорта

№81 (4) 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: 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5, Тел. +8(831) 419-51-84

▪ **Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (**Перечень ВАК**) по следующим специальностям:

2.5.17 Теория корабля и строительная механика

2.5.18 Проектирование и конструкция судов

2.5.19 Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства

2.5.20 Судовые энергетические установки и их элементы

2.9.7 Эксплуатация водного транспорта, водные пути, сообщения и гидрография

5.2.3 Региональная и отраслевая экономика

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

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



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

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

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

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

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

Редакция и Редколлегия

Главный редактор

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

Заместители главного редактора

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

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

Ответственный редактор

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

Ответственный секретарь

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

Члены Редколлегии

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 №81 (4) 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;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

П. А. Бимберекв , С. В. Викулов, А. О. Токарев

Применение имитационно-графического метода для расчётного моделирования характеристик поперечного сечения фундаментов из установленных на кильсоны с деформированными стенками тавровых балок..... 15

Ю.А. Кочнев, И.Б. Кочнева, М.А. Попова

Разработка технических критериев эффективности грузовых судов..... 25

В.В. Кузнецова

Анализ показателей для разработки чертежа общего расположения СПК 33

А.В. Родькина, О.А. Иванова, А.А. Гуня, А.В. Пьянов

Концепт информационной системы, реализующей единое проектно-производственное пространство между участниками жизненного цикла судна..... 41

Ю. Н. Цветков, Я. О. Фиактистов, Р. Н. Ларин

Эффективность применения эпоксидного компаунда без порошкового наполнителя для ремонта кавитационных повреждений гребных винтов..... 56

Судовое энергетическое оборудование

С.П. Глушков, В.И. Кочергин

Совершенствование вибрационной защиты судовых машин и механизмов на основе использования динамических компенсаторов жесткости 70

А.А. Панасенко, С.В. Петрашён

О количественной оценке теплового эффекта теплопередачи 81

С.Г. Яковлев

Экспериментальное исследование потерь напора в гидродинамическом уплотнении осевого грунтового насоса 91

Экономика, логистика и менеджмент на транспорте

С.С. Гончаренко, И.К. Кузьмичев, В.Н. Костров, Д.Н. Сухарев

Анализ и трансформация воднотранспортной составляющей МТК «Север-Юг» в условиях обострения глобального противостояния 99

Е.Г. Ерлыгина, Е.М. Шабанова

Проблемы и перспективы развития водного транспорта в современных экономических условиях..... 108

Е.А. Заостровских, А.А. Уксуменко

Готовность инфраструктуры морского транспорта, обслуживающего рыбохозяйственный комплекс ДФО, к эффективному функционированию в условиях санкций 117

О.А. Казьмина, С.А. Казьмин, А.А. Холопов, А.А. Холопова

Анализ системы информационного мониторинга показателей деятельности водного транспорта 129

В.В. Крайнова Имущественное налогообложение в сфере водного транспорта.....	144
И.Ю. Кудрявцева Дефицит кадров как основная угроза кадровой безопасности на предприятиях водного транспорта	152
Д.И. Сухарев, В.Н. Костров, А.О. Ничипорук, О.В. Почакаева Концептуальный методический подход к формированию инновационной портовой транспортно-логистической инфраструктуры в рамках территорий опережающего развития	166
В.С. Чеботарев, В.А. Ельшин, Ж. Ю. Пыжова Анализ жизненного цикла инновационно-инвестиционных проектов на предприятиях судостроительной промышленности как высокотехнологичной отрасли	175
 Эксплуатация водного транспорта, водные пути, сообщения и гидрография	
В.А. Лобанов Ледовый паспорт речного ледокола: винтеризация и реконструкция	193
В.И. Сичкарев, О.В. Рослякова, А.Н. Хохряков Идентификация углов атаки гидродинамического якоря в сопоставлении численного и физического экспериментов	202
В.И. Тихонов, Ю.В. Бажанкин, И.М. Осокин Обзор исследований поперечных усилий, развиваемых движительно-рулевым комплексом судна	214
Ю.Н. Уртминцев Современные способы тягового обслуживания речных грузовых составов	223
М.В. Шестова, А.Н. Ситнов, Ю.Е. Воронина Исследование условий разработки карьеров нерудных строительных материалов на Верхней Белой с учетом их влияния на уровень режим	231

CONTENTS

Shipbuilding, ship repair and ecological safety of the ship

Pavel A. Bimberekov, Stanislav V. Vikulov, Alexander O. Tokarev

Application of the simulation-graphic method for the computational modeling of the cross-section characteristics of foundations made of T-beams installed on keelsons with deformed walls..... 15

Yuri A. Kochnev, Irina B. Kochneva, Marina A. Popova

A mathematical model of a liquid-loading vessels at the initial stages of design..... 25

Vera V. Kuznetsova

Analysis of indicators for the development of a drawing of the general arrangement of the industrial complex 33

Anna V. Rodkina, Olga A. Ivanova, Anastasia A. Gunya, Andrey V. Pyanov

Information System Concept Implementing Single Design and Production Space Between Vessel Life Cycle Participants 41

Yuriy N. Tsvetkov, Yaroslav O. Fiaktistov, Roman N. Larin

Effectiveness of application of epoxy compound without powder filler to repair ship propellers damaged under cavitation 56

Ship power equipment

Sergey P. Glushkov, Victor I. Kochergin

Improvement of vibration protection of ship machines and mechanisms based on the use of dynamic stiffness compensators 70

Andrey A. Panasenko, Sergey V. Petrashev

On the quantitative assessment of the thermal effect of heat transfer 81

Sergey G. Yakovlev

Experimental study of pressure losses in hydrodynamic sealing of the axial soil pump 91

Economics, logistics and transport management

Stanislav S. Goncharenko, Igor K. Kuzmichev, Vladimir N. Kostrov, Dmitry N. Sukharev

Analysis and transformation of the water transport component of the ITC North-South in the context of the aggravation of the global confrontation 99

Elena G. Yerlygina, Ekaterina M. Shabanova

Problems and prospects of water transport development in modern economic conditions. 108

Elena A. Zaostrovskikh, Alena A. Uksumenko

Readiness of the maritime transport infrastructure serving the Far Eastern Federal District fisheries complex to function effectively under sanctions 117

Olesya A. Kazmina, Sergei A. Kazmin, Alexander A.Kholopov, Anna A. Kholopova

Analysis of the information monitoring system for water transport performance indicators 129

Vera V. Krainova

Property taxation in the field of water transport 144

Irina Y. Kudryavtseva

Personnel shortage as the main threat to personnel security at water transport enterprises	152
<i>Dmitry N. Sukharev, Vladimir N. Kostrov, Andrei O. Nichiporuk, Olga V. Pochekaeva</i> Conceptual methodological approach to the formation of innovative port transport and logistics infrastructure within the priority development areas	166
<i>Vladislav S. Chebotarev, Vladimir A. Yelshin, Zhanna Y. Pyzhova</i> Life cycle analysis of innovation and investment projects at enterprises of the shipbuilding industry as a high-tech industry	175
 <i>Water transport operation, waterways communications and hydrography</i>	
<i>Vasily A. Lobanov</i> Ice passport of a river icebreaker: winterization and reconstruction.....	193
<i>Viktor I. Sichkarev, Oksana V. Roslyakova, Aleksandr N. Khokhryakov</i> Identification of the angles of attack of a hydrodynamic anchor in comparison of numerical and physical experiments	202
<i>Vadim I. Tikhonov, Yuriy V. Bazhankin, Igor M. Osokin</i> A review of research on transverse forces, developed by a ship's propulsion and steering system	214
<i>Yuri N. Urtmintsev</i> Modern methods of traction maintenance of river freight trains.....	223
<i>Marina V. Shestova, Alexander N. Sitnov, Yulia E. Voronina</i> Investigation of the conditions for the development of quarries of non-metallic building materials on the Upper Belaya, taking into account their impact on the level regime	231

**СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА**

**SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY
OF THE SHIP**

УДК 629.5.015.4

DOI: 10.37890/jwt.vi81.550

**Применение имитационно-графического метода для
расчётного моделирования характеристик поперечного
сечения фундаментов из установленных на кильсоны с
деформированными стенками тавровых балок**

П. А. Бимберекв

ORCID: 0000-0003-4303-8570

С. В. Викулов

ORCID: 0000-0003-4589-6704

А. О. Токарев

ORCID: 0000-0002-2841-3689

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

Аннотация. В качестве объекта исследования принята составная балка из существующей на судне тавровой балки – кильсона, с деформированной в пределах нормативных значений стенкой и надставляемая на её свободный поясок дополнительной тавровой балки, позволяющая сформировать балку фундамента при модернизации судна. Задачей является получение геометрических характеристик поперечного сечения такой балки. Вначале приводятся аналитические выражения для деформированной тавровой балки с моделированием стенки в одном случае в виде ломанной, а в другом случае в виде недеформированной балки высотой деформированной и добавочного вертикального элемента остаточной площади по сравнению с исходной недеформированной балкой и высотой, равной высоте деформации стенки. Для обоих вариантов моделирования удобно получать исходную информацию по деформации стенки балки посредством фиксации максимальных стрелок отклонения от нормального положения по обе стороны стенки и высоты такой деформации на модернизируемом судне. На основе данных выражений далее получены аналитические выражения для геометрических параметров поперечного сечения формируемой балки фундамента. Получены значения моментов сопротивления и инерции площади поперечного сечения образуемой балки, позволяющие в дальнейшем произвести расчёты изгибной прочности и жёсткости, а также частот собственных колебаний, обеспечивающих возможность оценки вибрации. У надставляемой тавровой балки принята как сплошная, так и перфорированная стенка.

Ключевые слова: модернизация судна, фундамент, деформированная стенка балки, составная балка, имитационно-графический метод, геометрические параметры сечения, жёсткость составной балки, период собственных колебаний.

Application of the simulation-graphic method for the computational modeling of the cross-section characteristics of foundations made of T-beams installed on keelsons with deformed walls

Pavel A. Bimberekov

ORCID: 0000-0003-4303-8570

Stanislav V. Vikulov

ORCID: 0000-0003-4589-6704

Alexander O. Tokarev

ORCID: 0000-0002-2841-3689

Siberian State University of Water Transport Novgorod, Novosibirsk, Russia

Abstract. The object of the study is a composite beam made of an existing T-beam on a vessel - a keelson, with a web deformed within the standard values and an additional T-beam added to its free flange, which allows forming a foundation beam during the modernization of the vessel. The task is to obtain the geometric characteristics of the cross-section of such a beam. First, analytical expressions are given for a deformed T-beam with modeling of the wall in one case as a broken line, and in the other case as an undeformed beam with a height of the deformed and additional vertical element of the residual area compared to the original undeformed beam and a height equal to the height of the wall deformation. For both modeling options, it is convenient to obtain initial information on the beam wall deformation by fixing the maximum arrows of deviation from the normal position on both sides of the wall and the height of such deformation on the modernized vessel. Based on these expressions, analytical expressions are then obtained for the geometric parameters of the cross-section of the formed foundation beam. The values of the moments of resistance and inertia of the cross-sectional area of the formed beam are obtained, which allow further calculations of the bending strength and rigidity, as well as the frequencies of natural vibrations, which provide the possibility of assessing vibration. The extended T-beam is adopted as having both a solid and a perforated wall.

Keywords: ship modernization, foundation, deformed beam wall, composite beam, simulation-graphic method, geometric parameters of the section, composite beam rigidity, natural oscillation period.

Введение

При модернизации судов может быть целесообразна установка тавровых балок фундаментной рамы на существующие кильсоны, стенки которых имеют выпучины и кромочные деформации в допускаемых нормативами пределах. Полная замена кильсонов кроме дополнительных материальных и трудовых затрат может быть ограничена нахождением судов на плаву или во льдах, где практически невозможно вести сварочные работы по креплению стенок набора к обшивке. Поэтому оценка прочности получаемых наращенных балок актуальная задача. Основным геометрическим параметром изгибающей прочности балок является получаемый из момента инерции момент сопротивления площади их поперечного сечения. Одновременно отметим суждение работы [1], что задачи по снижению вибрации необходимо решать как при проектировании судов, так и при их строительстве, ремонте и модернизации. Для оценки вибрации определяется период и частота собственных колебаний балок. Важнейшим параметром для определения частоты собственных колебаний балок является их жёсткость [2-4], определяемая как сила, вызывающая единичный прогиб. Основной характеристикой жёсткости балки является момент инерции площади её поперечного сечения. Таким образом, для расчётной оценки характеристик прочности и вибрации используются геометрические характеристики поперечного сечения. Для расчётного определения фактических

геометрических характеристик получаемых фундаментов, образованных из существующих тавровых с деформированной стенкой и надстроенных тавровых балок, возможно использовать подход работ [5-9]. Предложенные в [5-9] варианты моделирования геометрических параметров поперечного сечения тавровых судовых балок с присоединённым пояском обшивки с деформированной стенкой позволяет получить искомые значения с точностью не менее 98% от истинного значения. Вполне очевидно, что при корректном добавлении к модели поперечного сечения деформированной тавровой балки на свободный пояс модели недеформированной тавровой балки погрешность результата возрасти не может.

На рис.1,2 схематично представлены варианты установки балок фундамента на кильсоны с деформированными стенками. Стенки тавровых балок фундамента могут быть как сплошными, так и перфорированными, с круглыми, овальными и прямоугольными отверстиями.

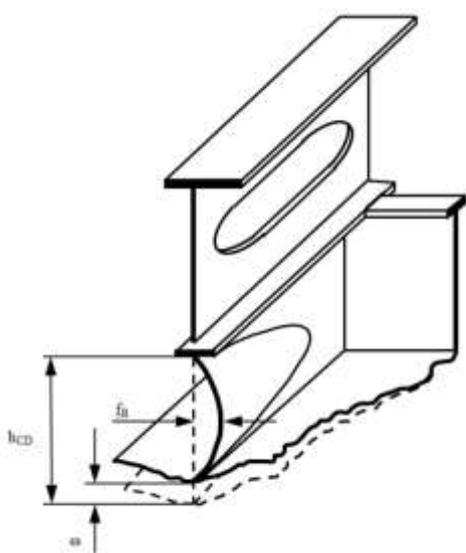


Рис.1. Установка дополнительной тавровой балки на свободный пояс тавровой балки с выпучиной стенки

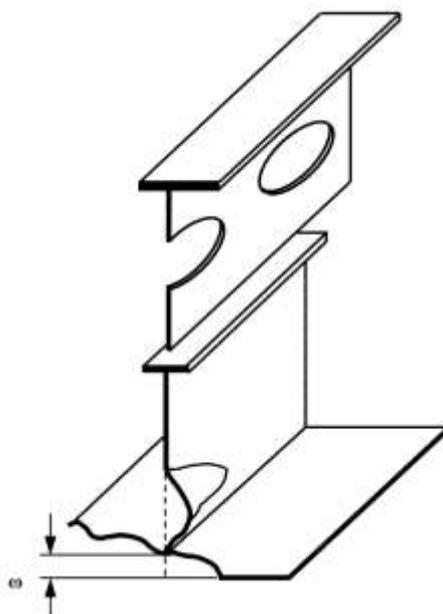


Рис.2. Установка дополнительной тавровой балки на свободный пояс тавровой балки с кромочной деформацией стенки

Фиксация точной формы деформации стенок существующих кильсонов возможна путём её подробного сканирования, однако для практических целей желательно производить оценку деформационных отклонений стенки кильсона лишь в отдельных точках. Такими точками могут быть точки максимального выпучивания или кромочной деформации, что приведёт к получению расчётной имитационной модели в виде ломанной. Ранее аналитические выражения такого моделирования нами не представлялись, поэтому ниже первоначально рассмотрим модели неповреждённой (рис.3) и повреждённой (с деформированной стенкой) (рис.4) тавровых балок.

На рис.3(1) изображено поперечное сечение тавровой рамной балки с присоединённым пояском обшивки с недеформированной стенкой. Составные её элементы: стенка 1, высотой h_c , толщиной t_c и площадью f ; полка 2, площадью f_1 ; присоединённый пояс обшивки 3, площадью f_2 . Высота взятого изолированного таврового профиля площадью f_1+f имеет значение $h_{пр}$. Общая высота поперечного сечения профиля составляет $h_{об}$.

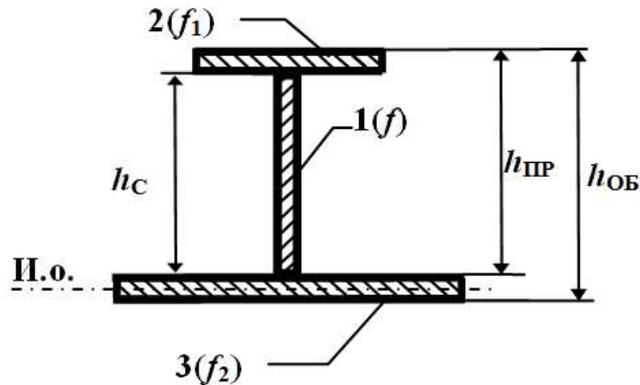


Рис. 3. Поперечное сечение не деформированной рамной тавровой балки с присоединённым пояском обшивки (И.о. – исходная ось при начале расчёта геометрических параметров поперечного сечения, выбрана традиционно посередине толщины присоединённого пояса обшивки)

На рисунке 4 представлено поперечное сечение деформированной рамной тавровой балки. Вид повреждения стенки - кромочная деформация. Взаимное расположение присоединённого пояса обшивки со стенкой исходной недеформированной конструкции указано пунктирными линиями. Варианты его моделирования с использованием имитационно-графического метода даны на рис.4б...4д. Стенка деформированного поперечного сечения 12, рис. 4а, имеет деформационное повреждение на высоту h_B от исходного положения присоединённого пояса обшивки высотой s от нового положения обшивки со стрелкой кромочной деформации (выпучивания) f_B (рис. 4а, в) при стрелке вмятины ω в месте крепления стенки к обшивке. Первичная модель деформированной стенки 12 дана на рис. 4б ломаной 13. Вторичная модель деформированной стенки является составной с приведённой формой прямолинейной стенки 14 (рис. 4в), вместе с ломанной 15 с центром тяжести от Оси 2 Ц_л, толщиной t_L имитирующей зону деформации, согласно первичной форме 13 (рис. 4б). В свою очередь 15 моделируется по вариантам (см рис. 4г), и 17 (см рис. 4д). Вариант 16 ломанной составлен из двух сторон прямоугольного треугольника: катета в плоскости деформированной обшивки размером f_B ; гипотенузы a .

Отметим, что вариант моделирования стенки деформированной балки по варианту рис.4в с использованием вместо элемента 15 элемент 17 заметно упрощает модель. Значение фактической высоты деформированной стенки балки $h_{CD}=h_C-\omega$ и протяжённость деформации s по высоте балки легко оценить посредством обмера.

Цель статьи: получить расчётные выражения для геометрических характеристик поперечного сечения фундамента, составленного из существующей тавровой балки с деформированной стенкой и дополнительной тавровой балки, для обеспечения возможности дальнейшей оценки их прочности и вибрации.

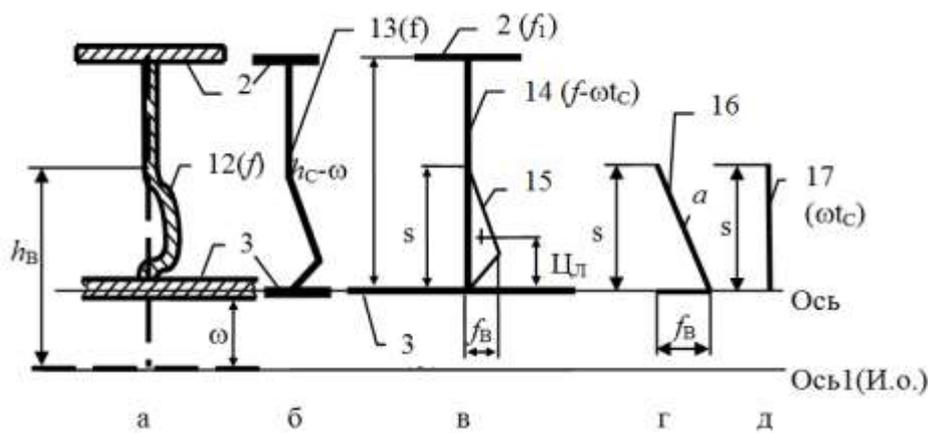


Рис. 4. Поперечное сечение деформированной рамной тавровой балки с присоединённым пояском обшивки при кромочной деформации её стенки (а) и ряд последовательных вариантов его моделирования (б, в) и моделирования его частей (г, д) (рисунок принят из [4] с сохранением нумерации элементов источника)

Методы

Для построения аналитических выражений исследуемой составной балки первоначально произведём построение аналитических моделей по оговоренным выше наиболее целесообразным, на наш взгляд, представлением поперечного сечения деформированной стенки балки в виде ломанной и недеформированной балки с фактической высотой стенки и добавочной стенки 17 по рис.4д. Первым этапом станет формирование аналитических зависимостей для деформированной балки, а вторым для составной балки из деформированной существующей и недеформированной, добавляемой к первой на свободный пояс.

Результаты

Для иллюстрации возьмём результаты деформаций стенок тавровых балок, полученных в результате модельного эксперимента с малыми жестяными моделями согласно техническому решению [10] из источников [6-9], рис.5.

Длину ломаной, L , моделирующей форму поперечного сечения балки (частный случай рис.4б) и состоящую из n элементов определим очевидной зависимостью

$$L = \sum_{i=1}^n \sqrt{(z_i - z_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}, \quad (1)$$

где z_i – значение аппликаты дальнего от обшивки конца элемента ломанной (причём $z_0 = 0$); y_i – значение расстояния по горизонтали от места крепления балки у обшивки до положения дальнего от обшивки конца элемента ломаной.

Используя (1) имеем соответственно значение площади, F_L , и центра тяжести, z_C , моделирующей ломаной:

$$F_{L1} = Lt_C = t_C \sum_{i=1}^n \sqrt{(z_i - z_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}, \quad (2)$$

$$z_{C1} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(z_i - z_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} [z_{i-1} + 0,5(z_i - z_{i-1})]}{Lt_C}. \quad (3)$$

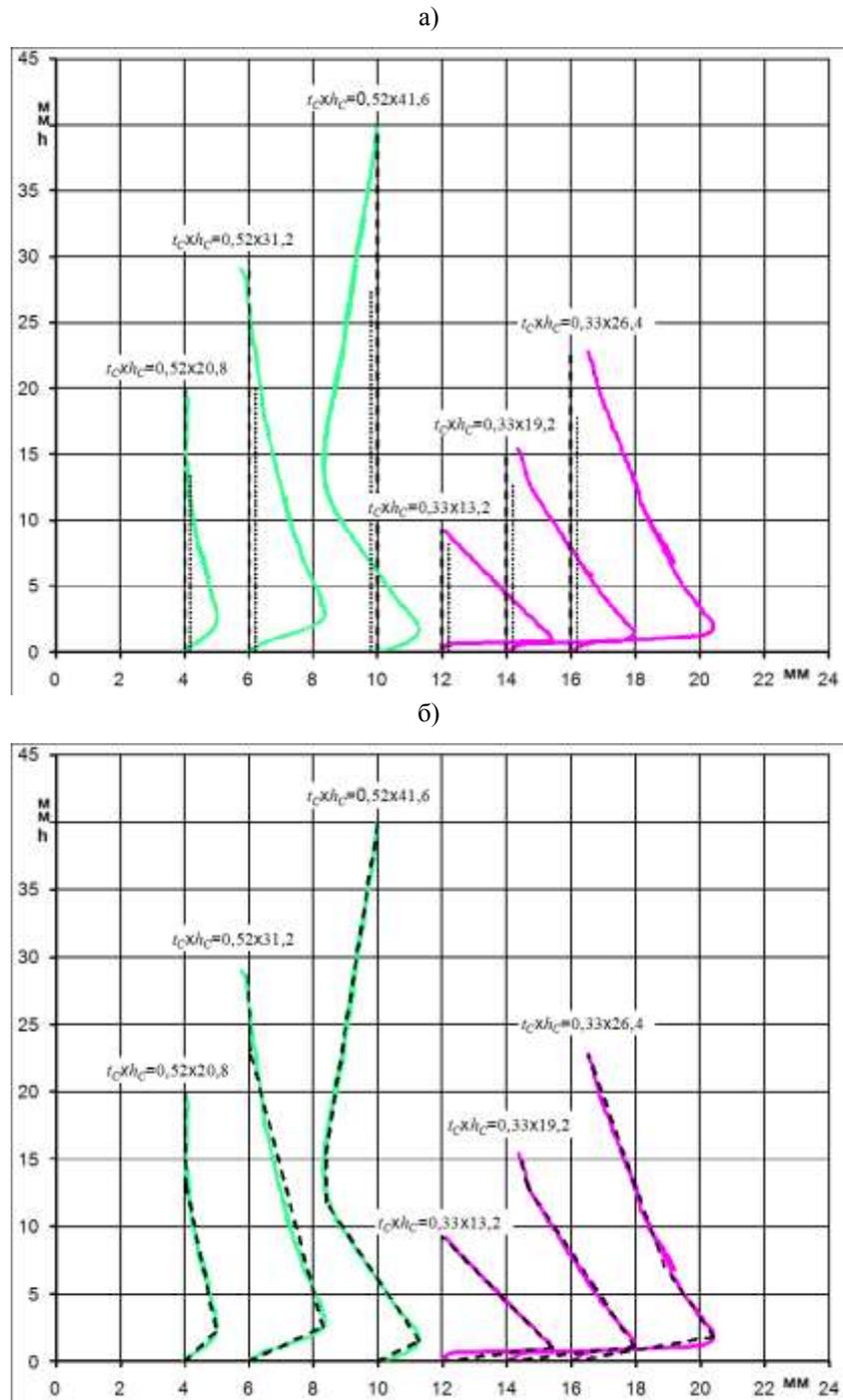


Рис. 5. Иллюстрация моделирования сечения деформированных стенок тавровых балок (шкала абсцисс – условное расположение места крепления стенок к обшивке с шагом в 2,0 мм; шкала ординат – высота измерения от обшивки h , мм): а) в виде ломаной (пунктирная линии); б) недеформированной стенкой фактической высоты деформированной балки (пунктирная линии) и дополнительным элементом стенки (точечная линия)

Основываясь на (2), (3) дадим значение собственного момента инерции поперечного сечения моделирующей ломаной, I_L , выражением

$$I_{L1} = t_c \sum_{i=1}^n \sqrt{(z_i - z_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} [z_{i-1} + 0.5(z_i - z_{i-1})]^2 + \frac{t_c}{12} \sum_{i=1}^n \sqrt{(z_i - z_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} (z_i - z_{i-1})^2 - z_{c1}^2 F_{L1}. \quad (4)$$

Для двутаврового профиля с деформированной стенкой, моделируемой ломаной по (1) получим соответственно значения положения центра тяжести от Оси2 (рис.2), z_{c01} , и значение собственных моментов инерции, I_{F1} , и сопротивления, W_{F1} , пренебрегая за малостью собственными моментами инерции площади поясков, по зависимостям:

$$z_{c01} = \frac{f_1(0.5t_2 + z_n + 0.5t_1) + F_L(0.5t_2 + z_{c1}) + f_2(0)}{f_1 + F_L + f_2}, \quad (5)$$

$$I_{F1} = f_1(0.5t_2 + z_n + 0.5t_1)^2 + F_L(0.5t_2 + z_{c1})^2 + I_L - (f_1 + F_L + f_2)z_{c01}^2, \quad (6)$$

$$W_{F1} = I_{F1} / (0.5t_2 + z_n + t_1 - z_{c0}), \quad (7)$$

где $z_n = \sum_{i=1}^n z_i$ - общая высота участков ломаной, равная высоте деформированной стенки балки.

Для реализации подобного моделирования по варианту рис.4д получены аналогично следующие выражения, учитывая, что площадь дополнительной пластины к имитационному профилю с прямолинейной стенкой с толщиной исходной балки имеет значение ωt_c . При этом высота пластины может быть задана значением $0. kh_{CD}$, тогда её толщина примет значение $t_{II} = \omega t_c / (0. kh_{CD})$.

$$z_{c2} = \frac{0.5h_{CD}^2 t_c + \omega t_c 0. kh_{CD} / 2}{F_{L2}}. \quad (8)$$

$$I_{L2} = \frac{h_{CD}^3 t_c}{4} + \frac{h_{CD}^3 t_c}{12} + \frac{\omega t_c (0. kh_{CD})^2}{4} + \frac{\omega t_c (0. kh_{CD})^2}{12} - z_{c2}^2 F_{L2}. \quad (9)$$

$$z_{c02} = \frac{f_1(0.5t_2 + h_{CD} + 0.5t_1) + F_{L2}(0.5t_2 + z_{c2}) + f_2(0)}{f_1 + F_{L2} + f_2}, \quad (10)$$

$$I_{F2} = f_1(0.5t_2 + h_{CD} + 0.5t_1)^2 + F_{L2}(0.5t_2 + z_{c2})^2 + I_{L2} - (f_1 + F_{L2} + f_2)z_{c02}^2. \quad (11)$$

$$\text{где } F_{L2} = h_{CD} t_c + (0. kh_{CD}) t_{II} = f,$$

$$W_{F2} = I_{F2} / (0.5t_2 + h_{CD} + t_1 - z_{c02}). \quad (12)$$

Дополнительная, устанавливаемая на свободный поясok кильсона тавровая балка имеет поперечное сечение согласно рис.1 в случае сплошной стенки или в местах перемычек между вырезами. В месте нахождения вырезов из стенки удаляется часть высотой $0. k_6 h_c$, (где $0. k_6$ - доля выреза от высоты стенки добавляемой балки). Будем считать в первом приближении, что вырезы расположены посередине высоты стенки h_{CD} (добавлен подстрочный индекс Д). Тогда соответственно для добавляемой балки в месте перемычки и выреза имеем значения её геометрических параметров площади поперечного сечения, отсчитываемой от нижней фибры стенки (13) и момента инерции (14) пренебрегая собственными моментами инерции площади поясков, имеем:

$$z_{c0D} = \frac{f_{1D}(h_{CD} + 0.5t_{1D}) + f_D 0.5h_{CD}}{f_{1D} + f_D} \text{ и} \quad (13)$$

$$z_{c0D} = \frac{f_{1D}(h_{CD} + 0.5t_{1D}) + f_D(1 - 0. k_B)0.5h_{CD}}{f_{1D} + f_D(1 - 0. k_B)}$$

$$I_{FD} = f_{1D}(0.5t_{1D} + h_{CD})^2 + f_D(0.5h_{CD})^2 + \frac{f_D h_{CD}^2}{12} - (f_{1D} + f_D)z_{c0D}^2 \text{ и}$$

$$I_{FD} = f_{1D}(0.5t_{1D} + h_{CD})^2 + f_D(1 - 0. k_B)(0.5h_{CD})^2 + \frac{f_D h_{CD}^2}{12}(1 - 0. k_B^3) - [f_{1D} + f_D(1 - 0. k_B)]z_{c0D}^2 \quad (14)$$

Тогда для поперечного сечения всей надставленной балки (принимая за j номер варианта моделирования деформированной балки), получим:

$$I_{F\Sigma} = I_{FD} + (f_{1D} + f_D)(z_{c0D} + t_1 + h_{CD} + 0.5t_2)^2 + I_{Fj} + (f_1 + F_{Lj} + f_2)z_{c0j}^2 - [(f_{1D} + f_D) + (f_1 + F_{Lj} + f_2)]z_{c0\Sigma}^2, \quad (15)$$

где

$$z_{c0\Sigma} = \frac{(f_{1D} + f_D)(0.5t_2 + h_{CD} + t_1 + z_{c0D}) + (f_1 + F_{Lj})(0.5t_2 + z_{c0j})}{(f_{1D} + f_D) + (f_1 + F_{Lj} + f_2)}.$$

Откуда имеем момент сопротивления надставленной балки

$$W_{F\Sigma} = I_{F\Sigma} / (0.5t_2 + h_{CD} + t_1 + h_{CD} + t_{1D} - z_{c0\Sigma}), \quad (16)$$

Получив момент инерции поперечного сечения по выражению (20) легко определить частоту собственных колебаний по выражению, см. в частности [3], для добавления тавровых балок со сплошной стенкой или с непрерывным вырезом в стенке

$$f_{CT} = \frac{(\pi n)^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI_{F\Sigma}}{m}}. \quad (17)$$

где n – тона колебаний (чаще интерес представляют колебания первого тона) балки;

l - длина балки;

E - модуль Юнга;

$I_{F\Sigma}$ - момент инерции площади поперечного сечения балки;

m - погонная масса балки.

Для случая перфорированной стенки дополнительной балки возможно применить подход статьи [11], где берётся в расчёт осреднённый момент инерции между сечением в перемычке и вырезе. Такой подход, как оценено [11] даёт удовлетворительную точность получаемого результата.

Заключение

Получены аналитические выражения для геометрических параметров площади поперечных сечений тавровых балок с деформированной стенкой и балок под фундамента, полученных путём установки дополнительных тавровых балок на

свободные пояски существующих тавровых балок с деформированными стенками в виде выпучин и кромочных деформаций, не превышающих нормативные значения. На взгляд авторов изложенный материал статьи входит в направления исследований смежных научных специальностей 2.5.19, 2.5.20. В дальнейшем предполагается сопоставить результаты моделирования настоящей статьи с результатами расчётов МКЭ при определении частот собственных колебаний рассматриваемых составных балок.

Список литературы

1. Викулов, С.В. Теоретическое исследование стабилизатора вибрации с обратной связью по интегралу смещения для электрического оборудования / С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова, Ю.И. Матвеев, М.Ю. Храмов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2023. № 2. С. 74-81. doi.org/10.24143/2073-1574-2023-2-74-81.
2. Справочник по строительной механике корабля. Том II. / Под. общ. ред. Шиманского Ю.А. – Судпромгиз, 1958. – 528 с.
3. Строительная механика и прочность корабля: учеб. для кораблестроит. спец. вузов / Ю. Н. Ипатовцев, Я. И. Короткин. – Л.: Судостроение, 1991. – 228 с.
4. Справочник по строительной механике корабля: в 3 т. / Под ред. Паляя О.М. – Л: Судостроение. - 1982. – Т. 3. – 318 с.
5. Пат. №2376563 Российская Федерация, МПК G01 M 10/00. Способ моделирования конструкций: №2007101405/28; заявл. 15.01.2007; опубл. 20.12.2009, бюл. №35 / Бимбереков П.А.
6. Бимбереков, П.А. Исследование проблемы моделирования геометрических параметров деформированных узлов корпусных конструкций / П.А. Бимбереков, Е.Г. Бурмистров // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2022. Т. 14. № 3. С. 417-429. doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-3-417-429.
7. Parameters Modeling of Deformed Components of Hull Structures / Bimberekov P., Burmistrov E. В сборнике: International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. Switzerland, 2022. С. 1120-1132. DOI:10.1007/978-3-030-96380-4_123.
8. Бимбереков, П.А. Исследование повреждаемости, методики освидетельствования и дефектации судовых корпусных конструкций судов внутреннего и смешанного плавания / П.А. Бимбереков. – Новосибирск, НГАВТ, 2007. – 420 с.
9. Бимбереков, П.А. Определение и нормирование величины деформаций стенок тавровых балок по значению прогиба судовой обшивки в месте крепления набора / П.А. Бимбереков // Морской Вестник, 2008. №1 – С.93-95.
10. Пат. №31650 Российская Федерация, МПК G01 M 10/00. Образцы для модельных испытаний конструкций: №2003100105/20; заявл. 04.01.2003; опубл. 20.08.2003, бюл. №23. / Бимбереков П.А.
11. Притыкин, А.И. Анализ частот колебаний балок с регулярно расположенными вырезами / А.И. Притыкин // Морские интеллектуальные технологии, 2021. № 4-4 (54). - С. 22-28. doi . org / 10.37220/ MIT .2021.54.4.002.

References

1. Vikulov, S.V. Teoreticheskoe issledovanie stabilizatora vibratsii s obratnoi svyaz'yu po integralu smeshcheniya dlya ehlektricheskogo oborudovaniya / S.V. Vikulov, A.N. Spiridonova, YU.I. Matveev, M.YU. Khramov // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2023. № 2. Vikulov S. V., Spiridonova A. N., Matveev Yu. I., Khramov M. Yu. Theoretical study of vibration stabilizer with feedback on displacement integral for power equipment. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies. 2023. №2. Pp. 74-81. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2023-2-74-81>. EDN FWXYLQ.
2. Spravochnik po stroitel'noi mekhanike korablya. Tom II. / Pod. obshch. red. Shimanskogo YU.A. – Sudpromgiz, 1958. – 528 s.

3. Stroitel'naya mekhanika i prochnost' korablya: ucheb. dlya korablestroit. spets. vuzov / YU. N. Ipatovtsev, YA. I. Korotkin. – L.: Sudostroenie, 1991. – 228 p.
4. Spravochnik po stroitel'noj mekhanike korablia [Manual on Structural mechanics of ship]. V.3. /Under edit. of O.M. Paliy. Shipbuilding. 1982. 318 p.
5. Bimberekov, P.A.: Structural modeling method. Patent Russia 2376563 (2009). <https://www1.fips.ru/iiss/>
6. Bimberekov, P.A., Burmistrov, E.G. STUDYING THE PROBLEM OF GEOMETRIC PARAMETERS SIMULATION OF HULL STRUCTURES DEFORMED UNITS. Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. 2022;14(3):417-429. (In Russ.) <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-3-417-429>
7. Parameters Modeling of Deformed Components of Hull Structures / Bimberekov P., Burmistrov E. В сборнике: International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. Switzerland, 2022. С. 1120-1132. DOI:10.1007/978-3-030-96380-4_123.
8. Bimberekov, P.A. Issledovanie povrezhdaemosti, metodiki osvidetel'stvovaniya i defektatsii sudovykh korpusnykh konstruksii sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya / P.A. Bimberekov. – Novosibirsk, NGAVT, 2007. – 420 p.
9. Bimberekov, P.A. Opredelenie i normirovanie velichiny deformatsii stenok tavrovyykh balok po znacheniyu progiba sudovoi obshivki v meste krepleniya nabora / P.A. Bimberekov / Morskoy Vestnik, 2008. №1 – Pp.93-95.
10. Pat. №31650 Rossiiskaya Federatsiya, MPK G01 M 10/00. Obraztsy dlya model'nykh ispytaniy konstruksii: №2003100105/20; zayavl. 04.01.2003; opubl. 20.08.2003, byul. №23. / Bimberekov P.A.
11. Pritykin, A.I. Analysis of vibration of beams with regularly located openings /Marine intellectual technologies № 4 part 4, 2021. – Pp. 22-27.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бимбереков Павел Александрович, д.т.н., доцент, профессор кафедры Теории корабля, судостроения и технологии материалов, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина 33, e-mail: bimbererkov@yandex.ru

Pavel A. Bimberekov, Dr. Sci.(Eng), Associate professor, Professor of the Department of Theories of Ships, Shipbuilding and Materials Technology, Siberian State University of Water Transport (SSUWT), 630099, Novosibirsk, Schetinkina St. 33, e-mail: bimbererkov@yandex.ru

Виколов Станислав Викторович, д.т.н., доцент, профессор кафедры Физики, химии и инженерной графики, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина 33, e-mail: vikulov-51@mail.ru

Stanislav V. Vikulov, Dr. Sci.(Eng), Associate professor, Head of the Department of Physics, Chemistry and Engineering Graphics, Siberian State University of Water Transport (SSUWT), 630099, Novosibirsk, Schetinkina St. 33, e-mail: vikulov-51@mail.ru

Токарев Александр Олегович, д.т.н., доцент, профессор кафедры Теории корабля, судостроения и технологии материалов, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина 33, e-mail: tao51@yandex.ru

Alexander O. Tokarev, Dr. Sci.(Eng), Associate professor, Professor of the Department of Theories of Ships, Shipbuilding and Materials Technology, Siberian State University of Water Transport (SSUWT), 630099, Novosibirsk, Schetinkina St. 33, e-mail: bimbererkov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 20.10.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 20.10.2024; published online 20.12.2024.

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi81.551

Разработка технических критериев эффективности грузовых судов

Ю.А. Кочнев

ORCID: 0000-0002-6864-4473

И.Б. Кочнева

ORCID: 0000-0002-5612-3742

М.А. Попова

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

Аннотация. Поиск элементов и характеристик транспортного судна в задачах исследовательского и оптимизационного проектирования выполняется по некоторому критерию, в качестве которого, как правило, выступает один из экономических показателей работы судна: прибыль, рентабельность, приведённые затраты и другие. Их расчёт достаточно трудоёмкий и требует наличия большого числа параметров, зависящих от быстро изменяемой (по сравнению с жизненным циклом судна) конъюнктурой рынка строительства и эксплуатации судна. Поэтому целесообразна замена экономических критериев эффективности на критерии, зависящие от главных неизвестных, таких как длина, ширина, осадка, высота борта, скорость, мощность и различные виды водоизмещения. Они определяются на начальных стадиях проектирования, когда основная цель – это выбор элементов с наилучшим показателем эффективности, а не поиск, например, непосредственно прибыли. Такие критерии позволяют упростить математическую модель, сократить её объём и сроки разработки, упростить выполнение численных экспериментов и анализ полученных результатов. В статье приведены разработанные шесть видов целевой функции для оптимизации судна, отражающие указанные выше экономические критерии, но не требующие для прогнозирования финансовых данных. Предложены частные коэффициенты для расчёта критериев наливного судна смешанного (река-море) плавания.

Ключевые слова: прибыль, приведённые затраты, математическая модель, грузовое судно, критерии эффективности.

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

Yuri A. Kochnev

ORCID: 0000-0002-6864-4473

Irina B. Kochneva

ORCID: 0000-0002-5612-3742

Marina A. Popova

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

Abstract. The search for elements and characteristics of a liquid-loading vessel in research and optimization design tasks is carried out according to a certain criterion, which is usually one of the economic indicators of the vessel's operation: profit, profitability, discounted costs, and others. Their calculation is quite labor-intensive and requires a large number of parameters that depend on the rapidly changing (compared to the vessel's life cycle) market conditions for shipbuilding and operation. Therefore, it is advisable to replace economic efficiency criteria with criteria that depend on the main unknowns, such as length, width, draft, height of the side, speed, power, and various types of displacement. These are determined at the initial stages of design, when the main goal is to select elements with the

best efficiency indicators, rather than seeking, for example, direct profit. Such criteria allow for the simplification of the mathematical model, reduction of its volume and development time, simplification of numerical experiments, and analysis of the obtained results. The article presents six types of objective functions developed for optimizing vessels, reflecting the above mentioned economic criteria but not requiring financial data for forecasting. Specific coefficients are proposed for calculating the criteria for a mixed (river-sea) cargo vessel.

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

Введение

Задача оценки эффективности судна является одной из наиболее актуальных на всех этапах проектирования. Исследовательское проектирование, отличающиеся применением широкого спектра статистических методов и рассмотрением большого числа вариантов судов с различными главными размерениями [1], предъявляет особые требования к качеству критериев эффективности проекта. Экономические критерии требуют разработки адекватных методик, применимых на начальных стадий проектирования, дополнительных трудоёмких модулей расчёта, и, что наиболее важно, весьма чувствительны к макроэкономическим показателям в стране и особенностям работы судна на конкретной линии. Существующие общепринятые технические критерии [2, 3], в виде тех или иных элементов и характеристик судна, даже в многокритериальной оптимизации, не могут полностью описать эффективность такого сложного объекта как судно. Таким образом разработка неэкономического критерия эффективности судна, но отражающего влияние большинства подсистем и на конечные качества, является актуальной задачей.

Материалы и методы

Применяемые экономические критерии оптимизации судна, наиболее полно отражающие его эффективность по данным [4, 5] приведена в таблице 1

Таблица 1

Измерители и модули массы

№	Наименование	Критерий	Пояснения
1	Годовая прибыль	$\Pi = Д - З \rightarrow \max$	Д – годовой доход; З – себестоимость или текущие затраты за год
2	Рентабельность	$\Xi = \frac{\Pi}{К} \rightarrow \max$	Π – годовая прибыль; К – капитальные вложения
3	Приведённые затраты	$ЗП = З + ЕК \rightarrow \min$	Е – нормативный коэффициент сравнительной эффективности вложений

Различные типы критериев, приведённые в таблице, наиболее часто состоят из доходов, текущих затрат за некоторый период и капитальных вложений, то есть определив эти три показателя для судна можно формировать достаточно широкий спектр целевых функций.

Доходы грузового судна могут быть с высокой степенью точности определены грузоподъёмностью, фрахтовой ставкой *F* и плечом перевозки груза [6]

$$Д = \sum_{k=1}^{n_{гр}} \Phi_k \times P_{\Sigma k} \times L_k, \tag{1}$$

где Φ_k – фрахтовая ставка перевозки k -ого типа груза;

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

L_k – плечо перевозки k -ого типа груза;

$n_{гр}$ – количество типов перевозимых грузов за рассматриваемый период.

В настоящее время, когда фрахтовая ставка может изменяться несколько раз за год, а направления перевозки грузов и их количество сложно прогнозируемы, все величины в уравнении (1) носят случайный характер. В задачах оптимизации исследовательского проектирования их можно заменить некоторым параметром относительной прибыли

$$a_p = \sum_{k=1}^{n_{гр}} \Phi_k \times w_{\Sigma k} \times L_k, \quad (2)$$

где $w_{\Sigma k}$ – доля массы k -ого перевозимого типа груза в полной грузоподъёмности судна $P_{гр}$ (т).

В таком случае доходы судна можно рассчитать по упрощённой формуле

$$Д = a_p \times P_{гр}, \quad (3)$$

где a_p – средняя стоимость дохода судна на единицы грузоподъёмности.

Капитальные вложения, представляющие собой в основной массе стоимость постройки судна [7] можно представить выражением

$$R = q_1 \times \sum_{i=1}^{10} R_i \times (1 + \varphi), \quad (4)$$

где q_1 – экспертный коэффициент;

R_i – отдельные статьи расходов строительства судна;

φ – налоговая ставка.

Стоимость материалов для постройки судна (R_1) зависит от норматива стоимости одной тонны и их массы, которые представляются через измерители и главные элементы и характеристики судна. Из теории проектирования судна [8, 9] все многообразие масс, требующих расчёта на начальном этапе проектирования, можно условно разделить на массы, зависящие от кубического модуля судна, то есть LBH (где L – длина судна; B – ширина; H – высота борта), к ним относятся масса корпуса, судовых систем, дельных вещей и т.д., и массы определяемые через мощность главных двигателей, N. Тогда стоимость постройки судна приближённо представляется уравнением

$$R_1 = \psi_{LBH} \times LBH \times \theta_{LBH} + \psi_N \times N \times \theta_N, \quad (5)$$

где ψ_{LBH}, θ_{LBH} – приведённый измеритель масс и норматив стоимости 1 тонны масс, зависящих от кубического модуля;

ψ_N, θ_N – приведённый измеритель масс и норматив стоимости 1 тонны масс, зависящих от мощности.

Основная заработная плата рабочих при изготовлении судна по мимо тарифных ставок (q_T), районного коэффициента и коэффициента различных доплат, зависящих от завода строителя, так же определяется массами и трудоёмкостью изготовления отдельных подсистем судна, то есть может быть представлена аналогично уравнению (5)

$$R_3 = q_T (\psi_{LBH} \times LBH \times \epsilon_{LBH} + \psi_N \times N \times \epsilon_N), \quad (6)$$

где $\epsilon_{LBH}, \epsilon_N$ – удельная трудоёмкость изготовления подсистем судна, определяемых через кубический модуль и мощность

Транспортно-заготовительные расходы (R_2) составляют долю от стоимости материалов, дополнительная заработная плата, единый социальный налог, расходы на

подготовку и освоение производства, общепроизводственные общехозяйственные расходы ($R_4 \dots R_8$) определяются заработной платой, а прочие и неучтённые расходы (R_9, R_{10}) зависят одновременно от R_1 и R_3 . Таким образом капитальные вложения приближённо равны

$$K = a_{LBH}LBH + a_N N \quad (7)$$

где a_{LBH}, a_N – параметры пропорциональности капиталовложений, зависящие от размерений и мощности судна, принимаемые или по статистики, или равные

$$a_{LBH} = \psi_{LBH}(k_1 \theta_{LBH} + k_2 q_T \epsilon_{LBH}) k_3, \quad (8)$$

$$a_N = \psi_N(k_1 \theta_N + k_2 q_T \epsilon_N) k_3, \quad (9)$$

где k_1, k_2, k_3 – коэффициенты пропорциональности транспортно-заготовительных расходов, расходов на оплату труда, прочих и неучтённых расходов соответственно.

В работе [9] показано, что большинство модулей LBH, могут быть заменены на водоизмещение D . Дополнительно, если мощность судна представить через адмиралтейский коэффициент [10], уравнение (7) примет вид

$$K = a'_{LBH} D + a'_N D^{2/3} v^3 \quad (10)$$

где v – скорость хода;

a'_{LBH}, a'_N – параметры пропорциональности капиталовложений.

Текущие затраты при эксплуатации судна равны

$$Z = k_{\text{доп}} \sum_{j=1}^6 Z_j, \quad (11)$$

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий прочие прямые расходы по судну;

Z_j – отдельные статьи расходов на эксплуатацию судна, доминирующую составляющую в которых имеют стоимость топлива и лизинговые платежи.

Лизинговые платежи [11] будут составлять долю от строительной стоимости судна или капиталовложений

$$Z_L = a_L K, \quad (12)$$

a_L – лизинговая ставка.

Стоимость топлива за год равна

$$Z_T = C_T P_{TC}, \quad (13)$$

где C_T – стоимость одной тонны топлива, руб/т;

P_{TC} – масса топлива, расходуемая за расчётный период, т, равная

$$P_{TC} = 1,2 q_1 t_{\text{экспл}} N, \quad (13)$$

где q_1 – удельный расход топлива, т/28Вт сут;

$t_{\text{экспл}}$ – расчётный период эксплуатации, сут.

Окончательно эксплуатационные затраты за расчётный период равны

$$Z = a_L a_{LBH} LBH + N(a_L a_N + a_T) \quad (14)$$

или

$$Z = D \left\{ a_L a'_{LBH} + \frac{v^3}{\sqrt[3]{D}} (a_L a'_N + a'_T) \right\}, \quad (15)$$

где a_L – приведённый показатель лизинговых платежей;

a_T, a'_T – параметр приведённых затрат на топливо, равные

$$a_T = \Pi_T 1,2q_1 t_{\text{экспл}},$$

$$a'_T = \frac{\Pi_T 1,2q_1 t_{\text{экспл}}}{Ca}.$$

Представляя значения доходов, затрат и капиталовложений в различной форме, а также объединяя приведённые и относительные величины получены технические критерии эффективности грузового судна

- отражающие прибыль

$$Q_{\Pi 1} = b_P \times P_{\text{гр}} - b_{LBH} LBH - b_N N \rightarrow \max; \quad (16)$$

$$Q_{\Pi 2} = D \left\{ b_P \eta - d_D - d_N \frac{v^3}{\sqrt[3]{D}} \right\} \rightarrow \max; \quad (17)$$

- отражающие рентабельности

$$Q_{\text{Э}1} = \frac{b_P \times P_{\text{гр}}}{f_{LBH} LBH + f_N N} \rightarrow \max; \quad (18)$$

$$Q_{\text{Э}2} = \eta \frac{b_P}{h_D + h_N \frac{v^3}{\sqrt[3]{D}}} \rightarrow \max; \quad (19)$$

- отражающий приведённые затраты

$$Q_{\text{ЗП}1} = j_{LBH} LBH + j_N N \rightarrow \min; \quad (20)$$

$$Q_{\text{ЗП}2} = D \left\{ k_D + k_N \frac{v^3}{\sqrt[3]{D}} \right\} \rightarrow \min, \quad (21)$$

где η – коэффициент утилизации водоизмещения по грузоподъёмности;

$b_P, b_{LBH}, b_N, d_D, d_N, f_{LBH}, f_N, h_D, h_N, j_{LBH}, j_N, k_D, k_N$ – весовые коэффициенты критерия эффективности (далее ВКЭ).

Следует отметить, что в уравнении (16, 18 и 20) значение кубического модуля может быть заменено на водоизмещение, которое, как было сказано выше, являются аналогичными.

В задачах исследовательского проектирования рассматривается не нахождение прибыли, рентабельности и приведённых затрат как таковое, а уровень их изменения при варьировании элементами и характеристиками судна. То есть, например, критерии $Q_{\Pi 1}$ может не равняться прибыли по абсолютным значениям, но его глобальные и локальные экстремумы должны совпадать по расположению с экстремумами функции распределения прибыли в зависимости от варьируемых величин. Тогда ВКЭ можно рассматривать как коэффициенты влияния грузоподъёмности (b_P), кубического модуля ($b_{LBH}, f_{LBH}, j_{LBH}$), мощности (b_N, f_N, j_N), водоизмещения (d_D, h_D, k_D) и удельной скорости (d_N, h_N, k_N) на конечный критерий эффективности.

При рассмотрении частного случая оптимизации одного элемента судна, перевозящего один тип груза на линии эксплуатации с заданными путевыми условиями ВКЭ можно получить аппроксимацией распределения экономических критериев в зависимости от оптимизируемого параметра.

Результаты

Экономические критерии эффективности, рассмотренные в таблице 1, для танкера класса М-СП 3,5 грузоподъёмностью 3000 т составляют: прибыль – 125998 усл. ед.,

рентабельность – 162 усл.ед., приведённые затраты – 42245 усл.ед. Расчёт значений был выполнен по методике [12], которая допускает оптимизацию при нулевом значении прямого или обратного груза, то есть оптимизацию или сухогруза или танкера без их комбинирования.

Уравнения 16-21 являются неопределёнными [13] и их решением является взаимовлияющая группа чисел, которую можно определить численными методами из предположения уровней влияния на критерий эффективности грузоподъёмности, кубического модуля и мощности.

Используя доходы судна, определяемые фрахтовой ставкой и грузоподъёмностью, величинами, не зависящими от стоимости строительства и слабо коррелирующие с условиями эксплуатации, определено значение коэффициента $b_P = 56,1$ и, приняв равное влияние LBH и N , получено, $b_{LBH} = 4,05$, $b_N = 0,13$, $f_{LBH} = 0,099$, $f_N = 0,003$, $j_{LBH} = 4,06$, $j_N = 0,13$, $d_D = 0,32$, $d_N = 0,022$, $h_D = 38,0$, $h_N = 2,6$, $k_D = 0,323$, $k_N = 0,022$.

Обсуждение

Полученные результаты носят частный характер, требуют уточнения и подробного анализа. Можно выделить два направления дальнейшего исследования основанных на численном эксперименте с большим числом вариантов различных условий эксплуатации грузового судна в диапазоне грузоподъёмностей и мощностей. Во-первых – это прямой расчёт коэффициентов исходя из уравнений (2), (5), (6), (8), (9), который даст наиболее точный результат, но потребует больших временных ресурсов. Второй – основан на регрессионном анализе прибыли, рентабельности и приведённых затрат, который позволит определить приближённые значения ВКЭ, но учитывая, применимость критериев не для расчёта экономических показателей, а для сравнения судов в задачах исследовательского проектирования, он даст результат с достаточной степенью точности.

Заключение

Для расчёта приведённых критериев эффективности достаточно использовать главные неизвестные элементы и характеристики судна, которые определяются на начальных этапах проектирования. Однако, через приближённые относительные величины они отражают применяемые в практике оптимизации экономические критерии. Их использование в задачах исследовательского проектирования и определения элементов и характеристик на начальных стадиях разработки проекта судна позволяет сократить трудозатраты на разработку и обоснование модулей математической модели судна без снижения конечной точности результата.

Список литературы

1. Худяков, Л.Ю. Исследовательское проектирование кораблей. – Л.: Судостроение, 1980. – 240 с.
2. Ашик, В.В. Проектирование судов. Учебник. – Л.: Судостроение, 1985. – 320 с.
3. Гусейнов, М. Р. Обоснование выбора критериев эффективности транспортных судов / М. Р. Гусейнов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2010. – № 3(18). – С. 89-95.
4. Бугаев, В. Г. Оценка влияния параметров модели оптимизации характеристик транспортных судов на оптимальное решение и значения критериев экономической эффективности / В. Г. Бугаев, М. В. Китаев // Морские интеллектуальные технологии. – 2013. – № S2. – С. 19-24
5. Гайкович, А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т1. Описание системы «Корабль». – СПб.: изд. НИЦ МОРИНТЕХ, 2014 – 819с., 660рис., 154 табл., 766 формул, 688 ссылок

6. Платов, Ю. И. Определение стоимости фрахтования судов / Ю. И. Платов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2014. – № 41. – С. 326-330.
7. Васькин, С. В. К оценке стоимости постройки судов-сборщиков отходов / С. В. Васькин, Н. А. Рехалова // Проблемы экологии Волжского бассейна : Труды 6-й всероссийской научной конференции, Нижний Новгород, 24–25 ноября 2021 года. Том Выпуск 4. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2021. – С. 3.
8. 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.
9. Пospelov, В.И. Выбор на ЭВМ оптимальных элементов судна /В.И. Пospelov. – Л.: Судостроение, 1978. – 76с.
10. Роннов, Е.П. Проектирование судов : учебник / Е. П. Роннов.- СанктПетербург : Лань, 2022.- 294 с.
11. Трухинова, О. Л. Финансовые инструменты поддержки судостроения / О. Л. Трухинова // Актуальные проблемы управления : Сборник научных статей по итогам III Всероссийской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 25 декабря 2016 года / Редколлегия: С.Н. Яшина, Ю.С. Ширыяевой. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2016. – С. 282-288.
12. Гуляев, И. А. Оптимизация комбинированного судна типа танкер/площадка на основе имитационного моделирования / И. А. Гуляев, Е. П. Роннов, Ю. А. Кочнев // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. – № 71. – С. 29-45. – DOI 10.37890/jwt.vi71.249.
13. Копылов, В. И. Решение неопределённых уравнений с тремя неизвестными / В. И. Копылов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2008. – № 4(60). – С. 13-21.

References

1. Khudyakov, L. Yu. Research Design of Ships. – L.: Shipbuilding, 1980. – 240 p.
2. Ashik, V.V. Ship Design. Textbook. – L.: Shipbuilding, 1985. - 320 p.
3. Guseynov, M. R. Justification of the choice of efficiency criteria for transport vessels / M. R. Guseynov // Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical Sciences. – 2010. – No. 3(18). – P. 89-95.
4. Bugaev, V. G. Assessment of the influence of optimization model parameters on the optimal solution and values of economic efficiency criteria for transport vessels / V. G. Bugaev, M. V. Kitaev // Marine Intelligent Technologies. – 2013. – No. S2. – P. 19-24
5. 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.
6. Platov, Yu. I. Determining the Cost of Chartering Vessels / Yu. I. Platov // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. – 2014. – No. 41. – P. 326-330.
7. Vaskin, S. V. On the assessment of the cost of constructing waste collection vessels / S. V. Vaskin, N. A. Rekhhalova // Problems of Ecology of the Volga Basin: Proceedings of the 6th All-Russian Scientific Conference, Nizhny Novgorod, November 24–25, 2021. Volume Issue 4. – Nizhny Novgorod: Volga State University of Water Transport, 2021. – P. 3.
8. Yegorov, A. G. Determining the weight load of new generation mixed "river-sea" vessels in the initial stage of design / A. G. Yegorov // Marine Herald. – 2013. – No. 4(48). – P. 019-022.
9. Pospelov, V.I. Selection of Optimal Ship Elements on a Computer / V.I. Pospelov. – L.: Shipbuilding, 1978. – 76 p.
10. Ronnov, E.P. Ship Design: Textbook / E.P. Ronnov. - St. Petersburg: Lan, 2022. - 294 p.
11. Trukhinova, O. L. Financial Instruments for Supporting Shipbuilding / O. L. Trukhinova // Current Problems of Management: Collection of Scientific Articles Based on the Results of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Nizhny Novgorod, December 25, 2016 / Editorial Board: S.N. Yashina, Y.S. Shiryayeva. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, 2016. – P. 282-288.

12. Gulyaev, I. A. Optimization of a combined vessel of the tanker/platform type based on simulation modeling / I. A. Gulyaev, E. P. Ronnov, Yu. A. Kochnev // Scientific Problems of Water Transport. – 2022. – No. 71. – P. 29-45. – DOI 10.37890/jwt.vi71.249.
13. Kopylov, V. I. Solution of indeterminate equations with three unknowns / V. I. Kopylov // Bulletin of the Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev. – 2008. – No. 4(60). – P. 13-21.

Кочнев Юрий Александрович, д.т.н., доцент, профессор кафедры Проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: tmnkocho@mail.ru

Yuri A. Kochnev, doctor of Technical Sciences, Professor, professor of Department of Design and construction of ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

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

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

Попова Марина Александровна магистрант кафедры Проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, email: shutovama@yandex.ru

Marina A. Popova, postgraduate student of Department of Design and construction of ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Статья поступила в редакцию 29.10.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 29.10.2024; published online 20.12.2024.

УДК 629.5.01

DOI: 10.37890/jwt.vi81.547

Анализ показателей для разработки чертежа общего расположения СПК

В.В. Кузнецова

ORCID: 0000-0002-8338-7532

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

Аннотация. В статье показана необходимость и актуальность создания новых судов для круизных маршрутов по рекам РФ. Перечислены наименования построенных судов на подводных крыльях. Показано чем руководствуются проектанты при разработке чертежа общего расположения судна. Приведены некоторые изменения требований и рекомендаций нормативных документов для проектирования и постройки судов нового поколения по сравнению с судами, построенными в 60-х годах. Представлены некоторые характеристики судов и площади помещений судов на подводных крыльях, таких как «Комета 120М», «Метеор 120Р», «Валдай 45Р». Приведен сравнительный анализ показателей для расчета площадей и объемов помещений СПК нового поколения и судов, построенных в 60-х годах прошлого столетия. Построены графики зависимостей для оценки объема машинного отделения, суммарного объема пиков, площади ходовой рубки морских и речных судов на подводных крыльях. Приведены формулы для определения объема машинного отделения и суммарного объема объемов форпика и ахтерпика на начальной стадии проектирования судна. Сделаны выводы о необходимости пересчета показателей для расчета площадей и объемов помещений судов на подводных крыльях.

Ключевые слова: судно на подводных крыльях, высокоскоростное судно, судно с динамическим принципом поддержания, общее расположение судна, показатели для расчета площадей и объемов, площади помещений судна, объемы помещений судна, сравнительный анализ, аппроксимация.

Analysis of indicators for the development of a drawing of the general arrangement of the industrial complex

Vera V. Kuznetsova

ORCID: 0000-0002-8338-7532

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article shows the necessity and relevance of creating new ships for cruise routes along the rivers of the Russian Federation. The names of hydrofoils built are listed. It is shown what the designers are guided by when developing a drawing of the general location of the vessel. Some changes in the requirements and recommendations of regulatory documents for the design and construction of new generation vessels compared to ships built in the 60s are given. Some characteristics of ships and the area of hydrofoil vessels, such as Cometa 120M, Meteor 120R, Valdai 45R, are presented. A comparative analysis of the indicators for calculating the areas and volumes of the premises of new generation hydrofoils and ships built in the 60s of the last century is given. Dependency graphs are constructed to estimate the volume of the engine room, the total volume of peaks, and the area of the wheelhouse of marine and river hydrofoils. Formulas are given for determining the volume of the engine room and the volumes of the forepeak and afterpeak at the initial stage of ship design. Conclusions are drawn about the need for indicators recalculation for calculating the areas and volumes of hydrofoil vessels..

Keywords: hydrofoil vessel, high-speed vessel, vessel with a dynamic principle of maintenance, general location of the vessel, indicators for calculating areas and volumes, areas of the vessel's premises, volumes of the vessel's premises, comparative analysis, approximation.

Введение

Во исполнение положений Стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 20 сентября 2019 г. №2129-р, необходимо решение определенного круга задач в целях расширения возможностей и повышения качественного уровня круизного туризма, роста внутреннего и въездного туризма. [1]

Внутренний туризм РФ в настоящее время активно развивается и находится в центре внимания. Территория России богата историческими и природными достопримечательностями, что дает предпосылки к созданию разнообразных туристических, в том числе и водных маршрутов. Например, водный туризм получил достаточно хорошее развитие на круизных маршрутах магистральных рек центрального бассейна Европейской части РФ и некоторых рек Сибири. Это, прежде всего, магистральные реки Лена, Обь, Иртыш. В России есть достаточно много объектов, представляющих интерес для туриста, и располагающихся в пределах водных бассейнов. Рост популярности круизного туризма заставляет обратить внимание на изобилие рек РФ, которые могут быть использованы для доставки туристов в отдаленные районы расположения туристических объектов, когда кроме водного, другой транспорт к ним не доступен. [2,3,4,5]

Популярность круизного туризма повлекла за собой потребность в создании новых судов. В настоящее время, как и в 60-е годы прошлого столетия началось активное создание высокоскоростных судов, в том числе судов на подводных крыльях. [6,7,8] Это СПК «Комета 120М», «Метеор 120Р», «Валдай 45Р» (рисунок 1), «Альфа-120» и т.д.



Рис.1. СПК «Валдай-45Р»

Проектирование любого судна немислимо без разработки чертежа общего расположения. От его компоновки зависят размерения судна и его водоизмещение. Чтобы достичь оптимального решения чертеж постоянно корректируется и

уточняется. Принятая компоновка должна удовлетворять как всем нормативным требованиям, так и требованиям заказчика.

Прежде чем приступить к разработке чертежа общего расположения необходимо изучить пожелания заказчика, составить список необходимых помещений, исходя из количества пассажиров, определить их площадь и основные размеры, учитывая все предъявляемые требования. Кроме того, следует учитывать наличие поперечных переборок, расположение механизмов, устройств и конструктивные особенности проектируемого СПК.

В 60-е годы прошлого столетия на основе опыта эксплуатации была разработана по тем временам наиболее удачная компоновочная схема судна на подводных крыльях. По ней были построены суда «Чайка», «Беларусь», «Буревестник», «Тайфун». Однако в настоящее время существенно изменились требования к размерам, размещению помещений и оборудования на судне в сторону комфорта, эргономичности и безопасности. Так, например, существенные неудобства пассажирам на судах 60-х годов постройки доставлял шум в салоне. С того времени потребность людей в удобстве и комфорте только росла. Нормируемый предельный уровень шума в жилых помещениях требует принятия определенных конструктивных и компоновочных решений. На новых СПК снижен уровень шума в салоне за счет иной планировки по сравнению с предыдущим поколением судов, также благодаря современным материалам и изоляции. На СПК «Метеор 120 Р» пассажирский салон был смещен к носу судна, а в корме расположены необитаемые зоны. Также изменяются и требования заказчика. В случае «Метеора 120 Р» большая длительность рейса (до 10 часов) потребовала увеличения комфорта для пассажиров в виде кресел с увеличенным увеличенными шириной сидений сидением до 500 мм и шага кресел до 850 мм и размещения помещений для отдыха. Район эксплуатации (Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-ненецкий автономный округ, Республика Якутия) повлиял на решение оснастить пассажирские салоны теплым полом, системой кондиционирования с функцией подогрева.[9]

В современных Правилах РКО предъявляются требования к прочности и конструкции кресел на высокоскоростных судах, которые продиктованы обеспечением безопасности пассажиров. Необходимо чтобы кресла выдерживали определенные перегрузки. Это накладывает ограничения на массогабаритные характеристики кресел и их конструкцию. В Правилах также нормируются требования к размещению пассажиров и размерам проходов, отличающиеся от требований прошлого столетия. Растут требования к площадям помещений.

На схему общего расположения помещений на судне влияют требования РКО на размещение индивидуальных и коллективных спасательных средств. Например, на судне класса «О» необходимо наличие плотов, что влияет на компоновочные решения.

Изменились также требования к противопожарной защите. Необходимо помещение для размещения современной системы пожаротушения.

Ужесточились экологические требования, которые накладывают ограничения на размещение и конструкцию топливных цистерн и отсеков, являющихся составной частью корпуса.

В отличие от сравниваемого периода времени увеличились минимальные нормы потребления питьевой воды на одного человека, что регламентируется СП 2.5.3650-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры» Это потребовало увеличения объема цистерн питьевой воды и цистерн сточных вод соответственно.

На современных судах предъявляются требования к размещению пассажиров с ограниченной способностью к передвижению. Соответствующие рекомендации даются в ГОСТ Р 55699-2013 «Доступные средства размещения для туристов с ограниченными физическими возможностями. Общие требования», а также в

Правилах РКО. Так, в Правилах РКО при перевозке такой категории пассажиров требуется предусмотреть хотя бы одну площадку на главной палубе шириной не менее 1,5 м и глубиной не менее 1,4 м для посадки-высадки туристов. Кроме этого, должен быть предусмотрен хотя бы один аварийный выход с этой палубы шириной 1,0 м. Также предъявляются требования к размерам туалета (не менее 1,65 x 1,80 м) и его оборудованию.

Сравнительный анализ

Очевидно, что размеры помещений современных СПК будут отличаться от размеров тех же помещений судов прошлого поколения. Некоторые характеристики судов и площади помещений нового поколения СПК представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики судов и площади помещений СПК нового поколения

	«Валдай 45Р»	«Метеор 120Р»	«Комета 120М»
Водоизмещение, т	16,9/22,9	49,9/67,7	60,76/76,64
Мощность главного двигателя, кВт	809	2×1066	2×1150
Число пассажиров, чел	45	120	120
Число членов экипажа, чел	2	6	5
Площадь салона, м ²	28,9	60,8; 30	23; 75,8
Размер кресла (ширина×длина), мм	440×590	540× 625	490×670
Размер прохода			
поперечного, мм	950	1200	1100
продольного, мм	610	820	940
Площадь буфета, м ²	-	3; 23	9,8; 7,8
Площадь агрегатных, м ²	0,9	5,6; 10,86; 4,91	4,3; 3,6; 1,2; 0,9; 2,7
Площадь вентиляционных каналов, м ²	2	3,68	5,88
Площадь багажных помещений, м ²	-	1,5; 1,67	2,6; 1,3
Площадь тамбуров, м ²	2,4	8,8; 6	19,1
Площадь каюты экипажа, м ²	-	5,4	4,2
Площадь туалета, м ²	1,5	2; 1,4; 2,9	2,8; 2,8; 1,3
Площадь МО, м ²	15,4	30	38
Площадь ходовой рубки, м ²	2,9	5,5	19
Площадь форпика, м ² Суммарный объем форпика и ахтерпика, м ³	7,8	14,5	24,0
Площадь Объем ахтерпика, м ²	4,9	19	14,8

Интересно провести сравнительный анализ показателей для расчета площадей и объемов помещений СПК нового поколения и построенных судов в 60-е годы. Показатели приведены в таблице 2.[10]

Таблица 2

Показатели для расчета площадей и объемов помещений СПК нового поколения и судов, построенных в 60-е годы прошлого столетия

Показатель	Пределы изменения показателей для судов прошлого поколения	Значения показателей для судов нового поколения
Продовольственный блок, м ² /чел	0,04 - 0,07	0,20/ 0,14
Выгородки вентиляторов и кондиционеров, м ² /чел	0,05 - 0,07	0,06/ 0,20/ 0,15
Число пассажиров на 1 туалет, чел	50 - 55	45/ 40/ 40
Площадь туалета, м ²	1,4 – 1,6	1,5/2; 1,4; 2,9/ 2,8; 2,8; 1,3
Удельный объем машинного отделения, м ³ /кВт	0,026 - 0,049	0,042/ 0,029/ 0,03

Показательны значения, полученные для СПК нового поколения. Они свидетельствуют о росте площадей, приходящихся на 1 пассажира.

Можно увидеть также из таблицы 2, что изменений в размерах машинного отделения не выявлено. То же самое можно увидеть на рисунке 2, в аппроксимацию были включены суда нового поколения.[10] Для целей проектирования в первом приближении можно воспользоваться выражением (1) для определения объема машинного отделения.

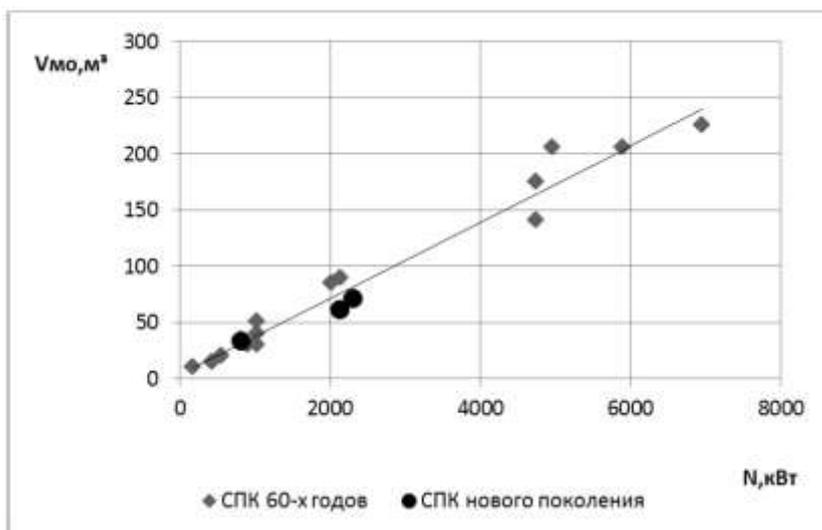


Рис.2. График зависимости объема машинного отделения от мощности главного двигателя

$$V_{мо} = 0,0338N + 4,0321 \pm 1,7, \tag{1}$$

где V_{мо}- объем машинного отделения, м³;

N-мощность главного двигателя, кВт.

Объемы форпика и ахтерпика также не перетерпели изменений. График зависимости суммарного объема пиков от водоизмещения судна показан на рисунке 3.[10] Формула, полученная в результате аппроксимации (2), также может быть использована на начальном этапе проектирования судна.

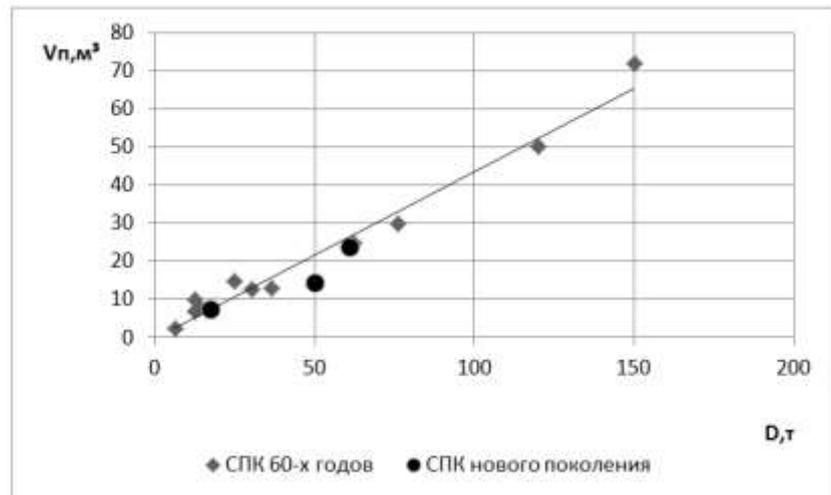


Рис.3. График зависимости суммарного объема пиков от водоизмещения СПК

$$V_{п} = 0,4361D - 0,1391 \pm 0,6, \quad (2)$$

где $V_{п}$ - суммарный объем пиков, м³;
 D- водоизмещение, т.

Для экипажа, как и для пассажиров в настоящее время создаются более комфортные условия. На рисунках 4-5 приведена зависимость площади ходовой рубки от водоизмещения судна, в аппроксимацию суда нового поколения взяты не были.[10] Судно «Комета 120 М» отличается просторной ходовой рубкой, по сравнению с морскими СПК 60-х годов постройки (рисунок 4).

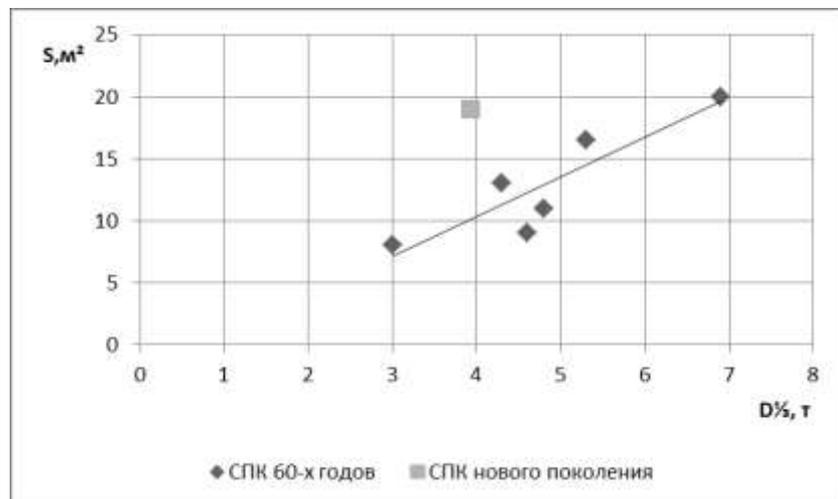


Рис. 4. Зависимость площади ходовой рубки от водоизмещения для морских СПК

Отличия в размерах ходовой рубки у речных СПК не так ярко выражены. Но все же можно заметить, что у «Метеора 120Р» площадь ходовой рубки увеличена (рисунок 5). На судах, которым присвоен более высокий класс РКО, в соответствии с Правилами необходимо размещать большее количество радио-навигационного оборудования, средств связи, что влечет за собой увеличения требуемых площадей.

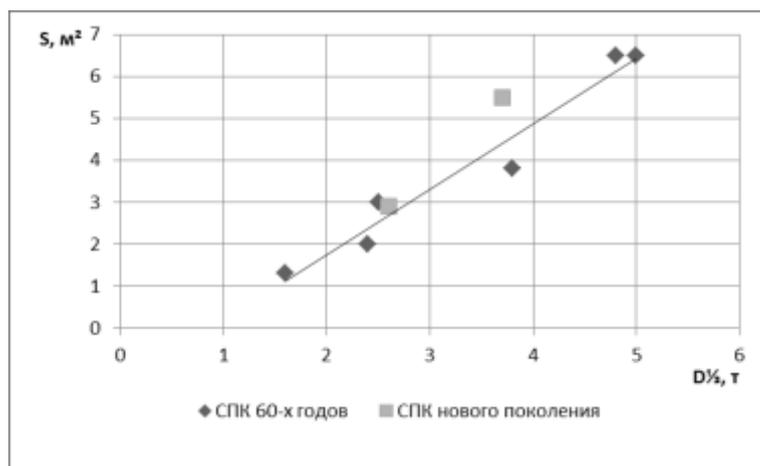


Рис.5. Зависимость площади ходовой рубки от водоизмещения для речных СПК

Заключение

Разработка чертежа общего расположения СПК должна вестись с учетом пожеланий заказчика, а также современных требований и рекомендаций нормативных документов, которые достаточно сильно изменились по сравнению с рекомендациями и требованиями для проектирования и строительства СПК 60-х годов. Это Правила классификационных обществ, Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры, Международный кодекс безопасности высокоскоростных судов и т.д. Прежде всего, повысился уровень комфорта и безопасности для пассажиров и экипажа. Необходимо это учитывать, проектируя суда нового поколения. Сравнительный анализ судов разных поколений позволил оценить размеры помещений для пассажиров, экипажа, механизмов и оборудования. На основе проведенного анализа можно сделать вывод о необходимости пересчета показателей для расчета площадей и объемов помещений СПК. Однако для этого потребуются увеличения объема статистической выборки, состоящей из судов нового поколения.

Список литературы

1. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2019 г. №2129-р.
2. Домнина О.Л., Обоснование организации высокоскоростных водных перевозок пассажиров в Приволжском федеральном округе / О.Л. Домнина, М.В. Иванов, С.Г. Митрошин, К.А. Исанин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта.- 2018.- № 57. -С. 191-199.
3. Домнина О.Л. Предложения по субсидированию перевозок пассажиров внутренним водным транспортом / Домнина О.Л., Лисин А.А. // Речной транспорт (XXI век). - 2021.-№1(97).-С.34.
4. Домнина О.Л., Анализ состояния и проблем перевозок пассажиров в Российской Федерации / О.Л. Домнина, Ж.Ю Шалаева // В сборнике: Экономическая безопасность: проблемы, перспективы, тенденции развития. Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019.- С. 356-362.
5. Галкин Д.Н. Отличительные особенности пассажирского круизного теплохода нового проекта/ Д.Н. Галкин, Ю.А. Малый // Речной транспорт (XXI век).- 2015.- № 2. - С. 32–33.
6. Егоров Г.В. Анализ состояния и путей развития внутреннего водного транспорта России/ Г.В. Егоров, Ю.И. Матвеев, Г.Н. Чуплыгин, В.Н. Шабров // Речной транспорт (XXI век).- 2021. - № 3(99).- С. 39.

7. Кузьмичев И.К. Задачи научных исследований в области пассажирских перевозок на речном транспорте / И.К. Кузьмичев, А.Б. Корнев, А.Г. Малышкин // Вестник ВГАВТ. - 2017. - Вып. 50. – С. 182-190.
8. Веселов Г.В. Современное состояние пассажирских перевозок в Российской Федерации / Г.В. Веселов, М.В. Карташов, В.И. Минеев // Вестник ВГАВТ. - 2019. - Вып. 58. – С. 144-151.
9. Шатохин И.В. О влиянии эргономики на «человеческий фактор» и безопасность эксплуатации флота. / И.В. Шатохин, Ю.И. Линевиц, А.С. Сердюков // Речной транспорт (XXI век).- 2023.- №4(108).-С. 57-58.
10. Колызаев Б.А. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания/ Б.А. Колызаев, А.И. Косоруков, В.А. Литвиненко. - Л.: Судостроение,1980.-472 с.

References

1. Strategy for the development of tourism in the Russian Federation for the period up to 2035: Decree of the Government of the Russian Federation dated September 20, 2019 No. 2129-R.
2. Domnina O.L., Justification for the organization of high-speed water transportation of passengers in the Volga Federal District / O.L. Domnina, M.V. Ivanov, S.G. Mitroshin, K.A. Isanin // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport.- 2018.- No. 57. -pp. 191-199.
3. Domnina O.L. Proposals for subsidizing passenger transportation by inland waterway / Domnina O.L., Lisin A.A. // River transport (XXI century). -2021.-№1(97).- P.34.
4. Domnina O.L., Analysis of the state and problems of passenger transportation in the Russian Federation / O.L. Domnina, J.Y. Shalaeva // In the collection: Economic security: problems, prospects, development trends. Materials of the V International Scientific and Practical Conference.- 2019. - pp. 356-362.
5. Galkin D.N. Distinctive features of a passenger cruise ship of a new project/ D.N. Galkin, Yu.A. Maly // River transport (XXI century).- 2015.- No. 2.- pp. 32-33.
6. Egorov G.V. Analysis of the state and ways of development of inland waterway transport in Russia/ G.V. Egorov, Yu.I. Matveev, G.N. Chuplygin, V.N. Shabrov // River transport (XXI century).- 2021. - № 3(99).- P. 39.
7. Kuzmichev I.K. Tasks of scientific research in the field of passenger transportation on river transport / I.K. Kuzmichev, A.B. Kornev, A.G. Malyshkin // Vestnik VGAVT. - 2017. - Issue 50. – pp. 182-190.
8. Veselov G.V. The current state of passenger transportation in the Russian Federation / G.V. Veselov, M.V. Kartashov, V.I. Mineev // Vestnik VGAVT. - 2019. - Issue 58. – pp. 144-151.
9. Shatokhin I.V. On the influence of ergonomics on the "human factor" and the safety of fleet operation. / I.V. Shatokhin, Yu.I. Linevich, A.S. Serdyukov // River transport (XXI century).- 2023.- №4(108).- Pp. 57-58.
10. Kolyzaev B.A. Handbook of ship design with dynamic principles of maintenance/ B.A. Kolyzaev, A.I. Kosorukov, V.A. Litvinenko. - L.: Shipbuilding, 1980.-472 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кузнецова Вера Владимировна, к.т.н., доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: anis88vera@mail.ru

Vera V. Kuznetsova, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Design and Technology of Building Ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 18.06.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 18.06.2024; published online 20.12.2024.

УДК 004.896:[658.512:629.5]
DOI: 10.37890/jwt.vi81.553

Концепт информационной системы, реализующей единое проектно-производственное пространство между участниками жизненного цикла судна

А.В. Родькина¹

ORCID: 0000-0002-4593-4259

О.А. Иванова¹

ORCID: 0000-0002-3034-0968

А.А. Гуня²

ORCID: 0009-0003-0514-2139

А.В. Пьянов³

ORCID: 0000-0002-0268-1124

¹*«Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия*

²*АО «ЦКБ «Коралл», г. Севастополь, Россия*

³*ООО «Си Эн Жи Эс Инженеринг», г. Москва, Россия*

Аннотация. Авторами разработан концепт алгоритма реализации единой информационной системы общем виде на основе анализе недостатков работы при взаимодействии предприятий и переходе документации между стадиями жизненного цикла судна (морского объекта) внутри существующих систем в электронном виде. Объектом исследования является процесс движения данных, в которые входят: проектная документация на стадии проектирования, рабочая конструкторская документация на стадии разработки, технологические процессы на стадии изготовления комплектующих и постройки образцов морской техники, а также эксплуатационная документация. Предметом исследования является разрабатываемая система, обеспечивающая все необходимые функции для движения данных при взаимодействии участников на всех стадиях жизненного цикла. Целью исследования является создание инновационной унифицированной информационной системы, которая устраняет существующие проблемы, связанные с внедрением и использованием аналогичных систем на российских предприятиях. Эта система обеспечивает интегрированное проектно-производственное взаимодействие между участниками жизненного цикла с использованием организационно-экономических механизмов. Внедрение такой системы позволит значительно сократить время реализации проектов, обеспечивая открытый доступ к мониторингу всего процесса для проектанта, завода-строителя и самого заказчика, благодаря интеграции данных всех стадий жизненного цикла судна на единой информационной платформе. В результате выполненных исследований выявлено, что создание такой системы позволит исключить размножение экземпляров записей данных, как в случае с «бумажной» организацией управления, одновременный доступа множества пользователей к одним и тем же данным упростит поддержку актуальности данных, унификация форматов сбора и хранения данных позволит формировать данные, пригодные для автоматизированной обработки по определенному алгоритму; наличие единой базы данных сократит время анализа информации; автоматизация рутинных операций сократит трудозатраты исполнителей. Предложены пути формирования организационно-экономических механизмов, способствующих эффективности реализации выбранных методов при осуществлении проектно-производственной деятельности.

Ключевые слова: жизненный цикл, мониторинг, информационная среда, технологический процесс, цифровой двойник, планирование.

Information System Concept Implementing Single Design and Production Space Between Vessel Life Cycle Participants

Anna V. Rodkina¹

ORCID: 0000-0002-4593-4259

Olga A. Ivanova¹

ORCID: 0000-0002-3034-0968

Anastasia A. Gunya²

ORCID: 0009-0003-0514-2139

Andrey V. Pyanov³

ORCID: 0000-0002-0268-1124

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

²*CDB «Coral» JSC, Sevastopol, Russia*

³*CNGS Engineering Ltd, Moscow, Russia*

Abstract. The disadvantages in the enterprises interaction and the transition of documentation between the vessel (offshore object) life cycle stages within existing systems in electronic form has been analyzed. Based on this the authors developed the concept of a unified information system implementation algorithm in a general form. The investigation object is the data movement process, which includes: design documentation at the design stage, working design documentation at the development stage, technological processes at the stage of manufacturing components and building marine equipment samples, as well as operational documentation. The investigation subject is a system being developed that provides all the necessary functions for the data movement during the participants (enterprises) interaction at all life cycle stages. The investigation purpose is to develop a new unified information system with the exception of existing disadvantages in the implementation and use of analogues at Russian enterprises. This system will implement a unified design and production space between life cycle participants, using organizational and economic mechanisms, which will significantly reduce the project implementation time, carry out open monitoring of everything process for the designer, the construction plant and the customer himself, thanks to the integration of data from all product life cycle stages on a unified information platform. As a result of the research, it was revealed that the creation of such a system will eliminate the proliferation of data records copies, as is the case with a “paper” management organization. Simultaneous access of many users to the same data will simplify maintaining the data relevance. Unification of data collection and storage formats will allow the formation data suitable for automated processing using a specific algorithm. The presence of a unified database will reduce the time of information analysis. Automation of routine operations will reduce the labor costs of performers. Ways are proposed for the formation of organizational and economic mechanisms that contribute to the selected methods implementation effectiveness in the implementation of design and production activities.

Keywords: life cycle, monitoring, information environment, technological process, digital twin, planning.

Введение

В настоящее время судостроительная отрасль является одной из ключевых в нашей стране. Судостроение является одной из наиболее технологически развитых отраслей экономики и обладает высоким научно-техническим и производственным потенциалом. Данная отрасль оказывает большое влияние на огромное количество смежных отраслей: металлургия, машиностроение, электроника, и др.

Развитие морских и судостроительных технологий, стимулирует смежные отрасли промышленности в развитии и модернизации, что важно для региональных рынков. По прогнозам экономистов, доля России на рынке судостроения к 2030 году

поднимется до 3 %. На данный момент ключевыми направлениями развития данной области являются:

- оптимизация деятельности проектно-конструкторских бюро;
- построение новых схем отношений между проектантом и заводом-строителем;
- в сфере управления – переход на дивизионную структуру управления на основании проектного управления жизненного цикла продукции.

Главная проблема российского судостроения — высокая стоимость проектов по сравнению с зарубежными производителями. Это связано с длительными сроками, высокими трудозатратами и частыми срывами сроков. Верфи, не способные адаптироваться к рыночным условиям, теряют свои позиции¹. Российские исследователи [1] рассмотрели возможности проектирования, планирования и прогнозирования вариантов проработки судостроительного изделия, а также корректировки на различных стадиях жизненного цикла. Рассмотрены классы задач в области применения ИИС (концепт интеллектуальной информационной системы). Предложенный авторами ИИС позволяет своевременно принимать решения на каждом этапе жизненного цикла. Особенность системы заключается в ее влиянии на общую стоимость владения судном, которая включает затраты на проектирование, постройку, эксплуатацию и утилизацию. Снижение затрат на продукцию достигается благодаря преимуществам, возникающим после внедрения ИИС, таким как возможность проработки вопросов компоновки и технологичности сборки на цифровой модели (виртуальном прототипе).

Также для снижения стоимости продукции немаловажным фактором является оплата труда сотрудников, которая исчисляется исходя из количества отработанных часов. Если учесть, что время только проектирования морского объекта требуется в среднем 3–5 лет, количество задействованных сотрудников конструкторского бюро порядка 400–600 человек, то некорректный подход к менеджменту и управлению качеством влечет к большим временным и финансовым потерям. Для сокращения этих потерь авторы работы [2, 3] предлагают использовать концепцию построения «бережливого производства» в судостроении. Третий этап которой предполагает внедрение непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделий.

Сегодня благодаря масштабным инициативам правительства России, направленным на освоение российского шельфа и Арктики, а также привлечению современных западных технологий, российские конструкторские бюро и верфи сталкиваются с серьезной конкуренцией при реализации проектов. Это стимулирует развитие их технологического потенциала и повышение квалификации сотрудников благодаря освоению новых технологий².

Одной из ключевых целей, определенных в Доктрине информационной безопасности России, принятой в 2000 году, является формирование единого информационного пространства Российской Федерации (ЕИП РФ). Неотъемлемой составной частью ЕИП РФ является единое информационное пространство Министерства обороны России (ЕИП МО), включая ЕИП военно-морского флота (ВМФ). Помимо военного флота ЕИП разрабатывается и для гражданского машиностроения, в частности Уфимское моторостроительное производственное объединение (УМПО), реализует проект по созданию единого информационного пространства, которое свяжет все предприятия дивизиона «Двигатели для боевой авиации», с целью эффективного управления разработкой перспективных двигателей.

¹ Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.11.2019 № 2553-р.

² Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 годы». Утверждена постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 304.

Главная задача этих технологий — уменьшить капитальные расходы и оптимизировать операционные издержки клиентов. Также автоматизация производства приведет к изменению процесса его подготовки и последующего управления.

Внедрение новых информационных технологий может быть эффективным средством для реализации взаимных информационных интересов всех участников процесса жизненного цикла изделия (ЖЦИ) в судостроении. Важно подчеркнуть, что успешное внедрение этих информационных технологий будет зависеть от их развития на всех предприятиях-участниках, обеспечивающих информационную поддержку всех этапов жизненного цикла (ЖЦ) – от управления их проектированием, комплектацией, до управления судостроительными предприятиями, проектами по выполнению проектирования объекта, производством на верфях, а также поддержки изделия или его составных частей после передачи для использования по назначению весь срок до момента утилизации³.

В судостроении преобладает производство штучных и мелкосерийных изделий. Часто создание одного корабля представляет собой отдельный проект. Даже суда одной серии могут значительно отличаться друг от друга, поскольку их изготовление происходило в различных условиях.

Тематика, предложенная авторами данной работы, в настоящее время широко исследуется во всем мире, ее обсуждению посвящено большое количество научных работ.

Авторами статьи [4] рассмотрена проблема российской судостроительной отрасли, связанная с устареванием используемых процессов на предприятиях. В качестве решения данной проблемы предлагается использование автоматизации процессов.

В работе [5] рассмотрены цели и методы цифровизации жизненного цикла корабля на этапе эксплуатации, описан текущий уровень автоматизации в военно-морском флоте (ВМФ) и вынесены предложения о дальнейшем развитии автоматизированных систем управления и автоматизированных систем ВМФ путем создания и управления ЕИП.

Опыт применения и развития CALS-технологий в области проектирования корпусных конструкций судов и плавучих технических сооружений в промышленности России описан в научных трудах Судова Е.В.⁴, Доросинского Л.Г.⁵, Чан Динь Тьен [6].

Иностранцами авторами [7] выполнен анализ деятельности компаний и учреждений, участвующих в постройке судов, что является первой стадией в жизненном цикле судна (обоснование разработки). Правильная реализация участниками ключевых действий в процессе обоснования разработки позволяет получить судно, которое будет соответствовать техническому заданию, а также позволяет достигнуть высокого качества постройки судна. Предложен индивидуальный подход к проектированию и производству судов, который позволяет установить взаимосвязь производственных процессов с будущими технологическими процессами обслуживания судов и создать систему управления жизненным циклом судна.

В [8] выполнен обзор литературных источников, на основании которого определены слабые места между текущими приложениями цифрового двойника для морской отрасли. Выполненный анализ показал, что в исследованиях практически не

³ ГОСТ Р 53791-2010 Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2011. – 8 с.

⁴ Судов Е. В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е. В. Судов, А. И. Левин. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2002. – 130 с.

⁵ Доросинский Л. Г. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия / Л. Г. Доросинский, О. М. Зверева. – Ульяновск: Зebra, 2016. – 243 с.

изучаются стадии жизненного цикла непосредственно проектирования (Проведение опытно-конструкторских работ) и вывода из эксплуатации судов (Ликвидация с избавлением от отходов путем их утилизации и/или удаления) и, таким образом, данные стадии жизненного цикла должны быть более широко исследованы учеными при разработке цифровых двойников. Выявлено, что выполненные в этой области исследования подтверждают создание подходящих цифровых моделей, которые можно будет применять для систем, реализующих взаимосвязь реального объекта и цифрового двойника; однако полная методология проектирования новых объектов до сих пор отсутствует в производстве. Предложенный авторами подход к созданию цифрового двойника в системе DT4GS сможет обеспечить прогресс в возможности применения цифрового двойника на протяжении всего жизненного цикла судна. В [9] работе предложены проектно-технические варианты стратегии реновации судов, предложен комплексный подход по устранению физического и морального износа и актуальные задачи реновации флота. Было обнаружено, что оптимизация процессов жизненного цикла судов возможно исключительно через математическое моделирование и цифровизацию, а именно, создание математических моделей — так называемых «цифровых двойников». Авторами [10] были определены технико-экономические аспекты судостроения, которые определяют специфику цифровой трансформации производственных предприятий отрасли. Они предложили рассматривать производственную систему судостроительного предприятия как интегрированный элемент экосистемы, которая объединяет всех заинтересованных участников на протяжении всего жизненного цикла продукции судостроения. Обобщены тенденции научно-технического прогресса в промышленном секторе «Судостроение 4.0».

Непрерывность процессов ЖЦИ, зачастую возможность параллельного взаимодействия всех предприятий, может обеспечиваться единой информационной системой (ЕИС), составной частью ЕИП РФ. Подходы к построению информационной модели жизненного цикла для проектирования и постройки малотоннажного судна были рассмотрены в работе [11]. В работе были прописаны правила и порядок разработки 3D-модели судна со стальным корпусом. Определены приоритеты расположения оборудования и систем внутри помещений и отсеков стальных малотоннажных судов, что позволяет оптимизировать трудозатраты и обеспечить согласованную работу исполнителей различных специализаций внутри организации-разработчика модели.

Основной целью при создании ЕИС является повышение конкурентоспособности предприятия и результативности выполняемых задач начинается с этапа разработки, проектирования и производства новых судов, что способствует улучшению качества товаров, а также гарантийного и послегарантийного обслуживания, кроме этого главным фактором при создании ЕИС является взаимодействие всех участников ЖЦИ, объединенных системой. Внедрение этой системы позволит значительно сократить время, затрачиваемое на все этапы ЖЦИ, и повысить качество продукции.

Таким образом, актуальность работы обосновывается высоким спросом и необходимостью создания качественного продукта, произведенные в короткие сроки в условиях жесткой конкуренции. Однако внедрение продуктов ЕИС на российском рынке затруднено из-за недостаточной локализации и интеграции с информационными системами и технологиями. Поэтому необходимо создать единую информационную систему для взаимодействия участников с поддержкой на всех этапах жизненного цикла изделия.

Целью работы является: создание инновационной унифицированной информационной системы, которая устраняет существующие проблемы, связанные с внедрением и использованием аналогичных систем на российских предприятиях. Эта система обеспечивает интегрированное проектно-производственное взаимодействие между участниками жизненного цикла с использованием организационно-

экономических механизмов. Внедрение такой системы позволит значительно сократить время реализации проектов, обеспечивая открытый доступ к мониторингу всего процесса для проектанта, завода-строителя и самого заказчика, благодаря интеграции данных всех стадий жизненного цикла судна на единой информационной платформе.

Методы и Материалы

Создание единого проектно-производственного пространства поможет значительно упростить и ускорить совместную работу предприятий, территориально расположенных в разных регионах России. Идея была описана по SMART модели:

S – Анализ существующих систем ЕИС, определение включаемых стадий жизненного цикла и его участников;

M – Выбор количества стадий ЖЦ судна, определение оптимального количества участников его этапов;

A – Проект осуществляется студентом, необходима консультация экспертов;

R – Существуют подобные разработки в ВМФ России и УМПО, проект будет актуален и для гражданского судостроения;

T – 2 года.

Для проекта был проведен SWOT-анализ (рис. 1)

Для ускорения процесса документооборота на предприятии судостроительной промышленности широкое применение нашли различные электронные системы или программные продукты, ускоряющие и упрощающие работу с документами как внутри конкретной организации, так и повышающие уровень интеграции проектной организации с проектными организациями-субподрядчиками, судостроительной верфью и заказчиком, которые являются непосредственными участниками ЖЦИ.

Один из основных недостатков программных продуктов связан с кадрами, то есть персоналом, задействованным в системе. Автоматизация документооборота не позволяет избежать стресса для сотрудников, которые привыкли к ручному труду и имеют недостаточные знания об электронном документообороте.

Кроме того, в системе крайне важно грамотно вводить данные. Человеческий фактор играет ключевую роль, так как от качественной работы квалифицированных специалистов зависит непрерывная и безошибочная работа системы.



Рис. 1. SWOT- анализ

На этапе приобретения и внедрения системы компания неизбежно сталкивается с большими затратами, которые, однако, компенсируются сокращением времени на работу с документами и оптимизацией процессов.

Кроме того, географический фактор негативно влияет на повсеместное внедрение системы. Электронный обмен документами возможен не со всеми контрагентами из-за отсутствия единой информационной системы. Поэтому многие компании вынуждены одновременно использовать традиционный «бумажный» и электронный документооборот. Тем не менее, отправка актов и договоров в электронном виде облегчила бы взаимодействие между заказчиками и подрядчиками в любых отраслях, особенно в отдаленных регионах.

На сегодняшний день программные продукты, которые будут рассмотрены, представляют собой различные специализированные инструментари, интегрированные по пакетам интерфейсов. Разреженность интерфейсов (отсутствие интеграции между ними внутри системы) создает серьезные проблемы для некоторых компаний, поскольку требует:

- значительных временных затрат и крупных финансовых вложений для переноса всех бизнес-процессов компании в совершенно новую программную среду;
- продолжительного обучения сотрудников работе с новым программным продуктом, включая тех, кто только планирует присоединиться к команде;
- адаптации программного обеспечения к потребностям пользователей и адаптации пользователей к возможностям программного продукта и так далее.

Система T-FLEX DOCs⁶ предназначена для решения задач конструкторско-технологического и организационно-распорядительного документооборота.

Программный комплекс Global DocFlow⁷ предоставляет функции для управления документооборотом на предприятии.

К основным преимуществам этих систем можно отнести:

ускорение получения документов, корреспонденции, служебных записок, замечаний, внутренних и внешних распоряжений от Руководителя к начальнику подразделения и непосредственно исполнителю;

- возможность наложения резолюций в электронном виде и рассылка документов в подразделения непосредственно задействованные в подготовке ответа или документации;
- снижение нагрузки на работников канцелярии и возможность оптимизации штата;
- уменьшение доли ручного труда и бумажных носителей;
- возможность осуществления удаленного контроля за исполнением поручения, ответа на письмо, служебную записку и так далее, за счет отображения статуса документа;
- возможность отследить цепочку действий на тот или иной документ.

Полноценная система электронного документооборота, включающая не только возможность просмотра документации, корреспонденции или служебных записок, но также и позволяющая осуществлять планирование и другие организационные процессы на предприятии, должна иметь гораздо широкий функционал, который в рамках действующей невозможна в ряде следующих проблем:

- Сложные маршруты движения документов.
- Потеря документов в системе (сбой).

⁶ T-FLEX DOCs - Управление данными предприятия и автоматизация документооборота // Топ Системы | Разработчик и интегратор T-FLEX PLM - российского программного комплекса управления ЖЦИ. URL: <https://www.tfex.ru/products/docs/> (дата обращения: 25.05.2024).

⁷ Система управления электронным документооборотом организации // Global ERP : система управления производством TOIP EAM MES WMS HRM SAP Oracle PostgreSQL. URL: <https://global-system.ru/?id=227> (дата обращения: 25.05.2024).

- Отсутствие четкой классификации дел и связанные с этим трудности в поиске документов.
- Организация управленческого учета.
- Невозможность определить связи между документами.
- Необходимость быстрого доступа к истории проектов.

Отдельно представленные блоки программы имеют свои недостатки. Например, в «Блоке учета трудоемкости и планирования производственных работ» расчет нормо-часов на каждого рядового сотрудника для распределения трудоемкости руководителю необходимо производить в ручном режиме. Нет автоматизации в виде обновления остатка общего числа, выданного на подразделение по ходу распределения на сотрудников.

В настоящее время количество программных решений в области создания ЕИС ограничено из-за сложности процессов и разнообразия задач, стоящих перед ними. Спрос на такие продукты также остается ограниченным. Разработчики предлагают стандартные программные продукты или их адаптацию к специфике работы конкретного предприятия. Однако основная цель концепта ЕИС заключается в профессиональной разработке, методологической и организационной основе, заложенной в ЕИС.

Результаты

Разрабатываемая ЕИС должна обладать высокими интеграционными свойствами и возможностью адаптироваться под цели и задачи всех участников ЖЦ (заказчика, проектного бюро, судостроительного предприятия, поставщиков услуг или оборудования), при этом иметь гибкий функционал, позволяющий в зависимости от целей конкретного потребителя производить доработку или добавление специальных задач.

На сегодняшний день нет ЕИС, которая позволила бы объединить в себе все необходимые возможности для предприятий, которые по своей сути выполняют зачастую принципиально противоположные задачи. Мало того, основной проблемой мешающей разработке и внедрению такого программного обеспечения является то, что первоначальная разработка такой системы будет являться весьма трудоемким и дорогостоящим процессом. В обозримом будущем разработкой такой ЕИС для судостроительной отрасли может заняться Объединенная судостроительная корпорация (АО «ОСК»), включающая в свой состав крупные проектные, промышленные и судостроительные дивизионы, а также различные предприятия занимающиеся выпуском материалов и оборудования для судостроительной отрасли.

На примере такой корпорации как АО «ОСК» ЕИС могла бы включать следующий объем функций, которые условно можно разделить на:

- базовый функционал, общий для всех предприятий, входящих в корпорацию, и позволяющий осуществлять общую координацию работ;
- функционал, позволяющий осуществлять документооборот и обмен информацией внутри конкретного предприятия;
- функционал, осуществляющий интеграцию различных предприятий, участвующих в создании того или иного объекта судостроения и обеспечивающий обратную связь между участниками различных этапов жизненного цикла объекта судостроения;
- функционал обеспечивающий организацию закупок материалов и оборудования с использованием общей базы данных о проверенных поставщиках, их рейтинге и опыте участия в проектах со схожими характеристиками.

Базовый функционал предназначен для общего руководства за выполнением работ по различным договорам между предприятиями, выполняющими различные

функции, и осуществления общего контроля за всем процессом начиная от стадии коммерческого предложения и заканчивая сдачей готового объекта в эксплуатацию, но не ограничиваясь этим. Набор функций должен позволять представить общую картину развития проекта, время затрачиваемое на различные стадии проектирования, разработку основных технических решений, проектную документацию или проектную документацию судна в постройке, рабочую и эксплуатационную документацию. Помимо этого учитывая то, что строительство обычно начинается непосредственно еще в процессе разработки технической документации функционал ЕИС должен отслеживать этапность разработки технической документации и очередность изготовления в металле, для исключения простоя в производстве по причине отсутствия тех или иных документов или оборудования. Наполнение информацией ЕИС должно осуществляться всеми участниками производственного процесса с необходимой частотой обновления данных и позволять формировать общие отчеты о продвижении проекта. Такие отчеты могут включать как информации о ходе разработки технической документации, так и о ходе закупок или поставке оборудования.

Внутри конкретного предприятия ЕИС должна позволять руководителю предприятия отслеживать ход выполнения работ в целом и по производственным подразделениям. Весь функционал ЕИС должен быть разделен на зоны, позволяющие конкретному исполнителю следить за своим личным производственным заданием, руководителю подразделения за ходом выполнения работ по его направлению, общему руководителю работ за реализацией проекта в его зоне ответственности. ЕИС должна обеспечивать интеграцию системы оборота корреспонденции внутри предприятия и системы оборота внутренних служебных записок с созданием цепочки позволяющей проследить весь процесс начиная от получения входящего письма и заканчивая подготовкой, согласованием и ответом на него. Планирование должно включать в себя возможность для руководителей устанавливать трудоемкость выполнения работ и сроках ее окончания. Отчет исполнителя заполняемый в электронном виде, а также информация полученная от системы автоматизированного учета отработанного времени будут являть основанием для заполнения электронного табеля и далее передаваться в отделы экономики и финансов для осуществления расчетов с работником по факту выполненных работ и отработанных часов. Для отделов экономики и финансов должна быть выполнена возможность распределения нормо-часов между подразделениями с возможностью контроля за их расходом. Также система должна предусматривать возможность оценки загрузки как по конкретным подразделениям, так и исполнителям с целью недопущения суммирования нагрузок по разным заказам, которая в конечном итоге может привести к невыполнению сроков обязательств или чрезмерной нагрузке на исполнителей.

Контроль по разработке документации или изготовлению секций, блоков, единиц оборудования функционал системы должен содержать общие графики (к примеру, диаграммы Ганта), на которых отображаются плановые сроки выполнения работ и фактическое продвижение с указанием ответственного исполнителя. Внутри подразделений, цехов такие графики должны содержать более детальную информацию с разбивкой на конкретные работы, а также исполнителей, что будет служить основой для формирования укрупненных графиков внутри предприятия и далее общих графиков позволяющих отслеживать ход реализации проекта в целом.

Система должна содержать набор справочной и нормативной документации с обязательным поддержанием ее в актуальном состоянии, а также службу уведомлений о выходе обновлений, циркулярных писем изменениях в конкретных ее пунктах с отметкой исполнителя об ознакомлении и принятии к сведению. При необходимости осуществления контроля за работами по нескольким заказам система должна формировать отдельные направления и позволять отслеживать информацию в рамках конкретного заказа.

Система должна содержать общую базу данных и архивы всей входящей и исходящей корреспонденции, внутренних служебных записок, приказов, разработанной документации. Обязательным атрибутом общей ЕИС должен быть функционал, осуществляющий интеграцию различных предприятий участвующих в создании того или иного объекта судостроения. Задачей такого функционала является обеспечение обратной связи между Заказчиком ↔ проектантом ↔ заводом-изготовителем ↔ поставщиком оборудования и материалов.

На данный момент реализованного подобного проекта для морской отрасли нет. Единственным предприятием, которое планировало заниматься созданием ЕИП в гражданской судостроительной отрасли было группа «Кронштадт», но с 2016 г. оно остановило свои разработки в этой области. Также созданием ЕИП занимается «Газпром», ВМФ и УМПО, чьи разработки пока не раскрываются и для гражданского судостроения закрыты. Для воплощения проекта были определены основные этапы его реализации (табл. 1).

Таблица 1

План-график реализации проекта, тыс. руб.

Этапы	1 квартал 2024	2 квартал 2024	3 квартал 2024	4 квартал 2024	1 квартал 2025	2 квартал 2025	3 квартал 2025	4 квартал 2025
Анализ технологического рынка	89,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Генерация идей	3,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Обоснование выбранной идеи	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Описание идеи	0,0	7,8	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
План-график проекта	0,0	0,0	0,0	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Выбор и закупка оборудования	0,0	0,0	0,0	28,0	100,8	56,0	0,0	0,0
Коммерциализация	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	112,0	28,0	0,0
Оценка эффективности	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0	0,0
Продвижение проекта	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0	67,2
Итого – Разработка ЕИС	672,0							

Основными потребителями ЕИС являются конструкторские бюро, судоремонтные и судостроительные заводы; возможно сотрудничество с ВМФ и иными машиностроительными отраслями для обмена опытом и разработками. Также для предприятия особо важна поддержка государства.

Действия по продвижению проекта разделены на подготовительные меры в период инвестирования и программные меры после запуска (этап развития). Меры до запуска будут направлены на информирование, привлечение внимания и интереса, использование первых двух шагов модели рекламного воздействия AIDA, базирующиеся на принципах человеческого поведения. Действия будут включать: создание и запуск лендинговой страницы, создание контента для рекламы и запуск этой рекламы, предложение статей о проекте различным некоммерческим газетам, журналам, участие в грантовых конкурсах, выставках по морским и судоремонтным тематикам. Программные меры после запуска будут направлены на побуждение желания и приобретению услуг у компаний-потребителей. Бюджет маркетингового плана, а также инструменты маркетинга представлены в табл. 2.

Таблица 2

Маркетинговый бюджет при запуске проекта

	Расходы, тыс. руб.
Подготовительный этап	
Реклама Яндекс Директ	233
Создание лендингового сайта	82
Расходы на встречи с заказчиками	35
Расходы на брендинг	25
Публикация статей по теме в научных изданиях	95
Расходы на участие на выставках	200
Итого:	670

Бюджет реализации и дальнейших инвестиций представлен в табл. 3.

Показатели рассчитаны на основании пятилетнего финансового плана с учетом стоимости денег во времени; для этого вводится ставка дисконтирования, принятая для данного проекта на основании ключевой ставки, утвержденной информационным сообщением ЦБ РФ от 15 декабря 2023 года, равной 16 %.

Таблица 3

Бюджет

Наименование	Сумма, тыс. руб.
Разработка ЕИС	672
Тестирование и отладка ЕИС	171
Согласование с РМРС	342
Маркетинг при запуске проекта	670
Всего	1855



Рис.2. Финансовый профиль проекта

Эффективность проекта оценивается на основании рассчитанных интегральных показателей эффективности, принятых в мировой практике (табл. 4).

Таблица 4

Интегральные показатели

Показатель	Значение
Период возврата капитальных вложений	3,35 г.
Период окупаемости	2,35 г.
Индекс рентабельности	2,72
Внутренняя норма рентабельности	22,27 %

Расчет интегрального экономического эффекта по полугодиям на протяжении пяти лет показал возможный выход к окупаемости через 2,35 года от начала работы над проектом.

Обсуждение

Основной проблемой с которой на сегодняшний день сталкиваются различные участники процесса – это отсутствие обратной связи друг с другом. Для возможности выполнения тех или иных работ зачастую требуется длительная переписка связанная со взаимной увязкой сроков. То же самое можно сказать и об изменении входных параметров. Наиболее просто это рассмотреть на конкретном примере в работе между проектантом, заводом-изготовителем и поставщиком. В процессе строительства произошел сбой в поставке стального проката, что привело к необходимости использования металла имеющего другую толщину, увеличение толщины произошло в большую сторону, что не повлияло бы на механическую прочность, однако при подготовке своей технической документации проектант не учел изменение толщин металла и произвел расчеты по теории корабля с массой отличной от той, которая имела фактическое место. При спуске объекта на воду он получил крен и дифферент, а также положение центра тяжести отличающиеся от проектного. При сдаче проекта Российским морским регистром судоходства были выявлены отклонения, которые привели к необходимости корректировки комплекта эксплуатационной документации.

На базе такого примера видно, что если бы проектантом на этапе разработки документации были получены карты разрешений об отступлениях от базового проекта, то эта информация могла быть учтена до начала проведения испытаний и сдачи в эксплуатацию, что позволило бы сократить время и средства необходимые для этого.

Таким образом, функционал, осуществляющий интеграцию различных предприятий участвующих в создании того или иного объекта судостроения, должен обеспечивать возможность обмена информацией, которая возникает в процессе строительства, изменение данных о материалах в виде карт разрешений, изменение данных об оборудовании (изменение весовых характеристик и габаритных размерах, отступления от технических требований на закупку оборудования), отчеты о весовом контроле производящемся на заводе-изготовителе с передачей отчетов о весовом контроле проектанту для возможности осуществления контроля за лимитами нагрузки масс и недопущения превышения допускаемых запасов, ведение электронных журналов с вопросами от групп технического сопровождения строительства и авторского надзора, с обязательной отметкой об их получении и отработке.

Еще одним немаловажным направлением общей ЕИС является процесс организации закупок оборудования. Функционал этого блока должен обеспечить

возможность проектанту размещать технические требования на закупку и поставку оборудования в соответствии разработанной документацией. Базы данных по поставщикам при этом должны содержать как информацию о непосредственно поставщике, так и спецификационные характеристики оборудования. Такие базы данных существенно позволили бы сократить время затрачиваемое проектантом на подготовку и написание технических требований на закупку, а также ориентироваться на реально производимое оборудование.

Заключение

Применение разработанного концепта ЕИС позволит реализовать единое проектно-производственное пространство между участниками жизненного цикла, основные принципы и преимущества которого:

- одновременный доступ множества пользователей к одним и тем же данным упрощает поддержку актуальности данных;
- однократный ввод данных обеспечивает отсутствие дублирующих и противоречащих данных, благодаря возможности многократного извлечения информации;
- унификация форматов сбора и хранения данных позволяет иметь данные, пригодные для автоматизированной обработки;
- сокращение времени анализа информации достигается благодаря использованию стандартных запросов к базе данных для получения аналитических выборок;
- автоматизация рутинных операций и сокращение трудозатрат исполнителей при выполнении определенных функций делают трудоемкие операции более реальными.

ЕИС объединит в себе функционал необходимый как для осуществления общего руководства проектом и оперативного контроля, так и для интеграции участников различных стадий ЖЦИ судостроительной промышленности. Основными потребителями предприятия являются конструкторские бюро, судоремонтные и судостроительные заводы; возможно сотрудничество с ВМФ и иными машиностроительными отраслями для обмена опытом и разработками. Партнерское сотрудничество предполагается с государством и судостроительными предприятиями, которые позволят разрабатывать и тестировать единое информационное пространство на их базе.

Список литературы

1. Митюшин А. В., Палагута А. И., Мишарин М. А., Фирсова А. В. Проектирование вариативной модели жизненного цикла // Судостроение. 2023. № 2. С. 37–42.
2. Дектярев А. В., Морозов В. Н. Особенности применения инструментов бережливого производства на судоремонтных верфях // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2021. Т. 13. № 5. С. 710–722. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2021-13-5-710-722>
3. Пашеева Т. Ю., Шестаков А. И. Качество как элемент системы управления судоремонтным предприятием // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2022. Т. 14. № 2. С. 272–280. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-2-272-280>
4. Неснова М. В., Дудкина К. А. Автоматизации производства, как решение проблемы судостроительной отрасли // Неделя науки Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2021. № 1–2. С. 22–29.
5. Тарновицкий С. А., Устинов В. С., Колесников И. А., Николаев Н. А. Подходы к цифровизации жизненного цикла корабля и проблемные вопросы внедрения цифровых технологий на этапе эксплуатации // Вестник военного инновационного технополиса «Эра». 2022. том 3. № 4. С. 384–386. <https://doi.org/10.56304/s2782375x22040131>.

6. Чан Д. Т. Информационные технологии в судостроении: существующие системы, сферы и возможности их использования // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2009. № 1. С. 105–109.
7. Montwiłł A., Kasinska J., Pietrzak K. Importance of key phases of ship manufacturing system for efficient vessels life cycle management // Elsevier Procedia. 2018. Vol. 19. Pp. 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.01.006>
8. Mauro F., Kana A.A. Digital twin for ship life-cycle: A critical systematic review // Ocean Engineering. 2023. Vol. 269. 113479. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113479>
9. Гуляев И., Роннов Е. Современные задачи обновления судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания в рамках системы автоматизированного проектирования и управления процессами их жизненного цикла // Транспортное дело России. 2023. № 1. С. 216–221. https://doi.org/10.52375/20728689_2023_1_216
10. Палкина Е. С., Постников Р. А. Цифровая трансформация производственной системы в судостроении: проблемы и способы их решения // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27. № 6. С. 107–123. <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-6-107-123>
11. Гуня А. А., Душко В. Р., Несин Д. Ю. Особенности разработки электронной информационной модели малотоннажного судна // Неделя науки Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2020. № 3–1. С. 11–20.

References

1. Mityushin A.V., Misharin M.A., Palaguta A.I., Firsova A.V. Designing a variable product life cycle in shipbuilding. *Shipbuilding*, 2023, no. 2, pp. 37–42. (In Russ.):
2. Dektyarev A.V., Morozov V.N. Specific features of applying the lean production tools on ship-repair yards. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 710–722. (In Russ.) <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2021-13-5-710-722>.
3. Pasheyeva T.Y., Shestakov A.I. Quality as an element of the ship repair enterprise management system. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*, 2022, vol. 14, no. 2, pp. 272–280. (In Russ.) <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2022-14-2-272-280>.
4. Nesnova M.V., Dudkina X.A. Automation of production as a solution to the problem of shipbuilding industry. *Science Week of Saint Petersburg State Marine Technical University*, 2021, no. 1–2, pp. 22–29. (In Russ.)
5. Tarnovitskiy S.A., Ustinov V.S., Kolesnikov I.A., Nikolayev N.A. Approaches to digitalization of the ship life cycle and problematic issues of introducing digital technologies at the operational stage. *Bulletin of the military innovation technopolis «Era»*, 2022, vol. 3, no. 4, pp. 384–386. (In Russ.) <https://doi.org/10.56304/S2782375X22040131>
6. Chan D.T. Information technologies in shipbuilding: existing systems, spheres and possibilities of their use. *Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: marine engineering and technologies*, 2009, no. 1, pp. 105–109. (In Russ.)
7. Montwiłł A., Kasinska J., Pietrzak K. Importance of key phases of ship manufacturing system for efficient vessels life cycle management. *Elsevier Procedia*, 2018, vol. 19, pp. 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.01.006>
8. Mauro F., Kana A.A. Digital twin for ship life-cycle: A critical systematic review. *Ocean Engineering*, 2023, vol. 269, pp. 113479, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113479>
9. Gulyaev I., Ronnov E. Modern tasks of updating inland and mixed (river-sea) navigation vessels in the framework of the system of automated design and management of their life cycle processes. *Transport business of Russia*, 2023, no. 1, pp. 216–221. (In Russ.) https://doi.org/10.52375/20728689_2023_1_216
10. Palkina E., Postnikov R. Digital transformation of production system in shipbuilding: problems and solutions. *The Transbaikal State University Journal*, 2021, vol. 27, no. 6, pp. 107–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-6-107-123>
11. Gunya A.A., Dushko V.R., Nesin D.Y. Features of the development of an electronic information model of a small craft. *Science Week of Saint Petersburg State Marine Technical University* 2020, no. 3–1, pp. 11–20. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

Иванова Ольга Александровна,
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
«Океанотехника и кораблестроение»
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 299053,
г. Севастополь, ул. Университетская, 33,
e-mail: o.a.ivanova.kmt@mail.ru

Olga A. Ivanova, Ph.D. in Engineering Science,
Assistant Professor, Assistant Professor of the
Department of Ocean Technology and
Shipbuilding,
Sevastopol State University,
33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053

Гуня Анастасия Александровна,
инженер-конструктор 2 категории,
АО «ЦКБ «Коралл», 299045,
г. Севастополь, ул. Репина, 1,
e-mail: anastasia.a.g.1997@mail.ru

Anastasia A. Gunya, Design Engineer of 2nd
Category, CDB “Corall” JSC,
1, Repin st., Sevastopol, 299045
e-mail: anastasia.a.g.1997@mail.ru

Пьянов Андрей Владимирович,
инженер по управлению балластными
системами, ООО «Си Эн Жи Эс Инжиниринг»
(г. Москва, Россия), e-mail:
a.pyanov@yahoo.com

Andrey V. Pyanov, ballast systems engineer,
CNGS Engineering Ltd,
35, Nizhnaya Krasnoselskaya Str., Bldg. 64,
Office 618, Moscow, Russia, 105066

Статья поступила в редакцию 08.11.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 08.11.2024; published online 20.12.2024.

УДК 629.12.037.1

DOI: 10.37890/jwt.vi81.532

Эффективность применения эпоксидного компаунда без порошкового наполнителя для ремонта кавитационных повреждений гребных винтов

Ю. Н. Цветков

ORCID: 0000-0002-2089-1299

Я. О. Фиактистов

ORCID: 0000-0002-1800-5569

Р. Н. Ларин

ORCID: 0000-0002-5823-0154

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

Аннотация. Эпоксидные составы находят всё более широкое применение для ремонта гребных винтов, изношенных при кавитации. Подавляющее большинство эпоксидных ремонтных составов содержит в качестве наполнителей металлические порошки. Однако целесообразность использования порошковых наполнителей в эпоксидных составах для заделки очагов кавитационного износа на лопастях фирмами-изготовителями этих составов не обосновывается. А вопрос влияния металлических порошковых наполнителей на кавитационную износостойкость эпоксидного состава остаётся открытым. Испытания на ультразвуковом магнестрикционном вибраторе позволили сделать вывод, что эпоксидные ремонтные составы, содержащие металлический порошковый наполнитель — Devcon Bronze Putty и Devcon Titanium Putty, а также компаунд К-153 с добавками бронзового порошка — изнашиваются без инкубационного периода, т. е. потери массы образцов начинаются с первых минут кавитационного воздействия. При этом границы между металлическими частицами и эпоксидной матрицей служат очагами кавитационного разрушения, а процесс изнашивания протекает главным образом путём удаления металлических частиц из эпоксидной матрицы и последующего разрушения краёв образовавшихся пустот. Испытания эпоксидного компаунда К-153 без добавки бронзового порошка показали, что отказ от порошковых наполнителей приводит к изменению кинетики кавитационного изнашивания эпоксидного компаунда: на кинетической кривой изнашивания появляется инкубационный период, в течение которого отделение частиц износа с поверхности полимера практически отсутствует, а значит и качество поверхности почти не снижается. Применение для заделки очагов кавитационного износа на лопастях гребных винтов водоизмещающих судов эпоксидных ремонтных составов, не содержащих порошковых наполнителей, может привести к заметной экономии топлива. Это объясняется тем, что в течение инкубационного периода качество поверхности ремонтного состава почти не снижается, а значит, не снижается КПД движителя. Экономия может составить от 80 до 250 руб. на 1 кВт мощности судового дизеля за один междоковый период.

Ключевые слова: гребной винт, лопасть, кавитационный износ, КПД, эпоксидный ремонтный состав, бронзовый порошковый наполнитель, инкубационный период изнашивания, судового дизель, расход топлива.

Effectiveness of application of epoxy compound without powder filler to repair ship propellers damaged under cavitation

Yuriy N. Tsvetkov

ORCID: 0000-0002-2089-1299

Yaroslav O. Fiaktistov

ORCID: 0000-0002-1800-5569

Roman N. Larin

ORCID: 0000-0002-5823-0154

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

Abstract. Epoxy compositions are wide-spread in repairing the ship propellers blades damaged under cavitation attack. Most of the epoxy repair compositions contain the metal powders as filler. But the manufacturers of such compositions do not substantiate the expediency of using the metal powder in epoxy compositions for repairing the blades with cavitation wear spots. And the issue of the influence of metal powder filler on the cavitation wear resistance of the epoxy composition remains open. Experiments on ultrasonic magnetostrictive rig allowed to draw the conclusion, that the epoxy compositions containing the metal powder filler — Devcon Bronze Putty and Devcon Titanium Putty, and also compound K-153 doped with bronze powder — wear out without incubation period, that is the material loss takes place from the very beginning of the cavitation attack. The boundaries between the metallic particles and the epoxy matrix are the spots of the cavitation damage onset, and the composition wears out by the way of metal particles removal and subsequent destruction of the formed voids edges. Testing the compound K-153 without metal powder filler showed that refusal to add the metallic powder filler into epoxy repair compounds leads to the change in kinetics of cavitation wear of epoxy compound: there the incubation period appears on the kinetic curve of wear, during the period the quality of the surface of epoxy does not deteriorate as the removal of wear particles from the epoxy surface is absent. The application of the epoxy compositions without metal powder filler to repair the cavitation wear zones on ship propellers blades can result in essential fuel saving. It is explained by that quality of the repair composition surface does not decrease significantly; hence the propeller efficiency does not decrease. The savings might amount from 80 to 250 rubles per 1kW of ship diesel power during each interval between dock repairs.

Keywords: ship propeller, blade, cavitation wear, efficiency, epoxy repair compound, bronze powder filler, incubation period, ship diesel, fuel consumption.

Введение

Кавитационный износ гребных винтов (ГВ) является одной из самых распространённых причин их ремонта. Всё большее распространение для ремонта ГВ получают многочисленные полимерные составы на основе эпоксидных смол, такие как Belzona Супер XI-Металл, Chester Metal Ceramic FSL, Devcon⁸, K-15, УП-5-177, УП-5-177-1, Diamant Moglice, Weicon BR и др. Эпоксидные составы имеют много существенных преимуществ по сравнению с наплавкой, являющейся традиционным и самым распространённым способом ремонта изношенных ГВ. В частности, эпоксидные составы очень технологичны в применении, не оказывают в отличие от наплавки термического воздействия на металл лопасти и т. д. Поэтому их применение для ремонта ГВ водоизмещающих судов является обоснованным; на ГВ этих судов кавитационный износ возникает в концевых сечениях лопастей [1, 2], и при их ремонте приоритетом является не восстановление прочности лопасти, чего применением полимерных составов добиться не удастся, а восстановление качества поверхности, чтобы исключить отрицательное влияние очагов износа на КПД винта. Тем не менее, при всех преимуществах применения эпоксидных ремонтных составов их широкое использование при ремонте ГВ сдерживается их низкой долговечностью в условиях кавитации ГВ.

⁸ Под маркой Devcon выпускается целая линейка ремонтных составов, включая перечень продуктов с наполнителями в виде металлических порошков (бронзовых, титановых, стальных, алюминиевых)

Можно выделить две основные причины низкой долговечности: плохая адгезия ремонтного состава к поверхности лопасти и его неудовлетворительная кавитационная износостойкость. Повышение адгезии полимеров к металлам — очень серьёзная проблема. Адгезионная способность полимеров, вследствие особенностей их строения, к металлическим поверхностям сравнительно низкая [3], и хотя составы на основе эпоксидных смол выгодно отличаются в этом плане от других полимеров [4, 5], тем не менее, адгезия даже эпоксидных составов далека от того уровня, который бы позволил технологии, основанной на их применении, вытеснить традиционную наплавку. Исследование вопросов адгезии требует отдельного серьёзного изучения, что выходит за рамки одной статьи. В представленной работе основное внимание уделено повышению кавитационной износостойкости эпоксидных ремонтных составов, и то, к какому экономическому эффекту это может привести.

Подавляющее большинство эпоксидных ремонтных составов содержит в качестве наполнителей металлические (бронзовые, титановые и др.) и керамические порошки. Например, из упомянутых выше, составы Belzona Супер XI-Металл, Chester Metal Ceramic FSL, Devcon, Diamant Moglice и Weicon BR содержат порошковые наполнители. Однако целесообразность использования порошковых наполнителей в эпоксидных составах для заделки очагов кавитационного износа на лопастях фирмами-изготовителями не обосновывается. А вопрос влияния металлических порошковых наполнителей на кавитационную износостойкость эпоксидного состава остаётся открытым.

Цель работы — оценка экономического эффекта от применения эпоксидного компаунда без металлического порошкового наполнителя для ремонта лопастей гребных винтов с очагами кавитационного износа.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- оценить влияние добавок металлического порошкового наполнителя на механизм кавитационного разрушения эпоксидного состава;
- провести сравнительный анализ кинетики кавитационного изнашивания эпоксидного компаунда с добавкой металлического порошкового наполнителя и без него;
- разработать методику оценки экономического эффекта при отказе от применения металлического порошкового наполнителя в эпоксидных ремонтных составах.

В рамках решения первых двух задач были проведены эксперименты на кавитационное изнашивание.

Методика эксперимента

Эксперименты на кавитационное изнашивание проводили на алюминиевой бронзе, применяемой для изготовления гребных винтов, и эпоксидных составах, содержащих металлический порошковый наполнитель и не содержащих его.

В качестве бронз выбрали алюминиевую бронзу БрА9Ж4Н4Л. В качестве эпоксидных составов выбрали два импортных состава: Devcon Bronze Putty (Br) и Devcon Titanium Putty, первый содержал в качестве наполнителя бронзовый порошок, а второй — порошок титана, а также отечественный эпоксидный компаунд К-153 без наполнителя и с наполнителем в виде порошка алюминиевой бронзы БрАЖНМц9-4-4-1. Отверждение компаунда К-153 осуществляли добавкой отвердителя полиэтиленполиамина в количестве 12 частей по объёму и тщательным перемешиванием состава. Размер частиц в составах Devcon Br и Devcon Titanium Putty был около 19 и 22 мкм соответственно, а содержание частиц по объёму было около 20 % [6]. При этом, если в составе Devcon Titanium Putty частицы титана имели размеры, не сильно отличающиеся друг от друга в трёх измерениях, то в составе Devcon Br содержались бронзовые частицы двух фракций: окатанные и пластинчатые.

Бронзовый порошок для добавки в компаунд К-153 получали опиливанием прутка бронзы БрАЖНМц9-4-4-1 с применением напильников с разной насечкой. Размер и относительную долю металлических частиц в эпоксидном полимере определяли на микрошлифах, подготовленных из образцов эпоксидных составов, с помощью металлографического микроскопа, основываясь на принципиальных положениях стереометрической металлографии [7].

Опыты на кавитационное изнашивание проводили на ультразвуковом магнестрикционном вибраторе (МСВ) (рис. 1). Частота и амплитуда колебаний торца концентратора МСВ равнялась примерно 22 кГц и 28 мкм соответственно. Опыты проводили в пресной воде, температура которой поддерживалась в диапазоне 20 ± 3 °С. Образцы 5 для испытаний имели форму цилиндров диаметром около 16 мм и высотой 10...12 мм. Образцы из бронзы БрА9Ж4Н4Л вытачивали из более крупных заготовок, вырезанных из ГВ, бывших в эксплуатации. Образцы составов Devcon получали заполнением чашечных образцов из бронзы БрАЖНМц9-4-4-1; диаметр внутренней полости равнялся 16 мм [6]. Образцы компаунда К-153 получали, заливая компаунд в трубчатые формы, нарезанные из металлопластиковой трубы, а после отверждения состава выдавливанием образца из формы. Испытываемые торцевые поверхности всех образцов шлифовали на шкурках разной зернистости, а потом поливали на влажном сукне. Испытывали по два образца каждого материала. Расстояние между испытываемой поверхностью образца и торцом колеблющегося концентратора 4 выставляли равным 0,5 мм. По результатам испытаний строили зависимости потерь массы образцов от продолжительности кавитационного воздействия. Для этого в процессе испытаний МСВ периодически выключали, образцы высушивали и взвешивали на аналитических весах с дискретностью показаний 0,1 мг.

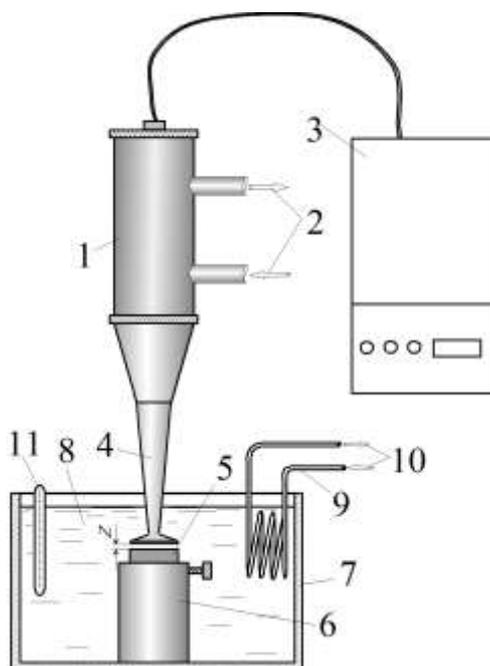


Рис.1. Схема ультразвукового магнестрикционного вибратора: 1 — магнестрикционный преобразователь; 2 — охлаждающая вода; 3 — ультразвуковой генератор; 4 — концентратор; 5 — образец; 6 — державка; 7 — ёмкость из оргстекла; 8 — вода; 9 — змеевик; 10 — охлаждающая вода; 11 — термометр

Также проводили механические испытания компаунда К-153 и испытания на адгезию компаунда к алюминиевой бронзе. Для проведения механических испытаний готовили заготовки компаунда заливкой его в трубчатые формы внутренним диаметром 40 и высотой 120 мм. После отверждения заготовки разрезали на более мелкие и вытачивали из них образцы (рис. 2а) по ГОСТ 11262-80. Испытания на одноосный разрыв проводили на машине МИМ.2-50. По результатам испытаний определяли предел прочности на разрыв. Испытали 4 образца, а за результат взяли среднее арифметическое.

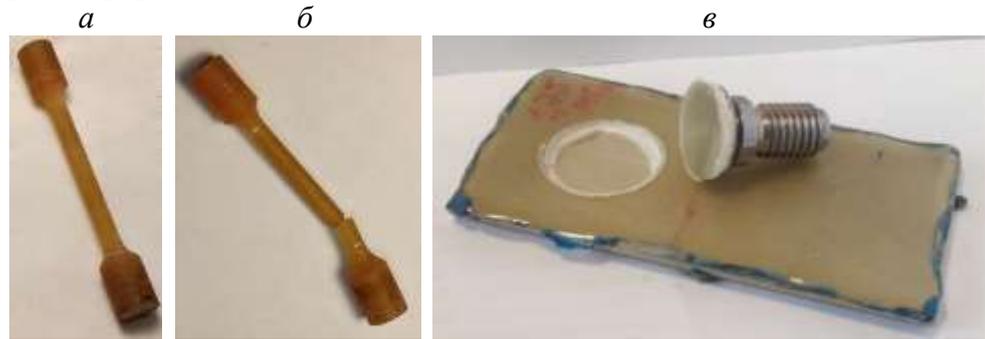


Рис.2. Вид образца из эпоксидного компаунда К-153 до (а) и после (б) испытаний на растяжение, а также оторванный грибок от эпоксидного покрытия в опытах на адгезию (в)

Испытания на адгезию проводили по схеме, регламентированной ГОСТ 32299-2013, путём отрыва стального грибка диаметром 19,5 мм, приклеенного к поверхности эпоксидного покрытия, нанесённого на пластину из бронзы БрАЖНМц9-4-4-1 (рис. 2 в), аналогичной по составу винтовой бронзе БрА9Ж4Н4Л. Средняя толщина покрытия равнялась 2,1 мм. Отрывали 6 грибков и регистрировали потребное для отрыва каждого грибка удельное усилие отрыва $p_{отр}$ (МПа), а за окончательный результат взяли среднее значение.

Анализ результатов опытов на кавитационное изнашивание

Вид зависимостей потерь массы эпоксидных составов с металлическим порошковым наполнителем от продолжительности кавитационного воздействия (рис. 3) отличается от зависимостей, характерных для металлических материалов. Как видно на примере бронзы БрА9Ж4Н4Л (рис. 4 а), кавитационное изнашивание металлических сплавов характеризуется наличием инкубационного периода продолжительностью $t_{инк}$, т. е. периода, в течение которого потери массы практически отсутствуют, а идёт накопление повреждений в поверхностных слоях. Потери массы же эпоксидных составов с металлическим порошком начинаются с первых минут кавитационного воздействия (рис. 3), т. е. изнашивание идёт без инкубационного периода.

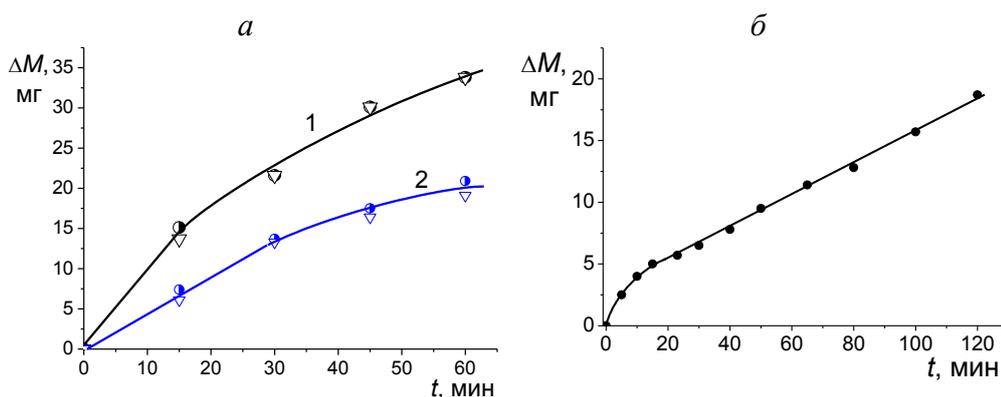


Рис.3. Кинетические кривые изнашивания составов Devcon (а) — Devcon Br (1) и Devcon Titanium Putty (2) — и компаунда К-152 (б), содержащего порошок алюминиевой бронзы с размером частиц около 18 мкм и их объемной долей в образце 9,5 %

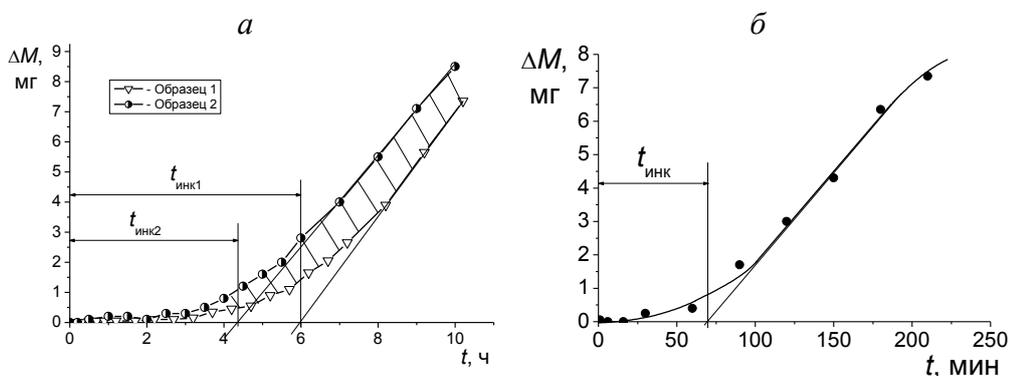


Рис.4. Зависимости кавитационного износа бронзы БрА9Ж4Н4Л (а) и эпоксидного компаунда К-153 без добавки порошкового наполнителя (б) от продолжительности кавитационного воздействия на МСВ

Интересно отметить, что обработка результатов испытаний составов Devcon (рис. 3 а) показала существование равенства [6]:

$$v_{BrP} / v_{TiP} \approx \rho_{Br} / \rho_{Ti}, \quad (1)$$

где ρ_{Ti} и ρ_{BrP} — плотности титана и бронзы, принятые соответственно равными 4,5 кг/м³ и 8,4 кг/м³; v_{TiP} и v_{BrP} — скорости изнашивания составов Devcon Titanium Putty и Devcon Bronze Putty соответственно, равные 0,45 мг/мин и 0,96 мг/мин. Скорости изнашивания определили по углу наклона начального участка кривых $\Delta M(t)$ на рис.3(а).

Существование приблизительного равенства (1) говорит о том, что кавитационное изнашивание эпоксидных составов с порошковым наполнителем происходит путём откалывания и вырыва металлических частиц из полимерной матрицы. Это подтверждается и анализом механизма разрушения эпоксидного компаунда К-153, содержащего частицы алюминиевой бронзы. Во время испытаний образец периодически помещали на предметный столик микроскопа и делали фотографию одного и того же района поверхности (рис. 5).

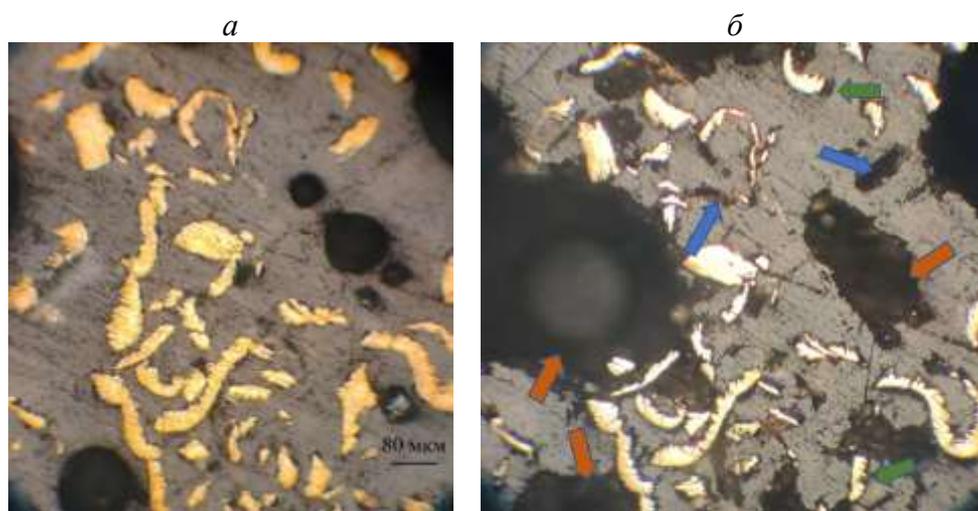


Рис.5. Образец компаунда К-153 с наполнителем из бронзовых частиц до испытаний (а) и после 45 мин испытаний (б): средний размер сечения частиц — 22 мкм; объёмная доля частиц — 15 %; синие стрелки — выколы частиц; красные — разбивка краёв пор; зелёные — разрушение полимера на границе металлических частиц и полимерной матрицы

Из фотографий на рис. 5 видно, что очагами разрушения поверхности являются границы раздела между бронзовыми частицами и эпоксидной матрицей (зелёные стрелки): именно с граничных районов начинается разрушение полимера, затем происходит выламывание бронзовых частиц из эпоксидной матрицы (синие стрелки) и последующие разбивка границ образовавшейся поры (красные стрелки).

То, что границы раздела являются слабым местом, подтверждается сравнением адгезионной и когезионной прочности эпоксидного компаунда К-153. В качестве характеристики адгезии эпоксидного компаунда использовали удельное усилие отрыва $p_{отр}$ эпоксидного покрытия от бронзовой пластины, а в качестве когезионной прочности — предел прочности σ_b образца эпоксидного компаунда при одноосном растяжении (рис. 6).

Как видно из рис. 6, значение σ_b более, чем в 20 раз превышает значение $p_{отр}$. Очевидно, что эпоксидные полимеры, которые относятся к термореактивным полимерам и имеют после отверждения пространственную сетчатую структуру, при механическом воздействии будут разрушаться хрупко. Хрупкий характер разрушения эпоксидного полимера при кавитационном воздействии подтверждается в частности в работе [8]. В опытах на одноосное растяжение на разорванных образцах (рис. 2 б) также не было зарегистрировано ни шейки перед разрушением образца, ни общей остаточной деформации. Очевидно, что при хрупком разрушении эпоксидной матрицы использование порошкового наполнителя, адгезия которого к эпоксидной матрице более, чем на порядок ниже прочности самой эпоксидной матрицы, не может затормозить распространение трещин, а лишь ускорит процесс разрушения.

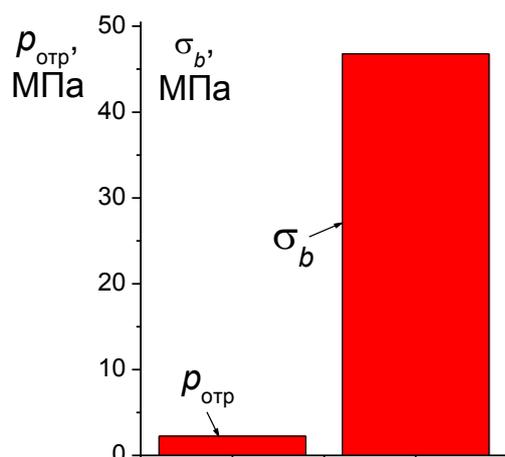


Рис.6. Сравнение значений удельной нагрузки $p_{отр}$ на отрыв эпоксидного компаунда от бронзовой пластины и предела прочности σ_b эпоксидного компаунда К-153

Таким образом, введение металлического порошкового наполнителя в эпоксидные составы, используемые для ремонта кавитационных повреждений ГВ, является не только нецелесообразным, но и вредным, так как ухудшает кавитационную износостойкость эпоксидного компаунда. Были проведены испытания эпоксидного компаунда К-153 в исходном состоянии, т. е. без порошкового наполнителя. Следует отметить, что из-за того, что эпоксидные полимеры поглощают воду при испытаниях на кавитационное изнашивание, существует разница в методиках построения зависимости потерь массы наполненного и ненаполненного эпоксидных составов. Износ составов, содержащих металлический порошковый наполнитель, определяется отделением металлических частиц, и влиянием на результат взвешивания образцов поглощения воды эпоксидной матрицей можно пренебречь. При испытании составов без металлического наполнителя потери массы вследствие кавитационного воздействия очень малы, поэтому в результате водопоглощения в начале испытаний наблюдается прирост массы образцов, и требуется проводить корректирующие действия [9]. Построенная после корректировки зависимость $\Delta M(t)$ представлена на рис. 4 (б). Как следует из рис. 4 (б), отказ от металлического порошкового наполнителя принципиально изменяет кинетику кавитационного изнашивания эпоксидного компаунда: появляется инкубационный период, и вид кривой $\Delta M(t)$ для эпоксидного компаунда становится аналогичным виду кривой для металлических материалов (сравни рис. 4 а и б).

Оценка экономического эффекта от применения эпоксидных составов без порошковых наполнителей

Полученные результаты позволили рассчитать экономический эффект от применения для ремонта ГВ ненаполненного отечественного эпоксидного компаунда, например, К-153, вместо импортного эпоксидного состава, к примеру, Devcon BR, содержащего бронзовый порошок.

Расчёт проведём для условного судна, например, морского одновального судна водоизмещением 30 000 т, оснащённого четырёхлопастным ГВ диаметром $D = 5300$ мм. Частота вращения ГВ $n = 120$ об/мин. Материал ГВ — Al-Ni-бронза. Мощность главного двигателя $N_e = 8000$ кВт. Удельный эффективный расход топлива $g_e = 170$ г/(кВт·ч). На лопастях ГВ на относительных радиусах 0,9 обнаружены зоны кавитационных повреждений площадью (на всех четырёх лопастях) 1800 см^2 и средней глубиной 5 мм, т. е. объём удалённого материала составляет около 900 см^3 .

В общем случае экономический эффект от применения отечественного эпоксидного компаунда К-153 состоит из трёх составляющих:

$$\Delta Z = \Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3,$$

где ΔZ_1 — разница в стоимости импортного состава Devcon BR и отечественного эпоксидного компаунда К-153; ΔZ_2 — изменение стоимости выполнения технологических операций при ремонте с применением Devcon BR и отечественного эпоксидного компаунда К-153; ΔZ_3 — разница в затратах на топливо при изменении продолжительности инкубационного периода кавитационного изнашивания полимерного состава, нанесённого на лопасть ГВ.

Однако, по сути, экономический эффект определяется главным образом значением ΔZ_3 , это вызвано следующим: 1) значениями ΔZ_1 и ΔZ_2 по отдельности можно пренебречь по сравнению со значением ΔZ_3 ; 2) сумма $\Delta Z_1 + \Delta Z_2 \rightarrow 0$, так как выигрыш в стоимости от применения состава К-153 (стоимость К-153 примерно 1100 руб/кг, а состава Devcon BR — примерно 30 000 руб/кг) компенсируется большими затратами на выполнение технологических операций при использовании состава К-153 вследствие его более низкой технологичности: состав Devcon BR — паста, а компаунд К-153 — вязкая жидкость, поэтому при использовании К-153 нужно ограничить её растекание, например, созданием бортиков вокруг очага износа.

Экономия топлива при использовании эпоксидного состава без порошкового наполнителя определяется тем, что кавитационное изнашивание такого состава происходит с инкубационным периодом (рис. 7). Можно считать, что в течение инкубационного периода качество поверхности эпоксидного состава, нанесённого при ремонте на очаг кавитационного износа на лопасти, практически не снижается, а значит, и КПД винта не уменьшается; в то время, как износ ремонтного состава, содержащего порошковый наполнитель, начинается с первых минут эксплуатации, при этом КПД двигателя снижается. Значит, экономия топлива происходит в течение отрезка времени, равного продолжительности инкубационного периода. При этом полученная экономия топлива относится к одному междукововому периоду: инкубационный период в несколько раз короче междуковового периода, и замена разрушенного эпоксидного покрытия на новое возможно только во время следующей постановки судна в док.

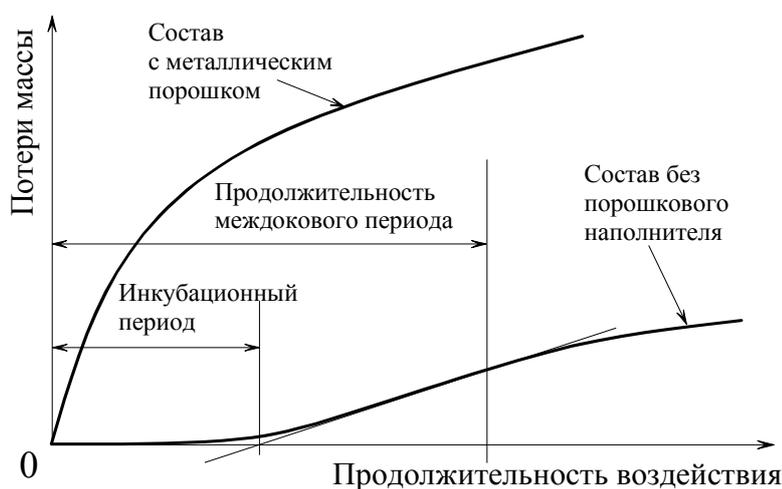


Рис.7. Схема, объясняющая положительный эффект от применения эпоксидных составов, не содержащих металлический порошковый наполнитель

Расчёт положительного эффекта от появления инкубационного периода проведём следующим образом. Линейная скорость вращения сечений лопастей на относительном радиусе 0,9 равна

$$v = \frac{0,9\pi n D}{60} = \frac{0,9 \cdot 3,14 \cdot 120 \cdot 5,3}{60} = 30 \text{ м/с.}$$

Продолжительность инкубационного периода кавитационного изнашивания бронзового ГВ найдём по зависимости $t_{\text{инк}}(v)$ для бронзовых ГВ, представленной в монографии [2]. Получим, что для скорости 30 м/с продолжительность инкубационного периода будет равна 6000 ч.

Если сравнить рисунки 4(а) и 4(б), то видно, что продолжительность инкубационного периода кавитационного изнашивания эпоксидного компаунда примерно в 5 раз меньше продолжительности кавитационного изнашивания Al-Ni-бронза. Предположим, что такое же соотношение инкубационных периодов останется и для ГВ, тогда, если отремонтировать изношенные районы лопастей эпоксидным компаундом К-153, то для него продолжительность инкубационного периода составит $6000/5 = 1200$ ч.

Таким образом, в течение $t_{\text{инк}} = 1200$ ч лопасти, восстановленные компаундом без порошкового наполнителя, будут обеспечивать более высокий КПД винта по сравнению с теми же лопастями, но восстановленными эпоксидным составом с порошковым наполнителем, так как в последнем случае инкубационный период будет отсутствовать.

Расход топлива при работе главного двигателя в течение 1200 ч составит:

$$B = 0,001 t_{\text{инк}} g_e N_e = 0,001 \cdot 1200 \cdot 170 \cdot 8000 = 1632000 \text{ кг} = 1632 \text{ т.}$$

Вопрос влияния локальных участков грубого рельефа, расположенных в концевых районах лопастей ГВ, на КПД движителя не изучался, поэтому оценить точно влияние очагов кавитационного износа на КПД винта не представляется возможным. Известны работы [10, 11], посвящённые оценке влияния протяжённых зон грубого рельефа на лопастях, на КПД ГВ, основываясь на которых, можно предположить, что коэффициент момента винта снижается на 1–3 % при появлении в концевых сечении лопастей ГВ очагов износа. Примем для нашего условного судна с площадью очага износа на каждой лопасти $1800/4 = 450 \text{ см}^2$, что коэффициент момента ГВ снижается на 3 %. Так как судовой дизель работает по винтовой характеристике, то увеличение коэффициента момента на 3 % приводит к такому же увеличению потребляемой мощности дизеля для поддержания частоты вращения вала дизеля на прежнем уровне, а значит, количество потребляемого топлива увеличится, и его перерасход составит:

$$\Delta B = 0,03 B = 0,03 \cdot 1632000 \text{ кг} = 48,96 \text{ т.}$$

При стоимости топлива 40 000 руб/т экономия будет следующей:

$$\Delta \approx \Delta B = 48,96 \text{ т} \times 40 000 \text{ руб/т} \approx 1 958 000 \text{ руб.}$$

Этот экономический эффект относится к одному междоковому периоду, составляющему примерно 4 года. Чем короче междоковый период, тем больший экономический выигрыш приходится в среднем на один год эксплуатации судна.

Известно, что для ГВ произведение nD изменяется для разных судов в очень узких пределах, а поэтому для ГВ разных размеров концевые сечения лопастях на заданном относительном радиусе ГВ вращаются примерно с одинаковой скоростью. С учётом того, что расход топлива пропорционален мощности дизеля и увеличению коэффициент момента ГВ при появлении на лопастях очагов кавитационного износа, этот экономический эффект легко пересчитать на другие мощности главного двигателя и другие значения процентного увеличения коэффициента момента. В

графическом виде зависимость величины экономического эффекта от применения эпоксидных полимеров без металлического порошкового наполнителя от мощности главного двигателя и процентного увеличения коэффициента момента ГВ представлена на рис. 8.

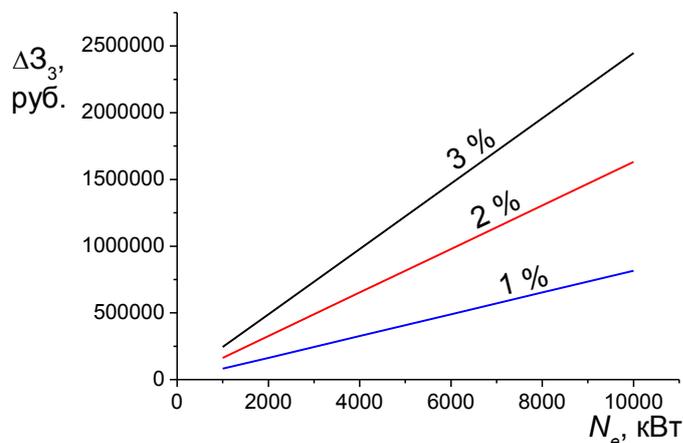


Рис.8. Экономический эффект от применения эпоксидного компаунда без добавок металлического порошкового наполнителя в зависимости от мощности главного двигателя и величины увеличения коэффициента момента ГВ (показаны в процентах на поле рисунка)

В приведённом выше расчёте экономического эффекта не учитывали важнейший фактор, влияющий на долговечность компаунда — адгезию, о которой уже упоминалось во введении. В статье [12] показано, что воздействие на поверхность лопастей при кавитации ГВ происходит ударными струями, образующимися при схлопывании кавитационных каверн, при этом струи направлены под углом к поверхности, а их скорость существенно превышает 400 м/с. Когда струя ударяет под углом, то скорость растекания струи по поверхности многократно превышает скорость самого удара [13], и в этом случае при растекании струя успевает до полного смыкания каверны пройти расстояние вдоль поверхности, соизмеримое с протяжённостью очага износа. При движении воды с такими скоростями вдоль поверхности, на поверхности эпоксидного состава, которым отремонтировали изношенную поверхность, возникают значительные касательные напряжения, а поэтому все дефекты, выходящие на поверхность — микротрещины, микропоры, границы раздела фаз и т. п. — будут являться очагами разрушения.

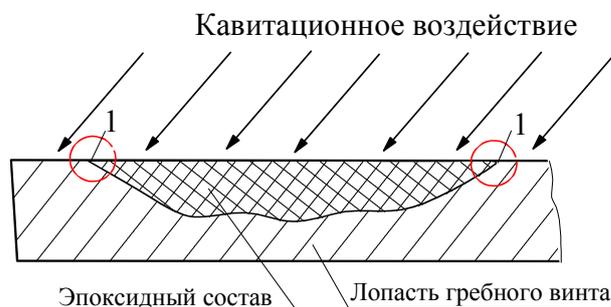


Рис.9. Схема кавитационного воздействия на участок изношенной при кавитации лопасти, отремонтированной с применением эпоксидного состава. Кружками обведена граница раздела эпоксидного компаунда и металла лопасти, выходящая на поверхность

Вот почему применяемые эпоксидные составы должны быть гомогенными и не содержать порошкового наполнителя. Тем не менее, даже при применении гомогенных эпоксидных составов не удастся избежать появления границ 1 раздела между эпоксидным составом и металлом лопасти (рис. 9), выходящих на поверхность лопасти, так как очаг кавитационного износа носит локальный характер. Выход границ 1 раздела между эпоксидным составом и металлом лопасти (рис. 9) на поверхность лопасти может привести к тому, что вследствие неудовлетворительной адгезии на границе 1 начнётся кавитационное разрушение эпоксидного компаунда существенно раньше, чем на поверхности самого эпоксидного компаунда в центральной части эпоксидной заделки. И, как следствие, начнётся отделение крупных участков покрытия от поверхности лопасти, хотя на самом покрытии следы кавитационного повреждения будут ещё отсутствовать. Поэтому наряду с увеличением кавитационной износостойкости полимерных ремонтных составов надо уделять ещё более серьёзное внимание вопросу их адгезии к материалу лопастей.

Заключение

Большинство эпоксидных составов, применяемых для ремонта лопастей ГВ, изношенных при кавитации, содержит металлический порошковый наполнитель. Присутствие металлических частиц в эпоксидной матрице отрицательно влияет на кавитационную износостойкость композита. Границы раздела между металлическими частицами и эпоксидной матрицей служат очагами кавитационного разрушения. Кавитационную изнашивание протекает путём выламывания металлических частиц из эпоксидной матрицы и последующего разрушения краёв образовавшихся пор. Отказ от применения металлических порошковых наполнителей в эпоксидных ремонтных составах позволяет принципиально изменить кинетику кавитационного изнашивания эпоксидного компаунда: появляется инкубационный период, в течение которого потери массы полимера практически отсутствуют. В течение инкубационного периода качество поверхности ремонтного состава на поверхности лопасти почти не снижается, а значит, не снижается КПД судового движителя, т. е. расход топлива не увеличивается. Экономия денежных средств за счёт экономии топлива при использовании ремонтных эпоксидных составов без наполнителей в виде металлических порошков, составляет от 80 до 250 руб. на каждый кВт мощности судового дизеля за один междоковый период.

Список литературы

1. Георгиевская, Е. П. Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней / Е. П. Георгиевская — Л.: Судостроение, 1978. — 208 с.
2. Цветков, Ю. Н. Кавитационное изнашивание металлов и оборудования / Ю. Н. Цветков — СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. — 155 с.
3. Awaja, F. Adhesion of polymers / F. Awaja, M. Gilbert, G. Kelly, B. Fox, P. Pigram // Progress in Polymer Science. — 2009. — 34(9). — P. 948–968. <https://doi:10.1016/j.progpolymsci.2009.04.007>.
4. Schmidt, R. Epoxy adhesion to metals / R. Schmidt, J. Bell // Advances in Polymer Science. — 1986. — P. 33–71. <https://doi: 10.1007/BFb0017914>.
5. Чурсова, Л. В. Эпоксидные смолы, отвердители. Модификаторы и связующие на их основе / Л. В. Чурсова, Н. Н. Панина, Т. А. Гребенева, И. Ю. Кутергина. — СПб.: ЦОП «Профессия». — 2020. — 576 с.
6. Фиакистов, Я. О. Кавитационная износостойкость полимерных составов с металлическим наполнителем / Я. О. Фиакистов, Ю. Н. Цветков // 65-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, Астрахань, 26–30 апреля 2021 г., С.857–862 [Электронный ресурс]: материалы / Астрахан. гос. техн. ун-т. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2021. Режим доступа: <http://astu.org/Content/Page/5833>.

7. Салтыков, С. А. Стереометрическая металлография / С. А. Салтыков. — М.: Металлургия, 1976. — 271 с.
8. Deng, W. Influence of epoxy resin on the microstructure and cavitation erosion of as-sprayed 8YSZ coating / W. Deng, X. Zhao, E. Hao, J. Han, Y. An, H. Zhou, J. Chen // *Ceramics International*. — 2019. — Vol. 45. — Issue 5. — P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.12.034>.
9. Цветков, Ю. Н. Определение продолжительности инкубационного периода полимеров при кавитационном изнашивании методом профилометрии / Ю. Н. Цветков, Я. О. Фиактистов // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. — 2023. — Т. 89. — № 5. — С. 64–70. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2023-89-5-64-70>.
10. Кацман, Ф. М. Эксплуатация пропульсивного комплекса морского судна / Ф. М. Кацман — М.: Транспорт, 1987. — 223 с.
11. Пустошный, А. В. Влияние шероховатости поверхности гребного винта на его пропульсивные характеристики / А. В. Пустошный, А. В. Сверчков, С. П. Шевцов // *Труды Крыловского государственного научного центра*. — 2019. — Т. 4. — № 390. — С. 11–26. <https://doi.org/10.24937/2542-2324-2019-4-390-11-26>.
12. Цветков, Ю. Н. Анализ геометрии вмятин на поверхности лопастей гребных винтов при кавитационном изнашивании / Ю. Н. Цветков, Е. О. Горбаченко, Я. О. Фиактистов // *Трение и износ*. — 2021. — Т. 42. — № 1. — С. 33–41. <https://doi.org/10.32864/0202-4977-2021-42-1-33-41>.
13. Brunton, J. H. Cavitation phenomena / J. H. Brunton // *Proceedings of the Third International Conference on Rain Erosion and Associated Phenomena, Elvetham Hall, 11–13 August, Royal Aircraft Establishment (Great Britain)*. — 1970. — Vol. 2. — P. 433–450.

References

1. Georgievskaya E. P. Kavitatsionnaya eroziya grebnyh vintov i metody bor'by s ney. L.: Sudostroyeniye, 1978. 208 p. (In Russ).
2. Tsvetkov Y. N. Kavitatsionnoye iznashivaniye metallov i oborudovaniya. SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2003. 155 p. (In Russ).
3. Awaja, F., Gilbert, M., Kelly, G., Fox, B., Pigram, P. Adhesion of polymers // *Progress in Polymer Science*. 2009. 34(9). pp. 948–968. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.04.007>.
4. Schmidt R., Bell J. Epoxy adhesion to metals // *Advances in Polymer Science*. 1986. P. 33–71. <https://doi.org/10.1007/BFb0017914>.
5. Chursova, L. V., Panina, N. N., Grebeneva, T. A., Kutergina, I. Y. Epoksidniye smoly, otverditeli. Modifikatory i sviyazuyushiye na ih osnove. SPb.: TsOP «Professiya», 2020. 576 p.
6. Fiaktistov Y. O., Tsvetkov Y. N. Kavitatsionnaya iznosostoykost' polimernykh sostavov s metallcheskim napolnitelem // 65th Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta, Astrahan', 26–30 aprelya 2021., pp. 857–862. —Astrahan': Izd-vo AGTU, 2021. <http://astu.org/Content/Page/5833>. (In Russ).
7. Saltykov S. A. Stereometricheskaya metallografiya. M.: Metallurgiya, 1976. 271 p. (In Russ).
8. Deng, W. Influence of epoxy resin on the microstructure and cavitation erosion of as-sprayed 8YSZ coating / W. Deng, X. Zhao, E. Hao, J. Han, Y. An, H. Zhou, J. Chen // *Ceramics International*. 2019. Vol. 45. Issue 5. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.12.034>.
9. Tsvetkov, Y.N., Fiaktistov, Y.O. Evaluation of the incubation period of polymers in cavitation wear by the method of profilometry // *Industrial Laboratory. Materials Diagnostics*; 2023. Vol. 89. No.5. pp. 64–70. (In Russ). <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2023-89-5-64-70>.
10. Katsman F. M. Ekspluatatsiya propulsivnogo kompleksa morskogo sudna. M.: Transport, 1987, 223 p. (In Russ).
11. Pustoshniy, A. V., A. V. Sverchkov, S. P. Shevtsov. “Vliyaniye sheroховatosti poverhnosti grebnogo vinta na ego propulsivniye harakteristiki”. *Trudy Krilovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra*. 2019. 390(4). pp. 11–26. (In Russ). <https://doi.org/10.24937/2542-2324-2019-4-390-11-26>.

12. Tsvetkov Y. N., Gorbachenko E. O., Fiaktistov Ya. O. Analysis of the Geometry of Dents on a Propeller Blade Surface during Cavitation Wear // Journal of Friction and Wear. 2021. Vol. 42. No. 1. pp. 17–22. [https://doi: 10.32864/0202-4977-2021-42-1-33-41](https://doi.org/10.32864/0202-4977-2021-42-1-33-41).
13. Brunton, J. H. Cavitation phenomena / J. H. Brunton // Proceedings of the Third International Conference on Rain Erosion and Associated Phenomena, Elvetham Hall, 11–13 August, Royal Aircraft Establishment (Great Britain). 1970. Vol. 2. pp. 433–450.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Цветков Юрий Николаевич – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологии судоремонта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова» (ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова), 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7; кафедра ТС; ГУМРФ; e-mail: yuritsvet@mail.ru

Фиактистов Ярослав Олегович – старший преподаватель кафедры технологии судоремонта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова» (ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова), 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7; кафедра ТС; ГУМРФ; e-mail: yaroslav3373@mail.com

Ларин Роман Николаевич, к.т.н., доцент кафедры технологии судоремонта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова» (ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»), 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7; e-mail: npo.albatros@gmail.com

Yuriy N. Tsvetkov – doctor of engineering science, professor, head of ship repair subdepartment, Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education « Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping» (Admiral Makarov SUMIS), d. 5/7, ul. Dvinskaya, Saint-Petersburg, 198035

Yaroslav O. Fiaktistov – senior lecturer of ship repair subdepartment, Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education « Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping» (Admiral Makarov SUMIS), d. 5/7, ul. Dvinskaya, Saint-Petersburg, 198035

Roman N. Larin - Associate Professor; PhD in Engineering Science; Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education «Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping»; 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation

Статья поступила в редакцию 02.07.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 02.07.2024; published online 20.12.2024.

СУДОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

SHIP POWER EQUIPMENT

DOI: 10.37890/jwt.vi81.533

УДК 62-752.2

Совершенствование вибрационной защиты судовых машин и механизмов на основе использования динамических компенсаторов жесткости

С.П. Глушков

ORCID: 0000-0002-5745-4658

В.И. Кочергин

ORCID: 0000-0002-4883-1458

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. Цель настоящего исследования – теоретическое обоснование совершенствования вибрационной защиты судовых машин и механизмов на основе использования динамических компенсаторов жесткости. Основным недостатком существующих виброзащитных устройств является невозможность разрешения объективно существующего противоречия: эффективность их работы достигается при минимальной суммарной жесткости подвески и, в то же время, для ограничения подвижности защищаемого от вибрации механизма жесткость упругих элементов должна быть достаточно высокой. Предложены конструктивные решения динамических гасителей колебаний с соосно расположенными относительно основного упругого элемента подвески подпружиненными инерционными массами, колеблющимися в противофазе относительно колебаний защищаемого от вибраций объекта. Представлены расчетные схемы динамического гасителя колебаний с компенсацией жесткости, разработанные на основе положений теории автоматического управления. На основании анализа разработанных теоретических предпосылок определены основные факторы, влияющие на величину коэффициента виброизоляции и позволяющие получить динамически устойчивую колебательную систему. Приведены основные результаты предварительного математического моделирования виброзащитной системы с использованием модели динамического гасителя колебаний малой массы. Итогом проведенных исследований является подтверждение перспективности предлагаемых технических решений и возможности практической реализации полноценного решения проблемы защиты судовых машин и механизмов от вибраций.

Ключевые слова: судовой механизм, вибрация, виброзащитное устройство, квазиуравнение жесткости, динамический гаситель колебаний, компенсатор жесткости.

Improvement of vibration protection of ship machines and mechanisms based on the use of dynamic stiffness compensators

Sergey P. Glushkov

ORCID: 0000-0002-5745-4658

Victor I. Kochergin

ORCID: 0000-0002-4883-1458

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

Abstract: The purpose of this study is the theoretical justification for improving vibration protection of ship machines and mechanisms based on the use of dynamic stiffeners. The

main disadvantage of existing vibration protection devices is the impossibility of resolving the objectively existing contradiction: their efficiency is achieved with a minimum total stiffness of the suspension and, at the same time, to limit the mobility of the mechanism protected from vibration, the stiffness of the elastic elements must be sufficiently high. Design solutions of dynamic vibration dampers are proposed with spring-loaded inertial masses coaxially located relative to the main elastic element of the suspension, which vibrate in antiphase relative to vibrations of the object protected from vibrations. Design schemes of dynamic vibration damper with stiffness compensation developed on the basis of provisions of automatic control theory are presented. Based on the analysis of the developed theoretical assumptions, the main factors affecting the value of the vibration isolation coefficient and allowing to obtain a dynamically stable oscillatory system are determined. The main results of preliminary mathematical modeling of vibration protection system using the model of dynamic damper of low mass vibrations are given. The result of the research is confirmation of the proposed technical solutions prospects and the possibility of practical implementation of a full-fledged solution to the problem of protecting ship machines and mechanisms from vibrations.

Keywords: ship mechanism, vibration, vibration protection device, quasi-zero stiffness, dynamic vibration damper, stiffness compensator.

Введение

Работа судовых машин и механизмов, включая судовые энергетические установки, как правило, характеризуется необходимостью обеспечения вибрационной защиты. Повышение энерговооруженности машин способствует увеличению вибраций, ухудшающих условия труда операторов и нарушающих нормальные режимы работы оборудования вплоть до возможности разрушения конструктивных элементов [1, 2]. Совершенствование методов виброзащиты приобретает особенную актуальность в условиях введенных против России санкций и ограничения поставок комплектующих для водного транспорта, что приводит к необходимости замены главных и вспомогательных двигателей отечественными или китайскими аналогами, зачастую обладающими более высокими скоростными характеристиками и повышенным уровнем вибрационных нагрузок [3].

В настоящее время в мировой и отечественной практике широко применяются и совершенствуются различные методы виброзащиты, в том числе, виброизоляция и вибродемпфирование [4, 5, 6], а также различного рода специальные виброизоляционные механизмы и динамические виброгасители [7, 8, 9, 10, 11, 12]. Основным недостатком массовых виброзащитных устройств является сложность осуществления эффективной комплексной защиты от вибраций машин и механизмов в широком диапазоне изменения частот и нагрузок по причине объективно существующего противоречия: для эффективности работы виброизолятора он должен обладать минимальной суммарной жесткостью подвески, но, в то же время, величина жесткости должна быть как можно большей в целях ограничения подвижности относительно базы защищаемого от вибрации объекта. Таким образом, поскольку в большинстве случаев традиционные механизмы не могут устранить указанное выше противоречие, возникает необходимость исследования и разработки принципиально новых типов виброизоляционных устройств. В данной статье содержатся предложения по совершенствованию вибрационной защиты машин и механизмов на основе использования динамических компенсаторов жесткости. Текущими задачами исследования являются теоретическое обоснование создания конструктивных вариантов подобных специальных устройств виброзащиты и подготовка к разработке методики экспериментальных исследований.

Методы исследования

Дополнительные специальные виброзащитные устройства, обеспечивающие максимальное уравнивание силового взаимодействия защищаемого объекта и элементов упругой подвески, в идеале должны обладать так называемой квазинулевой жесткостью. Квазинулевая жесткость означает, что силовая характеристика виброзащитного механизма имеет горизонтальные участки силовой характеристики, на которых его суммарная жесткость стремится к нулевым значениям. Подобные устройства в настоящее время находят применение в промышленности и на транспорте, но их более широкое распространение ограничивается сложностью конструкции и настройки, поскольку существующие технические решения преимущественно основаны на использовании достаточно сложных кинематических схем, предполагающих одновременную работу упругих элементов с отрицательной и положительной жесткостью, например, пружин сжатия и растяжения [13, 14].

Для практической реализации виброзащиты на основе использования динамических компенсаторов с квазинулевой или же псевдоквазинулевой жесткостью предлагаются два конструктивных решения с соосно расположенными внутри основного упругого элемента (рис. 1) или установленными параллельно подпружиненными инерционными массами (рис. 2). В обоих случаях компенсатор жесткости работает следующим образом: между защищаемым от вибрации объектом 1 и основанием 2 расположен основной несущий упругий элемент 3, воспринимающий основные колебательные нагрузки работающего механизма, параллельно с которым установлена инерционная масса 4, подвешенная на верхней 5 и нижней 6 дополнительных пружинах. Колебания защищаемого от вибраций механизма 1 передаются инерционной массе 4 гасителя колебаний. В итоге они колеблются совместно, но инерционная масса 4 колеблется в противофазе по отношению к колебаниям механизма 1 благодаря передаваемым на нее верхней соосной пружиной 5 усилиям. При этом периодические усилия, вызванные деформацией нижней соосной дополнительной пружиной 6, синхронно передаются на основание виброзащитного механизма 2. Эти усилия являются равными по величине, но противоположными по направлению, что позволяет при правильном подборе массы дополнительного груза и жесткости пружин обеспечить наиболее полную виброизоляцию машин и механизмов [15, 16].

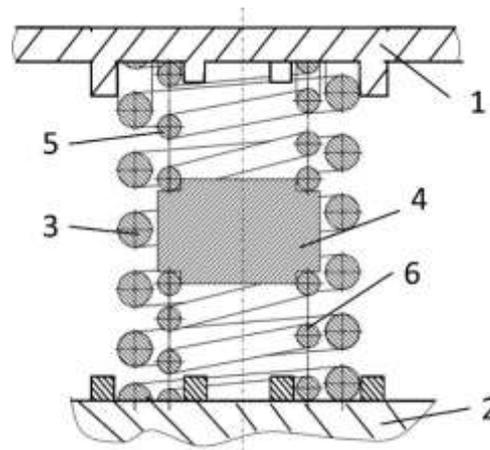


Рис.1. Устройство динамического компенсатора жесткости с соосно расположенной внутри основного упругого элемента инерционной массой

При разработке предлагаемых подходов к организации гашения колебаний необходимы исследования динамического поведения сложных систем, содержащих

двухсторонние голономные связи. В данном случае удобнее использовать по аналогии с теорией автоматического управления структурный метод и применить интерпретацию динамических реакций, сопутствующих процессу гашения колебаний, как обратных связей в колебательной системе с передаточными функциями интегрирующего звена второго порядка. По сути, структурные схемы колебательных систем являются аналогами дифференциальных уравнений, а применяемые в виброзащитных механизмах дополнительные связи следует рассматривать в качестве дополнительных звеньев, включаемых в колебательную систему параллельно либо путем использования принципов обратной связи. Определение передаточной функции или матрицы передаточных функций в случае применения структурных схем для математического моделирования во многом аналогичны процедурам составления системы дифференциальных уравнений Лагранжа второго рода.

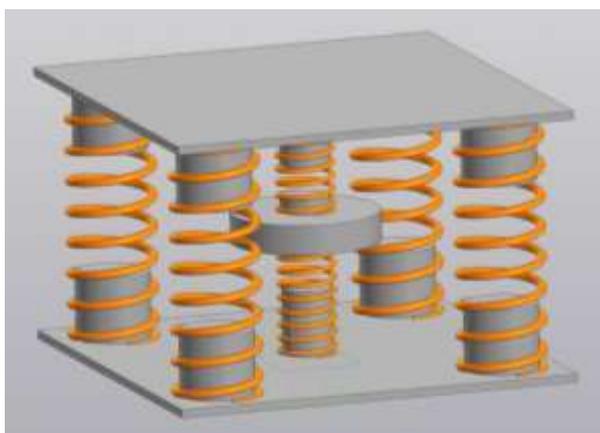


Рис.2. Устройство динамического компенсатора жесткости с параллельно расположенными упругими элементами

Расчетная схема динамического гасителя колебаний (ДГК) с компенсацией жесткости представлена на рис. 3, где C_0 – жесткость основного несущего упругого элемента; C_1 и C_2 – соответственно жесткости верхней и нижней дополнительных пружин инерционной массы; h_1, h_2, h_3 – коэффициенты демпфирования; m_0 и m_1 – величины масс соответственно защищаемого от вибрации механизма и дополнительной инерционной массы ДГК; F_0 – внешнее усилие.

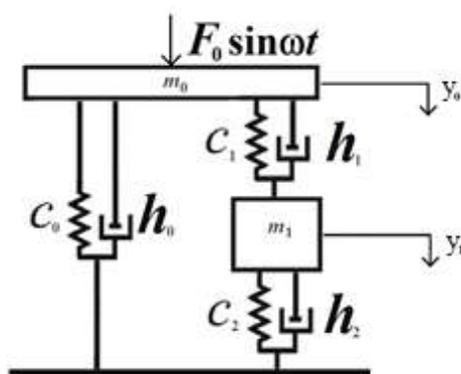


Рис.3. Расчетная схема динамического гасителя колебаний

Расчетная схема динамического гасителя колебаний иллюстрирует совместное движение элементов представленной на рис. 3 колебательной системы с установленным динамическим гасителем колебаний, описываемое следующими уравнениями:

$$\begin{cases} m_0 \ddot{y}_0 + (C_0 + C_1)y_0 - C_1 y_1 + (h_0 + h_1)\dot{y}_0 - h_1 = F \sin \omega t ; \\ m_1 \ddot{y}_1 - C_1 y_0 + (C_1 + C_2)y_1 + (h_1 + h_2)\dot{y}_1 - h_1 \dot{y}_0 = 0. \end{cases} \quad (1)$$

В соответствии с теорией автоматического управления, расчетную схему предлагаемого динамического гасителя колебаний можно перевести в структурную схему (рис. 4), предварительно представив уравнения системы (1) в виде системы дифференциальных уравнений в оперативной форме:

$$\begin{cases} (T_0^2 p^2 + T_0 q_0 p + 1) \cdot x_0(p) - \left(T_0 q_0 p + T_0^2 \frac{C_1}{m_0} \right) \cdot x_1(p) = F(p); \\ (T_1^2 p^2 + T_1 q_1 p + 1) \cdot x_1(p) - \frac{1}{\mu \vartheta} \left(T_1 q_{01} p + T_0^2 \frac{C_1}{m_0} / \vartheta \right) \cdot x_0(p) = 0; \end{cases} \quad (2)$$

где $\mu = \frac{m_1}{m_0}$ – относительная приведенная инерционная масса динамического гасителя колебаний (ДГК); $p = \frac{d}{dt}$ – оператор дифференцирования; $T_0 = \frac{1}{\omega_0}$ – постоянная времени колебательной системы; $T_1 = \frac{1}{\omega_1}$ – постоянная времени ДГК; $\vartheta = \frac{\omega_1}{\omega_0}$ – частотная настройка гасителя колебаний; $\omega_0 = \sqrt{\frac{C_0 + C_1}{m_0}}$ – частота свободных колебаний защищаемого механизма с установленным ДГК; $\omega_1 = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{m_1}}$ – частота свободных колебаний динамического гасителя; $q_0 = \frac{2(h_0 + h_1)}{h_{0 \text{ кр}}}$, $q_1 = \frac{2(h_1 + h_2)}{h_{1 \text{ кр}}}$, $q_{01} = \frac{2h_1}{h_{0 \text{ кр}}}$ – относительные коэффициенты демпфирования; $h_{0 \text{ кр}} = 2m_0 \omega_0$, $h_{1 \text{ кр}} = 2m_1 \omega_1$ – безразмерные коэффициенты внутреннего сопротивления.

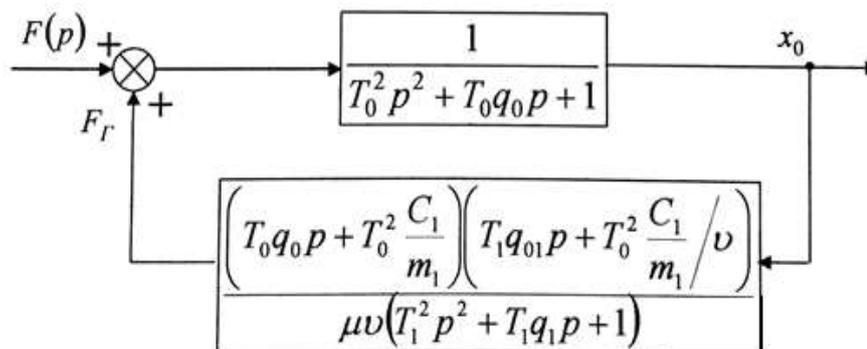


Рис.4. Структурная схема колебательной системы с динамическим гасителем колебаний

Результаты анализа структурной схемы динамического гасителя колебаний

Эффективность работы динамического гасителя колебаний судовых машин и механизмов с соосно расположенными упругими элементами может быть обеспечена в том случае, если он оптимально настроен таким образом, чтобы соотношение ϑ , определяющее частотную настройку ДГК, равнялось 1. В первую очередь, это достигается путем подбора оптимального соотношения параметров жесткости

верхней и нижней дополнительных пружин инерционной массы C_1 и C_2 и жесткости основной упругой связи C_0 . Введение безразмерного коэффициента связи $k = T_0^2 \frac{C_1}{m_1}$, который по физическому смыслу является коэффициентом двусторонних голономных связей между объектом защиты и динамическим гасителем колебаний с соосно расположенными упругими элементами, позволяет выполнить преобразование представленной на рис. 4 структурной схему колебательной системы в структурную схему с типовыми динамическими звеньями (рис. 5). В преобразованной структурной схеме используется параметр e , определяющий ошибки регулирования, а также используется разность между величинами возбуждения $F(p)$ и реакции F_{Γ} динамического гасителя колебаний с соосно расположенными упругими элементами. При этом предполагается, что инерционная масса динамического гасителя должна ориентировочно составлять не более чем 5 % от величины массы виброзащищаемого объекта и не должна изменять своего значения в процессе совместной работы.

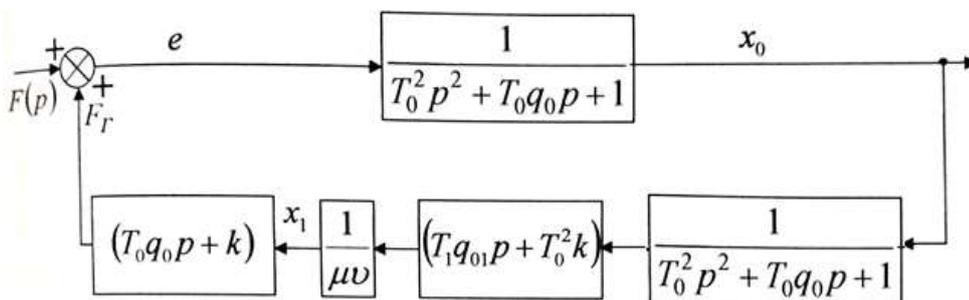


Рис.5. Преобразованная структурная схема с типовыми динамическими звеньями

В теории колебаний механических систем эффективность снижения колебаний в стационарных режимах определяется коэффициентом виброизоляции (коэффициентом амортизации), характеризующим долю передаваемого динамического воздействия от возмущающей нагрузки на защищаемую конструкцию. Величина коэффициента виброизоляции μ может быть определена по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{1 + 4\gamma^2 \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)}{\left[1 - \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)\right]^2 + 4\gamma^2 \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)}}; \quad (3)$$

где γ – коэффициент демпфирования; ω и ω_0 – соответственно частоты вынужденных и собственных колебаний объекта.

В этом случае эффективность применения ДГК с соосно расположенными упругими элементами в виброизолирующих устройствах судовых машин и механизмов по критерию μ будет формулироваться в виде требования обеспечения неравенства $\mu < 1$.

Обсуждение результатов

На основании анализа выражения (3), определяющего величину коэффициента виброизоляции μ , были сделаны следующие основные выводы.

При малых значениях частоты вынужденных колебаний ω по сравнению с частотой ω_0 собственных колебаний динамической системы «судовой механизм – виброизолятор с ДГК – корпус судна» с учетом двухсторонних голономных связей, возникающих в случае применения динамических гасителей колебаний с соосно расположенными упругими элементами, величина безразмерного коэффициента связи

к незначительно отличается от единицы, и возмущающая сила действует на корпус судна аналогично нагрузке без ДГК.

Снижение динамического отклика колебаний оснований судовых машин и механизмов с помощью динамических гасителей колебаний с соосно расположенными упругими элементами будет происходить с учетом демпфирования при отношении частот вынужденных колебаний к собственным, равным величине $\omega/\omega_0 > \sqrt{2}$.

При любом значении отношения частот ω/ω_0 , превышающем величину $\sqrt{2}$, эффективность динамического гасителя колебаний с компенсацией жесткости будет повышаться при снижении коэффициента демпфирования γ .

Диапазон соотношения ω/ω_0 следует принимать в пределах значений от 2,5 до 5, что позволяет получить динамически устойчивую колебательную систему. Кроме того, следует принимать во внимание, что при установке инерционных гасителей колебаний с соосно расположенными пружинами снижение вибрационных нагрузок, по сути, происходит не за счет изменения параметров жесткости упругих элементов при использовании ДГК, а за счет компенсации усилий, возникающих при колебаниях в противофазе инерционной массы. Следовательно, это позволяет значительно увеличивать величину жесткости C_0 основного упругого элемента.

При обосновании параметров динамического гасителя колебаний с соосно расположенными упругими элементами необходимо учитывать, что выбор величины жесткости основной несущей пружины C_0 динамического гасителя колебаний с соосно расположенными упругими элементами для любого виброзащищаемого объекта будет зависеть от целого ряда динамических характеристик колебательной системы, зависящих от типа конструкции, применяемых материалов, параметров жесткости и демпфирования ее отдельных элементов.

Для выполнения теоретических исследований и моделирования изменения динамических характеристик системы «судовой механизм корпус судна» на основе представленной на рис. 5 преобразованной структурной схемы использовалась программа Simulink из пакета MATLAB. При оценке характера переходных процессов в системе «судовой механизм – динамический гаситель колебаний» и ее устойчивости при работе на различных частотах возбуждения использовалась схема процесса регулирования исследуемого виброзащитного устройства, приведенная на рисунке 6.

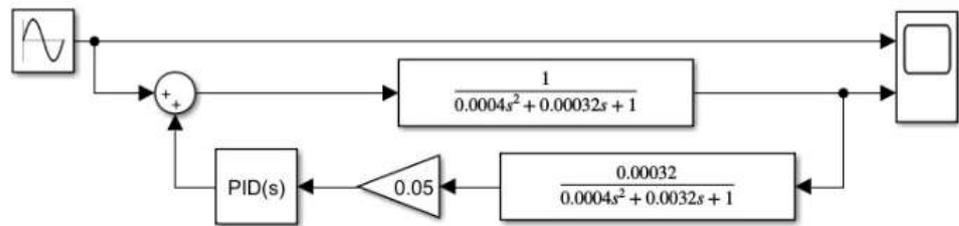


Рис.6. Схема процесса регулирования исследуемого виброзащитного устройства

В целях выполнения предварительного математического моделирования системы «виброзащищаемый объект - динамический гаситель колебаний» и разработки в дальнейшем методики экспериментальных исследований предполагается использование модели ДГК малой массы со следующими параметрами:

- собственная масса модели виброзащищаемого механизма $m_0 = 100$ кг;
- величина дополнительной инерционной массы динамического гасителя колебаний (ориентировочно не более 5 % от величины массы m_0) $m_1 = 5$ кг;

- параметры относительных коэффициентов демпфирования, характеризующих трение в системе: $q_0 = 0,016$, $q_1 = 0,16$, $q_{01} = 0,016$;
- жесткость C_0 основной несущей пружины виброзащитного устройства с ДГК рассчитывается из условий прочности упругой связи по возникающим при колебаниях наибольшим напряжениям в пружине,
- жесткость C_1 верхней дополнительной пружины инерционной массы, являющейся основной упругой связью динамического гасителя колебаний, определяется с учетом величины частоты свободных колебаний модели защищаемого объекта $C_1 = \omega_0^2 m_0 - C_0$;
- жесткость C_2 добавочной упругой связи инерционной массы ДГК (нижней дополнительной пружины) определяется на основе использования выражения частоты свободных колебаний динамического гасителя с соосно расположенными упругими элементами $C_2 = \omega_1^2 m_1 - C_1$.

Наиболее эффективным при исследовании динамики поведения гасителя колебаний с компенсацией суммарной жесткости на различных частотах является изучение характера изменения амплитудно-частотных характеристик в зависимости от коэффициента связи k , являющегося относительной величиной, а не от жесткости основного упругого элемента C_0 . Это подтверждается теоретическими исследованиями амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) моделируемого динамического гасителя колебаний с компенсацией суммарной жесткости упругих связей при различных значениях коэффициента связи k , показавшими, что при увеличении коэффициента связи снижается амплитуда колебаний системы и расширяется величина приемлемого для работы без частотной подстройки диапазона рабочих частот предлагаемой конструкции ДГК.

Заключение

Моделирование исследуемой виброзащитной системы в диапазоне частот возмущающих колебаний от 2 до 10 Гц позволило разработать инструмент определения расчетных значений параметров жесткости дополнительных упругих элементов динамического гасителя колебаний, значений максимальной амплитуды колебаний и характеристик устойчивости системы, а также построения графиков переходных процессов. Так, например, при принятой общей массе объекта виброзащиты 20 кг и инерционной массе динамического гасителя колебаний $m_1 = 1$ кг рассчитанная величина жесткости C_0 несущих пружин ДГК составляет 42,77 кН/м, а жесткости верхней и нижней дополнительных пружин C_1 и C_2 соответственно 12,06 кН/м и минус 9,32 кН/м. Расчеты проводились исходя из принятой частоты настройки колебательной системы с ДГК $f_n = 8,33$ Гц, соответствующей рабочей частоте вращения эксцентрика планируемого для проведения экспериментальных исследований вибростола, равной 500 об/мин. Подробный иллюстративный и графический материал результатов исследований в связи с большим объемом полученной информации в рамках данной статьи не приводится.

Итогом проведенных теоретических изысканий является подтверждение перспективности предлагаемых технических решений и возможности практической реализации полноценного решения проблемы защиты судовых машин и механизмов от вибраций на основе использования динамических компенсаторов жесткости, представляющих собой соосно установленные внутри основных упругих элементов либо параллельно с ними подпружиненные инерционные массы, колеблющиеся в противофазе относительно колебаний защищаемого от вибраций объекта.

Список литературы

1. Глушков С.П. Виброизоляция тепловых двигателей. 1999. Новосибирск: НГАСУ. 215 с.
2. Kochergin V.I., Glushkov S.P. Improvement of machine protection against vibration // *Transportation Research Procedia*. XII International Conference on Transport Infrastructure: Territory Development and Sustainability. 2022. Vol. 61 (5). P. 674–680. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.107.
3. Змитровцов Г.В., Загребельный О.И. Замена силовой установки в условиях санкций на примере пассажирского теплохода проекта 485 С «Александр Шабалин» // *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2023. Специальный выпуск 1. С. 148–151. DOI: 10.24937/2542-2324-2023-1-S-I-148-151.
4. Ermolaev A., Plekhov A., Titov D., Vagarov Yu. Vibration damping in a motor drive shaft system operating under active power flow oscillation // *IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIcon Rus)*. 2018. 17632266. DOI: 10.1109/EIconRus.2018.831743.
5. Покусаев М.Н., Хмельницкий К.Е., Кадин А.А. Оценка эффективности использования виброизолирующих устройств для подвесных лодочных моторов // *Научные проблемы водного транспорта*. 2020. № 64. С. 124–129. DOI: 10.37890/jwt.vi64.103.
6. Покусаев М.Н., Хмельницкая А.А., Хмельницкий К.Е., Кадин А.А. Снижение локальной вибрации на румпеле подвесного лодочного мотора при помощи транцевой многослойной вибронакладки // *Научные проблемы водного транспорта*. 2020. № 65. С. 80–85. DOI: 10.37890/jwt.vi65.130.
7. Mirsaidov M., Abdikarimov R., Khudainazarov Sh., Sabirjanov T. Damping of high-rise structure vibrations with viscoelastic dynamic dampers // *E3S Web of Conferences 224, TPACEE-2020*. Vol. 224. No. 14. DOI: 10.1051/e3sconf/202022402020.
8. Zhelezniak A., Zhukov V., Tsvetkov Y., Tuzov L., Bordug A. The stability of slow speed diesel engines under conditions of considerable destabilizing impact // *2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIcon Rus)*. St. Petersburg and Moscow. P. 159–162. DOI: 10.1109/EIconRus.2018.8317053.
9. Juzėnas K., Korobko E.V., Kuzmin V., Bubulis A. Vibroprotection system with the elastic element and the electrically controlled damping // *Mechanika* 24 (5). November 2018. DOI: 10.5755/j01.mech.24.5.21070.
10. Zaev E., Rath G., Kargl H., 2013. Energy Efficient Active Vibration Damping // *13th Scandinavian International Conference on Fluid Power*. June 3-5, September 2013. Linköping, Sweden. DOI: 10.3384/ecp1392a35.
11. Khomenko A.P., Eliseev S.V., Artyunin A.I. Dynamic damping of vibrations of technical object with two degrees of freedom // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. October 2017. No. 87 (8). 082025. DOI: 10.1088/1757-1315/87/8/082025.
12. Abdullaev Z., Yusupov M., Mirzaev., Noraliev N. Dynamic dampers of vibrations of inherited-deformable systems with finite number of degrees of freedom // *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. August 2020. 896:012116. DOI: 10.1088/1757-899X/896/1/012116.
13. Корятов М.С., Щербаков В.С., Почекуева И.Е. Использование тарельчатых пружин для создания виброзащитного механизма с участком квазиулевой жесткости // *Научно-технический вестник Брянского государственного университета*. 2020. № 3. С. 377–387.
14. Klitnoi V, Gaydamaka A. On the problem of vibration protection of rotor systems with elastic adaptive elements of quasi-zero stiffness // *Diagnostyka*. 2020. No. 21 (2). P. 69–75. DOI: 10.29354/diag/122533.
15. Глушков С.П., Кочергин В.И. Новые подходы к обеспечению виброзащиты машин // *Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта*. 2022. № 1 (4). С. 41–47. DOI: 10.52170/2712-9195/2022_1_41.
16. Кочергин В.И., Глушков С.П. Совершенствование виброзащиты подвижного состава железнодорожного транспорта // *Вагоны и вагонное хозяйство*. 2022. № 3. С. 38–40.

References

1. Glushkov S.P. Vibroizolyaciya teplovyh dvigatelej [Vibration isolation of heat engines]. 1999. Novosibirsk: NGAVT. 215 p.
2. Kochergin V.I., Glushkov S.P. Improvement of machine protection against vibration // Transportation Research Procedia. XII International Conference on Transport Infrastructure: Territory Development and Sustainability. 2022. Vol. 61 (5). P. 674–680. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.107.
3. Zmitrovtsov G.V., Zagrebelny O.I. Zamena silovoj ustanovki v usloviyah sankcij na primere passazhirskogo teplohoda proekta 485 S «Aleksandr Shabalin» [Replacement of main engines under imposed sanctions: passenger m/v Aleksander Shabalin, project 485 S]. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2023. Special Issue 1. P 148–151. DOI: 10.24937/2542-2324-2023-1-S-I-148-151.
4. Ermolaev A., Plekhov A., Titov D., Vagapov Yu. Vibration damping in a motor drive shaft system operating under active power flow oscillation // IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2018. 17632266. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.831743.
5. Pokusaev M.N., Hmel'nickij K.E., Kadin A.A. Ocenka effektivnosti ispol'zovaniya vibroizoliruyushchih ustrojstv dlya podvesnyh lodochnyh motorov [Evaluation of the effectiveness of the use of vibration isolating devices for outboard boat motors] // Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2020. No. 64. P. 124–129. DOI: 10.37890/jwt.vi64.103.
6. Pokusaev M.N., Hmel'nickaya A.A., Hmel'nickij K.E., Kadin A.A. Snizhenie lokal'noj vibracii na rumpele podvesnogo lodochnogo motora pri pomoshchi tranchevoj mnogoslojnoj vibronakladki [Reduction of local vibration on the outboard motor tiller by means of transom multi-layer vibration pad] // Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2020. No. 65. P. 80–85. DOI: 10.37890/jwt.vi65.130.
7. Mirsaidov M., Abdikarimov R., Khudainazarov Sh., Sabirjanov T. Damping of high-rise structure vibrations with viscoelastic dynamic dampers // E3S Web of Conferences 224. 2020. Vol. 224. No. 14. DOI: 10.1051/e3sconf/202022402020.
8. Zhelezniak A., Zhukov V., Tsvetkov Y., Tuzov L., Bordug A. The stability of slow speed diesel engines under conditions of considerable destabilizing impact // IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2018. St. Petersburg and Moscow. P. 159–162. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317053.
9. Juzėnas K., Korobko E.V., Kuzmin V., Bubulis A. Vibroprotection system with the elastic element and the electrically controlled damping // Mechanika. November 2018. No. 24 (5). DOI: 10.5755/j01.mech.24.5.21070.
10. Zaev E., Rath G., Kargl H., 2013. Energy Efficient Active Vibration Damping // 13th Scandinavian International Conference on Fluid Power. September 2013. Linköping, Sweden. DOI: 10.3384/ecp1392a35.
11. Khomenko A.P., Eliseev S.V., Artyunin A.I. Dynamic damping of vibrations of technical object with two degrees of freedom // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. October 2017. No. 87 (8). 082025. DOI: 10.1088/1755-1315/87/8/082025.
12. Abdullaev Z., Yusupov M., Mirzaev., Noraliev N. Dynamic dampers of vibrations of inherited-deformable systems with finite number of degrees of freedom // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. August 2020. 896:012116. DOI: 10.1088/1757-899X/896/1/012116.
13. Korytov M.S., Shcherbakov V.S., Pohekueva I.E. Ispol'zovanie tarel'chatyh pruzhin dlya sozdaniya vibrozashchitnogo mekhanizma s uchastkom kvazinulevoj zhestkosti [Use of plate springs to create a vibration protection mechanism with a quasi-zero stiffness section] // Nauchno-tehnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2020, No. 3. P. 377–387.
14. Klitnoi V., Gaydamaka A. On the problem of vibration protection of rotor systems with elastic adaptive elements of quasi-zero stiffness // Diagnostyka. 2020. No. 21 (2). P. 69–75. DOI: 10.29354/diag/122533.
15. Glushkov S.P., Kochergin V.I. Novye podhody k obespecheniyu vibrozashchity mashin [New approaches to vibration protection of machines] // Fundamental'nye i prikladnye voprosy transporta. 2022. № 1 (4). C. 41–47. DOI: 10.52170/2712-9195/2022_1_41.
16. Kochergin V.I., Glushkov S.P. Sovershenstvovanie vibrozashchity podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta [Improvement of vibration protection of railway rolling stock] // Vagony i vagonnoe hozyajstvo. 2022. № 3. C. 38–40.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Глушков Сергей Павлович, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», Сибирский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВО «СГУПС»), 630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, e-mail: rcpl.glushkov@yandex.ru

Sergey P. Glushkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport Engineering Technology and Machine Operation, Siberian Transport University, Russia, 191, D. Kovalchuk st, Novosibirsk, 630049, e-mail: rcpl.glushkov@yandex.ru

Кочергин Виктор Иванович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», Сибирский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВО «СГУПС»), 630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, e-mail: vkplus2011@yandex.ru

Victor I. Kochergin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Transport Mechanical Engineering and Operation of Cars, Siberian Transport University, Russia, 191, D. Kovalchuk st, Novosibirsk, 630049, e-mail: vkplus2011@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 13.08.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 13.08.2024; published online 20.12.2024.

УДК 62-971

DOI: 10.37890/jwt.vi81.534

О количественной оценке теплового эффекта теплопередачи

А.А. Панасенко

ORCID: 0000-0003-2067-884X

С.В. Петрашёв

ORCID: 0000-0003-3183-5150

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

Аннотация: В связи с постоянным удорожанием энергетических ресурсов, а также ужесточением правил для предприятий по экологическим показателям, необходим тщательный анализ работы не только тепловых двигателей, а также и вспомогательного энергооборудования, в т. ч. теплообменных аппаратов. Одним из критериев совершенства тепловых процессов в теплообменном аппарате может служить величина безвозвратно утраченного качества энергии [2]. Задачей этой статьи является оценка максимальной переданной тепловой мощности при известных имеющихся тепловых мощностях теплоносителей с помощью различных методов: 1) арифметического, используя среднелогарифмическое значение разницы теплообменивающихся сред 2) графоарифметического, с использованием гипербол постоянной мощности теплообменивающихся сред 3) расчета минимального значения суммарной потери энтропии в результате необратимых процессов теплообмена при теплообмене. Перечисленные методы разработаны авторами и не противоречат подобным разработкам отечественных и иностранных авторов [1-4].

Ключевые слова: теплообменный аппарат; водяной эквивалент; располагаемая мощность; горячий источник; холодный источник; необратимый процесс; приращение энтропии.

On the quantitative assessment of the thermal effect of heat transfer

Andrey A. Panasenko

ORCID: 0000-0003-2067-884X

Sergey V. Petrashev

ORCID: 0000-0003-3183-5150

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

Abstract: Due to the constant rise in the cost of energy resources, as well as the tightening of rules for enterprises on environmental indicators, a thorough analysis of the operation of not only heat engines, but also auxiliary power equipment, including heat exchangers, is necessary. One of the criteria for the perfection of thermal processes in a heat exchanger can be the value of the irretrievably lost quality of energy [2]. The objective of this article is to estimate the maximum transferred thermal power, with known available thermal powers of heat carriers, using various methods: 1. arithmetic, using the logarithmic mean value of the difference in heat-exchanging media, 2. graphical arithmetic, using hyperbolas of constant power of heat-exchanging media, 3. calculating the minimum value of the total entropy loss as a result of irreversible heat exchange processes from a hot heat carrier to a wall, through a wall and from a wall to a cold heat carrier. The listed methods were developed by the authors and do not contradict similar developments by domestic and foreign authors [1-4].

Keywords: heat exchanger; water equivalent; available power; hot source; cold source; irreversible process; entropy increase.

Введение

При анализе конструкций теплообменных аппарата разных типов и конструктивных исполнений возникает необходимость приближённо оценить тепловой эффект, который может быть получен при его работе. В зависимости от взаимного направления токов теплоносителя эффективность теплообменных аппаратов будет заметно отличаться.

Цель статьи

Одной из актуальных задач проектирования теплообменного оборудования является оценка эффективности организованного в нем теплообмена. Описание трёх методов (вариантов) решения указанной задачи является целью данной статьи.

Оценка эффективности теплообмена

Наиболее экономичный процесс теплообмена можно организовать, если обеспечить противоточную подачу холодного и горячего теплоносителей. Расчетная схема с противоточной организацией процесса теплообмена представлена на рис. 1. Из рисунка видно, что в теплообменных аппаратах разность температур потоков вдоль поверхности теплообмена непрерывно меняется, поэтому в расчетах в качестве $(T_+ - T_-)$ разности температур горячего и холодного теплоносителей принимается среднелогарифмическое значение этой разницы [1].

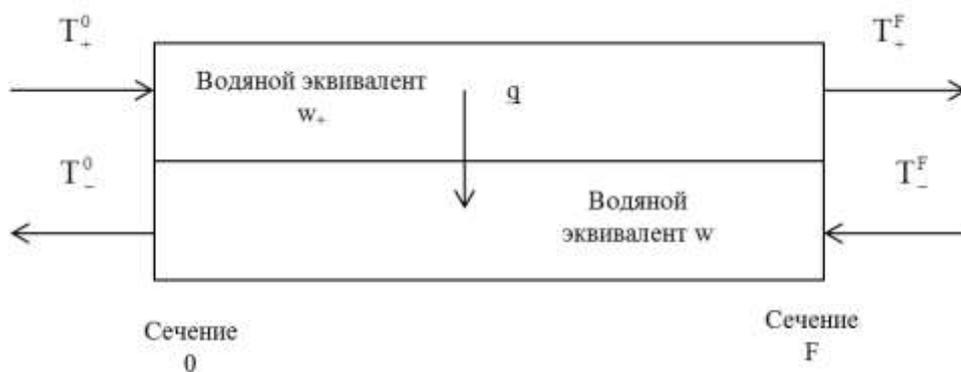


Рис.1. Схема противоточного теплообменника

Разделим случаи теплообмена с отношениями водяных эквивалентов горячего источника к холодному $\frac{w_+}{w}$ больше единицы и меньше единицы. Для первого случая, передаваемую тепловую мощность можно оценить по зависимости:

$$q = \alpha \Delta t = \alpha \frac{(T_+^F - T_-^F) - (T_+^0 - T_-^0)}{\ln \left(\frac{T_+^F - T_-^F}{T_+^0 - T_-^0} \right)} = \alpha \frac{-\frac{q}{w_+} + \frac{q}{w}}{\ln \left(\frac{T_+^0 - \frac{q}{w_+} - T_-^F}{T_+^0 - T_-^F - \frac{q}{w}} \right)} = \frac{\alpha q \left(\frac{1}{w} - \frac{1}{w_+} \right)}{\ln \left(\frac{T_+^0 - T_-^F - \frac{q}{w_+}}{T_+^0 - T_-^F - \frac{q}{w}} \right)} \quad (1)$$

Отсюда

$$q = w(T_+^0 - T^F) \left(1 - \frac{1 - \frac{w}{w_+}}{\exp\left(\frac{\alpha}{w} - \frac{\alpha}{w_+}\right) - \frac{w}{w_+}} \right) \quad (2)$$

Для второго случая тепловая мощность может быть представлена как

$$q = w_+(T_+^0 - T^F) \left(1 - \frac{1 - \frac{w_+}{w}}{\exp\left(\frac{\alpha}{w_+} - \frac{\alpha}{w}\right) - \frac{w_+}{w}} \right) \quad (3)$$

В уравнениях (1 - 3) w_+, w – водяные эквиваленты горячего и холодного потоков; T_+^F, T^F – температуры горячего и холодного потоков в сечении F ; T_+^0, T^0 – температуры горячего и холодного потоков в сечении 0 ; F – площадь теплообменника; α – коэффициент теплопередачи от горячего к холодному потоку.

Вывод, следующий из анализа полученных уравнений: максимальная тепловая мощность теплообмена для противотока равна разности температур входящих в теплообменник сред помноженной на водяной эквивалент среды, который является меньшим из имеющихся двух.

Если изобразить гиперболы располагаемых мощностей $q_{расч+} = w_+T_+^0 = const$ и $q_{расч-} = wT^F = const$ для горячего и холодного теплоносителей (рис. 1), то можно получить фигуру с тремя углами, площадь которой равна максимально возможной мощности при теплопередаче.

Максимальная мощность передачи теплоты (рис. 2) будет ограничена фигурой ABC. Водяной эквивалент теплоносителя греющего теплоносителя w_+ не изменится, а температура T_+^0 может максимально уменьшиться до T^F нагреваемого теплоносителя.

Максимальная мощность передачи теплоты будет равна площади фигуры ABC.

$$q_{max} = w_+T_+^0 \int_{T^F}^{T_+^0} \frac{dT}{T} - w_+(T_+^0 - T^F) = w_+T_+^0 \left(\ln \frac{T_+^0}{T^F} - 1 \right) + w_+T^F \quad (4)$$

Максимальная мощность передачи теплоты для случая располагаемой мощности горячего теплоносителя большей, чем холодного теплоносителя (рис. 3) будет ограничено фигурой ABC. Водяной эквивалент нагреваемого теплоносителя w не изменится, а температура T^F может максимально увеличиться до T_+^0 греющего теплоносителя.

Максимальная мощность передачи теплоты будет равна площади фигуры ABC.

$$q_{max} = wT^F \int_{T^F}^{T_+^0} \frac{dT}{T} - w(T_+^0 - T^F) = wT^F \left(\ln \frac{T_+^0}{T^F} + 1 \right) - wT_+^0 \quad (5)$$

Вывод, следующий из анализа гипербол располагаемых мощностей теплоносителей: максимальная тепловая мощность теплообмена для противотока зависит от располагаемой мощности теплоносителя с меньшим водяных водяным

эквивалентом и натурального логарифма отношения располагаемых температур теплоносителей.

При анализе эффективности теплообменника (рис. 1) подразумевалось, что передача теплоты осуществляется по мере течения теплоносителя вдоль передающей поверхности. Если скорость теплоносителя мала и ей можно пренебречь, коэффициент теплоотдачи будет зависеть от составляющей излучения и коэффициента теплопроводности.

Для анализа совершенства процесса теплообмена, воспользуемся уравнениями необратимой термодинамики [6 – 14].

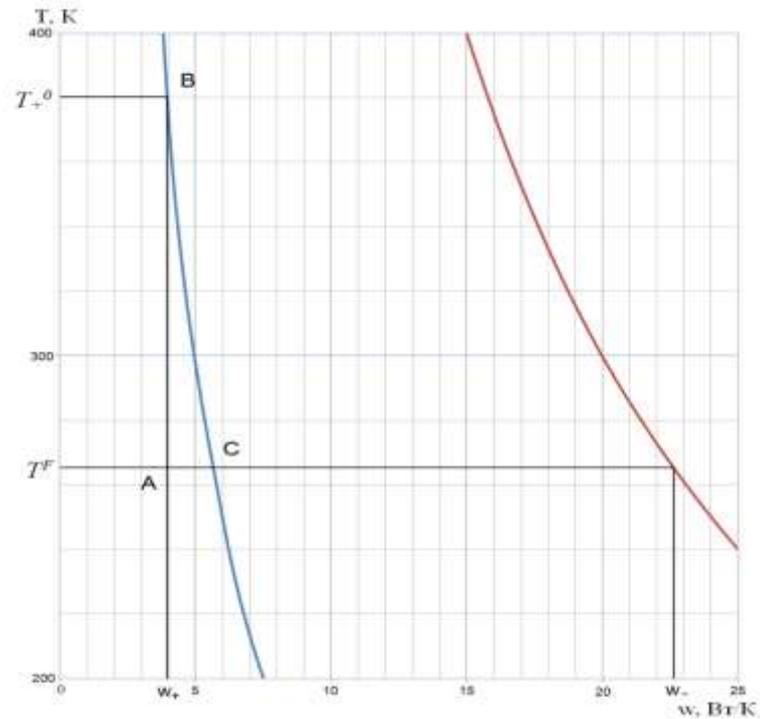


Рис.2. Иллюстрация передачи максимальной мощности при теплообмене в случае, если располагаемая мощность горячего источника больше располагаемой мощности холодного источника

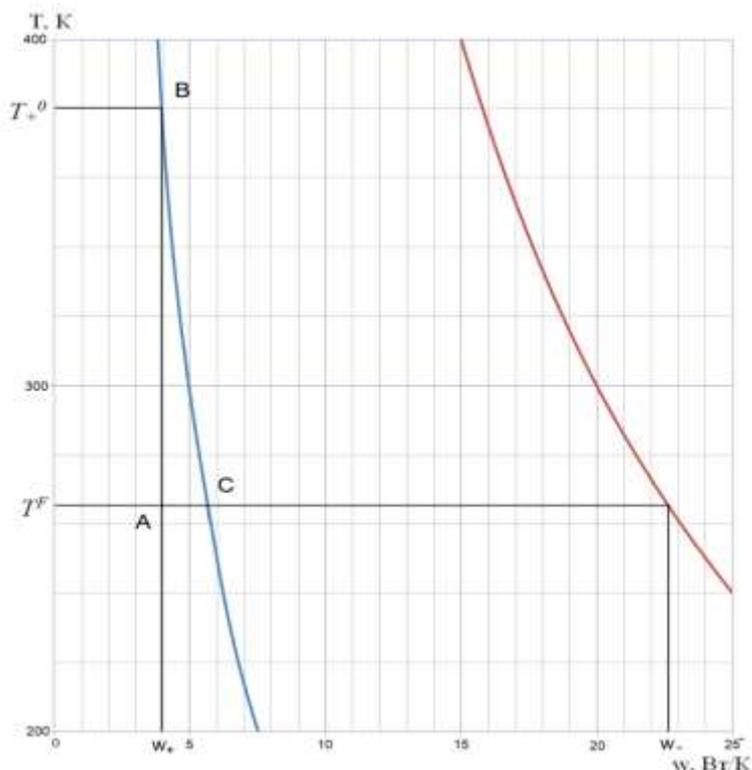


Рис.3. Иллюстрация передачи максимальной мощности при теплообмене в случае если располагаемая мощность горячего источника меньше располагаемой мощности холодного источника

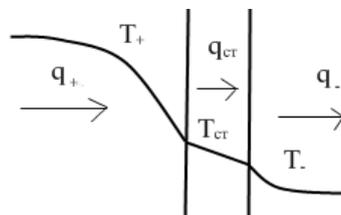


Рис.4. Передача теплоты от горячего теплоносителя холодному через стенку

Передача теплоты через стенку зависит от коэффициента теплоотдачи горячего теплоносителя к стенке α_+ , коэффициента теплопроводности стенки λ и коэффициента теплоотдачи стенки холодному теплоносителю α_- .

При организации процесса теплообмена, для рационального использования тепла, необходимо избегать слишком большой и слишком малой разности температур теплообменивающихся сред [7].

Рассмотрим процесс передачи теплоты для случая площади теплопередающей поверхности $F=1 \text{ м}^2$.

Переданная теплота от горячего теплоносителя стенке равна

$$q_+ = \alpha_+(T_+ - T_{cm+}),$$

где T_+ – средняя динамическая температура горячего теплоносителя;

T_{cm+} – температура теплопередающей поверхности со стороны горячего теплоносителя.

Переданная теплота через стенку равна

$$q_{ж} = \lambda_+(T_{cm+} - T_{cm-}),$$

где T_{cm-} – температура теплопередающей поверхности со стороны холодного теплоносителя.

Переданная теплота от стенки холодному теплоносителю равна

$$q_- = \alpha_-(T_{cm-} - T_-),$$

где T_- – средняя динамическая температура горячего теплоносителя.

Величина переданной теплоты одинакова (рис. 4)

$$q_+ = q_{ж} = q_-$$

Энтропия в результате необратимого процесса теплоотдачи от горячего теплоносителя стенке будет равна

$$\Delta S_{in} = \alpha_+(T_+ - T_{cm+}) \left(\frac{1}{T_{cm+}} - \frac{1}{T_+} \right) = \alpha_+ \left(\frac{T_+}{T_{cm+}} + \frac{T_{cm+}}{T_+} - 2 \right) \quad (6)$$

Изменение энтропии в результате необратимого процесса теплоотдачи через стенку будет равна

$$\Delta S_{in} = \lambda(T_{cm+} - T_{cm-}) \left(\frac{1}{T_{cm-}} - \frac{1}{T_{cm+}} \right) = \lambda \left(\frac{T_{cm+}}{T_{cm-}} + \frac{T_{cm-}}{T_{cm+}} - 2 \right) \quad (7)$$

Изменение энтропии в результате необратимого процесса теплоотдачи от стенки холодному теплоносителю будет равна

$$\Delta S_{in} = \alpha_-(T_{cm-} - T_-) \left(\frac{1}{T_-} - \frac{1}{T_{cm-}} \right) = \alpha_- \left(\frac{T_{cm-}}{T_-} + \frac{T_-}{T_{cm-}} - 2 \right) \quad (8)$$

Необходимо найти минимальное значение суммарной энтропии в результате необратимых процессов теплообмена от горячего теплоносителя стенке, через стенку и от стенки холодному теплоносителю.

Для этого выразим T_{cm+} через T_+ , T_{cm-} , T_- :

$$T_{cm+} = \frac{\alpha_+ T_+ + \lambda T_{cm-}}{\alpha_+ + \lambda} \quad (9)$$

Возьмём производную по параметру T_{cm-} от суммы трёх составляющих приращений энтропий (6, 7, 8) и найдём критическую точку

$$T_{cm-} = \sqrt{\frac{T_+ T_- (\lambda \alpha_+ T_+ + \lambda \alpha_- T_- + \alpha_+ \alpha_- T_-)}{\lambda \alpha_+ T_- + \lambda \alpha_- T_+ + \alpha_+ \alpha_- T_+}} \quad (10)$$

Убеждаемся, что эта точка являются точкой минимума от суммы трёх составляющих приращений энтропий.

По такому же принципу выразим T_{cm-} через T_+ , T_{cm+} , T_- ,

$$T_{cm-} = \frac{\alpha_- T_- + \lambda T_{cm+}}{\alpha_- + \lambda} \quad (11)$$

Возьмём производную по параметру T_{cm+} от суммы трёх составляющих приращений энтропий (6, 7, 8) и найдём критическую точку

$$T_{cm+} = \sqrt{\frac{T_+ T_- (\lambda \alpha_+ T_+ + \lambda \alpha_- T_- + \alpha_+ \alpha_- T_+)}{\lambda \alpha_+ T_- + \lambda \alpha_- T_+ + \alpha_+ \alpha_- T_-}} \quad (12)$$

Убеждаемся, что эта точка является точкой минимума от суммы трёх составляющих приращений энтропий.

В результате этих расчётов получаем, что максимальный тепловой эффект при теплопередаче равен

$$q_{+max} = \alpha_+ (T_+ - \sqrt{\frac{T_+ T_- (\lambda \alpha_+ T_+ + \lambda \alpha_- T_- + \alpha_+ \alpha_- T_+)}{\lambda \alpha_+ T_- + \lambda \alpha_- T_+ + \alpha_+ \alpha_- T_-}}), \quad (13)$$

или

$$q_{жс} = \lambda \left(\sqrt{\frac{T_+ T_- (\lambda \alpha_+ T_+ + \lambda \alpha_- T_- + \alpha_+ \alpha_- T_+)}{\lambda \alpha_+ T_- + \lambda \alpha_- T_+ + \alpha_+ \alpha_- T_-}} - \sqrt{\frac{T_+ T_- (\lambda \alpha_+ T_+ + \lambda \alpha_- T_- + \alpha_+ \alpha_- T_-)}{\lambda \alpha_+ T_- + \lambda \alpha_- T_+ + \alpha_+ \alpha_- T_+}} \right) \quad (14)$$

или

$$q_{-max} = \alpha_- \left(\sqrt{\frac{T_+ T_- (\lambda \alpha_+ T_+ + \lambda \alpha_- T_- + \alpha_+ \alpha_- T_-)}{\lambda \alpha_+ T_- + \lambda \alpha_- T_+ + \alpha_+ \alpha_- T_+}} - T_- \right). \quad (15)$$

На практике коэффициент теплопроводности стенки $\lambda \gg \alpha_-$, также $\lambda \gg \alpha_+$, поэтому приближённо максимальная тепловая мощность при теплопередаче равна

$$q_{+max} = \alpha_+ \left(T_+ - \sqrt{\frac{T_+ T_- (\alpha_+ T_+ + \alpha_- T_-)}{\alpha_+ T_- + \alpha_- T_+}} \right), \quad (16)$$

или

$$q_{-max} = \alpha_- \left(\sqrt{\frac{T_+ T_- (\alpha_+ T_+ + \alpha_- T_-)}{\alpha_+ T_- + \alpha_- T_+}} - T_- \right) \quad (17)$$

Для случая $\alpha_- = \alpha_+$,

$$q_{+max} = \alpha_+ T_+ \left(1 - \sqrt{\frac{T_-}{T_+}} \right), \quad (18)$$

или

$$q_{\text{max}} = \alpha_{-} T_{-} \left(\sqrt{\frac{T_{+}}{T_{-}}} - 1 \right) \quad (19)$$

Отметим, что стоящее в скобках выражение (18) представляет собой к.п.д. цикла Карно при его максимальной мощности [6].

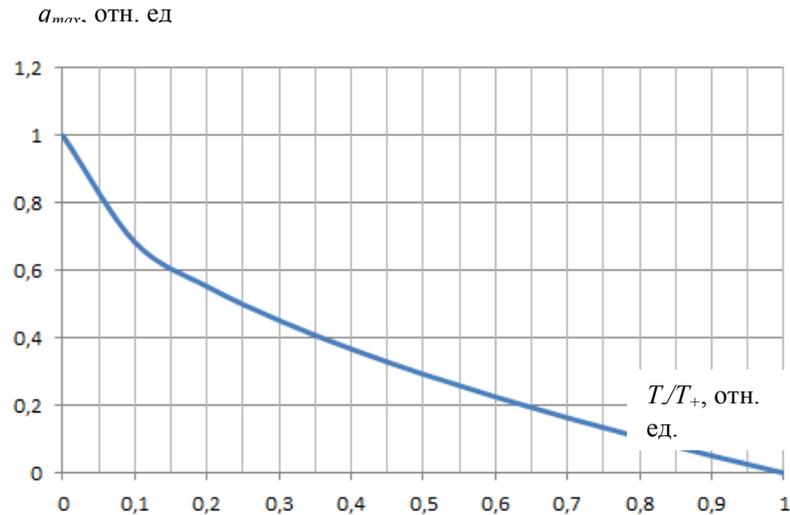


Рис.5. Максимальная доля переданной теплоты от горячего теплоносителя в зависимости от соотношения среднединамических температур

Рисунок 5 показывает, на какую долю теплоты можно рассчитывать при подогреве (или охлаждении) какого-либо теплоносителя.

Выражения (13 - 19) позволяют оценить максимальную переданную мощность при теплопередаче в первом приближении.

Заключение

В этой статье проанализирована оценка максимальной переданной тепловой мощности при известных имеющихся тепловых мощностях теплоносителей с помощью различных методов. При использовании арифметического и графоарифметического метода получены уравнения максимальной возможной переданной мощности от горячего к холодному теплоносителю. С помощью этих методов можно сказать о предельной передаче теплоты, на которую может рассчитывать проектант оборудования.

Третий представленный метод основан на расчете минимального значения суммарной потери энтропии в результате необратимых процессов теплообмена. Третий метод позволяет судить о максимальной передаче теплоты при управляемом процессе.

Вывод, следующий из анализа минимального изменения приращения энтропии при суммарной теплопередаче через стенку: максимальная тепловая мощность теплообмена зависит от коэффициентов теплоотдачи между теплоносителем и стенкой, квадратного корня отношения среднединамических температур сред.

Список литературы

1. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. - М.: Машиностроение, 1989. - 365 с., ил.
2. Xie, G.N., Sunden, B., Wang, Q.W. Optimization of compact heat ex-changers by a genetic algorithm. *Applied Thermal Engineering*, 2008, 28, pp. 895–906.
3. Amelkin S.A., Hoffmann K.H., Sicre B., Tsirlin A.M. Extreme performance of heat exchangers of various hydrodynamic models of flows // *Periodica Polytechnica ser. Chem. Eng.*, v.44, N.1, p.3-16, 2001.
4. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок: Учеб.пособие для вузов / А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, П.Г. Удыма; под ред. А.М. Бакластова. М.: Энергоиздат, 1981, 336 с.
5. Гавра Г. Г., Михайлов П. М., Рис В. В. Тепловой и гидравлический расчет теплообменных аппаратов компрессорных установок. Учебное пособие.- Л., ЛПИ, 1982, 72 с.
6. Цирлин А.М. Методы оптимизации в необратимой термодинамике и микроэкономике. // М.: ФИЗМАТЛИТ. 2003. – 416 с.
7. Бродянский В.М. 12 правил энергосбережения, или что нужно и что не нужно делать для снижения потерь, связанных с несовершенством энергетических процессов // *Новости теплоснабжения*. 2002. № 9. С. 52.
8. Панасенко А.А. Влияние окружающей среды на эффективность работы теплообменников // *Техническая эксплуатация флота – пути совершенствования. Материалы региональной научно-практической конференции. (18 - 19 мая 2005 г.) / Морской гос. ун-т. - Владивосток, 2005. - С. 69-73.*
9. Ахременков А.А. Предельные возможности управляемых полей температур // *Информационные технологии моделирования и управления*, 2006, № 9(34). - С. 1130-1137.
10. Ахременков А.А. Оценка термодинамического совершенства теплообменных систем // *Труды XX Международной научной конференции "Математические методы в технике и технологиях"*, том 2, 129-131.
11. Ахременков А.А., Цирлин Л.М. Минимальная необратимость, оптимальное распределение поверхности и тепловой нагрузки теплооб-менных систем // *ТОХТ*, 2008 г., №1.
12. Tsirlin A.M., Kazakov V.A., Alimova N.A., Ahremenkov A.A. Thermodynamic model of capital extraction in economic systems. // *Journal Interdisciplinary Description of Complex Systems*. № 4, 2005.
13. Линецкий С.Б., Цирлин А.М. Оценка термодинамического совершенства и оптимизация теплообменников // *Теплоэнергетика*. 1988. № 10. С.87-91.
14. Новиков И.И. Термодинамика. М.: Машиностроение, 1984. - 592с.

References

1. Bazhan P.I., Kanevets G.E., Seliverstov V.M. Handbook of heat ex-changers. - Moscow: Mashinostroenie, 1989. - 365 p., ill.
2. Xie, G.N., Sunden, B., Wang, Q.W. Optimization of compact heat ex-changers by a genetic algorithm. *Applied Thermal Engineering*, 2008, 28, pp. 895–906.
3. Amelkin S.A., Hoffmann K.H., Sicre B., Tsirlin A.M. Extreme performance of heat exchangers of various hydrodynamic models of flows // *Periodica Polytechnica ser. Chem. Eng.*, v.44, N.1, p.3-16, 2001.
4. Design, installation and operation of heat and mass transfer installations: Textbook for universities / A.M. Baklastov, V.A. Gorben-ko, P.G. Udyma; edited by A.M. Baklastov. Moscow: Energoizdat, 1981, 336 p.
5. Gavra G.G., Mikhailov P.M., Ris V.V. Thermal and hydraulic calculation of heat exchangers of compressor units. Textbook. - Leningrad, LPI, 1982, 72 p.
6. Tsirlin A.M. Optimization methods in irreversible thermodynamics and microeconomics. // Moscow: FIZMATLIT. 2003. - 416 p.
7. Brodyansky V.M. 12 rules of energy saving, or what should and should not be done to reduce losses associated with imperfections in energy processes // *Heat supply news*. 2002. No. 9. P. 52.

8. Panasenko A.A. Influence of the environment on the efficiency of heat exchangers // Technical operation of the fleet - ways of improvement. Materials of the regional scientific and practical conference. (May 18 - 19, 2005) / Maritime State University. - Vladivostok, 2005. - P. 69-73.
9. Akhremenkov A.A. Limiting capabilities of controlled temperature fields // Information technologies of modeling and control, 2006, No. 9 (34). - P. 1130-1137.
10. Akhremenkov A.A. Evaluation of thermodynamic perfection of heat exchange systems // Proceedings of the XX International Scientific Conference "Mathematical Methods in Engineering and Technology", Vol. 2, 129-131.
11. Akhremenkov A.A., Tsirlin L.M. Minimum irreversibility, optimal distribution of surface and thermal load of heat exchange systems // ТОИТ, 2008, No. 1.
12. Tsirlin A.M., Kazakov V.A., Alimova N.A., Ahremenkov A.A. Thermodynamic model of capital extraction in economic systems. // Journal Interdisciplinary Description of Complex Systems. No. 4, 2005.
13. Linetsky S.B., Tsirlin A.M. Evaluation of thermodynamic perfection and optimization of heat exchangers // Thermal Power Engineering. 1988. No. 10. P. 87-91.
14. Novikov I.I. Thermodynamics. Moscow: Mechanical Engineering, 1984. - 592 p.

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,

Петрашёв Сергей Владимирович, к.т.н.,
доцент, доцент 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

Статья поступила в редакцию 08.11.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 08.11.2024; published online 20.12.2024.

УДК 656.62

DOI: 10.37890/jwt.vi81.535

Экспериментальное исследование потерь напора в гидродинамическом уплотнении осевого грунтового насоса

С.Г. Яковлев

ORCID: 0009-0006-7879-3612

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

Аннотация. Проблемой использования осевых насосов в качестве грунтовых является интенсивное изнашивание периферийных частей лопастей рабочего колеса. Для уменьшения износа рабочее колесо заключают в цилиндрическую обечайку. Однако эффективная защита переднего уплотнения осевого насоса при этом не обеспечивается, и предложенное ниже техническое решение предотвращает циркуляцию гидросмеси из напорной полости во всасывающую. Лопастная система гидродинамического уплотнения, нагнетая чистую воду в промываемый зазор, препятствует его износу, но при этом создает дополнительное сопротивление в виде вихревого потока. Испытания различных по конструкции выправляющих аппаратов позволяют в итоге снизить потери напора в промываемом зазоре 2,5 раза и уменьшить массогабаритные показатели осевого насоса в целом.

Ключевые слова: осевой грунтовой насос, гидродинамическое уплотнение, выправляющий аппарат, потери напора.

Experimental study of pressure losses in hydrodynamic sealing of the axial soil pump

Sergey G. Yakovlev

ORCID: 0009-0006-7879-3612

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The problem of using axial pumps as ground pumps is the intensive wear of the peripheral parts of the impeller blades. In order to reduce wear the impeller is enclosed into the cylindrical shell. However, effective protection of the front seal of the axial pump is not provided, and the technical solution proposed below prevents the circulation of the hydraulic mixture from the pressure cavity into the suction one. The blade system of hydrodynamic sealing, pumping clean water into the flushed gap, prevents its wear, meanwhile creating additional resistance in the form of a vortex flow. As a result, installation of straightening devices of various designs allows it to reduce pressure losses in the flushed gap by 2.5 times and decrease the weight and dimensions of the axial pump in general.

Keywords: axial ground pump, hydrodynamic seal, straightening device, pressure loss.

Введение

При работе дноуглубительных и добывающих землесосов часто наблюдается недостаточная производительность по грунтозабору, вследствие ограниченной всасывающей способности грунтового насоса. Так как использование подпорного насоса во всасывающей линии позволяет добиться повышения производительности по грунту на 30% и более, такое конструктивное решение считается перспективным [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Учитывая требования надежности и простоты, предъявляемые к конструкции подпорного насоса и его уплотнения, предложена схема

гидродинамического уплотнения периферийного зазора осевого грунтового насоса (рис.1) [7].

Насос содержит корпус 1 и установленные в нем рабочее колесо 2 с обечайкой 3, а также бронедиски 4 и 5. На наружной поверхности обечайки 3 и вращающегося бронедиска 4 установлены лопатки 6. Корпус со стороны лопаток 6 снабжен крышкой 7, в которой выполнены сквозные радиальные каналы 8. Выправляющий аппарат 9 служит для выпрямления вращающегося потока, создаваемого осевым рабочим колесом, повышая к.п.д. насоса.

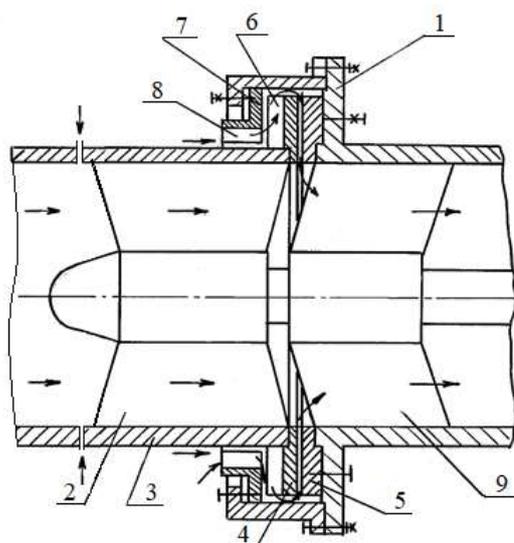


Рис.1. Схема осевого грунтового насоса

При вращении в корпусе рабочего колеса 2 с обечайкой 3 вращается и бронедиск 4 с закрепленными на нем лопатками 6. При этом грунтовая смесь нагнетается к потребителю, а жидкость без взвесей из окружающей среды через радиальные каналы 8 нагнетается в промываемый зазор между бронедисками 4 и 5, препятствуя попаданию в него водогрунтовой смеси. От работы гидродинамического уплотнения зависят подача, к.п.д. осевого грунтового насоса, которые при износе промываемого зазора и увеличении его размеров будут снижаться, поэтому создание эффективного гидроуплотнения является актуальной задачей.

Методы

Исследования [8] показывают, что вымывание твердых частиц из промываемого зазора обеспечивается при скорости жидкости в нем не менее $3 \div 4,5$ м/с. Следовательно, указанной величиной скорости определяется расход на промывку при заданных размерах уплотнительной щели. При этом напор лопастной системы гидродинамического уплотнения складывается из потерь напора в промываемом зазоре и напора осевого насоса.

Аналогичная по принципу действия лопастная система гидроуплотнения, применяемая на переднем диске центробежных грунтовых насосов [9], показала высокую эффективность при использовании её на различных проектах земснарядов. Однако, отличие предлагаемого варианта заключается в более сложной форме промываемого зазора и меньшей густоте решетки лопастной системы, что делает невозможным использование результатов имеющихся испытаний.

Для исследования потерь напора была изготовлена модель гидродинамического уплотнения (рис. 2), основными элементами которой являются: 1 – рабочее колесо с

лопастной системой гидроуплотнения, 2 - передний бронедиск, 3 – задний бронедиск. Оба бронедиска имеют возможность осевого перемещения для регулирования зазоров между ними и рабочим колесом.

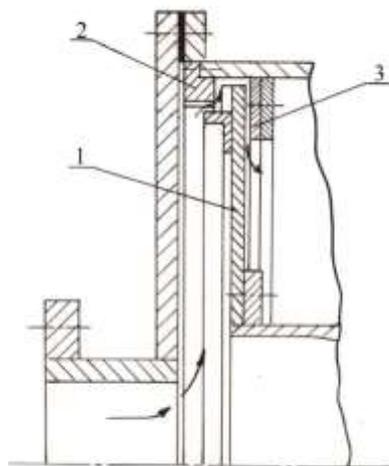


Рис.2. Гидродинамическое уплотнение для испытания на лабораторном стенде

Схема первого варианта модели гидродинамического уплотнения без выправляющего аппарата, испытанного на лабораторном стенде, представлена на рис.3. Потери напора $\Delta P/\rho g$ промываемой жидкости сосредоточены на участках между сечениями 4-4 и 3-3, 3-3 и 2-2, 2-2 и 1-1 и представляют собой разность между напором H_1 , развиваемым лопастной системой и напором H_2 в сечении 1-1. Результаты испытаний рассматриваемой модели показаны на рис. 4 (прямая 1) и на требуемой подаче $14 \text{ м}^3/\text{ч}$ составляют 5,7 м. При этом напор H_1 почти в два раза превышает напор H_2 .

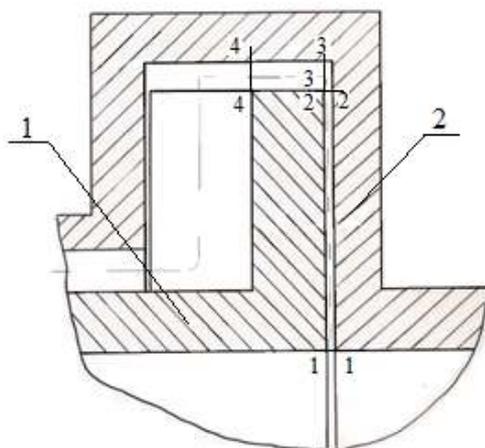


Рис.3. Схема модели гидродинамического уплотнения без выправляющего аппарата:
лопастная система гидроуплотнения; 2- корпус

Это свидетельствует об относительно больших потерях энергии при движении промывочной воды в канале между сечениями 4-4 и 1-1, увеличивающихся с ростом подачи. Данное явление можно объяснить тем, что частицы жидкости в промываемом зазоре, прилегающие непосредственно к диску рабочего колеса, увлекаются им во

вращательное движение и за счет действия центробежной силы отбрасываются обратно к периферии, создавая дополнительное сопротивление основному потоку [10, 11]. Таким образом, на основной поток, движущийся от периферии к центру, накладывается дополнительный, движущийся от центра к периферии. Снижение потерь напора в промываемом зазоре приведет к уменьшению габаритов и металлоемкости осевого грунтового насоса в целом, а также затрат энергии на промывку.

Как уже отмечалось выше основные потери энергии, вследствие вихревого движения промывочной жидкости, сосредоточены на участке между сечениями 2-2 и 1-1. С целью предотвращения вращательного движения воды на рассматриваемом участке был установлен выправляющий аппарат с радиальными лопатками (рис. 5), что позволило существенно снизить потери напора - на требуемой подаче 14 м³/ч потери напора составляют 3,8 м. Однако результаты замеров потенциального напора (рис.6) цилиндрическим зондом вдоль канала между радиальными лопатками на участке между сечениями 2-2 и 1-1 свидетельствуют о том, что при данной схеме обтекания нет плавного преобразования скоростного напора в давление, к чему стремятся при проектировании выправляющих аппаратов.

На расстоянии 4 мм (рис.6) наблюдается падение потенциального напора, вызванное образованием вихревой зоны (сечение 2-2) и связанное с резким изменением направления окружной скорости. При этом вихревая зона наблюдается на различных подачах. Возможность уменьшения потерь энергии заключается в конструктивном изменении радиальных лопаток и обеспечении при этом безударного входа потока на выправляющие лопатки.

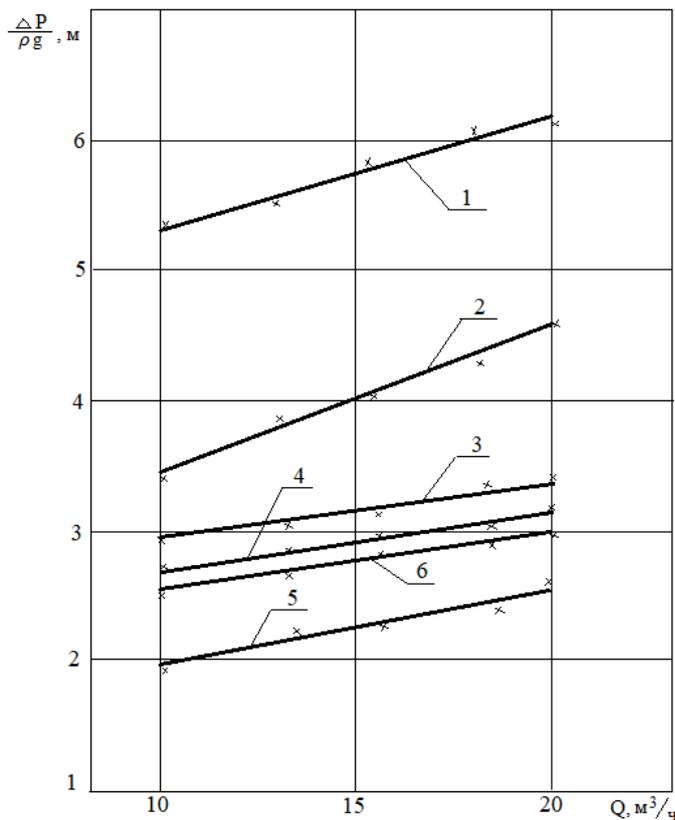


Рис.4. Зависимости $\Delta P/\rho g=f(Q)$. Результаты испытаний при работе: без выправляющего аппарата; 2 – с выправляющим аппаратом, имеющим радиальные лопатки;

3, 4, 5, 6 – с выправляющим аппаратом, имеющим соответственно 10, 9, 8, 7 криволинейных лопаток

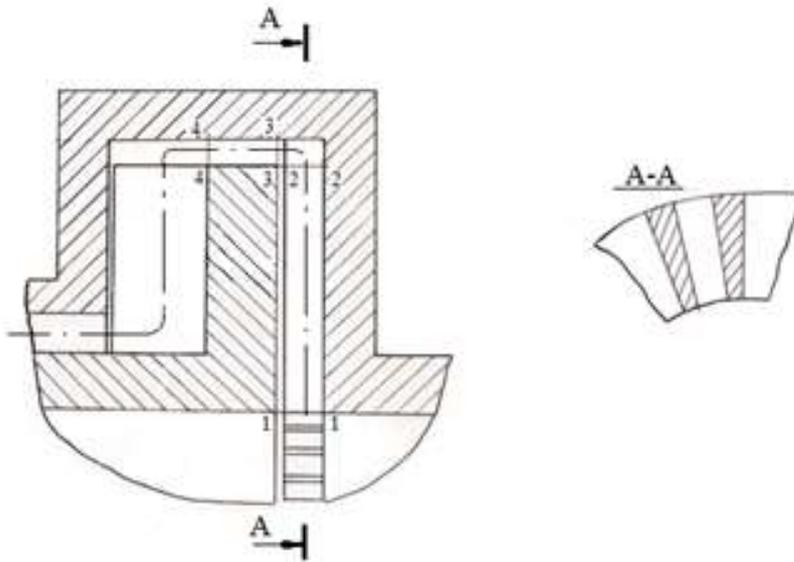


Рис.5. Схема модели гидродинамического уплотнения с выправляющим аппаратом с радиальными лопатками

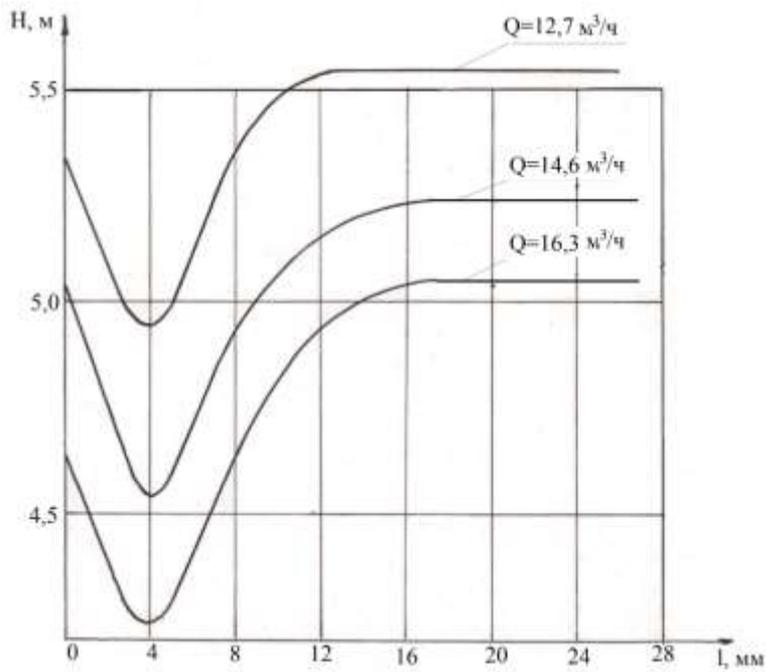


Рис.6. Изменение потенциального напора в радиальном канале

Установка выправляющего аппарата с криволинейными лопатками (рис.7), направленными против направления вращения рабочего колеса, обеспечивает плавное преобразование скоростного напора в потенциальный.

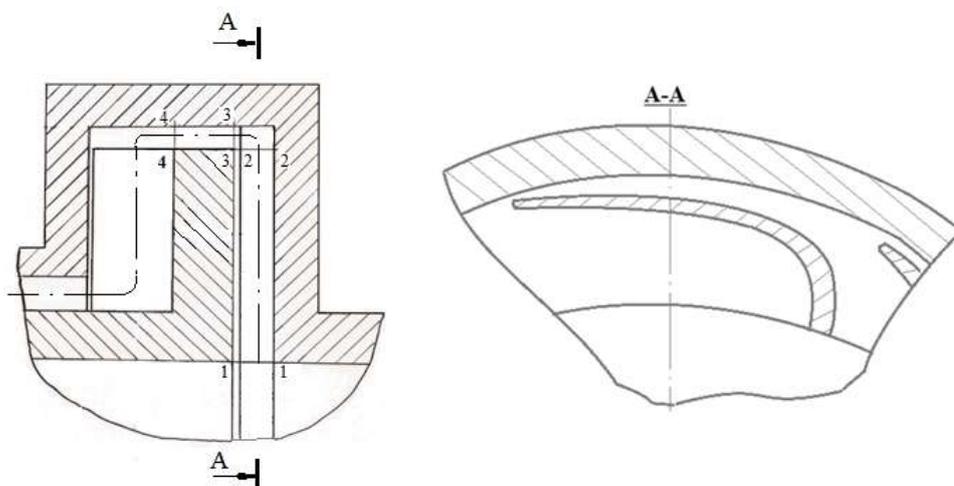


Рис.7. Схема модели гидродинамического уплотнения с выправляющим аппаратом с криволинейными лопатками

Для определения необходимого количества криволинейных лопаток были спроектированы и изготовлены четыре модели выправляющих аппаратов, имеющими 7,8,9,10 криволинейных лопаток, равномерно расположенных по окружности. Результаты испытаний вышеуказанных лопастных систем с различным количеством криволинейных лопаток представлены на рис. 4, из которого следует, что наименьшие потери напора соответствуют варианту с выправляющим аппаратом, имеющим восемь лопаток (потери напора на расчётной подаче составляют 2,3 м). Потери напора с выправляющими аппаратами, имеющими большее или меньшее количество лопаток в исследуемом диапазоне подач, больше. При этом в первом случае лопатки создают дополнительное сопротивление движению жидкости, а во втором – большая величина потерь напора связана с недостаточным воздействием лопаток на поток, и значит, после сечения 1-1 промывочная вода имеет большую окружную составляющую скорости.

Очевидно, что и в случае установки выправляющего аппарата с восемью лопатками нет полного преобразования окружной составляющей скорости в давление, вследствие ограниченного пространства для их размещения. Однако, этот оптимальный вариант выправляющего аппарата обеспечивает безударный вход потока и создаёт условия для минимума гидравлических потерь.

Выводы

Испытания различных вариантов гидродинамического уплотнения осевого грунтового насоса с выправляющими аппаратами и без них позволили найти оптимальное решение, позволяющее значительно уменьшить потери напора в промываемом зазоре. Конструктивными мероприятиями, заключающимися в установке выправляющего аппарата с восемью криволинейными лопатками, обеспечивающими безударный вход потока, достигается снижение потерь напора в промываемом зазоре гидродинамического уплотнения в 2,5 раза на расчётной подаче $14 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Список литературы

1. Огородников С.П. Инжектирование на землесосных снарядах. – Госстройиздат, 1962. - 100с.
2. Шкундин Б.М., Огородников С.П., Мариенков В.П. О применении погружных грунтовых насосов. – Гидротехническое строительство, 1971, №11, с.50-51.
3. Стариков А.С. Применение погружных грунтовых насосов на земснарядах Минречфлота /Тезисы докладов всесоюзного научн.-техн. Совещания «Интенсификация гидромеханизированных работ и подводной добычи с применением погружных грунтонасосных комплексов». – М.: ЦП ВНТГО, 1989, с.38-40.
4. Шкундин Б.М. Машины для гидромеханизации земляных работ. /-М.: Стройиздат, 1995. -224с.
5. Ялтанец И.М. Гидромеханизированные и подводные горные работы: учебник для вузов/ И.М. Ялтанец. – М.: ООО «Центр инновационных технологий», 2012. – 716 с.
6. Огородников С.П., Михеев И.И., Кулаков А.Е. Применение погружных осевых грунтовых насосов – эффективное направление повышения всасывающей способности земснарядов//Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2006 – СВ Гидромеханизация. – с.112-116.
7. Арефьев Н.Н., Яковлев С.Г. Осевой грунтовой насос. Авторское свидетельство СССР №1508011, 1989.
8. Смойловская Л.А., Кожевникова Е.И., Цыбаев Н.Т. Повышение износостойкости грунтовых насосов. Под общ. ред. канд. техн. наук Д.Я. Суханова. – Москва: [б. и.], 1964. - 65с.
9. Гамзин Б.П. Обоснование и разработка грунтового насоса с гидродинамическим передним уплотнением.: Дис. канд. техн. наук. – Горький, 1988. – 220 с.
10. Кожевников В.В. Исследование гидравлических сопротивлений узких щелей. – Труды ВИГМ, 1959, вып.24, с.77-92.
11. Пфлейдерер К. Лопаточные машины для жидкостей и газов. – М.: Машгиз, 1960. – 682 с.

References

1. Ogorodnikov S.P. Injection on dredging shells. – Gosstroyizdat, 1962. -100s.
2. Shkundin B.M., Ogorodnikov S.P., Marienkov V.P. On the use of submersible ground pumps. – Hydraulic engineering, 1971, No. 11, pp.50-51.
3. Starikov A.S. The use of submersible ground pumps on dredgers of the Ministry of Marine Fleet / Abstracts of the All-Union Scientific and Technical Meetings “Intensification of hydro–mechanized works and underwater mining using submersible ground pump complexes”. - М.: CP VNTGO, 1989, pp.38-40.
4. Shkundin B.M. Machines for hydro-mechanization of earthworks. /-M.: Stroyizdat, 1995. -224s.
5. Yaltanets I.M. Hydro-mechanized and underwater mining: textbook for universities/ I.M. Yaltanets. – М.: Center for Innovative Technologies LLC, 2012. – 716 p.
6. Ogorodnikov S.P., Mikheev I.I., Kulakov A.E. The use of submersible axial soil pumps is an effective way to increase the suction capacity of dredgers//Mining information and analytical bulletin. - 2006 – SV Hydromechanics, 112-116 p.
7. Arefyev N.N., Yakovlev S.G. Axial ground pump. USSR Copyright Certificate No.1508011, 1989.
8. Smolovskaya L.A., Kozhevnikova E.I., Tsybaev N.T. Increasing the wear resistance of ground pumps. Under the general editorship of the Candidate of technical Sciences D.Ya. Sukhanov. – Moscow: [B. I.], 1964. - 65с.
9. Gamzin B.P. Justification and development of a soil pump with a hydrodynamic front seal.: Dis. candidate of Technical Sciences. – Gorky, 1988. – 220 p.
10. Kozhevnikov V.V. Investigation of hydraulic resistances of narrow slits. – Proceedings of the WIGM, 1959, issue 24, pp.77-92.
11. Pfeleiderer K. Shoveling machines for liquids and gases. – М.: Mashgiz, 1960. – 682 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Яковлев Сергей Герасимович, к.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: yack17@yandex.ru

Sergey G. Yakovlev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Operation of Marine Power Plants, Volga State University of Water Transport" (VGUVT), 603951

Статья поступила в редакцию 14.10.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 14.10.2024; published online 20.12.2024.

ЭКОНОМИКА, ЛОГИСТИКА И МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТЕ

ECONOMICS, LOGISTICS AND TRANSPORT MANAGEMENT

УДК 656.6; 339.5; 339.92

DOI: 10.37890/jwt.vi81.536

Анализ и трансформация воднотранспортной составляющей МТК «Север-Юг» в условиях обострения глобального противостояния

С.С. Гончаренко¹

ORCID: 0000-0002-9147-4564

И.К. Кузьмичев²

ORCID: 0000-0001-8186-0544

В.Н. Костров²

ORCID: 0000-0003-1139-102X

Д.Н. Сухарев³

¹*Евроазиатский транспортный инновационный центр, г. Москва, Россия*

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

³*АО «Русатом Оверсиз», г. Москва, Россия*

Аннотация. Статья посвящена анализу маршрутов евроазиатского международного транспортного коридора (МТК) «Север-Юг», изменению статуса, условий функционирования и направлений развития в контексте воднотранспортной составляющей. Основанием для трансформации МТК «Север-Юг» является ряд проблем стратегического характера: первая – это низкий уровень использования внутренних водных путей коридора при большой протяженности речной сети, соединяющей Каспийское и Балтийское моря; вторая – недостаточный вклад в международную грузовую базу на российском участке национальных грузовладельцев, слабое участие в формировании международных грузовых потоков стран Каспийского региона; резкое обострение глобального противостояния России и коллективного Запада с сокращением торговых связей России и стран Евросоюза, включая пропуск через Россию евроазиатского транзита. Предложенные в работе изменения задают новые подходы к формированию перспективной международной логистики данного евроазиатского коридора, исключая в сложившихся условиях участие стран Евросоюза, и предусматривающих максимальное вовлечение в функционирование МТК «Север-Юг» логистического потенциала воднотранспортной составляющей.

Ключевые слова: внутренний водный транспорт, международные транспортные коридоры, МТК «Север-Юг», глобальное противостояние, региональная экономика, логистика, международные связи.

Analysis and transformation of the water transport component of the ITC North-South in the context of the aggravation of the global confrontation

Stanislav S. Goncharenko¹

ORCID: 0000-0002-9147-4564

Igor K. Kuzmichev²

ORCID: 0000-0001-8186-0544

Vladimir N. Kostrov²

ORCID: 0000-0003-1139-102X

Dmitry N. Sukharev³

¹*Euroasian Transport Innovation Center, Moscow, Russia*

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

³*Rusatom Overseas, Moscow, Russia*

Abstract. The article is devoted to the analysis of the routes of the Euro-Asian international transport corridor (ITC) «North-South», changing of the status, functioning conditions and development directions in the context of the water transport component. The basis for the transformation of the ITC North-South is a number of strategic problems: the first is the low level of using the corridor's inland waterways with long river network connecting the Caspian and Baltic Seas; the second is insufficient contribution to the international cargo base in the Russian section of national cargo owners, weak participation in the formation of international cargo flows of the Caspian region countries; sharp global confrontation aggravation between Russia and the collective West with a reduction in trade relations between Russia and the EU countries, including Eurasian transit passage through Russia. The changes proposed in the work set new approaches to the formation of promising international logistics of this Eurasian corridor, excluding participation of the EU countries in the current conditions and providing for the maximum involvement of the logistics potential of the water transport component in the ITC North-South functioning.

Keywords: inland water transport, international transport corridors, ITC «North-South», global confrontation, regional economy, logistics, international relations.

Введение

Обострение глобального противостояния России и коллективного Запада, достигшее военно-политического конфликта на Украине требует кардинальной перестройки всех отраслей и сфер деятельности России по обеспечению повышения их эффективности и надежности функционирования. Данное требование касается в том числе российских евроазиатских международных транспортных коридоров: МТК «Восток-Запад» («Транссиб»): Европа – Россия – Япония (с ответвлениями) и МТК «Север-Юг»: Северная Европа – Россия – Южная Азия (с ответвлениями).

Зарубежные партнеры использовали различные варианты, чтобы минимизировать экономическую выгоду России от евроазиатского транзита и даже от ее собственных экспортно-импортных связей. С этой же целью в условиях провозглашенного либерализма постсоветского периода более 95% российской внешнеторговой грузовой базы, транспортируемой морем, было передано на обслуживание морским иностранным зарубежным компаниям.

Еще одним шагом ущемления экономических и политических интересов России явилось открытие Евросоюзом международного транспортного коридора ТРАСЕКА (Европа-Кавказ-Центральная Азия), т.е. в обход России.

Особого внимания требуют международные транспортные коридоры, в том числе МТК «Север-Юг», связывающие Россию с мировой хозяйственной системой огромным числом торговых партнеров, имея при этом огромный потенциал водотранспортной составляющей [1,2,3].

Состояние проблемы

В новых условиях значение водного транспорта кардинально изменяется как внутри страны, так и в сфере внешнеторговых связей. Общая протяженность водного пути от Северо-Запада страны, портов Балтики до портов Каспийского, Черного и Средиземного морей составляет свыше 6000 км, в том числе по внутреннему водному участку России свыше 3000 км. Масштабы и экономический потенциал указанного транспортного пространства определяются, прежде всего, Единой глубоководной

системой (ЕГС) Европейской части России, т.е. Волжской речной сетью, представляющей древовидную структуру, стволем которой является река Волга, с большим количеством ответвлений – средних и малых рек.

Российскими учеными и специалистами доказано, что при правильном стратегическом планировании и организации цепей поставок различных видов продукции сельского хозяйства и промышленности страны на внутренний и внешний рынки водный транспорт становится не конкурентом, а партнером автомобильного и железнодорожного транспорта, на основе развития комбинированных транспортных систем [2, 4].

Формирование партнерских отношений с водным транспортом особенно актуально в связи с загруженностью железнодорожной сети на отдельных магистральных направлениях.

Согласно информации Центральной дирекции управления движением ОАО «РЖД», протяженность загруженных участков, на которых пропускная способность используется на 85% и более, составляет около четверти всей эксплуатируемой железнодорожной сети Российской Федерации.

С целью освоения все возрастающих объемов перевозок на лимитирующих участках и направлениях железнодорожной сети осуществляется ряд мероприятий организационно-технологического характера. Однако, как отмечено в докладе заместителя генерального директора ОАО «РЖД» - начальника Центральной дирекции управления движением [5], все это ведет к возникновению дополнительных издержек в различных подразделениях компании. Также имеют место риски задержек грузовых поездов по маршрутам следования. При этом на них приходится 80% сетевого грузооборота.

Решению проблемы перегрузки железнодорожных сетей может служить более широкое использование водного транспорта ЕГС Европейской части России.

Базовые условия и направления развития

С учетом изложенного выше России необходимо принципиально по новому оценить роль и возможности МТК «Север-Юг».

Главные водные пути ЕГС (реки Волга, Кама, Дон) в целом готовы к прохождению по МТК «Север-Юг» как внутренних отечественных грузов, так и грузов внешней торговли традиционной структуры в полном объеме. Хотя здесь и необходимо решить ряд инфраструктурных проблем (развитие портов и складской логистики в ключевых водотранзитных узлах, транспортно-логистических центров комбинированной транзитной экосистемы и др.).

Качественно новым, перспективным фактором развития МТК «Север-Юг» может стать формирование в регионе Кругокаспийского транспортно-промышленного пояса, в основу которого будет положен принцип соблюдения единых интересов, использования общих ресурсов с выпуском продукции как для стран региона, так и для экспорта [6].

Реализация данного проекта могла бы принять организационно-правовую форму Кругокаспийской многоотраслевой транспортно-промышленной логистической кластерной платформы.

На базе предлагаемого подхода к промышленно-транспортному развитию перспективного пространства ЕГС, использования его экономического и торгового потенциала, авторами статьи определены перспективные направления водной составляющей МТК «Север-Юг».

Первое направление, основное, – южное, традиционное: Россия - Каспийские и соседние с ними государства (страны Персидского залива – Индия и Пакистан). После самоизоляции Европы традиционным партнером в данном направлении остается только Белоруссия.

Второе направление – перспективное – западное: Черное море – Средиземное море.

Средиземноморское направление МТК «Север-Юг» для отечественного водного транспорта не является чем-то новым. В советский период и последующие годы российские суда «река-море» плавания свободно ходили из Волги и Каспия в Средиземное море и на Балтику, огибали Европу по Бискайскому заливу.

Узким местом при прохождении в Средиземноморье являются проливы Босфор и Дарданеллы. Беспрепятственное прохождение иностранных торговых судов через указанные проливы осуществляется согласно положений конвенции Монтре от 1936 года. Для советских судов условия конвенции исполнялись неукоснительно. После распада Советского Союза начали возникать проблемы. В настоящее время политические взаимоотношения между Россией и Турцией улучшились.

Торговые партнеры – это Сирия, Египет, Алжир, Ливия.

Сирия по объективным причинам является самым надежным партнером России в рассматриваемом регионе. Основой российского экспорта в 2021г. являлись: зерно (в основном пшеницы), бумажная продукция, масла и жиры, нефтепродукты, химикаты, корма, металлы, древесина, арматура, удобрения, трубы и тракторы.

Египет является важнейшим торговым партнером России в Средиземноморье. Российский экспорт: зерновые — 37% от общего объема, медь и изделия из неё — 10%, древесина и продуктов из неё — 9%. Энергетика это традиционно важное направление российского участия. Перспективным проектом взаимодействия России и Египта является формирование Российской промышленной зоны. Размещение зоны в непосредственной близости к Суэцкому каналу создает уникальные возможности развития сотрудничества России и Египта.

Алжир является перспективным экономическим и логистическим партнером России. Для России и Алжира в настоящее время особый интерес представляет возможность реализации совместных проектов в области промышленности, энергетики, транспорта.

Ливия имела различные этапы сотрудничества с Россией. В эту страну поставляется российское энергетическое оборудование, машины, транспортные средства, прокат, строительные материалы и т.д. Ливия начинает поставлять в Россию нефть.

Основные мероприятия

Разработке мероприятий по развитию транспортных коммуникаций южного и средиземноморского направлений МТК «Север-Юг» уделяется значительное внимание в российской отраслевой печати [2, 3]. Однако в концептуальном плане системно этот вопрос представлен впервые в работе [6] профессором Гончаренко С.С. В настоящей статье авторами осуществлена актуализация этой темы.

Первоочередным мероприятием по развитию МТК «Север-Юг» в рамках Единой глубоководной системы являются дноуглубительные работы на различных участках внутренних водных путей. Эти работы должны относиться не только к лимитирующим локальным участкам рек Волга, Дон, Кама, но и повсеместно к средним и малым рекам всей речной сети. Мероприятие является крайне необходимым для обеспечения надежной работы МТК «Север-Юг».

В то же время при планировании мероприятий по развитию внутренних водных путей необходимо исключать необоснованные проекты, разорительные с точки зрения финансов и ущербные по экологическим параметрам. Например, проект строительства канала «Евразия» для соединения Каспийского и Азовского морей. Данный проект начали обсуждать еще 2000-е годы. В свое время он был отвергнут по причине своей необоснованности (с точки зрения объема перспективного грузопотока и отсутствия водных ресурсов). Направления трех возможных каналов между

Каспийским и Азовским морями следующие: действующий и проектируемый Волго-Донской судоходный канал, проект канала Евразия, проект канала Казак [7].

Минтранс России с участием специализированных организаций проанализировали возможности и ограничения каждого из вариантов. Исследования показали, что проект «Евразия» не обеспечен водой. Одного лишь фактора – необеспеченность водой, достаточно, чтобы больше не поднимать вопрос о строительстве канала Евразия. Тем не менее, проект продолжает многократно выдвигаться вновь. Предложения по наполнению канала «Евразия» из Волги за счет строительства дополнительного канала недопустимы, поскольку представляют угрозу для судоходства по самой Волге.

Также необходимы уточнения в части обоснования актуальности строительства второй нитки Волго-Донского судоходного канала. Здесь риски связаны с оценкой перспективного грузооборота. Практически половину грузопотока составляет сырая нефть. При переориентации на трубопроводный транспорт может высвободиться значительная часть тоннажа.

К проектам, требующим серьезного научного, комплексного обоснования, относится и предложение обеспечения 11-месячной навигации от Астрахани до Ростова-на-Дону с 3-месячной ледовой проводкой. Сейчас навигация в среднем продолжается с 1 апреля до 1 декабря, т.е. 8 месяцев. Для нового проекта авторами данного проекта предлагается «построить четыре мелкосидящих ледокола. Объем затрат на реализацию проекта оценивается в 89,8 млрд руб.»⁹

Энергозатраты и общие эксплуатационные затраты при ледовой проводке по общему водному пути протяженностью почти в 1000 км в проекте не приводятся. Что касается дополнительной транспортировки 4 млн. т при ледовой проводке, то такое наращивание объема грузов можно обеспечить и при существующей навигации. Задача состоит лишь в том, чтобы согласовать графики поставок с отправителями грузов.

В настоящее время ледовая проводка осуществляется только на Волго-Каспийском канале (188 км) и в Азовском бассейне.

Чтобы обеспечить круглогодичную навигацию из Каспия до Астрахани с последующей перевалкой груза на железную дорогу и учитывая другие особенности порта Астрахань (ограниченность мощностей, рассредоточение портовых терминалов на значительном расстоянии друг от друга по обоим берегам реки и др.) был построен морской порт Оля с прокладкой 53-километровой примыкающей ветки до железнодорожной станции Яндыки. В настоящее время, чтобы повысить грузооборот российских портов на Каспийском море, актуальным является строительство порта Лагань в Калмыкии [8].

Одним из стратегических факторов повышения эффективности МТК «Север-Юг» может стать выделение в речных и морских портах России логистических площадок для консигнационных складов прикаспийских государств, бывших союзных республик (Казахстан, Туркменистан, Азербайджан), не имеющих водного выхода в Мировой океан, а также для учредителей коридора: Ирана, Индии.

Накопление массы грузов на складах в период навигации повышает загрузку внутренних водных путей России, а трейдерам снижает долю транспортной составляющей в конечной цене продукции.

Указанные склады могут служить первым шагом к организации торговых домов и сетевой торговли Ирана, Индии в российских регионах и созданию совместных предприятий по переработке привезенного сырья с выпуском готовой продукции.

Дноуглубительные работы на ЕГС, выделение логистических площадок в речных и морских портах России под консигнационные склады иностранным

⁹ <https://portnews.ru/news/325481/>

компаньонам требуют обязательного третьего шага – обеспечения данного обширного водного пространства соответствующим флотом «река-море».

Масштабность и разноплановость развития, различные варианты и уровни поставленных целей, разнообразие имеющихся условий диктуют соответствующие требования к проектированию, строительству и эксплуатации судов для использования на МТК «Север-Юг». Потребуется грузовые суда самого разного класса. На коротких морских плечах Каспийского, Черного и отчасти Средиземного моря будут востребованы грузопассажирские паромы с накатной технологией погрузки и выгрузки железнодорожного и автомобильного транспорта, обеспечивающие минимальные затраты на стивидорные работы.

Для ускоренного прохождения генеральных грузов по реке между шлюзованными участками нужны суда с высокими скоростными характеристиками и параметрами энергоэффективности, включая суда на подводных крыльях, на воздушной подушке, экранопланов, что является актуальной задачей нижегородских судостроителей, в том числе КБ имени Р.Е.Алексеева, имеющих значительный научный задел и практику создания таких судов [9].

Для повышения эффективности речных проводок, включая большие средние и даже малые реки, было бы оправданной более широкая дальнейшая проработка барже-буксирных технологий, которыми до начала 1990 г. активно занимались ученые ВГУВТ.

Для речных путешествий также нужны суда разного класса в зависимости глубокowodности реки от крупных речных судов до мелкосидящих для прохождения по малым рекам. Такие суда в настоящее время разрабатываются и создаются судостроителями из Нижнего Новгорода, в частности суда на подводных крыльях, на колесно-двигательном рулевом комплексе, экранопланы. 10

Таким образом, с развитием водной составляющей МТК «Север-Юг» будут востребованы суда различных классов, различной грузоподъемности и пассажироместности, различной осадки, различных скоростей, с судовыми двигателями на различных физических принципах, различной высоты судна с учетом судовых надстроек и т.д. Причем флот должен быть не только разнообразным, но и многочисленным.

И здесь как нельзя лучше воедино сошлись требования и возможности. На всей протяженности МТК «Север-Юг» объектов судостроения более чем достаточно на любые запросы и требования. Возможности судостроения в требуемых масштабах и разнообразии на пространстве Единой глубоководной системы и северного Каспия (Астрахань) обеспечены в полном объеме научными, проектными организациями, судостроительными заводами, научно-образовательными комплексами воднотранспортного профиля [7].

Выводы

Обеспечение европейской части России статуса стратегического центра зарождения и поглощения мировых грузовых субъектами РФ на пространстве Единой глубоководной системы потребует от регионов Российской Федерации актуализации транспортных и логистических стратегий с учетом новых перспективных требований внутренней и внешней торговли:

- подготовка основных водных путей ЕГС и выходов в прилегающие моря к развитию воднотранспортных связей с региональными и мировыми торговыми партнерами с максимальным прохождением судов по крупным, средним и малым рекам к поставщикам и потребителям товаров и услуг.

¹⁰ <https://rg.ru/2016/05/19/reg-pfo/razrabotali-unikalnye-suda-dlia-malyh-rek.html>

- развитие инновационной транспортно-логистической инфраструктуры экосистемы водного транспорта в речных, устьевых и морских портах России с формированием в их рамках портовых экономических зон, совместных консигнационных складов с зарубежными партнерами по перспективным товарным потокам.
- строительство воднотранспортных средств, в том числе скоростной доставки генеральных грузов, включая широкий спектр судов для эксплуатации на реках различных глубин, а также в морских зонах. Гарантированное выполнение обеспечивается наличием огромного спектра организаций и предприятий судостроительного комплекса, начиная от центров Санкт-Петербурга и Нижнего Новгорода до десятков проектных организаций и судостроительных производств, а также научно-образовательных центров европейской части России [10].

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.
2. Актуализация транспортной стратегии России как необходимое условие обеспечения экономического прорыва и национальной безопасности страны на этапах геополитического противостояния. Т. 1 и 2. Под редакцией Васильева С.Н. Сулова В.И., Кузьмичева И.К., Гончаренко С.С., Кострова В.Н., Курбатовой А.В., Малова В.Ю., Прокофьевой Т.А., Шапкина И.Н.-Москва, Нижний Новгород: Центральный дом ученых, Институт экономики и организации промышленного производства, Институт востоковедения, Волжский государственный университет водного транспорта, Евроазиатский транспортный инновационный центр, 2023. - С. 335-481.
3. Гончаренко С.С. Шесть стратегических направлений актуализации транспортной стратегии России в условиях геополитического и геоэкономического противостояния. // Вестник транспорта. 2022.- № 9 – С. 13-14, № 10 – С. 2-14, № 11 – С. 2-10.
4. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года, Распоряжение Правительства РФ от 29 февраля 2016 г. № 327-р.
5. Глазков М.О. Вызовы и пути решения в технологии и организации перевозочного процесса при росте объемов перевозок и изменении логистики на железнодорожном транспорте // Доклад на заседании Круглого стола Транспортной секции Дома ученых РАН. М.: 2024.
6. Транспортно-промышленный потенциал стран Каспийского региона: состояние, проблемы, перспективы интеграции. /Монография под научной редакцией Васильева С.Н., Межевича В.Е., Наумкина В.В., Гончаренко С.С., Персианова В.А. водного транспорта. - М.: Комитет Совета Федерации РФ, Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Институт востоковедения РАН, Евроазиатский транспортный инновационный центр, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Московская государственная академия водного транспорта, Волжская государственная академия водного транспорта, 2012. – т.1. – 225 с.
7. Гончаренко С.С. Экономико-политические предпосылки транспортно-промышленной интеграции каспийских и соседних с ними стран. / Коллективная монография. Транспортно-промышленный потенциал стран каспийского региона: состояние, проблемы, перспективы интеграции. Под научной редакцией С.Н.Васильева, В.Е.Межевича, В.В.Наумкина, С.С.Гончаренко, В.А.Персианова – Москва. Совет Федерации Российской Федерации. 2011. - С. 20-60.
8. Цверов В.В. Оценка базирования зернового хаба на Каспийском море с учетом участия в перевозках речного транспорта // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. – 2023. – №4. – С. 97-105.
9. Любимов В.И. Анализ технико-экономических характеристик перспективных типов скоростных судов // Научные проблемы водного транспорта. – 2021. – №67(2). – С. 33-41.
10. Кузьмичев И.К., Костров В.Н., Любимов В.И. Важные компоненты транспортного образования: опыт и проблемные вопросы. //Повышение роли транспортного

образования и управления в развитии экономики и обеспечения безопасности России. Под общей редакцией: Васильева С.Н., Кузьмичева И.К., Гончаренко С.С., Кострова В.Н., Шапкина И.Н. – Москва – Нижний Новгород.: Центральный дом ученых, Волжский государственный университет водного транспорта, Евроазиатский транспортный инновационный центр. - 2021. - 224 с.

References

1. Transportnaya strategiya Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda [Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035]. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 27 noyabrya 2021 g. № 3363-р. (In Russ.)
2. Aktualizatsiya transportnoi strategii Rossii kak neobkhodimoe uslovie obespecheniya ehkonomicheskogo proryva i natsionalnoi bezopasnosti strany na ehtapakh geopoliticheskogo protivostoyaniya [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]. Vol. 1 & 2. Pod redaktsiei Vasil'eva S.N. Suslova V.I., Kuzmicheva I.K., Goncharenko S.S., Kostrova V.N., Kurbatovoi A.V., Malova V.YU., Prokofevoi T.A., Shapkina I.N.-Moskva, Nizhnii Novgorod.: Tsentralnyi dom uchenykh, Institut ehkonomiki i organizatsii promyshlennogo proizvodstva, Institut vostokovedeniya, Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta, Evroaziatskii transportnyi innovatsionnyi tsentr, 2023. Pp. 335-481. (In Russ.)
3. Goncharenko S.S. Shest strategicheskikh napravlenii aktualizatsii transportnoi strategii Rossii v usloviyakh geopoliticheskogo i geoehkonomicheskogo protivostoyaniya [Six strategic directions for updating the transport strategy of Russia in the context of geopolitical and geo-economic confrontation]. Vestnik transporta. 2022. No. 9. Pp. 13-14, No. 10. Pp. 2-14, No. 11. Pp. 2-10. (In Russ.)
4. Strategiya razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda [Strategy for the Development of Inland Water Transport of the Russian Federation for the Period up to 2030]. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 29 fevralya 2016 g. № 327-р. (In Russ.)
5. Glazkov M.O. Vyzovy i puti resheniya v tekhnologii i organizatsii perevoznogo protsessa pri roste obemov perevozok i izmenenii logistiki na zheleznodorozhnom transporte [Challenges and solutions in technology and organization of the transportation process with an increase in traffic volumes and changes in logistics in railway transport]. Doklad na zasedanii Kruglogo stola Transportnoi seksii Doma uchenykh RAN. M.: 2024. (In Russ.)
6. Transportno-promyshlennyye potentsial stran Kaspiiskogo regiona: sostoyanie, problemy, perspektivy integratsii [Transport and industrial potential of the countries of the Caspian region: state, problems, prospects of integration]. Monografiya pod nauchnoi redaktsiei Vasileva S.N., Mezhevicha V.E., Naumkina V.V., Goncharenko S.S., Persianova V.A. vodnogo transporta. - M.: Komitet Soveta Federatsii RF, Institut problem upravleniya im. V.A.Trapeznikova RAN, Institut vostokovedeniya RAN, Evroaziatskii transportnyi innovatsionnyi tsentr, Institut ehkonomiki i organizatsii promyshlennogo proizvodstva SO RAN, Moskovskaya gosudarstvennaya akademiya vodnogo transporta, Volzhskaya gosudarstvennaya akademiya vodnogo transporta, 2012. Vol.1. 225 p. (In Russ.)
7. Goncharenko S.S. Ehkonomiko-politicheskie predposylki transportno-promyshlennoi integratsii kaspiiskikh i sosednikh s nimi stran [Economic and political prerequisites for transport and industrial integration of the Caspian and neighboring countries]. Kollektivnaya monografiya. Transportno-promyshlennyye potentsial stran kaspiiskogo regiona: sostoyanie, problemy, perspektivy integratsii. Pod nauchnoi redaktsiei S.N.Vasil'eva, V.E.Mezhevicha, V.V.Naumkina, S.S.Goncharenko, V.A.Persianova. Moskva. Sovet Federatsii Rossiiskoi Federatsii. 2011. Pp. 20-60. (In Russ.)
8. Tsverov V.V. Otsenka bazirovaniya zernovogo khaba na Kaspiiskom more s uchedom uchastiya v perevozkakh rechnogo transporta [Assessment of the location of a grain hub in the Caspian Sea, taking into account participation in river transport]. Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ehkonomika. 2023. No. 4. Pp. 97-105. (In Russ.)
9. Lyubimov V.I. Analiz tekhniko-ehkonomicheskikh kharakteristik perspektivnykh tipov skorostnykh sudov [Analysis of the technical and economic characteristics of promising

- types of high-speed vessels]. Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport]. 2021. No. 67(2). Pp. 33-41. (In Russ.)
10. Kuzmichev I.K., Kostrov V.N., Lyubimov V.I. Vazhnye komponenty transportnogo obrazovaniya: opyt i problemnye voprosy [Important components of transport education: experience and problematic issues]. Povyshenie roli transportnogo obrazovaniya i upravleniya v razvitiie ehkonomiki i obespecheniya bezopasnosti Rossii. Pod obshehei redaktsiei: Vasileva S.N., Kuzmicheva I.K., Goncharenko S.S., Kostrova V.N., Shapkina I.N. Moskva – Nizhnii Novgorod.: Tsentralnyi dom uchenykh, Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta, Evroaziatskii transportnyi innovatsionnyi tsentr. 2021. 224 p. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гончаренко Станислав Степанович, кандидат экономических наук, президент, Евроазиатский транспортный инновационный центр, 119072, г. Москва, Наб. Новоданиловская, д 2, корп. 1, e-mail: goncharenkoss@mail.ru

Stanislav S. Goncharenko, Ph.D. in Economics, President, Eurasian Transport Innovation Center, 119072, Moscow, Nab. Novodanilovskaya, 2, bldg. 1, e-mail: goncharenkoss@mail.ru

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

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

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

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

Сухарев Дмитрий Николаевич, руководитель службы, АО «Русатом Оверсиз», 115280, Москва, ул. Ленинская Слобода, д. 26, стр. 5, e-mail: dnsukharev@rambler.ru

Dmitry N. Sukharev, Head of Service, Rusatom Overseas JSC, 115280, Moscow, Leninskaya Sloboda str., 26, p. 5, e-mail: dnsukharev@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 28.06.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 28.06.2024; published online 20.12.2024.

УДК 656.6

DOI: 10.37890/jwt.vi81.537

Проблемы и перспективы развития водного транспорта в современных экономических условиях

Е.Г. Ерлыгина

ORCID: 0000-0003-2049-3845

Е.М. Шабанова

ORCID: 0009-0000-0755-5891

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

Аннотация: в статье анализируются проблемы и перспективы развития водного транспорта в современных экономических условиях. Водный транспорт играет важную роль в решении экономических задач, но его использование связано с рядом проблем, таких как состояние водных путей, гидротехнических сооружений, техническое состояние флота и финансово-экономическое положение судоходных компаний и портов. Актуальной остается проблема негативного воздействия судов на окружающую среду. Тем не менее, водный транспорт обладает значительным потенциалом для развития, который может быть реализован через инновационные проекты, международное сотрудничество и интеграцию с другими видами транспорта. Это позволит сделать водный транспорт более конкурентоспособным и внести значительный вклад в экономику страны.

Ключевые слова: водный транспорт, экономические проблемы, экологические проблемы, персонал, флот, развитие человеческого потенциала.

Problems and prospects of water transport development in modern economic conditions

Elena G. Yerlygina

ORCID: 0000-0003-2049-3845

Ekaterina M. Shabanova

ORCID: 0009-0000-0755-5891

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia

Abstract: The article analyzes the problems and prospects of water transport development in modern economic conditions. Water transport plays an important role in solving economic problems, but its use is associated with a number of problems, such as the condition of waterways, hydraulic structures, the technical condition of the fleet and the financial and economic situation of shipping companies and ports. The problem of the negative impact of ships on the environment remains relevant. Nevertheless, water transport has significant potential for development, which can be realized through innovative projects, international cooperation and integration with other modes of transport. This will make water transport more competitive and make a significant contribution to the country's economy.

Keywords: water transport, economic problems, environmental problems, personnel, fleet, human development.

Введение

Современный мир находится в постоянном развитии, это отражается на всех сферах жизни общества. Экономика нашего времени крайне нестабильна, это

проявляется в колебаниях цен на товары, а также в глобальных экономических кризисах, которые возникают в разных странах.

Транспорт играет важную роль в современном мире, обеспечивая связь между странами и регионами. Одним из важнейших, как в передвижении людей, так и в перевозке грузов и техники на расстояния разной протяжённости является водный транспорт. Нестабильность экономики отражается и на этой сфере, вызывая колебания спроса и предложения на услуги водного транспорта, а также изменения в маршрутах и тарифах. В связи с этим актуальными остаются вопросы возможности развития водного транспорта в современных экономических условиях.

Цель данного исследования — проанализировать проблемы и перспективы развития водного транспорта в современных экономических условиях.

Основные задачи исследования:

1. Описать основные проблемы, связанные с состоянием водных путей, гидротехнических сооружений, техническим состоянием флота и финансово-экономическим положением судоходных компаний и портов;
2. Рассмотреть негативное воздействие судов на окружающую среду;
3. Выявить потенциал для развития водного транспорта.

Методы исследования

Водный транспорт – это определённый вид транспортных средств передвижения по природным или искусственно созданным путям, который перевозит различные грузы и людей из одной точки в другую. К природным, или естественным путям, относят те, что созданы самой природой, а именно океаны, реки, моря. К водным путям искусственного происхождения принято относить те, что были сделаны людьми: водоканалы, водохранилища.

Использование водного транспорта помогает решать экономические проблемы (рис. 1), которые накладывают отпечаток на общую картину развития не только нашей страны, но всего мира.

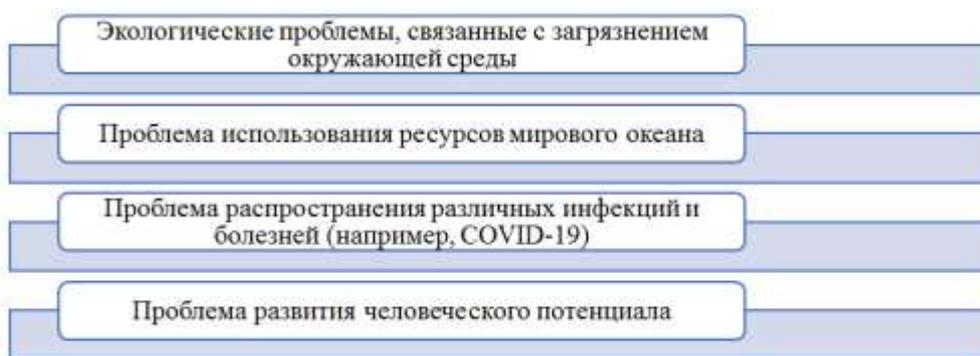


Рис.1. Экономические проблемы 21 века

В современных условиях водный транспорт развивается и набирает обороты в использовании. Так, например, в 2023 году в Москве появился первый электрический речной трамвайчик, который является новейшей формой передвижения общественного транспорта, курсирующего по Москве-реке [1].

Преимущества использования нового вида транспорта включают:

- возможность пассажиров во время поездок на работу или учёбу, или просто осматривая достопримечательности города, наслаждаться видами столицы прямо с воды;

- сокращение времени в пути, так как пробки практически исключены при передвижении на водном транспорте;
- сокращение выбросов вредных веществ в окружающую среду, потому что водный транспорт не загрязняет воздух и безопасен для речной экосистемы.

Кроме того, электросуда являются удобным видом транспорта не только в тёплое время года, но и зимой, когда этот вид общественного транспорта продолжает работать в полном объёме.

Однако, если речной трамвайчик считается экологически чистым видом транспорта, то ситуация с другими видами водного транспорта, например такими как морские суда вызывает опасения. Несмотря на то, что морские перевозки являются важной составляющей международной торговли и экономики, и морские суда позволяют переправлять различный груз на дальние расстояния, использование данного вида транспорта связано с определёнными экологическими проблемами, которые требуют внимания и решения [2].

Ежегодно более 52 000 судов пересекают океанские торговые маршруты, сжигают более 2 миллиардов баррелей мазута. Тяжёлый мазут содержит концентрацию серы в 1800 раз больше, чем дизельное топливо, используемое на автомагистралях США.

Торговое судоходство оказывает значительное влияние на окружающую среду. Выбросы судов составляют от 2 до 4.5% от общего объёма выбросов парниковых газов в мире, достигает 1,12 миллиарда тонн [3], и ожидается, что к 2050 году они увеличатся на 50–250% по сравнению с 2012 годом (2,2%) [4].

Воздействие судов на окружающую среду проявляется в нескольких аспектах (рис. 2).

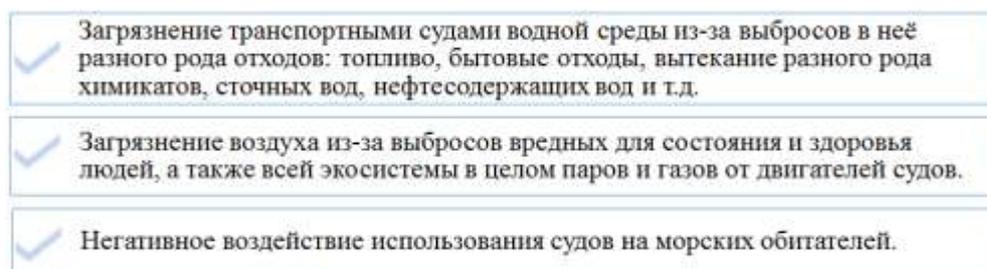


Рис.2. Экологические проблемы, возникающие при использовании морских судов

Несмотря на то, что данные проблемы могут казаться неразрешимыми, снизить негативное воздействие на экосистему всё же возможно. Меры по снижению негативного воздействия на экосистему представлены в таблице 1.

Таблица 1

Меры по снижению негативного воздействия судов на экосистему

№ п/п	Меры	Описание
1.	Разработка и выпуск судов, работа которых основана на применении экологически чистых технологий	Позволит сократить выбросы парниковых газов и снизить негативное воздействие на окружающую среду
2.	Применение двигателей, использующих водород	Позволит снизить выбросы вредных веществ
3.	Установка солнечных батарей	Позволит значительно снизить выбросы углекислого газа в окружающую среду, путешествовать длительное время без частой подзарядки от пристаней, снизить уровень шума, который не может обеспечить дизельный двигатель

4.	Применение системы подавления шума в воде	Позволит снизить уровень шумового загрязнения
5.	Использование отпугивающих приборов	Снизит риск нанесения вреда обитателем моря
6.	Создание и использование очистных сооружений	Позволит удалять вредные химикаты и вещества из сточных вод перед их попаданием в море.

Проблема использования ресурсов Мирового океана заключается в том, что энергетические и топливные ресурсы, обнаруженные в мировом океане, благодаря которым происходит развитие торговли и финансовых отношений в целом, негативно влияют на экосистему океана, загрязняя его и разрушая коралловые рифы. Кроме того, океан страдает от различных пластиковых отходов, а также химического и углеводородного загрязнения. Для решения этой проблемы можно установить на судах специальные системы для сортировки мусора, которые будут утилизировать отходы с минимальным вредом для окружающей среды и Мирового океана.

Так же, наблюдается старение мирового флота (табл. 2) [5]. За десять лет мировой флот постарел в среднем на два года, причем возраст более половины флота в настоящее время превышает 15 лет.

Таблица 2

Возрастная структура морских судов (на конец года; в процентах к итогу)

	2010	2015	2019	2020	2021
Суда - всего	100	100	100	100	100
в том числе имеющие возраст, лет:					
до 5	4,8	8,6	7,6	8,3	8,5
6 - 10	3,4	5,6	7,3	6,7	6,4
11 - 15	2,4	3,9	5,5	5,4	6,0
16 - 20	12,7	5,3	5,4	5,8	6,1
21 - 25	26,0	17,7	7,8	7,1	6,4
26 - 30	22,0	24,5	19,9	17,4	14,4
более 30	28,7	34,4	46,5	49,3	52,2

Проблема изношенности судов (рис. 3) является актуальной для многих стран мира, так как она влияет на безопасность судоходства и окружающую среду.

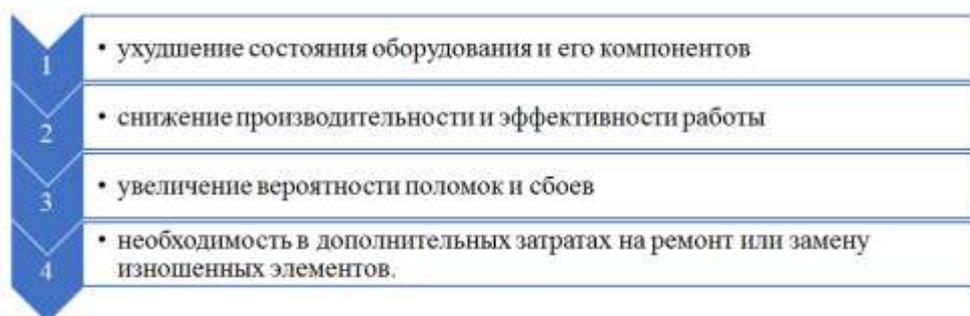


Рис.3. Проблемы, связанные с изношенностью судов

Изношенность судов может привести к разливам нефти и другим авариям, и экологическим катастрофам [6].

Для решения вышеперечисленных проблем необходимо принимать комплексные меры на международном уровне (рис. 4).

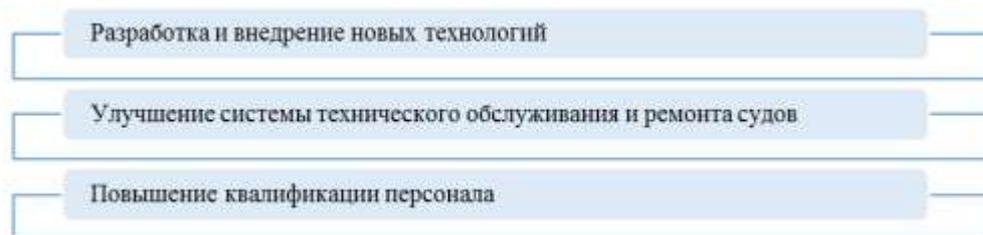


Рис.4. Меры по предотвращению износа судов

Одна из проблем, требующих внимания и решения, это возможность распространения инфекционных заболеваний на судах через водный балласт, а также антисанитария и нарушение температурного режима на борту.

Чтобы предотвратить распространение инфекций, необходимо соблюдать меры профилактики, пройти обязательные медицинские проверки, а в случае распространения инфекций, изолировать группу больных во избежание заражения инфекцией здоровых членов экипажа.

С целью разрешения проблемы возникновения патогенных организмов на балласте, необходимо разработать и применять на практике систему очистки балласта и обеззараживания его поверхности.

Развитие человеческого потенциала важно для освоения любой профессии, так как оно включает знания, навыки и способности, которые помогают осознать свою роль в развитии общества [7]. Проблема развития человеческого потенциала на флоте поставлена очень остро, что связано с фактами, представленными на рисунке 5.



Рис.5. Аспекты, которые необходимо решить для устранения проблемы развития человеческого потенциала на флоте

Изучение потребности работников флота, поможет в мотивации сотрудников, улучшении условий труда, повышении эффективности развития человеческого потенциала на флоте.

Построение грамотной системы мотивации является основной задачей как любой организации, так и сферы деятельности людей. Правильное определение потребностей сотрудника при найме и предоставление ему необходимых условий работы, способствует повышению эффективности и продуктивности его труда, а также помогает компании в росте продуктивности и достижении своих

стратегических целей [8].

Судоходные организации и компании также должны основываться на принципах построения грамотной системы мотивации. Для привлечения большего числа сотрудников флота можно предложить предоставление курсов дополнительного образования или переподготовки кадров, а также возможности повышения квалификации за счёт организации или государственных программ.

Также, создание условий для повышения стрессоустойчивости и ускорения процесса адаптации к сложным ситуациям, что позволит сотрудникам эффективно выполнять свои обязанности и решать возникающие проблемы.

За последние годы наблюдается увеличение морских портов (табл. 3), но инфраструктура портов также нуждается в улучшении. Необходимо модернизировать оборудование, оптимизировать работу портов.

Таблица 3

Основные показатели технической оснащённости и работы морских портов

	2010	2015	2019	2020	2021
Грузовые причалы (на конец года):					
число	882	887	931	938	954
протяженность, тыс. пог. м	139,7	147,7	155,7	158,9	161,4
Пассажирские причалы (на конец года):					
число	40	106	101	107	112
протяженность, тыс. пог. м	6,1	12,1	12,4	12,9	13,6

Развитие современных коммуникационных и информационных технологий для судов является приоритетной задачей нашего государства [9]. К разработкам таких технологий относится введение способов организаций дистанционных методов обнаружения угроз, что позволит отслеживать ситуацию в воздушном пространстве с помощью различных средств противовоздушной обороны, и контролировать ситуацию водного пространства.

Модернизация и расширение морских портов необходимы для повышения конкурентоспособности, качества услуг и привлечения транзитных грузов. Этот процесс включает различные мероприятия (рис. 6.).

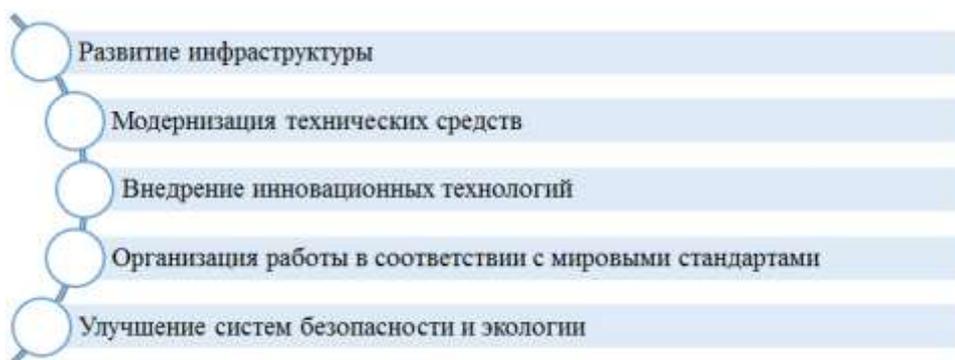


Рис.6. Мероприятия по развитию морских портов

Так же необходимо поддерживать хорошее состояние кораблей, разрабатывать проекты по обновлению и совершенствованию флота, в том числе возможно привлечение к участию в проектах студентов и школьников. Это позволит не только разработать новую концепцию по улучшению состояния всего флота, но и привлечь молодое поколение к решению данной проблемы [10].

Результаты и обсуждения

Не смотря на существующие проблемы, водный транспорт имеет значительный потенциал для развития в современных экономических условиях (рис. 7). Однако для этого необходимо решить ряд проблем, связанных с устаревшей инфраструктурой, недостаточным финансированием и конкуренцией с другими видами транспорта. Реализация инновационных проектов, развитие международного сотрудничества и интеграция с другими видами транспорта позволят водному транспорту стать более конкурентоспособным и внести значительный вклад в экономику страны.

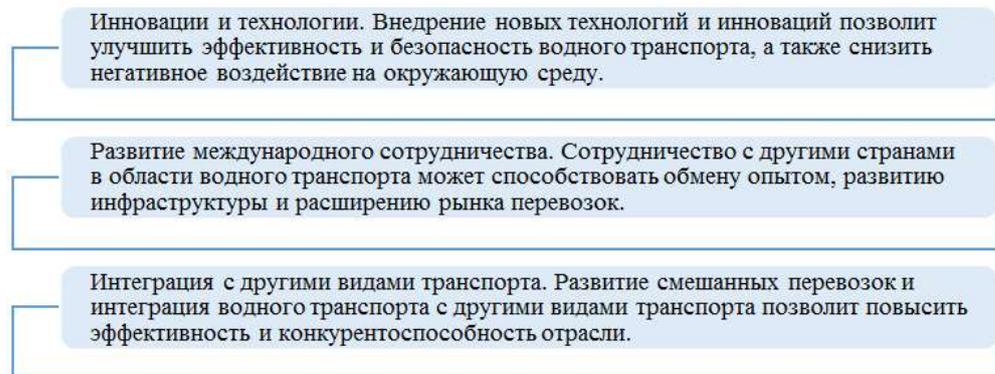


Рис.7. Перспективы развития водного транспорта

Заключение

Развитие использования водного транспорта имеет важное значение для экономики страны. Однако существуют проблемы, связанные с состоянием водных путей и гидротехнических сооружений, развитием рынков грузовых и пассажирских перевозок, техническим состоянием флота и финансово-экономическим положением судоходных компаний и портов.

Для решения этих проблем необходимо увеличить финансирование на развитие водных путей, обновить флот современными образцами, модернизировать порты и улучшить взаимодействие с другими видами транспорта. Только комплексный подход к решению этих задач позволит повысить эффективность и конкурентоспособность водного транспорта в современных экономических условиях.

Список литературы

1. Речные электротрамвайчики в Москве: история, маршруты и причалы/ — URL: <https://portsinfo.ru/ports-news/ekologiya/170792-ekologicheskie-problemy-svyazannye-s-morskim-transportom-i-puti-ikh-resheniya> (дата обращения 26.09.2024).
2. Оценка экологического риска транспортных происшествий на водных объектах / О. Л. Домнина, В. Н. Захаров, Н. С. Отделкин, А. Е. Пластинин // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – № 4-2(42). – С. 79-86. – EDN N1MHOQ.
3. Картамышева, Е. С. Судно как источник загрязнения окружающей среды / Е. С. Картамышева, Д. С. Иванченко, Е. А. Бекетова. — Текст : непосредственный //

- Молодой ученый. — 2018. — № 25 (211). — С. 12-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/211/51586/> (дата обращения: 26.09.2024).
4. Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping, 2013–2015 // The International Council on Clean Transportation. — October, 2017. — 38 p. International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (Adoption: 13 February 2004; Entry into force: 8 September 2017) // IMO. — URL: [http://www.imo.org/en/About/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-control-and-management-of-ships'-ballast-water-and-sediments-\(bwm\).aspx](http://www.imo.org/en/About/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-control-and-management-of-ships'-ballast-water-and-sediments-(bwm).aspx) (дата обращения: 26.09.2024).
 5. Транспорт в России. 2022: Стат.сб./Росстат. — Т65 М., 2022 — 101 с. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Transport_2022.pdf (дата обращения: 26.09.2024).
 6. Домнина, О. Л. Создание функциональной подсистемы по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на водном транспорте / О. Л. Домнина, А. Е. Пластинин, С. В. Маценко // Безопасность труда в промышленности. — 2024. — № 6. — С. 7-14. — DOI 10.24000/0409-2961-2024-6-7-14. — EDN LHEKDR.
 7. Ерлыгина, Е. Г. Повышение лояльности и удовлетворенности сотрудников / Е. Г. Ерлыгина // Наука Красноярья. — 2023. — Т. 12, № 4-4. — С. 23-26. — EDN UELPYB.
 8. Ерлыгина, Е. Г. Формирование лояльности потребителей в условиях усиления рыночной конкуренции / Е. Г. Ерлыгина, В. Д. Филимонова // Бюллетень науки и практики. — 2019. — Т. 5, № 4. — С. 332-337. — DOI 10.33619/2414-2948/4/46. — EDN ZDSPQT.
 9. Домнина, О. Л. Оценка риска экологических и эксплуатационных последствий от транспортных происшествий с сухогрузными судами (на примере Волжского бассейна) / О. Л. Домнина // Морские интеллектуальные технологии. — 2022. — № 2-1(56). — С. 218-225. — DOI 10.37220/MIT.2022.56.2.029. — EDN TLXLYF.
 10. Батанина, Е. А. Оценка возможного размера вреда при аварийных сбросах сыпучих грузов с судов / Е. А. Батанина, О. Л. Домнина // Морские интеллектуальные технологии. — 2021. — № 3-1(53). — С. 192-199. — DOI 10.37220/MIT.2021.53.3.036. — EDN ZWQQQM.

References

1. River electric tramways in Moscow: history, routes and berths/ — URL: <https://portsinfo.ru/ports-news/ekologiya/170792-ekologicheskie-problemy-svyazannye-s-morskim-transportom-i-puti-ikh-resheniya> (accessed 09/26/2024).
2. Assessment of the environmental risk of transport accidents on water bodies / O. L. Domnina, V. N. Zakharov, N. S. Otdelkin, A. E. Platinin // Marine intelligent technologies. — 2018. — № 4-2(42). — Pp. 79-86. — EDN HIMHOQ.
3. Kartamysheva, E. S. Ship as a source of environmental pollution / E. S. Kartamysheva, D. S. Ivanchenko, E. A. Beketova. — Text : direct // Young scientist. — 2018. — № 25 (211). — Pp. 12-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/211/51586/> (accessed: 09/26/2024).
4. Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping, 2013–2015 // The International Council on Clean Transportation. — October, 2017. — 38 p. International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (Adoption: 13 February 2004; Entry into force: 8 September 2017) // IMO. — URL: [http://www.imo.org/en/About/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-control-and-management-of-ships'-ballast-water-and-sediments-\(bwm\).aspx](http://www.imo.org/en/About/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-control-and-management-of-ships'-ballast-water-and-sediments-(bwm).aspx) (accessed: 09/26/2024).
5. Transport in Russia. 2022: Stat.sat./Rosstat. — Т65 М., 2022 — 101 p. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Transport_2022.pdf (date of application: 09/26/2024).
6. Domnina, O. L. Creation of a functional subsystem for the prevention and elimination of consequences of emergencies in water transport / O. L. Domnina, A. E. Platinin, S. V. Matsenko // Occupational safety in industry. - 2024. — No. 6. — pp. 7-14. — DOI 10.24000/0409-2961-2024-6-7-14. — EDN LHEKDR.
7. Yerlygina, E. G. Increasing employee loyalty and satisfaction / E. G. Yerlygina // Science of Krasnoyarsk region. - 2023. — Vol. 12, No. 4-4. — pp. 23-26. — EDN UELPYB.

8. Yerlygina, E. G. Formation of consumer loyalty in conditions of increased market competition / E. G. Yerlygina, V. D. Filimonova // Bulletin of Science and practice. – 2019. – Vol. 5, No. 4. – pp. 332-337. – DOI 10.33619/2414-2948/41/46. – EDN ZDSPQT.
9. Domnina, O. L. Assessment of the risk of environmental and operational consequences from transport accidents with dry cargo vessels (on the example of the Volga basin) / O. L. Domnina // Marine intelligent technologies. – 2022. – № 2-1(56). – Pp. 218-225. – DOI 10.37220/MIT.2022.56.2.029. – EDN TLXLYF.
10. Batanina, E. A. Assessment of the possible amount of harm in case of emergency dumping of bulk cargoes from ships / E. A. Batanina, O. L. Domnina // Marine intelligent technologies. – 2021. – № 3-1(53). – Pp. 192-199. – DOI 10.37220/MIT.2021.53.3.036. – EDN ZWQQQM.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTORS

Ерлыгина Елена Геннадьевна, к. э. н., доцент, доцент кафедры «Менеджмента и маркетинга», ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир, 600000, г. Владимир, ул. Горького, 79, e-mail: erlygina@mail.ru

Elena G. Erlygina – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management and marketing", Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Vladimir, Gorky str., 79, e-mail: erlygina@mail.ru

Шабанова Екатерина Михайловна, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, Россия, студентка кафедры «Менеджмент и маркетинг» ВлГУ, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир, 600000, г. Владимир, ул. Горького, 79, e-mail: yekaterina.shabanova.05@bk.ru

Ekaterina M. Shabanova, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, student of the Department of Management and Marketing of the VISU, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, 600000, Vladimir, Gorky str., 79, e-mail: yekaterina.shabanova.05@bk.ru

Статья поступила в редакцию 26.09.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 26.09.2024; published online 20.12.2024.

УДК 332.1

DOI: 10.37890/jwt.vi81.538

Готовность инфраструктуры морского транспорта, обслуживающего рыбохозяйственный комплекс ДФО, к эффективному функционированию в условиях санкций

Е.А. Заостровских¹

ORCID: 0000-0002-7447-0406

А.А. Уксуменко²

ORCID: 0009-0000-1646-3139

¹*Институт экономических исследований ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

²*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия*

Аннотация: Проведено исследование структуры и объемов добычи водных биоресурсов в регионе, проанализированы объемы квот водных биологических ресурсов и выявлены факторы, воздействующие на эти изменения, а также рассмотрены основные проблемы, с которыми столкнулся рыбохозяйственный комплекс региона из-за санкций в отношении России. Проанализированы особенности трансформации рыбохозяйственного комплекса Дальневосточного федерального округа в 2018-2023 гг. Выполнен анализ развития инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса. Изучены проблемы количественных диспропорций инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса и объемов добычи водных биоресурсов, которые привели к значительным экономическим потерям в экономике региона. Предложены некоторые рекомендации по эффективному функционированию РХК ДФО в условиях санкционного давления. Результаты исследования могут быть полезны для проведения дальнейших исследований в области добычи и переработки водных биологических ресурсов и адекватных мер по развитию инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса.

Ключевые слова: Дальневосточный рыбохозяйственный бассейн, санкции, водные биологические ресурсы, инфраструктура.

Благодарность: Выражаем благодарность Организаторам конгресса – ООО «НЕВА – Интернэшнл», Правительству Приморского края и НИУ «Высшая школа экономики» в организации «Морского конгресса – Дальний Восток», который прошел 30-31 мая 2024 г. (кампус ДВФУ, о. Русский), г. Владивосток (<https://www.vld.nevacongress.com/>). Особую благодарность выражаем Программному директору **Демиденко Анастасии Сергеевне** за уникальную возможность представить исследовательские проекты на форсайт-сессии «Сценарии развития морской отрасли на Дальнем Востоке: локализация и кластеризация гражданского судостроения и судоремонта».

Readiness of the maritime transport infrastructure serving the Far Eastern Federal District fisheries complex to function effectively under sanctions

Elena A. Zaostrovskikh¹

ORCID: 0000-0002-7447-0406

Alena A. Uksumenko²

ORCID: 0009-0000-1646-3139

¹*Economic Research Institute FEB RAS, Khabarovsk, Russian Federation*

²*Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russian Federation*

Abstract. A study of the structure and volume of extraction of aquatic biological resources in the region was conducted, the volume of quotas of aquatic biological resources was analyzed and the factors influencing these changes were identified, as well as the main problems faced by the fishery complex of the region due to sanctions against Russia. The peculiarities of the transformation of the fisheries complex of the Far Eastern Federal District in 2018-2023 are analyzed. The analysis of the development of the infrastructure of the fisheries complex is carried out. The problems of quantitative imbalances in the infrastructure of the fisheries complex and the volume of extraction of aquatic biological resources, which led to significant economic losses in the economy of the region, have been studied. Some recommendations are proposed for the effective functioning of the Far Eastern Federal District RCC under the conditions of sanctions pressure. The results of the study may be useful for further research in the field of extraction and processing of aquatic biological resources and adequate measures for the development of the infrastructure of the fisheries complex.

Keywords: Far Eastern fisheries basin, sanctions, aquatic biological resources, infrastructure.

Введение

Рыбохозяйственный комплекс (РХК) вносит весомый вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны, снабжая население полноценным питанием, одновременно поддерживая экономическое развитие регионов, создавая рабочие места, а также является импульсом развития отечественного судостроения, формируя заказы на ремонт и строительство рыбопромыслового флота. Особенно зависят от этого сектора прибрежные и островные регионы, население которых задействовано, как в добыче и переработке водных биологических ресурсов¹¹ (ВБР), так и в их транспортировке.

В настоящее время деятельность РХК существенно осложняется действием санкций, которые требуют адекватных мер в развитии отрасли страны. Данные условия заставляют скорректировать действующие подходы в развитии РХК, как по России в целом, так и для Дальневосточного федерального округа (ДФО) в частности. Учитывая нынешнее положение, РХК ДФО может испытать ряд проблем уже в ближайшей перспективе, которые приведут к снижению темпов роста отрасли, в том числе экспорта рыбной продукции.

Цель данной работы – изучить возможность инфраструктуры морского транспорта, обслуживающего рыбохозяйственный комплекс ДФО, к эффективному функционированию в условиях санкционного давления.

Задачи исследования: исследовать закономерности объема добычи водных биоресурсов и изменение его структуры; проанализировать экономические показатели работы РХК ДФО; выявить факторы, оказывающие влияние на отрасль; определить инфраструктурные диспропорции в обеспечении внутренних и внешних потребностей региона; предложить некоторые рекомендации по эффективному функционированию РХК ДФО в условиях санкционного давления.

Материалы и методы исследования

Методологической основой данной работы явились различные методы исследования: аналитический, сравнительный, статистический, экспертный. Источники данных, используемые для анализа в этой статье, включают вторичные данные, взятые из официальных отчетов, отраслевых сайтов, государственной статистики. В качестве параметров исследованы основные показатели работы РХК

¹¹ Водные биологические ресурсы - рыбы, водные беспозвоночные, водные млекопитающие, водоросли, другие водные животные и растения, находящиеся в состоянии естественной свободы.

ДФО: объем улова водных биологических ресурсов; прибыль предприятий РХК, экспорт водных биологических ресурсов; инвестиции в основной капитал; дедевейт судов рыбопромыслового флота; мощности портовых холодильников.

Обзор литературы

Рыбохозяйственный комплекс представляет собой сложное межотраслевое образование, в котором производство, переработка и товародвижение объединяют широкий ассортимент разнообразной продукции, в конечном итоге потребляемой как в продовольственных, так и непродовольственных целях [1]. Первостепенной задачей РХК является снабжение населения продуктами питания, обеспечивая тем самым продовольственную безопасность страны.

В тоже время, к основным объектам инфраструктуры РХК относятся: рыбные заводы, портовые холодильники, рыбопромысловый флот [2]. Принимая за аксиому утверждение о том, что наличие развитой инфраструктуры позволяет максимально использовать потенциал РХК, обеспечивая своевременные поставки продукции потребителю, большинство отечественных исследователей фокусируются на отдельных аспектах этого процесса. Например, одни – отмечают, что развитие инфраструктуры снижает затраты на факторы производства, увеличивает частные инвестиции и стимулирует торговлю [3; 4; 5]. Другие – и утверждают, что наличие развитой инфраструктуры положительно влияет на производительность труда и образование, способствует росту занятости, позволяет диверсифицировать логистический сервис [6; 7]. Третьи – обращают внимание, что важным является опережающее развитие инфраструктуры и ее элементов для стабильного развития отраслей экономики [8; 9].

Рыболовство ведется как в отношении ВБР, на которые устанавливается общий допустимый улов (ОДУ), так и в отношении водных биологических ресурсов, на которые он не устанавливается. При этом ОДУ включает водные биологические ресурсы рыбохозяйственных бассейнов как морских, так и речных. В данной статье исследован только морской Дальневосточный рыбохозяйственный бассейн (далее Дальневосточный бассейн).

Водные биологические ресурсы, как и все основные мировые ресурсы, имеют сложную систему учета. ВБР могут быть добыты в одной стране, экспортированы для ее переработки в другую страну, и реэкспортированы уже для потребления или в страну, где были добыты, или в третьи страны.

В различной степени исследование условий развития РХК представлено в работах отечественных ученых Аварского Н.Д. [10], Бетина О.И. [11], Колончина К.В. [12], Теплицкого В.А. [13] и др. Вопросы анализа экономических процессов рыбохозяйственного комплекса ДФО изложены в работах Волкова Л.В. [14], Ворожбит О.Ю. [15], Зверева Г.С. [16], Мошкова А.В. [17] и других исследователей.

Постановка проблемы

Дальневосточный рыбохозяйственный бассейн – это обширная территория, включающая в себя акватории шести субъектов ДФО (Камчатский, Приморский и Хабаровский края, Сахалинская и Магаданская области, Чукотский АО) и 14 рыбопромысловых зон¹². Рыбохозяйственный комплекс ДФО занимает ведущее место в экономике страны (65% по добыче ВБР) и региона (60% по объему промышленного производства). Более того, рыбопромышленные предприятия экспортируют свыше 70% добываемой рыбы и морепродуктов, что обеспечивают

¹² Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах РФ, территориальном море РФ, на континентальном шельфе РФ, в исключительной экономической зоне РФ и Каспийском море на 2019 год. Приказ Минсельхоза России от 09.11.2018 г., № 516 (ред. от 17.09.2019).

региону валютные поступления [15]. В ряде городов и населенных пунктов региона рыбопромышленные предприятия являются градообразующими, создавая рабочие места. Таким образом, РХК является важным элементом экономического развития региона.

В Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне квоты на общий допустимый улов имеют свою специфику. Во-первых, квоты на ОДУ распространяются всего на 7 видов ВБР – это минтай (66%); сельдь (13%), треска (6%), кальмар (4%), камбала (3%), крабы (2%) и навага (2%). Во-вторых, лососевые¹³ квоты не включаются в ОДУ и устанавливаются специальной региональной комиссией отдельно.

Размер рыболовецкого флота оценивается в 775 судов, из них 639 – рыбопромысловые суда и 71 – транспортно-рефрижераторное судно¹⁴. Также в регионе функционирует 67 рыбоводных заводов. Больше всего рыбоводных заводов расположено в Сахалинской области – 44, в Хабаровском крае – 10, Камчатском крае – 5, Приморье и Магаданской области по 4. Все они специализируются на искусственном воспроизводстве тихоокеанских лососей. Портовая инфраструктура РХК включает 7 рыбных терминалов, находящихся на территории портов. Большое значение имеют порты со специализированными причалами и портовыми холодильниками, которые используют для обработки рыбной продукции [2]. Преимущественно портовые холодильники расположены в Приморском крае (87%).

Особенности развития РХК ДФО определяются сложными экономико-географическими характеристиками:

- обширная территория морского Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (75,5 тыс. га¹⁵);
- низкая плотность населения;
- уникальные климатические и географические условия каждой промысловой зоны;
- транспортная удаленность от основных потребителей страны; концентрация основных рыбопроизводственных объектов в Южной зоне региона;
- большая протяженность морской границы с другими странами (США, Япония, Китай, Корейская Народно-Демократическая Республика).

Данные условия создают дополнительные сложности развития РХК ДФО и требуют большего объема инвестиций.

Наряду с отмеченными экономико-географическими особенностями, выделяется ряд проблем системного характера в развитии РХК ДФО:

- отсутствие мониторинга качества ВБР;
- высокий уровень физического износа рыбопромыслового флота и портовой инфраструктуры;
- недостаточный уровень государственной поддержки РХК;
- низкий объем среднедушевых доходов населения региона;
- высокая криминальная составляющая отрасли;
- экспорт рыбной продукции носит сырьевой характер.

Более того, на РХК ДФО оказывает влияние ряд внешних угроз. В первую очередь, это введенные санкции в отношении России, которые оказали влияние не только на экспортно-импортные поставки, но и на своевременное обновление рыбопромыслового флота (в 2022 и 2023 гг. ряд зарубежных верфей отказались

¹³ Дальневосточные лососи – горбуша, кета, нерка, кижуч, чавыча, голец.

¹⁴ Об утверждении Стратегии развития морских терминалов для комплексного обслуживания судов рыбопромыслового флота с учетом береговой логистической инфраструктуры, предназначенной для транспортировки, хранения и дистрибуции рыбной продукции. Приказ Минсельхоза России от 20.04.2017 г., № 189.

¹⁵ О рыбохозяйственном комплексе Дальнего Востока. 23.08.2017. <http://government.ru>

строить суда, при этом, не вернув авансовые платежи) [18]. Во вторую – это передел мирового рынка рыбной продукции; отсутствие компаний РХК РФ среди лидеров глобальной конкуренции за право добычи ВБР; неустойчивая политическая ситуация акватории Тихого океана, в водах осуществления интенсивного рыболовства; отсутствие унифицированных правил, обеспечивающих безопасность мореплавания [17].

Таким образом, РХК региона практически исчерпал резервы для дальнейшего роста. В новых экономических условиях требуется обновленная модель развития РХК ДФО, которая способна обеспечивать внутренние и внешние потребности региона, учитывая при этом соответствующее развитие инфраструктуры [19].

Обсуждение результатов исследования

Водные биологические ресурсы. В первую очередь следует отметить, что в 2018 г. были установлены новые правила в распределении квот ОДУ ВБР¹⁶, где были пересмотрены квоты на ВБР, распределенные до того по историческому принципу, и перезаключены договоры на вылов сроком на 15 лет. Такие правила отразились, как на добыче ВБР, так и экономических показателях работы РХК ДФО.

Добыча ВБР с 2018 по 2023 гг. была относительно стабильной, даже в сложные 2020 и 2021 гг., когда появились новые требования по соблюдению экипажами морских судов антиковидных мер для предотвращения распространения вируса, что привело к увеличению непроизводительных простоев судов [20].

В целом за исследуемый период объем добычи ВБР увеличился на 41,7% и в 2023 г. составил 3,8 млн т, таб. 1. В ДФО за период с 2018 по 2023 гг. структура добычи ВБР практически не изменялась: в регионе добывается 100% минтая и порядка 98% лососевых. В последние годы на них приходится 59,9% от общего улова ДВ бассейна.

В регионе отмечается уменьшение фактических объемов вылова относительно плановых значений (2021 г. – 15%; 2022 г. – 24%). Такие несоответствия требуют наличия адекватной инфраструктуры, которая бы обеспечивала «пиковые» потребности РХК ДФО в перевозках [8]. Так, в 2022 г. наблюдался рост вылова минтая на 13%, что потребовало создать дополнительные места по их переработке и хранению, а также была организована погрузка морепродуктов по железной дороге [21]. В ДФО более 95% доходов от экспорта ВБР обеспечивают четыре субъекта: Приморский, Камчатский, Хабаровский края и Сахалинская область. При этом экспортируется в основном дикая рыба (минтай, сельдь и др. относительно дешевые виды рыб), однако наибольшую прибыль приносит экспорт краба, что мотивирует предприятия РХО на получение более высоких квот по их добыче.

Таблица 1

Основные экономические показатели работы РХК ДФО за период 2018-2023 гг.

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Квоты на вылов ВБР, тыс. т	н/д	н/д	2979,0	2833,9	3093,0	2809,2
Добыча ВБР, тыс. т, в т.ч:	2737,7	2741,8	3455,5	3412,3	3368,4	3880,6
Минтай, тыс. т	1593,1	1503,6	1772,4	1646,5	1861,7	1852,9
Лососевые, тыс. т	645,2	465,3	299,8	538,8	538,9	608,8
Экспорт, тыс. т**	1537,0	1480,9	1555,0	1306,5	79,5	н/д*
Доля экспорта в общем объеме добычи ВБР, %	56	54	45	38	2	-
Объем перевалки рыбопродукции в портах, тыс. т	870,3	771,2	663,9	н/д	930,5	773,5

¹⁶ О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» № 173016-8

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Доля перевалки рыбопродукции в портах от общего объема добычи ВБР, %	32	28	19	-	28	20
Стоимость экспорта, млн долл. США	3274,3	3518,0	2814,3	3997,1	235,0	н/д*
Прибыль предприятий РХК, млрд. руб.	57,0	66,0	61,0	96,0	72,0	н/д
Инвестиции в основной капитал, млрд. руб.	18,4	27,6	44,8	36,8	83,2	н/д

*Примечание: * За 2023 г. отсутствуют данные на сайте ФТС*

*** Рассчитано по данным Дальневосточного таможенного управления.*

Источник: Данные Дальневосточного таможенного управления, Федерального агентства по рыболовству, ФАНУ Востокгосплан, Морцентр-ТЭК.

Если рассматривать распределение ВБР ДФО по направлениям, то можно отметить, что еще в относительно стабильное время (2018 г.) примерно 56% добытых ресурсов уходило на экспорт, 32% – на внутренний рынок (кроме ДФО) и 12% – на внутрирегиональный рынок, *таб. 1*. Безусловно, за период пандемии COVID-19 и действия санкций данная структура поменялась, однако из-за отсутствия некоторых статистических данных, оценить изменения сложно.

Пандемия COVID-19 негативно сказалась на доходах предприятий РХК, им потребовались дополнительные затраты на ее предотвращение. Все возникшие издержки в итоге повлияли на увеличение себестоимости продукции ВБР. Уже в 2021 г. доходы начинают расти и, казалось, что кризис миновал. Однако в 2022 г. международное сообщество начинает оказывать санкционное давление на экономику России, что привело к очередному снижению прибыли предприятий РХК.

За период с 2018 по 2022 гг. предприятиям Дальнего Востока поступило 210,7 млрд. рублей инвестиций в основной капитал (71% от объема по РФ). Из этих поступлений 82% направлено на капитальный ремонт рыбопромыслового флота (в целом по РФ только 76%), в рыбоперерабатывающее производство ДФО поступило 18% инвестиций (в целом по РФ – 20%), а в рыбоводство – 0,7% (в целом по РФ – 5%). Получается, что в ДФО инвестиции распределяются крайне неравномерно, что требует дальнейшего исследования.

По себестоимости ВБР ДВ бассейна за анализируемый период находились на среднероссийском уровне. Однако в среднем за 2018-2022 гг. цены на ВБР в ДФО почти в 5,5 раз превышают себестоимость ее добычи. Это связано с последствиями COVID-19 обострением международной политической ситуации. В связи, с чем рыбодобывающие предприятия продают свою продукцию на внутреннем рынке, ориентируясь на экспортные цены и учитывая увеличение расходов на логистику и хранение, что в итоге увеличивает стоимость рыбной продукции для конечного потребителя.

За последние годы рыбоводство в ДФО активно развивается, за рассматриваемый период наблюдается рост производства объектов аквакультуры в 1,7 раза. Стоит отметить, что производство объектов аквакультуры в регионе распределено более равномерно. Лидером по объему производства объектов аквакультуры в ДФО традиционно является Приморский край, его доля составляет 94,0%, на Сахалинскую область приходится 5,6%. На остальные субъекты ДФО суммарно приходится 0,4%.

По данным Дальневосточного таможенного управления в 2021 г. предприятиями РХК экспортировано ВБР в 99 раз больше, чем импортировано. Причем сумма экспорта составила 4145 млн долл. США, а импорта – 53 млн долл. США. Лидером среди субъектов-экспортеров стал Приморский край.

В 2023 г. экспорт минтая снизился на 10%, одновременно произошло снижение отпускных цен на 6% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, экспорт

сельди сократился вдвое, за счет увеличения объема потребления на внутреннем рынке, что подтверждает рост внутренних цен на 41%. В целом ситуация такова, что с момента введения санкций были внесены некоторые корректировки по деятельности РХК ДФО, что способствовало не только частично переориентировать поставки рыбной продукции на внутренний рынок, но и позволило сохранить объемы вылова в промысловых зонах¹⁷.

В топ-структуре поставок ВБР из Дальневосточного федерального округа первое место традиционно занимает Китай. На втором месте Республика Корея, но ее доля значительно сокращается (почти на 51%), при этом Россия остается одним из крупнейших поставщиков рыбной продукции для корейского рынка с долей 27% в общем объеме корейского рыбного импорта [22]. На третьем месте остается Япония, несмотря на внешнее давление, объем поставок в Японию вырос в 1,7 раза, а в 2024 г. Япония впервые за три года получила квоту на вылов лососевых в 125 т в российской исключительной экономической зоне¹⁸.

Инфраструктура. Основные объекты РХК ДФО (портовые холодильники, рыбопромысловый флот) находятся в состоянии технической отсталости из-за морального износа. Большинство морских рыбных портов ДВ бассейна, за годы реформ¹⁹ были вынуждены переориентировать свою деятельность с перевалки и хранения рыбопродукции, на перевалку основных массовых грузов. В настоящее время ее перевалка преимущественно осуществляется в портах Приморья, Сахалина и Камчатки. В исследуемом периоде объем ее перевалки в морских портах сохранялся на уровне 660-940 тыс. т, таб. 1.

Для поставки рыбной продукции на отечественный рынок система логистики слабо развита и имеет ряд недостатков. Один из важных – дефицит современных холодильных мощностей. Построенные холодильные мощности в 60-е гг. прошлого века, не соответствуют современным требованиям. Производственные мощности по морозильному производству сосредоточены в Приморье (свыше 140 тыс. т единовременного хранения, или 87,4% всех мощностей региона). Крупнейшие холодильники расположены в морском порту Владивостока, являющегося основной отправной точкой для поставок рыбы на внутренний рынок.

Модернизация инфраструктуры рыбных портов и строительство новых объектов проходят в рамках Стратегии развития морских терминалов²⁰, которая направлена на развитие комплексного обслуживания судов рыбопромыслового флота с учетом береговой логистической инфраструктуры. В отношении ДВ бассейна предусмотрено строительство холодильников единовременного хранения в рыбных портах суммарной мощностью 56 тыс. т. Также планируется реализовать комплекс мероприятий, связанных с модернизацией объектов инфраструктуры в рыбных портах Корсаков, Магадан и Петропавловск-Камчатский [23]. Так, в частности, в порту П.-Камчатский будет создан портовый холодильник мощностью 15 тыс. т., что позволит обрабатывать суда рыбопромыслового флота. Кроме того, планируется создать современный универсальный терминал для хранения рефконтейнеров. В свою очередь в порту Корсаков для создания рыбного терминала планируется

¹⁷ Импортзамещение и фокус на внутренний рынок: глава Росрыболовства Илья Шестаков о развитии рыбной отрасли в условиях санкций. Новости Владивостока 06.09.2022. URL: <https://www.newsvl.ru/eef/2022/09/06/211957/?ysclid=lzq9o2b465344777151>

¹⁸ Подволоцкий А. Япония получила квоту на вылов лосося в российской экономической зоне. URA.RU. 03.06.2024. URL: <https://ura.news>

¹⁹ До 2002 г. все рыбные порты страны относились к министерству рыбной промышленности. С 2003 г. рыбные порты стали работать под началом Федерального агентства морского и речного транспорта.

²⁰ Об утверждении Стратегии развития морских терминалов для комплексного обслуживания судов рыбопромыслового флота с учетом береговой логистической инфраструктуры, предназначенной для транспортировки, хранения и дистрибуции рыбной продукции. Приказ Минсельхоза России от 20.04.2017 г., № 189.

модернизировать действующие объекты инфраструктуры (ГТС и производственные мощности). В результате реконструкции будут созданы производственные мощности для переработки водных биологических ресурсов и их транспортировки в центральные регионы страны с суточной производительностью до 30 т переработанной продукции.

Производственные мощности рыбопромыслового флота ДВ бассейна также являются «узким местом» в РХК. По состоянию на начало 2023 г. рыбопромысловый флот составил 775 единиц (в 2019 г. – 1056 ед.). Средний возраст судов – 28-30 лет, что говорит о необходимости последовательной замены судов оснащения российского добывающего флота новыми судами с современными системами охлаждения уловов²¹.

В настоящее время на верфях ДФО на разных стадиях строительства находится семь судов-краболовов. В 2024 г. на завершение их строительства выделено 3,2 млрд. рублей²². Средства будут направлены рыбопромысловым компаниям, которые получили доли инвестиционных квот на добычу краба для промышленного и прибрежного рыболовства и взявшим на себя обязательство построить суда-краболовы. С помощью субсидий они смогут частично компенсировать затраты на строительство таких судов.

В тоже время промысловые суда находятся в зоне высокого риска относительно сложности их достройки, поскольку ранее применялось импортное оборудование, замена которого находится только на стадии разработки²³. По мнению экспертов, в силу большой загруженности в части дополнительного выполнения обязательств по изготовлению рыбохозяйственных судов, связанных с первым этапом инвестиционных квот («крабовых квот»), объем строительства судов может привести к несоблюдению сроков их строительства на верфях [24].

Важным и существенным моментом в судостроении является пополнение портфеля заказов и соблюдение сроков строительства судов. В действующих федеральных и региональных программах²⁴ указаны меры государственной поддержки, при этом не отражены прогнозные объемы по добыче ВБР, в том числе по его экспорту.

Представляется, что это один из ключевых показателей для отечественного судостроения, так как он позволяет определить количество рыбопромыслового флота, их комплектацию для того, чтобы обеспечить стабильную загрузку верфей, а также скорректировать план работ по импортозамещению основного судового комплектующего оборудования [9; 25].

По нашему мнению, если в будущем ситуация в РХК ДФО стабилизируется, то предполагаемый объем добычи ВБР, по предварительным оценкам, увеличится в два раза, а объем экспорта, будет находиться в пределах 1780-1790 тыс. т. в 2030 г. Это означает, что и без того загруженные на годы вперед отечественные верфи, должны будут построить рыбопромысловый флот в большом количестве. Вместе с тем для осуществления потребуется синхронизировать развитие рыбопромыслового флота и портов.

²¹ Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 26.11.2019 г., № 2798-р

²² Правительство РФ выделило более 3,2 млрд рублей на строительство судов рыбопромыслового флота на верфях Дальнего Востока. URL: <https://sakhlinmedia.ru/news/1453768/?from=41>

²³ Практические аспекты импортозамещения и локализации в судостроении. URL: https://vk.com/video/playlist/-176734126_1?section=playlist_1&z=video-176734126_456239030%2Fclub176734126%2Fpl_-176734126_1

²⁴ Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 08.09.2022 г., № 2567-р; Развитие рыбохозяйственного комплекса в Приморском крае на 2013-2021 годы. Постановление администрации Приморского края от 07.12.2012 г., № 389-па.

Следует также отметить, что новые требования IMO25 в области морского судоходства могут привести к отрицательным последствиям, в том числе в РХК ДФО. Согласно этим правилам потребуются заменить часть действующего рыбопромыслового флота, что приведет к повышению цен на строительство судов из-за дополнительной технической оснащённости. Мелким рыбопромысловым компаниям, чей флот устарел и его техническое оснащение оставляет желать лучшего, придется труднее всего [18].

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что, несмотря на санкционное давление, сложную экономическую ситуацию в стране, регионе, развитие РХК ДФО продолжается. Можно отметить, что наблюдается постепенное увеличение объема добычи ВБР, рост увеличения прибыли предприятий РХК, а также увеличение инвестиций в основной капитал.

Вместе с тем для более эффективного развития рыбохозяйственного комплекса ДФО в условиях санкционного давления необходимо:

- создать экономическую связь между рыболовным флотом и потребностями экономики региона в целях обеспечения стабильного плана загрузки верфей, а также плана работ по импортозамещению основного судового комплектующего оборудования;
- синхронизировать развитие рыбопромыслового флота и рыбных портов;
- развивать береговую инфраструктуру и логистику ориентируясь на снижение издержек предприятиями РХК;
- осуществлять инвестиционную поддержку РХК и снижать административные барьеры в процессе ценообразования ее продукции;
- унифицировать международные программы по сохранению ВБР и обеспечивать сохранность рыбопромысловых границ.

Исследование было выполнено в рамках «Морского конгресса – Дальний Восток» форсайт-сессии «Сценарии развития морской отрасли на Дальнем Востоке: локализация и кластеризация гражданского судостроения и судоремонта», которая прошла 30-31 мая 2024 г. в г. Владивостоке (<https://www.vld.nevacongress.com/>).

Список литературы

1. Научные основы государственной политики развития инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса России / А. Г. Папцов, Н. Д. Аварский, В. В. Таран [и др.]. – Москва. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 2021. – 258 с.
2. Кравцов С.А. Анализ инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24. № 3. С. 231-239. DOI 10.36038/0234-2774-2023-24-3-231-239.
3. Щербанин Ю. А. Транспорт и экономический рост: взаимосвязь и влияние // Евразийская экономическая интеграция. 2011. № 3 (12). С. 65–78.
4. Исаев А.Г. Транспортная инфраструктура и экономический рост: пространственный аспект // Пространственная экономика. 2015. №3. С. 57-73.
5. Konvisarova E.V., Uksumenko A.A., Churakov E.E. Organizational and financial problems of functioning of the free port of Vladivostok // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. Vol. 138. P. 348-356. DOI 10.1007/978-3-030-15577-3_34.
6. Гаврилов А.Н. Подход к построению прогноза грузооборота морских портов на основе реализации потенциала грузовой базы // Транспортное дело России. 2021. №4. С. 106-108. DOI 10.52375/20728689_2021_4_106

²⁵ International Maritime Organization – Международная морская организация к 2050 г. предусматривает сокращение выбросов CO² на 70% и парниковых газов на 50% по сравнению с уровнем 2008 г. URL: <https://www.imo.org/> (дата обращения: август 2023).

7. Аблязов В.К. Прогнозирование грузооборота порта в условиях риска и неопределенности. Методика прогнозирования. – Германия: LAP LAMBER Academic Publishing, 2013. – 185 с.
8. Краснопольский Б.Х. Влияние магистральной инфраструктуры на эффективность пространственно-хозяйственных образований: подходы к оценке // Регионалистика. 2021. Т. 8. № 3. С. 56-71. DOI 10.14530/reg.2021.3.56.
9. Лернер В.К. Прогнозирование грузовой базы морского транспорта. Методические принципы анализа // Морские порты России. 2011. № 9. С. 62-66.
10. Аварский Н.Д., Таран В.В., Полухин А.А. Ключевые проблемы развития инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 6 (63). С. 72-80. DOI 10.33938/206-72.
11. Бетин О.И., Труба А.С., Мухамедова Т.О. Рыбохозяйственный комплекс: понятие, определение, структура // Труды ВНИРО. 2022. Т. 188. С. 166-173. DOI 10.36038/2307-3497-2022-188-166-173.
12. Колончин К.В. Базовые принципы разработки модели экономического роста рыбохозяйственного комплекса // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 9. С. 18-26. DOI 10.31442/0235-2494-2019-0-9-18-26.
13. Теплицкий В.А., Мнацаканян А.Г., Долгая А.А., Щерба Т.А. Оценка современного состояния предпринимательства калининградского рыбохозяйственного комплекса // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. № 3. С. 57-64.
14. Волков Л.В. Институциональные аспекты развития рыбной промышленности Дальнего Востока // Регионалистика. 2016. Т. 3. № 6. С. 56-68.
15. Рыбная промышленность Дальнего Востока России: современное состояние, проблемы и перспективы конкурентоспособности / О. Ю. Ворожбит, Т. Е. Даниловских, И. А. Кузьмичева [и др.]. – Владивосток: Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, 2016. – 156 с.
16. Зверев Г.С. Типологическое сходство экономических преобразований в рыбной отрасли: СССР в 1980-х - 1991 гг. и Россия 2017-2022 гг. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 64. № 2. С. 83-89. DOI 10.48612/dalrybvvtuz/2023-64-08.
17. Мошков А.В. Проблемы функционирования регионального рыбохозяйственного комплекса субъекта Дальневосточного федерального округа // Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2020. № 1(9). С. 60-70.
18. Заостровских Е.А. Мировые тенденции развития морского транспорта в 2022 г // Регионалистика. 2023. Т. 10. № 6. С. 175-186. DOI 10.14530/reg.2023.6.175.
19. Волков Л.В. Новая стратегия – старые проблемы: развитие российского рыбохозяйственного комплекса // Регионалистика. 2018. Т. 5. № 2. С. 33–42. DOI: 10.14530/reg.2018.2.33
20. Заостровских Е.А. Тенденции развития морского транспорта Дальневосточного региона в условиях пандемии COVID-19 // Дальний Восток России: тенденции экономического развития (последствия пандемии). – Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2021. С. 67-77.
21. Зойдов К.Х., Медков А.А. «Шелковый путь здоровья» – инновационно-инфраструктурная основа постпандемийного восстановления мировой экономики // Проблемы рыночной экономики. 2021. № 3. С. 179-195. DOI: //doi.org/10.33051/2500-2325-2021-3-179-195
22. Гриванов Р.И., Бедрачук И.А., Уксуменко А.А. Специальные экономические зоны в системе международных экономических связей. – Владивосток: Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, 2018. – 144 с.
23. Портовая инфраструктура и развитие рыбных терминалов морских портов ФГУП Нацрыбресурс // Гидротехника. 2020. № 3 (60). С. 32-34.
24. Клиппенштейн Е.В., Морозова Ю.С., Шуликов А.О. Программа развития рыбопромыслового флота: ожидания и реалии // Пространственная экономика. 2021. Т. 17. № 3. С. 179-193. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.3.179-193>
25. Заостровских Е.А. VII Восточный экономический форум // Регионалистика. 2022. Т. 9, № 5. С. 88-91. <http://dx.doi.org/10.14530/reg.2022.5.88>

References

1. Scientific fundamentals for the state policy developments of fisheries industry infrastructure in Russia. - M.: Publishing house VNIRO, 2021. – 258 p.
2. Kravtsov S.A. Analysis of the infrastructure of the fisheries complex. Problems of Fisheries. 2023. Vol. 24. No. P. 231–239. DOI 10.36038/0234-2774-2023-24-3-231-239.
3. Shcherbanin Yu. A. Transport and economic growth: interrelation and influence // Eurasian economic integration. 2011. No. 3 (12). P. 65-78.
4. Isaev A.G. Transport infrastructure and economic growth: spatial aspect // Spatial economics. 2015. No.3. P. 57-73.
5. Konvisarova E.V., Uksumenko A.A., Churakov E.E. Organizational and financial problems of functioning of the free port of Vladivostok // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. Vol. 138. P. 348-356. DOI 10.1007/978-3-030-15577-3_34.
6. Gavrilov A.N. An approach to forecasting the cargo turnover of seaports based on the realization of the potential of the cargo base // Transport business of Russia. 2021. No.4. P. 106-108. DOI 10.52375/20728689_2021_4_106
7. Abyazov V.K. Forecasting the cargo turnover of the port in conditions of risk and uncertainty. Forecasting methodology. – Germany: LAP LAMBER Academic Publishing, 2013. – 185 p.
8. Krasnopolski B.H. The Impact of the Main Infrastructure on the Effectiveness of Spatial and Economic Formations: Approaches to the Assessment. Regionalistics. 2021. Vol. 8. No. 3. P. 56–71. <http://dx.doi.org/10.14530/reg.2021.3.56>
9. Lerner V.K. Forecasting the cargo base of marine transport. Methodological principles of analysis. Seaports of Russia. 2011. No. 9. P. 62-66.
10. Avarsky N.D., Taran V.V., Polukhin A.A. Key problems of the development of the infrastructure of the Russian fisheries complex. Economics, labor, management in agriculture. 2020. No (63). P. 72-80. DOI 10.33938/206-72.
11. Betin O.I., Truba A.S., Mukhamedova T.O. Fisheries complex: concept, definition, structure. Trudy VNIRO. 2022. V. 188. P. 166-173. DOI 10.36038/2307-3497-2022-188-166-173.
12. Kolonchin K.V. Basic principles of developing a model of economic growth of the fisheries complex. Economics of agricultural and processing enterprises. 2019. No 9. P. 18-26. DOI 10.31442/0235-2494-2019-0-9-18-26.
13. Teplitsky V.A., Mnatsakanyan A.G., Dolgaya A.A., Shcherba T.A. Assessment of the current state of entrepreneurship of the Kaliningrad fisheries complex // Bulletin of the Baltic Federal University named after I. Kant. 2013. No. 3. P. 57-64.
14. Volkov L.V. Institutional Aspects of the Fish-ing Industry Development in the Russian Far East. Regionalistics. 2016. Vol. 3. No. 6. P. 56-68.
15. Fishing industry of the Russian Far East: the current state, problems and prospects of competitiveness / O. Y. Vorozhbit, T. E. Danilovskikh, I. A. Kuzmicheva [et al.]. – Vladivostok: Vladivostok State University of Economics and Service, 2016. – 156 p.
16. Zverev G.S. Typological similarity of economic transformations in the fishing industry: The USSR in the 1980s - 1991 and Russia 2017-2022. Scientific works of Dalrybvtuz. 2023. Vol. 64. No. 2. P. 83-89. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2023-64-08.
17. Moshkov A.V. Problems of functioning of the regional fisheries complex of the subject of the Far Eastern Federal District // Socio-economic geography. Bulletin of the Association of Russian Geographers and Social Scientists. 2020. No. 1(9). P. 60-70.
18. Zaostrovskikh E.A. Global Trends in the Development of Maritime Transport in 2022. Regionalistics. 2023. Vol. 10. No. 6. P. 175-186. <http://dx.doi.org/10.14530/reg.2023.6.175>
19. Volkov L.V. New Strategy – Old Problems: The Development of Russian Fishery Complex. Regionalistics. 2018. Vol. 5. No. 2. P. 33-42. DOI: 10.14530/reg.2018.2.33
20. Zaostrovskikh E.A. Trends in the development of maritime transport in the Far Eastern region in the context of the COVID-19 pandemic. Russian Far East: Economic Development Trends (Consequences of the Pandemic). – Khabarovsk : ERI FEB RAS, 2021. P. 67-77.
21. Zoidov K.H., Medkov A.A. «The Silk Road of health» – the innovative and infrastructural basis of the post-pandemic recovery of the world economy. Problems of the market economy. 2021. No. 3. P. 179-195. DOI: //doi.org/10.33051/2500-2325-2021-3-179-195
22. Grivanov R.I., Bedrachuk I.A., Uksumenko A.A. Special economic zones in the system of international economic relations. – Vladivostok: Vladivostok State University of Economics and Service, 2018. – 144 p.

23. Port infrastructure and development of fishing terminals of seaports of FSUE Natsrybresurs. *Gidrotechnika*. 2020. No. 3 (60). P. 32-34.
24. Klippenshtein E.V., Morozova Yu.S., Shulikov A.O. Fishing Fleet Development Program: Expectations and Realities. *Spatial Economics*. 2021. Vol. 17. No. 3. P. 179-193. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.3.179-193>
25. Zaostrovskikh E.A. VII Eastern Economic Forum. *Regionalistics*. 2022. Vol. 9. No.5. P. 88-91. <http://dx.doi.org/10.14530/reg.2022.5.88>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Заостровских Елена Анатольевна, к.э.н.,
научный сотрудник, Институт экономических
исследований ДВО РАН, 680042, г. Хабаровск,
ул. Тихоокеанская, 153, Россия, e-mail:
zaost@ecrin.ru

Elena A. Zaostrovskikh, PhD (Economics),
Researcher, Economic Research Institute of Far
Eastern Branch of the Russian Academy of
Sciences, 153, Tikhookeanskaya Street,
Khabarovsk, 680042, Russian Federation,
e-mail: zaost@ecrin.ru

Уксуменко Алёна Анатольевна, к.э.н.,
доцент, Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный университет,
690087, Владивосток, ул. Луговая, д. 52 Б,
Россия, e-mail: a-u2006@list.ru

Alena A. Uksumenko, PhD (Economics),
docent, Far Eastern State Technical Fisheries
University, Vladivostok, Russian Federation,
Vladivostok, Lugovaya Street, 52 B, 690087,
Russian Federation, e-mail: a-u2006@list.ru

Статья поступила в редакцию 14.08.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 14.08.2024; published online 20.12.2024.

УДК 656.6: 311.21

DOI: 10.37890/jwt.vi81.539

Анализ системы информационного мониторинга показателей деятельности водного транспорта

О.А. Казьмина¹

ORCID: 0000-0002-6886-6383

С.А. Казьмин²

ORCID: 0000-0002-6327-0214

А.А. Холопов³

А.А. Холопова⁴

ORCID: 0000-0001-6584-2346

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

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

³PSI Co Ltd, Санкт-Петербург, Россия

⁴ГБУ ДО ДТ «Измайловский», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Сбор и мониторинг показателей отрасли водного транспорта обеспечивают органы федеральной исполнительной власти на транспорте, в частности, Росморречфлот. В целях исследования текущей системы мониторинга показателей работы отрасли в статье проанализирована структура Росморречфлота и его подведомственных организаций, а также направлений их работ. С учетом разнонаправленности функционала рассмотренной системы подведомственных организаций, набор показателей их работы также различается. В статье систематизирован структурный перечень управлений и отделов Росморречфлота. Проанализированы Положения об Управлениях, выявлены их задачи и функции, выделен перечень функций в части информационного мониторинга показателей работы водного транспорта. Проанализированы официальные нормативные документы, выявлено, что система отраслевого мониторинга нормативно утверждена только для показателей внутреннего водного транспорта. На основе проведенного анализа сделаны выводы о необходимости актуализации системы отраслевого мониторинга, а также сформулированы предложения по ее оптимизации путем создания единого центра отраслевого мониторинга.

Ключевые слова: Водный транспорт, мониторинг, отраслевые показатели, Росморречфлот, подведомственные организации.

Analysis of the information monitoring system for water transport performance indicators

Olesya A. Kazmina¹

ORCID: 000-0002-6886-6383

Sergei A. Kazmin²

ORCID: 0000-0002-6327-0214

Alexander A.Kholopov³

Anna A. Kholopova⁴

ORCID: 0000-0001-6584-2346

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

² State Marine Technical University, Saint-Petersburg, Russia

³ *PSI Co Ltd, St. Petersburg, Russia*

⁴ *State budgetary institution of additional education House of creativity «Izmailovsky»*

Abstract. The collection and monitoring of water transport industry indicators is provided by federal executive authorities in transport, in particular, Rosmorrechflot. In order to study the current system for monitoring industry performance indicators, the article analyzes the structure of Rosmorrechflot and its subordinate organizations, as well as the areas of their work. Taking into account the multidirectional functionality of the considered system of subordinate organizations, the set of indicators of their work also differs. The article systematizes the structural list of departments and divisions of Rosmorrechflot. The Regulations on the Departments have been analyzed, their tasks and functions have been identified, and a list of functions in terms of information monitoring of water transport performance indicators is highlighted. The official regulatory documents have been studied, it is revealed that the system of industry monitoring is normatively approved only for inland water transport indicators. Based on the analysis, conclusions have been drawn about the need to update the industry monitoring system, as well as proposals for its optimization by creating a single industry monitoring center.

Keywords Water transport, monitoring, industry indicators, Rosmorrechflot, subordinate organizations.

Введение

В целях поддержки принятия решений в отрасли водного транспорта, возможности своевременного анализа первичных/фактических данных, обработки актуальной статистической информации для формирования (расчета) требуемых показателей и корректировки плановых отраслевых показателей, важно своевременно осуществлять информационный мониторинг отраслевых показателей.

На текущий момент сбор информации для расчета, анализа и мониторинга значений показателей отрасли водного транспорта обеспечивают органы федеральной исполнительной власти на транспорте. В целях систематизации и упорядочивания информации о порядке сбора и мониторинга показателей на внутреннем водном и морском транспорте необходим анализ отраслевой статистической отчетности, структуры и функций Росморречфлота, его подразделений и подведомственных организаций.

Структура подведомственных организаций Росморречфлота

Федеральное агентство морского и речного транспорта (далее – Росморречфлот) оказывает государственные услуги, в том числе, в области обеспечения транспортной безопасности и управления государственным имуществом. Подведомственные организации [1]:

- Федеральные государственные унитарные предприятия (ФГУП);
- Администрации морских портов (АМП);
- Администрации бассейнов внутренних водных путей (АБВВП);
- Отраслевые образовательные организации;
- Другие организации.

К ФГУП относятся: ФГУП «Росморпорт» и ФГУП «Морсвязьспутник».

ФГУП «Росморпорт» реализует порядка 50-ти видов деятельности, обеспечивает безопасность мореплавания в акватории и на подходах к морским портам; оказывает различные сервисные услуги; поддерживает в надлежащем техническом состоянии и реализует развитие объектов портовой инфраструктуры, реализует федеральные целевые программы [2]. Предприятие имеет филиалы:

- Азово-Черноморский;
- Архангельский;
- Астраханский;
- Дальневосточный ;
- Крымский;
- Махачкалинский;
- Мурманский;
- Петропавловский ;

- Сахалинский; – Северо-Западный .

ФГУП «Морсвязьспутник» осуществляет [3]:

- предоставление услуг связи и развитие систем Инмарсат и КОСПАС-САРСАТ;
- развитие систем опознавания и слежения за судами, системы мониторинга и контроля за местоположением судов, судовую систему охранного оповещения; систему госконтроля судов и др.

АМП созданы в форме федеральных государственных бюджетных учреждений и действуют. Следующие ФГБУ АМП являются подведомственными организациями Росморречфлота [1]:

- Западной Арктики; – Приморского края и Восточной Арктики;
- Балтийского моря; – Охотского моря и Татарского пролива;
- Азовского моря; – Черного моря;
- Каспийского моря; – Сахалина, Курил и Камчатки.

Основными функциями АМП являются [1]:

- оказание услуг в морском порту;
- учет доходов и расходов портовых сборов;
- подъем затонувшего имущества и судов;
- сбор и систематизация сведений об операторах морских терминалов и др.
- АБВВП осуществляют следующие задачи [1]:
- государственное регулирование деятельности речного транспорта;
- эксплуатация и развитие внутренних водных путей и гидротехнических сооружений;
- обеспечение безопасности судоходства, экологической и пожарной безопасности;
- диспетчерское регулирование движения судов и проводка судов государственными лоцманами и др.

Следующие ФБУ АБВВП являются подведомственными организациями Росморречфлота [1]:

- Волго-Донского; – Камского;
- Волго-Балтийского; – Азово-Донского;
- Беломорско-Онежского; – Обь-Иртышского;
- Двинско-Печорского; – Обского;
- ФГБУ Канал имени Москвы; – Енисейского;
- Волжского; – Байкало-Ангарского;
- Ленского;
- Амурского.

Отраслевые образовательные организации, подведомственные Росморречфлоту, функционируют в виде образовательных комплексов в составе высших учебных заведений и учреждений среднего профессионального образования [1]:

- Государственный университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова;
- Государственный морской университет им. адм. Ф.Ф. Ушакова;
- Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского;
- Волжский государственный университет водного транспорта;

- Сибирский государственный университет водного транспорта.
- Кроме вышеперечисленных, существуют другие подведомственные организации Росморречфлота:
- ФГБУ Морспасслужба;
 - ФКУ Дирекция государственного заказчика программ развития морского транспорта;
 - ФКУ Речводпуть;
 - ФБУ Служба морской безопасности;
 - ФГБУ Информационный аналитико-статистический центр Росморречфлота;
 - ФБУ Музей морского флота;
 - ФГУ по обеспечению исполнения функций Уполномоченного Российской Федерации по Сайменскому каналу;
 - ФГБУ Главный центр связи и спутниковых систем.
- В систематизированном виде структура отраслевых организаций показана на рисунке 1.

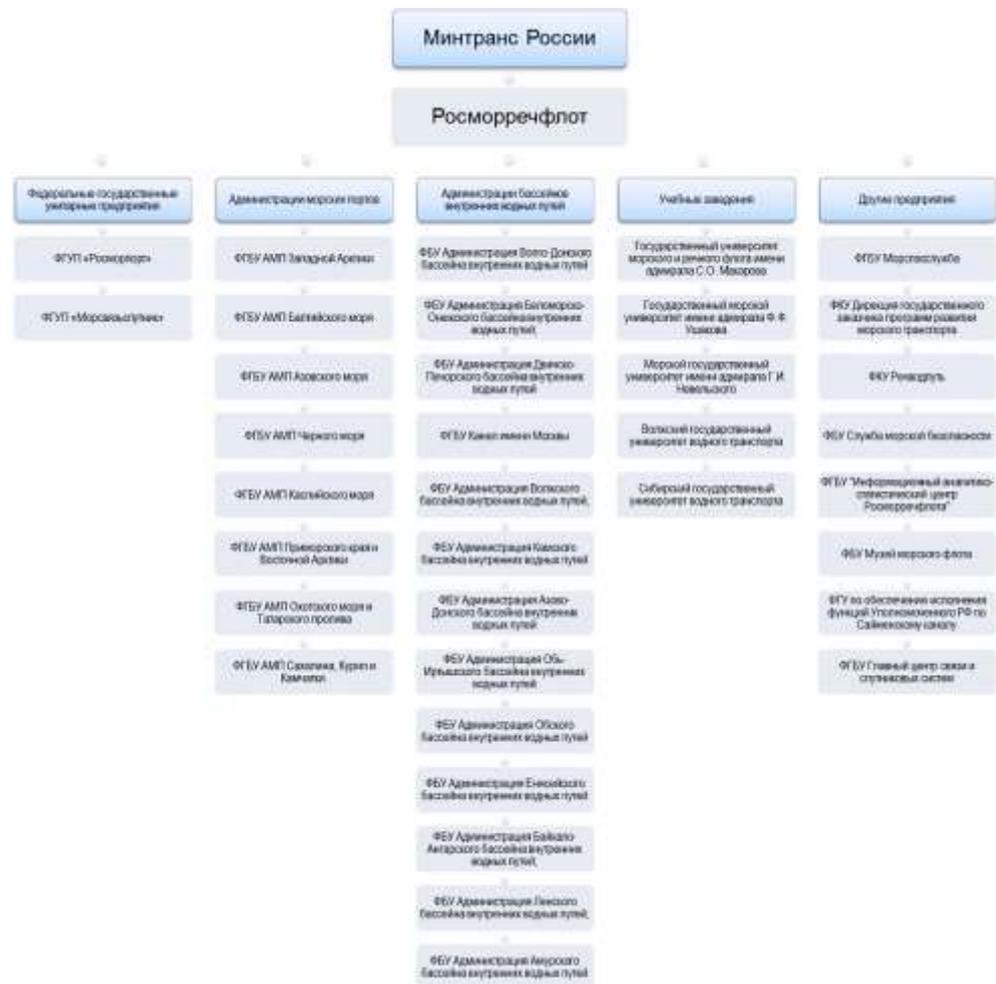


Рис.1. Отраслевые организации водного транспорта

Анализ показал, что рассмотренные организации отрасли, которые подчиняются Росморречфлоту, имеют разные направления работ и разные показатели работы.

Система информационного мониторинга на водном транспорте

Росморречфлот наряду с Росстатом (субъекты наблюдения) осуществляет федеральное статистическое наблюдение отраслевых показателей путем сбора первичных данных через утвержденные формы отчетности, формирования показателей, их анализа и мониторинга. В качестве основных объектов наблюдения (групп показателей) отрасли Росморречфлот рассмотрим следующие: перевозки грузов, перевозки пассажиров, погрузочно-разгрузочные работы, суда, причалы, внутренние водные пути.

Основными единицами наблюдения являются юридические лица, осуществляющие соответствующую деятельность на внутреннем водном и морском транспорте и предоставляющие утвержденные формы отчетности. К ним относятся, например, судоходные компании и пароходства, операторы терминалов, стивидорные компании, АБВВП, АМП, ФАУ и др. Всего по данным официального сайта Росморречфлота на текущий момент это порядка 800-т предприятий [1].

В целях изучения и систематизации информации о реальном процессе организации сбора и мониторинга отраслевых показателей на речном и морском транспорте, проведен анализ перечня подразделений, функций управлений Росморречфлота [4-12].

Структура Росморречфлот по подразделениям (управлений и отделов) показана в таблице 1 [4-12].

Таблица 1

Структура Росморречфлот по подразделениям

№	Управление	Отдел
1	Внутреннего водного транспорта	пути и технического флота
		гидротехнических сооружений
		структурного реформирования, развития инфраструктуры и перевозок
2	Безопасности судоходства	обеспечения безопасности судоходства
		ледокольного обеспечения, гидрографии и связи
		аварийно-спасательных, подводно-технических работ и ЛАРН
		организации процедур контроля судов
3	Морских портов и развития инфраструктуры	развития портов
		капитального строительства
		планирования и организации торгов
3	Экономики и финансов	сводного финансового планирования, финансирования и анализа деятельности учреждений
		финансирования инвестиционных программ
		федеральных программ
		сводной бухгалтерской отчетности
		финансирования центрального аппарата
		внутреннего аудита, тарифного регулирования и анализа деятельности предприятий
4	Транспортной безопасности	транспортной безопасности объектов морского транспорта
		транспортной безопасности объектов внутреннего водного транспорта
		международного и межведомственного взаимодействия, сводного анализа и координации деятельности подведомственных организаций

№	Управление	Отдел
5	Проектами цифровой трансформации	-
6	Инвестиций и программ развития	капитального строительства
		планирования и организации торгов
		сопровождения программ развития
		межведомственной координации и логистики
7	Административное	государственной службы
		конвенционной подготовки, дипломирования и учебных заведений
		делопроизводства
		административно-хозяйственный отдел
8	Государственного имущества и правового обеспечения	правового обеспечения и корпоративного управления
		земельных отношений и учета государственного имущества
		сделок с государственным имуществом
		судебного сопровождения

Таким образом, Росморречфлот включает свыше 30-ти отделов, распределенных по 8-ми управлениям.

Система информационного сбора, анализа, корректировки и мониторинга показателей работы отрасли водного транспорта обеспечивается за счет реализации следующих функций в пределах полномочий Росморречфлота всего по следующим 5-ти управлениям [4-7,10]:

- внутреннего водного транспорта;
- безопасности судоходства;
- морских портов и развития инфраструктуры;
- инвестиций и программ развития;
- экономики и финансов (таблица 2).

По итогам анализа нормативных документов установлено, что Управление экономики и финансов реализует следующие функции в части деятельности водного транспорта (как субъект официального статистического учета) [13]:

- устанавливает сроки сбора первичных данных по определённым единицам наблюдения;
- получает первичные данные для формирования нужных статистических показателей работы отрасли в соответствии с установленными сроками сбора;
- непосредственно формирует официальную статистическую информацию с указанием периодичности сбора, уровня агрегации, группировки/классификации;
- актуализирует данные по отраслевым показателям;
- обеспечивает доступ, предоставляет и распространяет официальную статистическую информацию.

Таблица 2

Функции управлений Росморречфлота в рамках мониторинга отраслевых показателей

Управление	Функции управления	Наборы показателей в НМА	Вид транспорта
Внутреннего водного транспорта	сбор и хранение информации: по судоходным гидротехническим сооружениям, о пользовании акваториями водных объектов и береговой полосой внутренних водных путей; подготовка предложений по	<i>Определены</i> Перевозки грузов и грузооборот Перевозки пассажиров и пассажирооборот Погрузочно-разгрузочные работы	Внутренний водный

Управление	Функции управления	Наборы показателей в НМА	Вид транспорта
	показателям деятельности Росморречфлота, Минтранса России; разработка/корректировка программ, проектов и планов; информационный отраслевой мониторинг по показателям	Причалы Внутренние водные пути	
Безопасность и судоходства	подготовка предложений по показателям деятельности Росморречфлота;	<i>Не определены</i> Суда	Морской Внутренний водный
Морских портов и развития инфраструктуры	оперативное наблюдение за производственными показателями деятельности морских портов;	<i>В явном виде не определены</i> Перевозки грузов и грузооборот Перевозки пассажиров и пассажирооборот Погрузочно-разгрузочные работы Причалы Суда	Морской
Экономики и финансов	субъекта официального статистического учета; разработка Программ деятельности подведомственных предприятий; контроль исполнения утвержденных Программ; анализ отклонений фактических показателей от плановых; подготовка прогнозов социально-экономического развития; подготовка и формирование перечня плановых показателей деятельности Росморречфлота;	<i>В явном виде не определены</i> Перевозки грузов и грузооборот Перевозки пассажиров и пассажирооборот Погрузочно-разгрузочные работы Причалы Внутренние водные пути Суда	Морской Внутренний водный
Инвестиций и программ развития	оперативное наблюдение за производственными показателями деятельности организаций;	<i>В явном виде не определены</i> Перевозки грузов и грузооборот Перевозки пассажиров и пассажирооборот Погрузочно-разгрузочные работы Причалы Внутренние водные пути Суда	Морской Внутренний водный

Важно отметить, что в Положении о данном управлении перечень показателей для учета не сформулирован. Косвенно получить представление о наборе показателей, по которым осуществляется сбор первичных и формирование данных по показателям, можно на основе описанного набора функций, касающихся планирования и прогнозирования деятельности отрасли, разработки и контроля исполнения Программ деятельности для подведомственных Росморречфлоту предприятий (весь набор показателей), информации с официального сайта.

Функция оперативного наблюдения за набором отраслевых показателей деятельности зафиксированы и закреплены:

- в части морского транспорта за управлением морских портов и развития инфраструктуры;

– в части морского/речного транспорта за управлением инвестиций и программ развития.

Показатели для оперативного наблюдения в указанном документе не определены. В соответствии с Положением Управление внутреннего водного транспорта реализует функцию информационного мониторинга по перечню показателей отрасли.

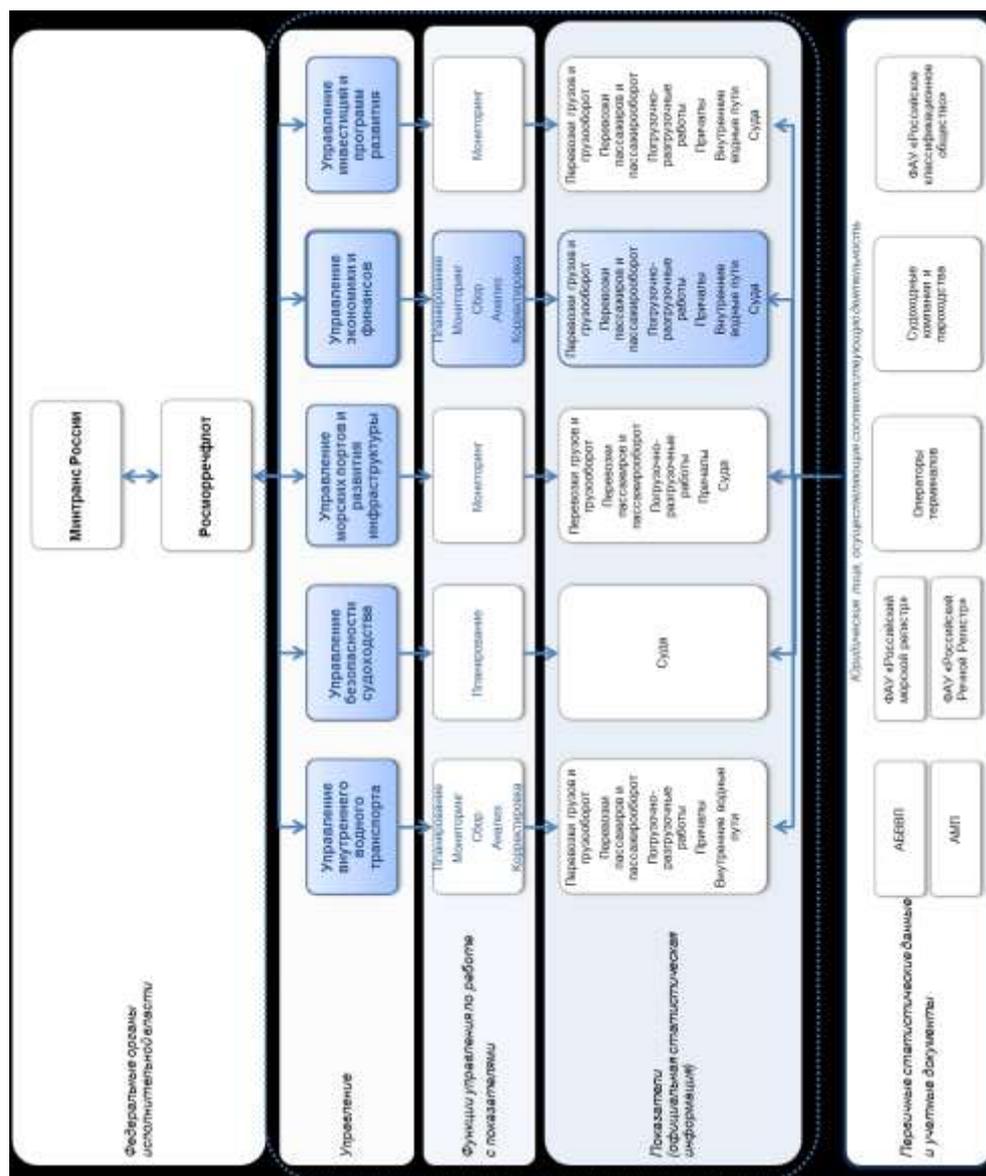


Рис.2. Текущая система отраслевого мониторинга на водном транспорте

Набор функций, представленных в таблице 2 для данного управления, обуславливает полный цикл по работе с показателями, за которые отвечает подразделения.

Управление безопасности судоходства участвует в ежегодной подготовке предложений по показателям.

Также необходимо отметить, что на уровне Минтранса России мониторинг деятельности морского и внутреннего водного транспорта реализуется Департаментом госполитики в области морского и внутреннего водного транспорта [14].

Анализ открытых источников сети Интернет показал, что мониторинг показателей осуществляется только в отношении внутреннего водного транспорта. Так, в соответствии с документом [15] система отраслевого мониторинга показателей работы внутреннего водного транспорта организована через Управление внутреннего водного транспорта Росморречфлота. Как указано в документе, в этих целях Управление осуществляет сбор первичной информации с предприятий водного транспорта АБВВП, ФГУП "Канал имени Москвы" (через организацию технического менеджмента), а также контроль мониторинга и ежемесячный анализ данных (грузопотоки, напряженность грузовых перевозок и интенсивность использования внутренних водных путей). В части морского транспорта подобного документа в открытой печати не обнаружено.

В систематизированном виде текущая система информационного мониторинга представлена на рисунке 2.

Текущая система информационного сбора и мониторинга показателей работы отрасли водного транспорта, в целом, реализована следующим образом.

1. Подготовка программ, прогнозов, подготовка и формирование перечня плановых показателей деятельности управлениями Росморречфлота (внутреннего водного транспорта; экономики и финансов).
2. Сбор и обработка первичных статистических данных и учетных документов управлениями Росморречфлота (внутреннего водного транспорта; безопасности судоходства; морских портов и развития инфраструктуры; инвестиций и программ развития; экономики и финансов) в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.
3. Функции субъекта официального статистического учета управлениями (экономики и финансов), которыми устанавливаются сроки сбора первичных данных, осуществляется сбор первичных данных (в том числе от других подразделений), формируются нужные статистические показатели работы отрасли в соответствии с установленными сроками их предоставления,
4. Оперативное наблюдение за показателями работы отрасли управлениями (морских портов и развития инфраструктуры; инвестиций и программ развития) в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.
5. Информационный отраслевой мониторинг по показателям управлениями Росморречфлота (внутреннего водного транспорта; экономики и финансов) в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.
6. Распространение официальной статистической информации в соответствующие организации управлениями Росморречфлота (экономики и финансов).
7. Подготовка предложений по показателям деятельности Росморречфлота в Ежегодный план управлениями (внутреннего водного транспорта; безопасности судоходства) в зависимости от

выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.

8. Корректировка программ, проектов и планов по показателям деятельности Росморречфлота в Ежегодный план управлениями (внутреннего водного транспорта; безопасности судоходства) в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.

Важно выделить, что, в соответствии с Положением о подразделении, не все управления Росморречфлота могут: участвовать в подготовке плановых и прогнозных документов; осуществлять оперативное наблюдение и мониторинг требуемых показателей; формировать предложения/корректировки в плановые и прогнозныe документы. По этим и другим причинам текущую реализацию системы мониторинга показателей отличают следующие особенности, которые тесно взаимосвязаны между собой.

Нормативно система мониторинга показателей закреплена только для внутреннего водного транспорта (через Управление внутреннего водного транспорта). В части морского транспорта подобного документа в открытой печати не обнаружено. При этом в Положениях разных управлений Росморречфлота имеются функции оперативного наблюдения или информационного мониторинга показателей (например, морских портов и развития инфраструктуры, экономики и финансов).

Мониторинг не отличается прозрачностью. Об этом говорит следующий пример: сбор показателей обеспечивают два управления. При этом с учетом возложенных на управление экономики и финансов функции по разработке и корректировке плановых и прогнозных документов, частично сбор первичных данных осуществляет управление внутреннего водного транспорта, через которое и организован единый отраслевой мониторинг, но только для внутреннего водного транспорта. В части мониторинга ситуация аналогична. При этом управление безопасности судоходства реализует функцию планирования, без реализации мониторинга фактических значений показателей.

Система мониторинга не достаточна эффективна. На текущий момент в соответствии с нормативной базой, мониторинг показателей могут осуществлять только три управления из пяти. Например, управление безопасности судоходства, если исходить из Положения о подразделении, не имеет за собой функции мониторинга показателей, за которые оно отвечает, следовательно, и проанализировать изменения за период времени, чтобы сформировать предложения по корректировке показателей, не сможет.

Система сбора данных не отвечает принципу «одного окна». Например, за сбор первичных данных сейчас отвечает управление внутреннего водного транспорта в целях мониторинга показателей только по данному виду транспорта. Также эту функцию выполняет управление экономики и финансов как субъекта официального статистического учета в области морского и внутреннего водного транспорта.

Отсутствует единая информационная система для регулярного мониторинга, анализа, формирования оперативных данных по показателям. Основной системой сбора различных статистических показателей является ЕМИСС, но туда попадают не все отраслевые показатели. Кроме того, сроки формирования (получения) нужных показателей в системе не оперативны. В случае необходимости такие сводки формируются, чаще всего, вручную.

На взгляд авторов, современная система отраслевого мониторинга должна учитывать ряд важных требований:

- быть прозрачной и унифицированной для отрасли и видов транспорта;
- обеспечивать информационный мониторинг и анализ требуемых отраслевых показателей в различных измерениях (по периодам,

управлениям, видам транспорта, регионам, областям, первичным организациям, план/факт и т.д.)

- быть нормативно утвержденной и доступной в открытой печати
- осуществляться отдельным подразделением Росморречфлота;
- иметь единую информационно-аналитическую платформу сбора и обработки первичных данных, анализа показателей, предоставления оперативной информации и отчетов по показателям отрасли.

В этой связи в целях совершенствования (оптимизации) системы информационного мониторинга показателей деятельности водного транспорта целесообразно рассмотреть следующие предложения:

- проработать концепцию единой открытой системы сбора и информационного мониторинга показателей деятельности водного транспорта;
- проработать и систематизировать наборы показателей для сбора и мониторинга по подведомственным организациям и управлениям Росморречфлота;
- проанализировать, при необходимости перераспределить /скорректировать функции ответственных подразделений Росморречфлота в части сбора, обработки, анализа, оперативного и планового мониторинга показателей работы отрасли;
- реализовать полноценный информационный отраслевой мониторинг за показателями работы отрасли через создание нового структурного подразделения Росморречфлота, которое будет выполнять интегрирующую функцию по отношению к уже существующим подразделениям (например, это может быть Центр информационного мониторинга водного транспорта, Ситуационный центр и др.);
- отразить в НМА актуальные подходы к мониторингу: разработать положение о новом структурном подразделении, сформулировать и закрепить конкретные наборы показателей за подразделениями/управлениями Росморречфлота в соответствии с их функциями и возможностями анализа, мониторинга и дальнейшего планирования их значений; возможно, расширить перечень подразделений, осуществляющих функцию оперативного наблюдения за показателями и др.;
- использовать гибкий BI-инструмент в целях получения оперативной аналитики и визуализации данных для повышения эффективности отраслевого мониторинга (например, на базе платформы QlikView).

С учетом обозначенных предложений система отраслевого мониторинга на водном транспорте может выглядеть следующим образом (рис. 3).

Оптимизированная система информационного сбора и мониторинга показателей работы отрасли водного транспорта реализована, в целом, следующим образом.

1. Подготовка программ, прогнозов, подготовка и формирование перечня плановых показателей деятельности управлениями Росморречфлота (экономики и финансов) в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.
2. Сбор и обработка первичных статистических данных и учетных документов (Единый центр отраслевого мониторинга).
3. Функции субъекта официального статистического учета управлениями Росморречфлота (экономики и финансов), которыми устанавливаются сроки сбора первичных данных, формируются нужные статистические показатели работы отрасли в соответствии с установленными сроками их предоставления.

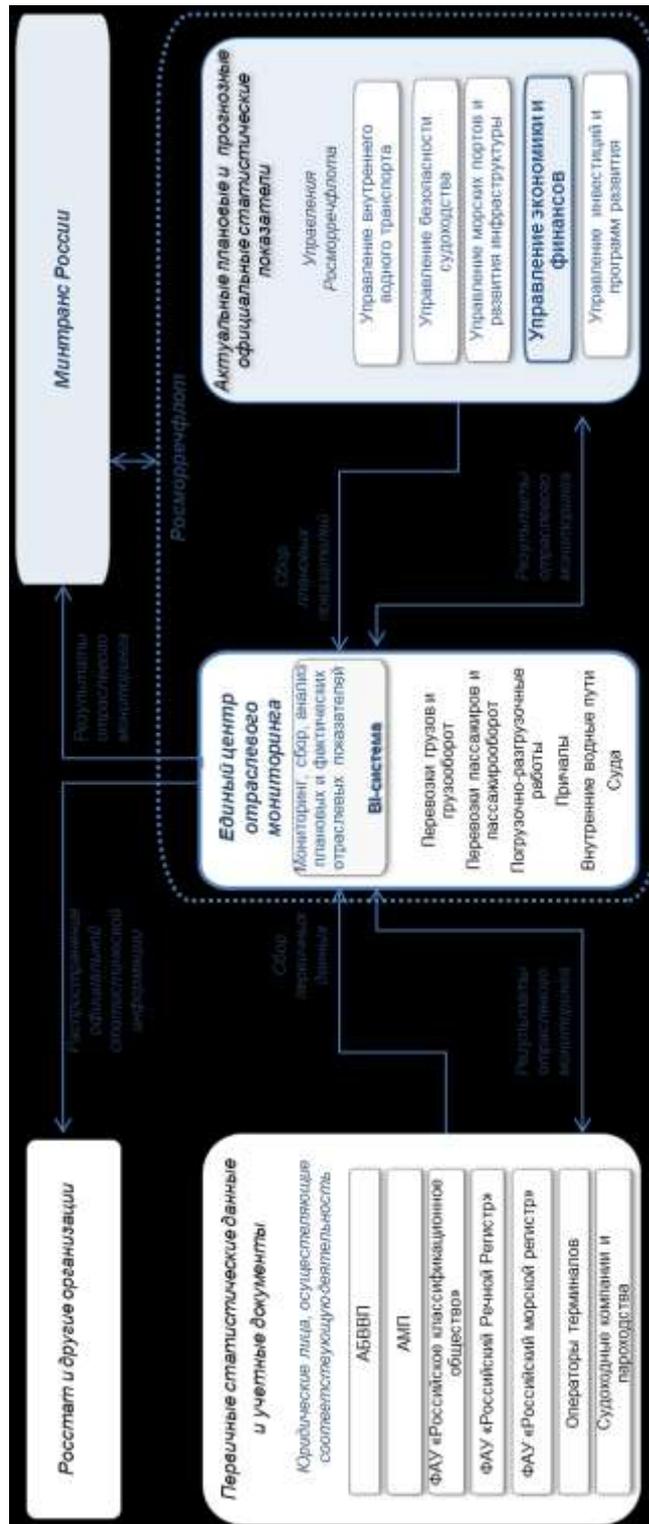


Рис.3. Система отраслевого мониторинга на водном транспорте

4. Оперативное наблюдение и информационный отраслевой мониторинг по показателям работы отрасли (Единый центр отраслевого мониторинга), а также все заинтересованные подразделения в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.
5. Распространение официальной и оперативной статистической информации, результатов мониторинга во все управления Росморречфлота и другие организации на регулярной основе (Единый центр отраслевого мониторинга).
6. Подготовка предложений/ корректировок по показателям деятельности Росморречфлота в Ежегодный план на основе информационного мониторинга управлениями (все управления) в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.
7. Корректировка программ, проектов и планов по показателям деятельности Росморречфлота в Ежегодный план управлениями (экономики и финансов) в зависимости от выполняемых ими функций и задач в соответствии с Положением о подразделении.

Создание такого центра в области водного транспорта поможет повысить прозрачность и достоверность мониторинга показателей работы отрасли, обеспечит повышение оперативности и эффективности принятия решений, будет способствовать стабилизации экономики отрасли и повышению отраслевой конкурентоспособности в целом.

Заключение

Таким образом, по итогам анализа нормативной базы можно сделать следующие выводы. На текущий момент сбор информации для расчета, анализа и мониторинга значений показателей отрасли водного транспорта обеспечивают органы федеральной исполнительной власти на транспорте, в частности, Росморречфлот, посредством сбора утвержденных форм статистической отчетности на регулярной основе. Однако, документа, регламентирующего данный процесс, содержащего этапы и порядок мониторинга отраслевых показателей, при анализе нормативных документов, опубликованных в открытой печати, не выявлено. Для широкого пользователя доступен нормативный документ, в котором обозначены задачи относительно улучшения системы мониторинга показателей работы внутреннего водного транспорта. Для морского транспорта такой документ отсутствует. В связи с этим, можно говорить о том, что процесс информационного сбора и мониторинга данных по показателям в отрасли отличается непрозрачностью, единая система мониторинга показателей на водном транспорте окончательно не сформирована.

На основе полученных выводов предлагается рассмотреть несколько вариантов по оптимизации системы отраслевого мониторинга, а именно, создание Единого центра отраслевого мониторинга. Это поможет повысить прозрачность процесса сбора и мониторинга показателей, его эффективность, а также оперативность принятия решений.

Список литературы

1. Официальный сайт ФАМиРТ. URL: <https://morflot.gov.ru/> (дата обращения 13.04.2024).
2. Официальный сайт ФГУП «Росморпорт» URL: www.rosmorport.ru (дата обращения 13.04.2024).
3. Официальный сайт ФГУП «Морсвязьспутник». URL: <https://www.marsat.ru/> (дата обращения 13.04.2024).
4. Приказ Росморречфлота от 26.03.2021 года № 41 «Об утверждении Положения об Управлении внутреннего водного транспорта Федерального агентства морского и

- речного транспорта». URL: <https://docs.cntd.ru/document/726609139?marker=6520IM> (дата обращения 30.06.2024).
5. Приказ Росморречфлота от 14.09.2016 года № 90/2 «Об утверждении Положения об Управлении безопасности судоходства». URL: <https://docs.cntd.ru/document/456065352> (дата обращения 30.06.2024).
 6. Приказ Росморречфлота от 27.12.2016 года № 128 "Об утверждении Положения об Управлении морских портов и развития инфраструктуры. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050209?marker=6520IM> (дата обращения 30.06.2024).
 7. Приказ Росморречфлота от 31.12.2015 №159 "Об утверждении Положения об Управлении экономики и финансов". URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_253736/ (дата обращения 30.06.2024).
 8. Распоряжение Росморречфлота от 31.07.2009 года N АД-150-р «Об утверждении Положения об Управлении транспортной безопасности». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902169670> (дата обращения 30.06.2024).
 9. Приказ Росморречфлота от 18.07.2022 N112"Об утверждении Положения об управлении проектами цифровой трансформации". URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=805793#8tsETHUET1sZ7aH9> (дата обращения 30.06.2024).
 10. Распоряжение Росморречфлота от 29.02.2008 N АД-116-р (ред. от 07.02.2011)"Об утверждении Положения об Управлении инвестиций и программ развития". URL: <https://docs.cntd.ru/document/902278432> (дата обращения 30.06.2024).
 11. Приказ Росморречфлота от 11.07.2017 N 79 (ред. от 20.06.2018)"Об утверждении Положения об Административном управлении". URL: <https://docs.cntd.ru/document/456086012> (дата обращения 30.06.2024).
 12. Приказ Росморречфлота от 31.12.2015 N 155 (ред. от 14.04.2017)"Об утверждении Положения об Управлении государственного имущества и правового обеспечения". URL: <https://docs.cntd.ru/document/420339733> (дата обращения 30.06.2024).
 13. Федеральный закон от 29.11.2007 N 282-ФЗ "Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации". URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72844/ (дата обращения 30.06.2024).
 14. Приказ Минтранса России от 17.03.2021 N 90 (ред. от 29.08.2022) "Об утверждении Положения о Департаменте государственной политики в области морского и внутреннего водного транспорта Министерства транспорта Российской Федерации". URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384658/ (дата обращения 30.06.2024).
 15. Распоряжение Росморречфлота от 28.07. 2008 года N АД-145-р «О создании единой системы отраслевого информационного мониторинга». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902127180?marker=7D60K4> (дата обращения 30.06.2024).

References

1. The official website of FAMiRT. URL: <https://morflot.gov.ru/> (accessed 04/13/2024)
2. The official website of FSUE Rosmorport URL: www.rosmorport.ru (accessed 04/13/2024)
3. The official website of FSUE "Morsvyazsputnik". URL: <https://www.marsat.ru/> (accessed 04/13/2024)
4. Rosmorrechflot Order No. 41 dated 03/26/2021 "On Approval of the Regulations on the Management of Inland Waterway Transport of the Federal Agency for Maritime and River Transport". URL: <https://docs.cntd.ru/document/726609139?marker=6520IM> (accessed 30.06.2024)
5. Rosmorrechflot Order No. 90/2 dated 09/14/2016 "On Approval of the Regulations on the Management of Navigation Safety". URL: <https://docs.cntd.ru/document/456065352> (accessed 30.06.2024)
6. Rosmorrechflot Order No. 128 dated December 27, 2016 "On Approval of the Regulations on the Management of Seaports and Infrastructure Development. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050209?marker=6520IM> (accessed 30.06.2024)
7. Rosmorrechflot Order No. 159 dated 12/31/2015 "On Approval

8. The Order of Rosmorrechflot dated 07/31/2009 N AD-150-r "On approval of the Regulations on the Management of transport security". URL: <https://docs.cntd.ru/document/902169670> (date of application 30.06.2024)
9. Order of Rosmorrechflot dated 07/18/2022 N112 "On approval of the Regulations on the management of digital transformation projects". URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=805793#8tsETHUET1sZ7aH9> (accessed 30.06.2024)
10. Rosmorrechflot Order dated 02/29/2008 N AD-116-r (ed. dated 02/07/2011)"On the approval of the Regulations on the Management of Investments and Development Programs." URL: <https://docs.cntd.ru/document/902278432> (date of application 30.06.2024)
11. Order of Rosmorrechflot dated 07/11/2017 No. 79 (ed. dated 06/20/2018)"On the approval of the Regulations on Administrative Management". URL: <https://docs.cntd.ru/document/456086012> (date of appeal 30.06.2024)
12. Order of Rosmorrechflot dated 31.12.2015 N 155 (ed. dated 04/14/2017)"On the approval of the Regulations on the Management of State Property and Law
13. Federal Law of November 29, 2007 N 282-FZ "On official statistical accounting and the system of state statistics in the Russian Federation." URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72844/ (date accessed 06/30/2024).
14. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated 03/17/2021 No. 90 (as amended on 08/29/2022) "On Approval of the Regulations on the Department of State Policy in the field of Maritime and Inland Waterway Transport of the Ministry of Transport of the Russian Federation". URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384658/ (date of appeal 30.06.2024).
15. Rosmorrechflot Order No. AD-145-r dated 07.28. 2008 "On the creation of a unified system of industry information monitoring". URL: <https://docs.cntd.ru/document/902127180?marker=7D60K4> (accessed 30.06.2024).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

Холопов Александр Александрович, старший разработчик баз данных, PSI Co Ltd, St. Petersburg, Russia

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

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

Sergei A. Kazmin, undergraduate student of the State Marine Technical University, Lotsmanskaya Ulitsa, 10, Sankt-Peterburg, 190121

Alexander A. Kholopov, Senior Database Developer, PSI Co Ltd, St. Petersburg, Russia

Anna A. Kholopova, methodist of the State budgetary institution of additional education House of creativity "Izmailovsky", 26a, letter A, st. Egorova, Saint-Petersburg 190005

Статья поступила в редакцию 23.07.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 23.07.2024; published online 20.12.2024

УДК 336.226.2

DOI: 10.37890/jwt.vi81.540

Имущественное налогообложение в сфере водного транспорта

В.В. Крайнова

ORCID: 0000-0001-7960-3661

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

Аннотация. Имущественное налогообложение в сфере водного транспорта является одним из рычагов повышения фондоотдачи, который имеет важное значение для повышения эффективности и конкурентоспособности транспортной отрасли. В ходе исследования всесторонне проанализированы налоговая база и структура начислений по налогу на имущество и транспортному налогу, рассмотрена динамика поступлений имущественных налогов по виду экономической деятельности «Водный транспорт» за 2020–2023 гг., представлен анализ элементов налогообложения с учетом отраслевой направленности. Особое внимание уделено анализу налоговых льгот. Высокая фондоёмкость водного транспорта определяет необходимость не допустить двойного налогообложения флота – налогом на имущество и транспортным налогом. Автор дает методическое обоснование введения дополнительной отраслевой льготы по транспортному налогу.

Ключевые слова: водный транспорт, имущественные налоги, транспортный налог, налог на имущество организаций, отраслевые налоговые льготы, налоговая база налоговые поступления, структура транспортного налога, структура налога на имущество организаций.

Property taxation in the field of water transport

Vera V. Krainova

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Property taxation in the water transport sector is one of the levers for increasing the return on assets, which is important for improving the efficiency and competitiveness of the transport industry. The study comprehensively analyzed the tax base and the structure of charges for property tax and transport tax, considered the dynamics of property tax revenues by type of economic activity "Water Transport" for 2020-2023, presented an analysis of taxation elements taking into account the industry focus. Particular attention is paid to the analysis of tax incentives. The high capital intensity of water transport determines the need to prevent double taxation of the fleet - property tax and transport tax. The author proposes a methodological justification for the introduction of an additional industry benefit for transport tax.

Keywords: water transport, property taxes, transport tax, tax on the property of organizations, industry tax incentives, tax base, tax revenues, structure of transport tax, structure of tax on the property of organizations.

Введение

Имущественное налогообложение оказывает существенное влияние на развитие водного транспорта. Транспорт является фондоёмкой отраслью экономики страны, а на водном транспорте - морском и внутреннем водном - стоимость транспортных средств составляет примерно 3/4 от общей стоимости основных фондов. Важнейшими имущественными налогами для организаций отрасли (учитывая, что основную активную часть фондов составляет флот) являются транспортный налог и налог на имущество организаций.

Анализ теории и практики применения имущественных налогов в России находится в поле зрения отечественных ученых-экономистов. Их научные работы [1-7], раскрывающие теоретико-методологические основы совершенствования налогообложения в транспортных компаниях, в том числе в организациях водного транспорта, выступили теоретической, методологической и эмпирической базой исследования автора. Однако некоторые аспекты имущественного налогообложения на водном транспорте требуют дополнительной проработки.

Налогоплательщиками имущественных налогов по виду экономической деятельности «Водный транспорт» выступают 2700 организаций, 93 % из которых находятся в частной собственности (табл.1).

Таблица 1

Количество организаций-налогоплательщиков по виду экономической деятельности «Водный транспорт»

№п/п	Показатели	2020	2021	2022
1	Количество налогоплательщиков, тыс. ед., их них	2,9	2,8	2,7
1.1.	государственная и муниципальная собственность	0,1	0,1	0,1
1.2	частная собственность	2,6	2,5	2,5

Таблица составлена автором по данным аналитического сборника *Транспорт в России-2022*, размещенного на сайте Росстата rosstat.gov.ru [8].

В контексте рассмотрения имущественных налогов, используя статистические данные, оценим первоначальную стоимость, износ основных фондов по отраслевой деятельности водного транспорта. (табл.2).

Таблица 2

Стоимость основных фондов по виду экономической деятельности «Водный транспорт»

№п /п	Показатели	2020	2021	2022
1	Основные фонды по виду деятельности «Водный транспорт» (млн руб.):	287 700	327 100	367 200
	морской пассажирский транспорт	34 100	32 400	11 400
	морской грузовой транспорт	130 200	142 800	174 000
	внутренний водный пассажирский транспорт	5 700	9 200	5 700
	внутренний водный грузовой транспорт	117 700	142 600	176 100
2.	Степень износа основных фондов коммерческих организаций по виду экономической деятельности «Водный транспорт» (%)	43,0	44,1	35,9
	морской пассажирский транспорт	31,7	35,9	11,6
	морской грузовой транспорт	36,6	37,5	34,0
	внутренний водный пассажирский транспорт	39,5	71,2	48,5
	внутренний водный грузовой транспорт	53,5	50,7	38,9

Таблица составлена автором по данным аналитического сборника *Транспорт в России-2022*, размещенного на сайте Росстата rosstat.gov.ru [8].

Стоимость основных фондов водного транспорта на 01.01.2023 составила 367 200 млн рублей, с приростом относительно предыдущего года 12,2%. Большая часть основных фондов водного транспорта приходится на внутренний водный грузовой транспорт (48%) и морской грузовой транспорт (47%).

Общий процент износа основных фондов водного транспорта -35,9%. Максимальную степень износа имеет внутренний водный пассажирский транспорт – 48,5%, минимальную – морской пассажирский транспорт –11,6%. Следует отметить, что за последний анализируемый период значительно снизились показатели износа по всем видам водного транспорта, что объясняется активным обновлением грузового и пассажирского парка судов.

Методы

В работе использовались различные методы экономических исследований: анализа, синтеза, группировки, сравнения и обобщения. Источникам информации являлись статистические данные Федеральной налоговой службы России, Федеральной службы государственной статистики.

Результаты, обсуждения

Особенности имущественного налогообложения в деятельности водного транспорта проявляются в составе элементов налога.

Налог на имущество организаций

Это региональный налог, объектом по которому является недвижимое имущество, учитываемое на балансе в качестве основных средств. [9]. Известно, что флот относится к недвижимым вещам в соответствии со ст. 130 ГК РФ. Однако Налоговый кодекс РФ содержит исключения (ст.374 НК РФ): из объекта налогообложения «выведены» ледоколы, суда с ядерными энергетическими установками и суда атомно-технологического обслуживания; суда, зарегистрированные в Российском международном реестре судов; суда, зарегистрированные в Российском открытом реестре судов лицами, получившими статус участника специального административного района [9].

Налоговой базой в общем случае признается среднегодовая стоимость имущества. Кадастровая стоимость является объектом в отношении отдельных объектов недвижимого имущества (административно-деловые, торговые центры). В соответствии с данными статистики, за 2023 год налоговая база по налогу на имущество составила 63 097,9 млрд руб., основная ее часть (82%) – среднегодовая стоимость имущества, 18% - кадастровая стоимость [10].

Основная ставка налога-2,2%. Льготные ставки по налогу на имущество организаций могут быть установлены на региональном уровне. Выполненный анализ показал, что только в трех регионах РФ применяются более благоприятные условия по имущественному налогообложению водного транспорта: Республика САХА (освобождение от налогообложения для организаций внутреннего водного транспорта), Хабаровский край (пониженная ставка 0,2% по объектам гидротехнических сооружений), Пермский край (по виду деятельности «Транспорт и связь» - налог уплачивается в размере 50%).

Кроме использования льгот по налогу на имущество, организации водного транспорта могут использовать различные способы оптимизации налоговых платежей по налогу. Так как имущество участвует в расчете налоговой базы по остаточной стоимости, снижение налоговой базы возможно при использовании методов ускоренной амортизации, что позволит, в свою очередь, снизить остаточную стоимость недвижимого имущества. Снизить налоговую базу позволит более

эффективное использование объектов недвижимости (в т.ч. флота), освобождение от неиспользуемого, ненужного имущества.

Транспортный налог

Налог относится к категории обязательных региональных налогов. Предприятия водного транспорта, имеющие на балансе транспортные средства, признаваемые объектом налогообложения в соответствии со статьей 358 НК РФ, являются плательщиками данного налога. [9].

Налоговой базой в зависимости от вида транспортного средства может быть мощность двигателя, статическая тяга реактивного двигателя, валовая вместимость и т.п.

Для организаций водного транспорта есть возможность оптимизировать объект налогообложения (ст. 358 НК РФ): не попадают под налогообложение промышленные морские и речные суда; пассажирские и грузовые морские, речные для перевозчиков; суда, зарегистрированные в Российском международном реестре судов; суда, зарегистрированные в Российском открытом реестре судов лицами, получившими статус участника специального административного района [9].

Суммы транспортного налога в 2023 году распределились в следующем соотношении: по наземному транспорту- 95%, водному – 2%, воздушному-3%. Из общей суммы налога по водным транспортным средствам наибольшая сумма «падает» на «иные транспортные средства»- 41%, «катера, моторные лодки и другие водные транспортные средства» - 30% [11].

Сумму налога предприятия водного транспорта исчисляют самостоятельно в отношении каждого транспортного средства с применением налоговых ставок, установленных субъектами РФ.

В таблице 3 выполнен расчет транспортного налога. В основе расчета – налоговая база и ставка, в расчете так же учитывается фактическое количество месяцев эксплуатации транспортного средства в течение календарного года.

Таблица 3

Расчет транспортного налога на примере организации водного транспорта

Транспортное средство	Показатель	Значение показателя
Теплоход «Прибой»	Налоговая база, брутто-регистрационная тонна	448,8
	Налоговая ставка, руб.	100
	Сумма налога, руб.	$448,8 \times 100 \times 12/12 = 44\ 880$
Земснаряд «Волжский - 516»	Налоговая база, брутто-регистрационная тонна	870,40
	Налоговая ставка, руб.	100
	Сумма налога, руб.	$870,4 \times 100 \times 12/12 = 87\ 040$

Платежи по имущественным налогам за 2020–2022 гг. представлены в таблице 4.

Таблица 4

Поступления налога на имущество и транспортного налога по виду деятельности «Водный транспорт»

№ п/п	Показатели	2020	2021	2022
1	Поступило налогов по виду деятельности «Водный транспорт (млн. руб.), в т. ч.	26 091,5	33 145,5	32 168,1
	налог на имущество	679,3	872,6	770,0
	транспортный налог	180,6	217,3	163,1

2	Удельный вес имущественных налогов в общей сумме налоговых платежей по виду деятельности «Водный транспорт» (%):	3,2	3,2	2,9
	налог на имущество	2,6	2,6	2,3
	транспортный налог	0,6	0,6	0,6
3	Темп роста платежей по имущественным налогам по виду деятельности «Водный транспорт» (%):	-	1,26	0,86
	налог на имущество	-	1,28	0,88
	транспортный налог	-	1,20	0,75

Таблица составлена автором на основании форм налоговой отчетности 1-НОМ «Начисление и поступление налогов, сборов и страховых взносов в бюджетную систему РФ по основным видам экономической деятельности», размещенной на сайте ФНС России www.nalog.gov.ru[12].

Анализ показал, что в структуре налоговых платежей по виду деятельности «Водный транспорт» имущественные налоги занимают незначительный удельный вес – порядка 3 % с преобладающей долей налога на имущество – 2,3–2,6 %. Динамика поступления налогов нестабильна: с изменением положительной динамики в 2021 году (темп роста 1,26) на отрицательную в 2022 (темп роста 0,86%).

Несмотря на незначительный удельный вес имущественных платежей в общей сумме налоговых платежей, для предприятий водного транспорта, финансовые показатели деятельности которых далеки от оптимальных (табл.5), необходимо проводить системную работу по снижению налогового бремени.

Таблица 5

Некоторые финансовые показатели деятельности водного транспорта на 01.01.2023

Вид деятельности	Рентабельность продаж, %	Удельный вес прибыльных организаций, %
Деятельность водного транспорта	3,8	62,0

Таблица составлена автором по данным аналитического сборника Финансы России-2022, размещенного на сайте Росстата rosstat.gov.ru [13].

Регулирование налоговой нагрузки предприятий водного транспорта посредством отраслевых налоговых льгот призвано создать условия для экономического роста транспортных предприятий и обслуживающих их бюджетных учреждений.

В настоящее время освобождения по имущественным налогам распространяется на перевозчиков – судоходные компании. Освобождения, представленные сразу и по налогу на имущество и по транспортному налогу при регистрации судов в реестре, направлены на стимулирование судостроения и обновления судоходными компаниями устаревшего флота.

Проблемным вопросом остается двойное налогообложение технического флота у организаций, обслуживающих перевозочный процесс, они таких льгот не имеют (например, для Администраций бассейнов внутренних водных путей).

Известно, что целесообразно применять льготы в тех отраслях, ускоренное развитие которых необходимо на определённом этапе развития экономики [14]. При выборе категорий налогоплательщиков – Администрации бассейнов внутренних водных путей - для которых целесообразно установить льготу по транспортному налогу для устранения двойного налогообложения флота, мы опирались на определенные критерии: высокая фондоемкость отрасли; устаревшая инфраструктура водных путей и устаревание технического флота; высокая востребованность обслуживания перевозочного процесса в условиях роста объема перевозок, в том

числе экспортных; незначительный удельный вес налоговых поступлений от транспортного налога в общем объеме налоговых поступлений. [5].

Учитывая географию акваторий внутренних водных путей России, считаем, что данный вопрос требует проработки на федеральном уровне.

Заключение

С учетом высокой фондоемкости отрасли имущественное налогообложение играет важную роль в экономике транспортного предприятия и является стимулом для более рационального использования основных производственных фондов - повышения фондоотдачи. Действующие для судоходных компаний льготы по транспортному налогу следует распространить и на технический флот Администраций бассейнов внутренних водных путей, который в настоящее время облагается одновременно двумя налогами: налогом на имущество и транспортным налогом. Данная позиция методически обоснована автором [5].

В целом перспективы имущественного налогообложения на водном транспорте определяются общими тенденциями развития, которые отражены в Транспортной стратегии РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [15]. Продолжится строительство судов для внутренних водных путей и смешанного (река-море) типа плавания с использованием альтернативных видов топлива. Планируется активное обновление морского транспортного флота. Повышение эффективности и безопасности перевозок должен обеспечить беспилотный транспорт: планируется внедрять автономные суда в пассажирских и грузовых перевозках с уровнем автономности 2 и выше [15].

В рамках II-го этапа реализации стратегии (2025-2030 гг.) будет продолжаться развитие портовой инфраструктуры, опорной сети внутренних водных путей, улучшение их качественных параметров с целью расширения транспортной и туристской пассажирской сети.

Общий объем инвестиций по направлению «Внутренний водный транспорт», «Морской транспорт» составит 4,1–5,0 трлн. рублей [15]. С учетом реализации этих проектов в отрасли увеличится стоимость имущественного комплекса, и как следствие, значимость имущественных налогов для организаций водного транспорта.

Список литературы

1. Лаврентьева Е.А., Плавинская Г.А. Взаимосвязь имущественного налогообложения и развития транспортного бизнеса // Транспортное дело России. 2022. № 4. С. 22–26.
2. Лаврентьева Е. А. Методологические подходы к сущности отраслевых налоговых льгот // Мир транспорта. 2016. № 2. С. 6–15.
3. Lavrenteva E. TAX RISK MANAGEMENT AT THE ENTERPRISE OF THE ENERGY SECTOR // В сборнике: International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018. Серия: Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 983. Cham, 2019. С. 146–157.
4. Крайнова В.В. Совершенствование имущественного налогообложения в бюджетных учреждениях водного транспорта / В сборнике: Формирование и реализация стратегии устойчивого экономического развития Российской Федерации. сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 290–294.
5. Крайнова В. В., Соловьева И.С. Обоснование введения налоговой льготы по транспортному налогу в бюджетных учреждениях водного транспорта // в сборнике: Государственное управление и развитие России: вызовы и перспективы. сборник статей VII Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 122-126.
6. Владимиров Д. Ю., Мисиркаева К. Р. Проблемы и перспективы развития налога на имущество организаций в Российской Федерации // Теория и практика общественного развития. 2022. № 7. С. 142–146.

7. Маркова Н. А. Место и роль транспортного налога в налоговом потенциале регионального бюджета// Научные проблемы водного транспорта. 2023. № 77. С. 167–182
8. Транспорт в России – 2022 [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Transport_2022.pdf (дата обращения: 07.11.2024).
9. Налоговый кодекс РФ, часть 2.
10. Отчет о налоговой базе и структуре начислений по налогу на имущество организаций, форма 5-ННО [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://www.nalog.gov.ru/rn48/related_activities/statistics_and_analytics/forms/15065064/ (дата обращения: 06.11.2024).
11. Отчет о налоговой базе и структуре начислений по транспортному налогу. Форма 5-ТН [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://www.nalog.gov.ru/rn48/related_activities/statistics_and_analytics/forms/15037301/ (дата обращения: 07.11.2024).
12. Форма налоговой отчетности 1-НОМ «Начисление и поступление налогов, сборов и страховых взносов в бюджетную систему РФ по основным видам экономической деятельности» [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://www.nalog.gov.ru/rn41/related_activities/statistics_and_analytics/forms/14794313/ (дата обращения: 07.11.2024).
13. Российский статистический ежегодник 2023 [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2023.pdf (дата обращения: 07.11.2024).
14. Крайнова В. В. Оценка эффективности налогового контроля в сфере водного транспорта//Научные проблемы водного транспорта. 2023. № 77. С. 158–166.
15. Транспортная стратегия РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 г. №3363-р.

References

1. Lavrenteva E.A., Plavinskaya G.A. The relationship between property taxation and the development of the transport business// Transport business of Russia. 2022. No. 4. Pp. 22–26.
2. Lavrenteva E.A. Methodological approaches to the essence of industry tax incentives// World of transport. 2016. No. 2. Pp. 6–15.
3. Lavrenteva E. TAX RISK MANAGEMENT AT THE ENTERPRISE OF THE ENERGY SECTOR// In the collection: International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018. Series: Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 983. Cham, 2019. Pp. 146–157.
4. Krainova V. V. Improving property taxation in budgetary institutions of water transport / In the collection: Formation and implementation of the strategy for sustainable economic development of the Russian Federation. collection of articles of the XIII International scientific and practical conference. Penza, 2023. Pp. 290-294.
5. Krainova V. V., Solovyova I.S. Justification for the introduction of a tax benefit on transport tax in budgetary institutions of water transport// in the collection: Public administration and development of Russia: challenges and prospects. collection of articles of the VII All-Russian Scientific and practical conference. Penza, 2023. pp. 122-126.
6. Vladimirov D. Yu., Misirkaeva K. R. Problems and prospects for the development of property tax of organizations in the Russian Federation // Theory and practice of social development. 2022. No. 7. Pp. 142-146.
7. Markova N. A. Place and role of transport tax in the tax potential of the regional budget // Scientific problems of water transport. 2023. No. 77. P. 167–182
8. Transport in Russia – 2022 [Electronic resource]. — access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Transport_2022.pdf (date of access: 07.11.2024).
9. Tax Code of the Russian Federation, part 2.
10. Report on the tax base and structure of charges for property tax of organizations, form 5-NIO [Electronic resource]. — access mode: https://www.nalog.gov.ru/rn48/related_activities/statistics_and_analytics/forms/15065064/ (date of access: 06.11.2024).

11. Report on the tax base and structure of charges for transport tax. Form 5-TN [Electronic resource]. — access mode: https://www.nalog.gov.ru/rn48/related_activities/statistics_and_analytics/forms/15037301/ (date of access: 07.11.2024).
12. Tax reporting form 1-NOM "Accrual and receipt of taxes, fees and insurance premiums to the budget system of the Russian Federation for the main types of economic activity" [Electronic resource]. — access mode: https://www.nalog.gov.ru/rn41/related_activities/statistics_and_analytics/forms/14794313/ (date of access: 07.11.2024).
13. Russian Statistical Yearbook 2023 [Electronic resource]. — access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2023.pdf (date accessed: 07.11.2024).
14. Krainova V. V. Assessment of the effectiveness of tax control in the field of water transport // Scientific problems of water transport. 2023. No. 77. Pp. 158-166.
15. Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035, approved by the order of the Government of the Russian Federation dated 27.11.2021 No. 3363-г.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Крайнова Вера Владимировна, к.э.н.,
доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета,
анализа и финансов, Волжский
государственный университет водного
транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951,
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:
krainova.vv@vsuwt.ru

Vera V. Krainova, 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 10.11.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 10.11.2024; published online 20.12.2024.

УДК 338

DOI: 10.37890/jwt.vi81.541

Дефицит кадров как основная угроза кадровой безопасности на предприятиях водного транспорта

И.Ю. Кудрявцева

ORCID: 0000-0002-8178-4032

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

Аннотация. В условиях геополитической и экономической неопределенности предприятия водного транспорта столкнулись с достаточно серьезными проблемами в области обеспеченности трудовыми ресурсами. Кадровый дефицит инженерно-технического, производственно-технического персонала, работников в сфере IT-технологий, а также квалифицированных рабочих приобретает особую актуальность в сфере судоходства и судостроения. Успешное функционирование предприятий возможно только при наличии компетентного, ответственного и мотивированного персонала, который обеспечивает высоко эффективную работу предприятия и создает предпосылки для его устойчивого развития. Но вместе с этим работники выступают основным источником угроз в области кадровой безопасности в частности, и экономической безопасности предприятия в целом. Угрозы кадровой безопасности формируются под влиянием личностных качеств персонала, морально-нравственной направленности, склонности к различным видам зависимостей, которые могут привести к разглашению конфиденциальной информации и промышленному шпионажу, мошенничеству, хищению материальных и финансовых ресурсов и др. В проведенном исследовании обозначены основные проблемы, спровоцировавшие дефицит кадров в отрасли, рассмотрены угрозы кадровой безопасности, а также определены основные направления устранения кадрового дефицита.

Ключевые слова: экономическая безопасность, кадровая безопасность, угрозы кадровой безопасности, предприятия водного транспорта, дефицит кадров

Personnel shortage as the main threat to personnel security at water transport enterprises

Irina Y. Kudryavtseva

ORCID: 0000-0002-8178-4032

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Absattract. In the context of geopolitical and economic uncertainty, water transport enterprises have faced quite serious problems in the field of human resources provision. The personnel shortage of engineering, production and technical personnel, workers in the field of IT technologies, as well as skilled workers is becoming particularly relevant in the field of shipping and shipbuilding. The successful operation of enterprises is possible only with competent, responsible and motivated personnel, who ensure highly efficient operation of the enterprise and create the preconditions for its sustainable development. But at the same time, employees are the main source of threats in the field of personnel security in particular, and the economic security of the enterprise in general. Threats to personnel security are formed under the influence of personal qualities of personnel, moral orientation, propensity for various types of dependencies, which can lead to disclosure of confidential information and industrial espionage, fraud, theft of material and financial resources, etc. The study has identified the main problems that have provoked a shortage of personnel in the industry, has considered threats to personnel security, and has identified the main directions for eliminating the personnel shortage.

Keywords: economic security, personnel security, threats to personnel security, water transport enterprises, personnel shortage

Введение

Прямое воздействие на экономическую безопасность любого государства оказывает геополитическая обстановка. В настоящее время в результате использования различных форм и методов информационно-политической и экономической войны, объявленной России недружественными странами, нанесен серьезный ущерб экономической безопасности государства. Изменения, вызванные последствиями пандемии COVID 19, началом специальной военной операции на Украине выявили несоответствие уровня экономической безопасности уровню новых геополитических угроз. Состояние, развитие, эффективное функционирование системы экономической безопасности государства в достаточно высокой степени зависят от функционирования отраслей народного хозяйства, в том числе и транспортной.

Исследования показали, одной из приоритетных задач в ближайшее время становится возрождение речного транспорта, обладающего рядом преимуществ перед другими видами транспорта. Как отметил Председатель Государственной Думы Вячеслав Володин «реки позволяют доставлять грузы и пассажиров в районы, с которыми отсутствует ж/д и автомобильное сообщение. Экономический фактор: километр перевозки на судне на 15% дешевле, чем по железной дороге и на 25% - чем на автомобиле» [1]

Особое внимание за последние два года уделяется развитию пассажироперевозок внутренним водным транспортом. Так по поручению Президента РФ В.В. Путина Правительству Российской Федерации необходимо «разработать маршрутную сеть пассажирских перевозок по внутренним водным путям единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации на период до 2035 года, определив основные пункты для посадки (высадки) пассажиров, ежегодные объемы таких перевозок, необходимое количество и типы судов». [2]

Становится очевидным, что реализация проекта по наращиванию объемов грузов- и пассажироперевозок невозможна без обновления и увеличения численности речного флота и развития транспортной инфраструктуры. Поэтому реализация этих проектов потребует привлечение дополнительных материальных, финансовых и трудовых ресурсов.

По нашему мнению, центральным элементом стратегического управления предприятиями водного транспорта в этот период становится кадровая политика, именно персонал становится основополагающим, но в то же время является самым сложным звеном для обеспечения экономической безопасности предприятия.

Методы

Основу проведенных исследований составляют официально опубликованная информация с сайта Президента РФ²⁶, нормативно-правовые акты в области экономической безопасности, данные официальной статистики, представленные Федеральной службой государственной статистики²⁷ и средств массовой информации, а также труды отечественных и зарубежных авторов в области экономической и кадровой безопасности.

²⁶ <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/71873>

²⁷ <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>

Основными методами исследования являются общенаучные методы: анализ, синтез, дедукция, индукция; статистические методы, а также методы наглядного представления данных.

Результаты

Экономическая безопасность, призванная защищать важнейшие интересы предприятия, по функциональным направлениям подразделяется на следующие виды: правовая, финансовая, кадровая, производственная, технико-технологическая, инвестиционная, информационная, экологическая. [3] Кадровая составляющая в той или иной мере оказывает влияние на возникновение реальных угроз в каждом структурном элементе экономической безопасности, занимая при этом доминирующую позицию.

Под кадровой безопасностью предприятия мы будем понимать «процесс минимизации или окончательное сведение к нулю всяких неблагоприятных воздействий (как внешних, так и внутренних) на экономическую безопасность хозяйствующего субъекта – организации за счет минимизации рисков и угроз, связанных с персоналом, его интеллектуальным потенциалом и трудовыми отношениями. [4]

Внешние факторы (изменения политической, экономической, демографической ситуации в стране, недобросовестная конкуренция, изменения законодательства и др.), не зависят от сотрудников предприятия, но оказывают негативное влияние на процессы управления кадрами, основные экономические показатели предприятия и уровень его экономической безопасности. Внутренние факторы связаны непосредственно с действиями администрации и самих работников, которые наносят предприятию не только финансовый ущерб, но и влияют на его деловую репутацию, среди них можно выделить: систему управления кадрами; систему мотивации персонала; квалификацию персонала;

В настоящее время наблюдается рост возникающих угроз именно со стороны собственного персонала, которые можно разделить на осознанные (хищения, разглашение конфиденциальной информации, распространение негативной информации о работодателе, сговор с конкурентами) и неосознанные (случайные ошибки, профессиональная некомпетентность). Поэтому именно анализу угроз, формирующихся под влиянием внутренних факторов следует уделять особое внимание.

Предприятия водного транспорта осуществляют такие виды деятельности как перевозка грузов, пассажиров, погрузо-разгрузочные работы, судостроение, судоремонт, модернизация и переоборудование судов, разработка проектных технических документов на модернизацию и переоборудование судов и др., для осуществления которых необходимы работники разных профессий и квалификаций.

Но на протяжении последних нескольких лет предприятия водного транспорта столкнулись с проблемой кадрового дефицита.

Так в 2024 году испытывают дефицит кадров в судостроительной отрасли свыше 90% компаний (в 2023 году этот показатель составлял 83%), наиболее востребованными являются следующие специальности: токари, фрезеровщики, шлифовальщики, сварщики, слесари и инженеры. [5] По данным Государственного университета морского и речного флота имени С.О Макарова «наблюдается тотальный дефицит кадров для флота: дефицит рабочих специальностей на морском и речном флоте, дефицит командного состава для новых судов внутренних водных путей с современным оборудованием, требующим не только опыта, но и высокой квалификации, а также относительный дефицит старшего командного состава специализированных морских судов» [6]

Рассмотрим основные причины, спровоцировавшие «кадровый голод». В результате неблагоприятной демографической ситуации в стране происходит

сокращение рабочей силы, постепенное старение персонала, что для многих отраслей имеет критические последствия.

Как отмечается в Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2035 года средний возраст работников судостроительных предприятий составляет 45 лет [7], в то время как «статистика демонстрирует интенсивное снижение количества сотрудников 25-29 лет и острую нехватку персонала 20-24 лет, доля которого примерно в 2 раза ниже, чем в других возрастных группах» [8], являющихся самыми востребованными категориями у работодателей.

В период с 2016 года по 2021 год серьезных изменений количества выпускников, получивших образование в организациях высшего, и среднего звена практически по всем специальностям и направлениям подготовки эксплуатации водного транспорта не происходило. (рис.1, рис.2)

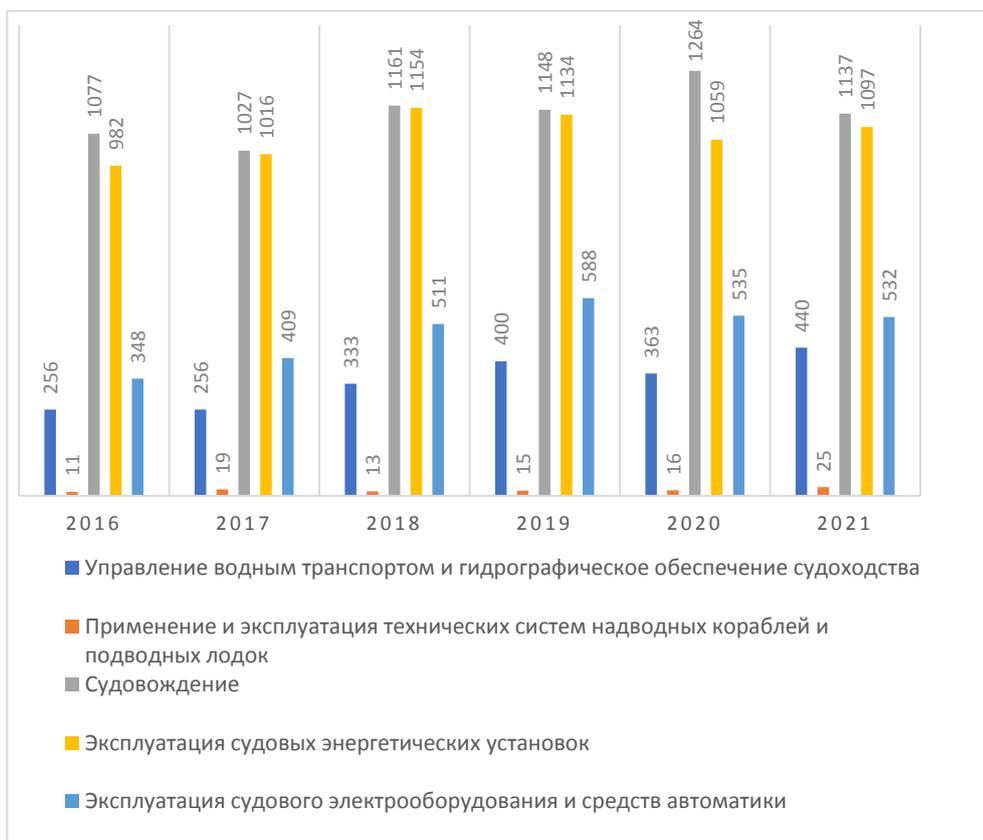


Рис.1. Выпуск бакалавров, специалистов, магистров государственными и муниципальными образовательными организациями высшего образования и научными организациями по специальностям и направлениям подготовки эксплуатации водного транспорта (человек)²⁸

Наибольшей популярностью пользуется специальность «Судовождение». Выпускники востребованы, проблем с трудоустройством не испытывают. Но наметилась тенденция к снижению выпуска специалистов плавсостава по уровню высшего образования «многие уходят с программ высшего образования, потому что поступают, думая не о профессии, а о среднем балле ЕГЭ.... Кроме того, новые

²⁸ Составлено автором на материалах [9,10,11]

положения о дипломировании членов экипажей, убравшие требования о наличии высшего образования у старшего состава судов, не стимулируют продолжение обучения». [12]

Количество выпущенных квалифицированных рабочих по профессиям водного транспорта не изменяется на протяжении анализируемого периода и составляет 1500 чел.

(за исключением 2016 г.). (рис.3) Но за это время, произошло перераспределение в структуре, и доля квалифицированных рабочих и служащих по специальностям водного транспорта в общем объеме выпущенных рабочих и служащих увеличилась с 3,8% (2016г.) до 4,6 % (2021 г.)

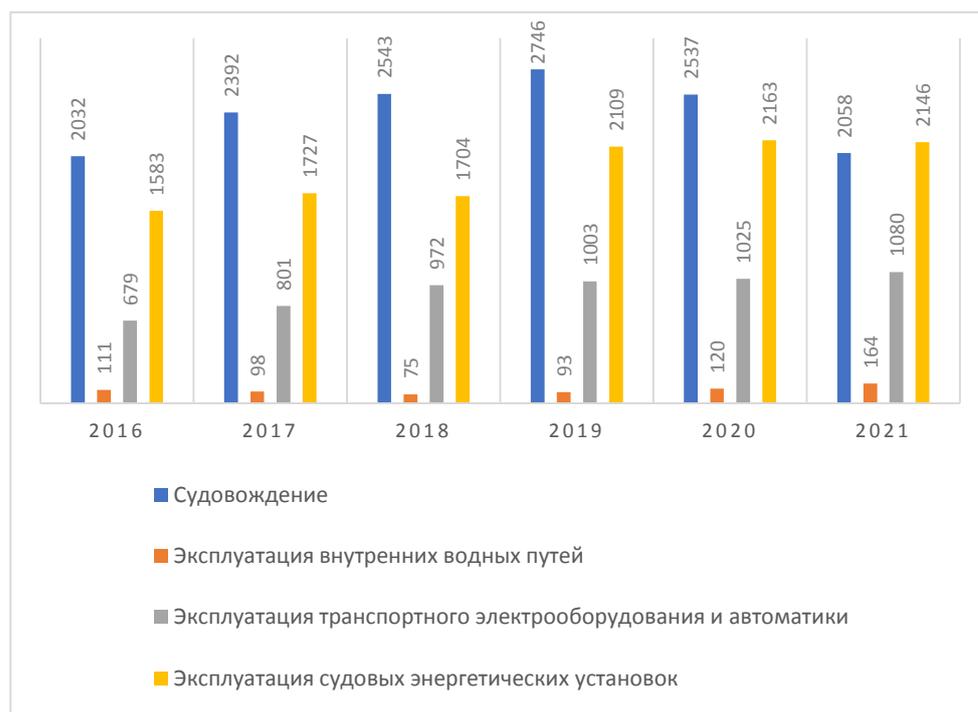


Рис.2. Выпуск специалистов среднего звена государственными и муниципальными образовательными организациями по специальностям эксплуатации водного транспорта (человек)²⁹

²⁹ Составлено автором на материалах [9,10,11]



Рис.3. Выпуск квалифицированных рабочих и служащих по профессиям транспорта (тыс. человек)³⁰

Несмотря на достаточное количество выпускников, предприятия отрасли продолжают испытывать дефицит кадров, это связано с тем, что плавательские специальности и специальности в области судостроения теряют свой престиж и привлекательность, что способствует оттоку кадров из отрасли. Так после окончания ВУЗа и получения среднего профессионального образования трудоустраиваются по специальности только 68% и 46% выпускников соответственно. (рис.4, рис.5)



Рис.4. Соответствие работы трудоустроенных выпускников в 2020-2022 гг. выпуска специальности, полученной в образовательной организации высшего образования, %³¹

³⁰ Составлено автором на материалах [9,10,11]

³¹ Составлено автором на материалах [13]

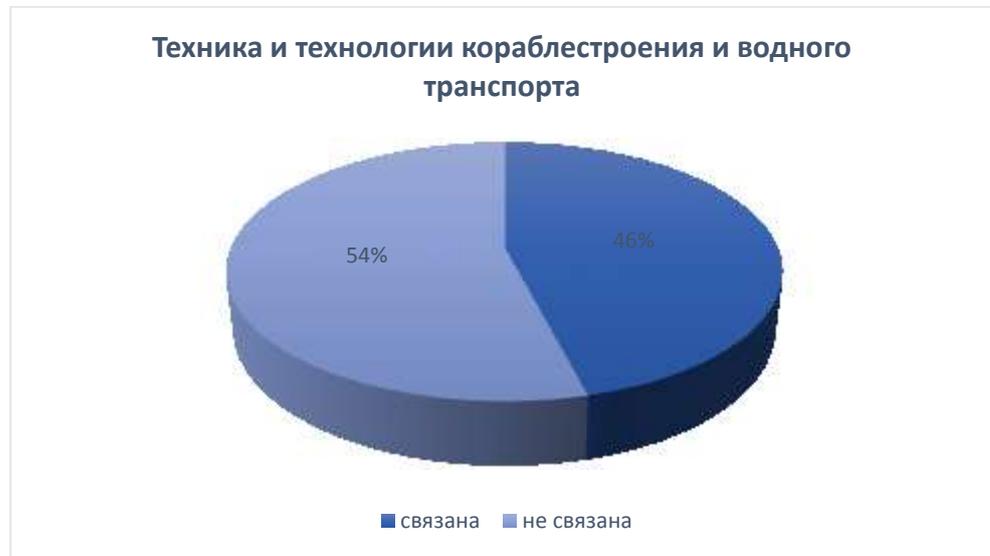


Рис.5. Соответствие работы трудоустроенных выпускников в 2020-2022 гг. выпуска специальности, полученной в образовательной организации среднего профессионального образования, %³²

Ситуация на современном рынке труда складывается таким образом, что большинство выпускников, в частности, судомехаников и электромехаников, могут найти высокооплачиваемую работу на берегу, в связи с этим они даже не рассматривают трудоустройство на флоте. [12]

В качестве одной из причин дефицита кадров можно выделить низкий уровень заработной платы в отрасли. Так по официальным данным об опубликованных вакансиях «матросу на скоростные пассажирские суда («Метеоры») в Санкт-Петербурге на условиях полной занятости и сменного графика предлагают 40-60 тыс. руб. на руки. Претенденты на вакансию механика в речном порту могут рассчитывать на 65 тысяч. руб.» [14], по данным портала Домкадров.ру вакансия моторист-рулевой предполагает заработную плату от 45 до 69 тыс. руб., сменный механик (судовой) – 43 тыс. руб..³³ Но в то же время под воздействием «кадрового голода» на рынке труда, у представителей наиболее востребованных специальностей формируются завышенные ожидания величины заработной платы, в то время как работодатели в большинстве случаев эти требования удовлетворить не могут.

Следующая причина дефицита кадров, является следствием предыдущей – в результате конкуренции происходит отток высококвалифицированных кадров в другие регионы и в другие сферы деятельности, где предлагают более привлекательные условия труда и заработную плату. Так предприятия судостроительной отрасли вынуждены конкурировать с предприятиями, занимающимися станкостроением, тяжёлым машиностроением, с металлургическими компаниями, а также с компаниями по строительству и проектированию недвижимости, в меньшей степени осуществляется конкуренция с нефтедобывающей

³² Составлено автором на материалах [13]

³³ Работа Плавсостав в Нижнем Новгороде (domkadrov.ru)

и газовой отраслями, IT- сферой, автомобилестроением и энергетикой, но отток специалистов возможен и в эти отрасли. [8]

Следует отметить, что дефицит кадров может быть обусловлен и действиями работодателя (задержка выплаты зарплаты, нарушение режимов труда и отдыха и др.)

Таким образом, в результате сложившейся ситуации под воздействием дефицита кадров среди основных угроз кадровой безопасности предприятий водного транспорта мы можем выделить следующие: угроза истощения человеческого капитала; угроза мотивации наемного персонала; угроза снижения качества трудовых ресурсов [15] (рис. 6).



Рис.6. Угрозы кадровой безопасности на предприятиях водного транспорта³⁴

Угрозы кадровой безопасности находятся не только в границах предприятия-работодателя, но и приобретают более глобальный характер, оказывая деструктивное влияние на уровень национальной безопасности в целом. Так, снижение мотивации персонала формирует у трудовых ресурсов ошибочные суждения о системе трудоустройства «что может спровоцировать тенденции развития теневого сектора экономики, ведет к недополученным налоговым поступлениям, падению качества продукта в структуре национальной экономики и дестабилизации общественного сознания относительно уровня жизни». [15]

По данным проведенного исследования крупнейшей российской компанией интернет-рекрутмента HeadHunter установлено, что интерес к вакансиям в области судоходства и судостроения у соискателей есть. Основным критерием отклика на предлагаемые вакансии остается уровень заработной платы «у 20% соискателей зарплатные запросы находятся не ниже 100 тыс. руб., 26% кандидатов запрашивают доход до 300 тыс. руб., 27% соискателей в области судостроения готовы рассмотреть варианты трудоустройства в других регионах РФ при учете получения более высокой заработной платы, чем та, что они имеют сейчас». [8]

Более 60% работодателей согласны, что главным критерием ликвидации «кадрового голода» в отрасли является увеличение оплаты труда. Так в 2023 году 70% судостроительных предприятий проводили индексацию оплаты труда и по итогам III квартала 2023 года заработная плата составила 85 тыс. руб. [8]

³⁴ Составлено автором

Для повышения конкурентоспособности на рынке труда многие судоходные и судостроительные компании предлагают различные бонусы и дополнительные социальные гарантии, такие как полисы добровольного медицинского страхования, оплата санаторно-курортного лечения, доставка сотрудников до места работы, оплата питания и корпоративной связи.

Одним из направлений привлечения и закрепления востребованных специалистов становится реализация социальных проектов в области улучшения жилищных условий своих сотрудников. Так, АО «ПО Севмаш» утвердило жилищную программу на период до 2025 года на строительство жилого комплекса, состоящего из 4 домов. Ранее были построены и введены в эксплуатацию 9 домов на 663 квартиры.³⁵

Для сокращения кадрового дефицита предприятия водного транспорта успешно применяют программу «Трудовая мобильность», которая «предусматривает комплексную поддержку работника и его семьи при переезде и трудоустройстве на предприятие, имеющее стратегическое значение для государства. На привлечение одного работника работодатель может получить от государства до 1 млн. руб.» [16]

Важной составляющей кадровой безопасности является обеспечение предприятий высококвалифицированными кадрами. Большинство работодателей отмечают что уровень подготовки инженерно-технических специалистов очень низкий, многие выпускники не могут производить инженерные расчеты, чертить и читать рабочие чертежи, имеют невысокий уровень практической подготовки. Одной из причин сложившейся ситуации является то, что выпускники школ зачастую поступают на инженерно-техническое направление подготовки не из-за желания работать по данной специальности в будущем, а из-за невысокого конкурса и низких требований к абитуриентам. Основная цель поступления - возможность получения отсрочки от армии и, хотя бы какого-то образования. Для привлечения в учебные заведения лучших абитуриентов, формирования заинтересованности молодежи в развитии судоходства и судостроения, ведущие компании-работодатели осуществляют раннюю профориентационную работу среди школьников. Так объединенная судостроительная корпорация, начиная с 2019 года запустила пилотный проект «Классы ОСК», программа которых «включает в себя углубленное изучение профильных предметов физико-математического цикла, истории судостроения, проектирование и 3D моделирование, основы бережливого производства»³⁶, направленные для формирования положительного имиджа профессии и организации эффективной предпрофессиональной подготовки.

Из-за несоответствия программ учебных заведений требованиям работодателей, при принятии молодых специалистов на работу они вынуждены решать еще одну серьезную проблему – переподготовка кадров. Молодых специалистов «имеющих общие теоретические знания приходится обучать практической работе на специализированном оборудовании, ведению технической документации в виду специфики организации». [17]

Одной из причин низкой практической подготовки студентов является несоответствие материальной базы образовательных учреждений современным требованиям. Представители ВУЗов отмечают, что основная проблема формирования практических умений и навыков «отсутствие адекватного флота. К качеству образования в части теории нареканий нет. Тренажерная подготовка также соответствует конвенционным требованиям. Однако для полноценного обучения нужно строить учебный флот».[12] Для решения этой проблемы, Федеральное

³⁵ Севмаш продолжит строительство жилья для корабелов// АО «ПО Севмаш» - URL: <https://sevmash.ru/rus/news/3150-2021-10-01-05-44-44.html?ysclid=lxokt7e6wq54032031> (дата обращения 21.06.2024)

³⁶ ОСК откроет новые инженерные классы в трех регионах России / ОСК –URL: <https://www.aosk.ru/press-center/news/osk-otkroet-novye-inzhenernye-klassy-v-trekh-regionakh-rossii/?ysclid=lxmazck883579008746> (дата доступа 19.06.2024)

агентство морского и речного транспорта предлагает «построить модульные учебно-тренажерные центры в 15 филиалах подведомственных Росморречфлоту ВУЗах и два учебно- производственных судна».37

Сегодня вопрос привлечения кадров стоит наиболее остро. Но помимо того, что нужно привлечь кадры в отрасль, их нужно еще и удержать в ней, так как поиск новых работников, их обучение и адаптация сопряжены с серьезными финансовыми вложениями. Поэтому перед предприятиями стоит задача разработки системы мотивации сотрудников, которая на постоянной основе поддерживает интерес к выполнению своих трудовых обязанностей и способствует не только привлечению новых высококвалифицированных кадров, но и стимулирует уже имеющихся сотрудников на профессиональное развитие. 40% соискателей при выборе работодателя основополагающим фактором называют доступ к корпоративному обучению, что дает им возможность продвижения по службе и повышения заработной платы. Многие работодатели данное стремление поддерживают и успешно реализуют. Большинство крупных предприятий создают свои учебные центры, а также продолжают сотрудничать с ведущими образовательными учреждениями, реализующими программы профессиональной переподготовки кадров с целью «обновления знаний в связи с нормативными, техническими и другими изменениями; восполнения недостатка профессионального опыта и наличия проблем в работе; повышения квалификации рабочих и специалистов».38

Проведенное исследование показало, что основными звеньями в ликвидации кадрового дефицита являются предприятия-работодатели и учебные заведения. Но не следует забывать, что роль государства при решении этого вопроса тоже значительна. В компетенции государства находится развитие программ по улучшению демографической ситуации в стране, разработка льготных программ стимулирования и привлечения специалистов в отрасль, увеличение бюджетных мест в образовательных учреждениях и др.

В сложившейся ситуации система мер, способствующих развитию кадрового потенциала отрасли включает в себя следующие составляющие: профориентация школьников, повышение профессиональной компетенции сотрудников и выпускников учебных заведений, разработка систем мотивации. (рис.7)

Заключение

Не смотря на отрицательное влияние на сферу судоходства и судостроения санкционных ограничений, таких как обострение экологических проблем, ограничение доступа к технологиям и оборудованию, снижение спроса на грузо- и пассажироперевозки, увеличение стоимости оборудования и ремонтных работ и др., Россия взяла курс на создание современного гражданского флота и возвращения статуса крупной морской державы.

³⁷ Росморречфлот предложил построить два учебных судна и 15 тренажерных центров//Морские вести России – URL: <https://morvesti.ru/news/1679/103571/?ysclid=lxm4joo011840809415> (дата обращения 19.06.2024)

³⁸ Основные проблемы развития кадрового потенциала судостроительной отрасли и пути их решения// ОСК –URL: <http://council.gov.ru/media/files/h1vAKscTi449uCSW2Kv9xEfNqDAVSiiA.pdf> (дата обращения 20.06.2024)

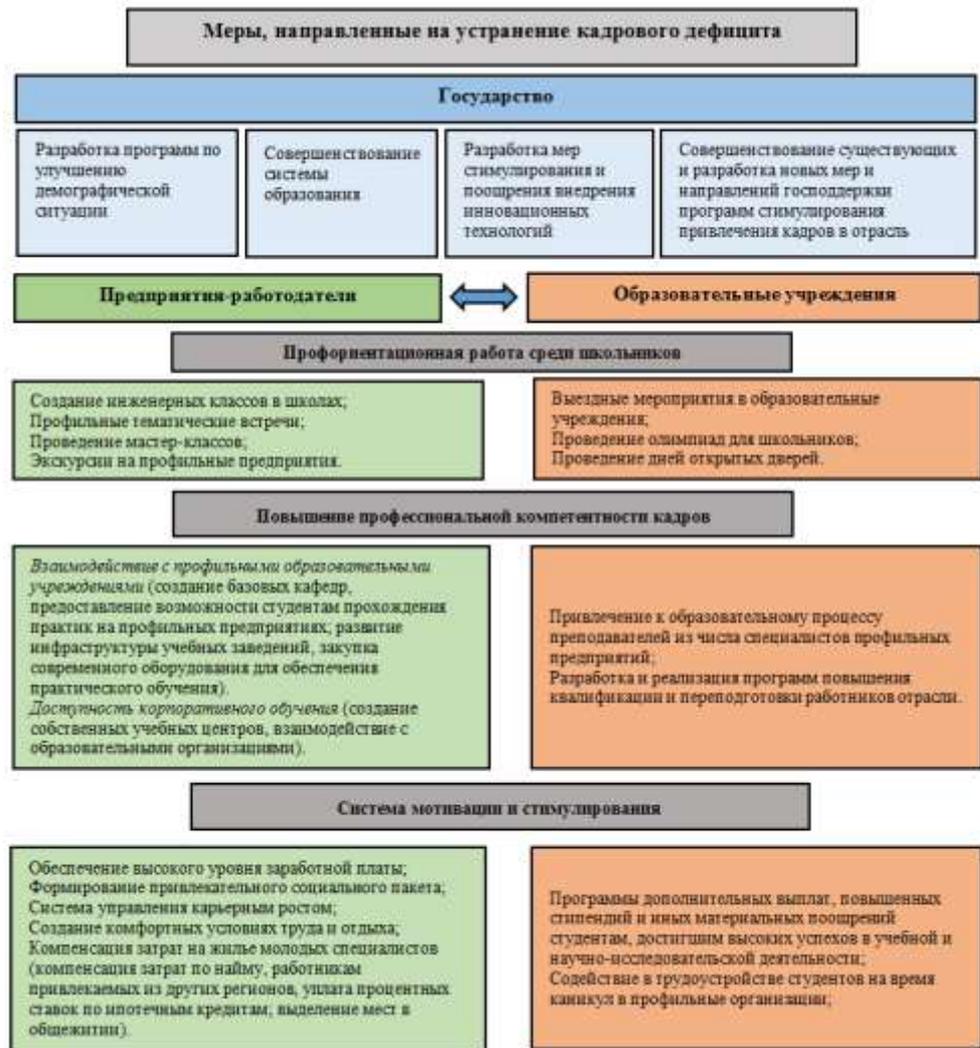


Рис.7. Меры устранения кадрового дефицита на предприятиях водного транспорта³⁹

Реализация программ по развитию флота и судостроения требует не только серьезных финансовых вложений, но и выдвигает на передний план вопросы обеспечения отрасли высококвалифицированными кадрами. На протяжении последних лет, проблема кадрового обеспечения стоит наиболее остро, а в ближайшее время с учетом реализации новых проектов в области судоходства и развитием судостроения будет только усугубляться, что скажется не только на уровне кадровой безопасности предприятия, но и на системе экономической безопасности в целом, так как именно сотрудники являются главным ресурсом любого предприятия.

Кадры, обладающие высоким уровнем профессиональной компетентности, ответственности и мотивации способны обеспечить рост производительности труда, стать основой устойчивого развития предприятия. Проблема кадрового обеспечения носит системный характер, и ее решение требует взаимодействия трех основных субъектов: государства, предприятий-работодателей и образовательных учреждений.

³⁹ Составлено автором

Механизмы регулирования обеспеченности кадрами должны быть направлены на привлечение в отрасль молодых специалистов, которые обеспечат предприятия отрасли трудовым потенциалом на длительный срок и помогут вывести их на новый технологический уровень.

Список литературы

1. В России обсуждается новый проект: возрождение речного транспорта // Ригель – URL: <https://salt.news/ekonomika-i-biznes/v-rossii-obsuzhdaetsya-novyyj-proekt-vozhrozhdenie-rechnogo-transporta/?ysclid=lx8qdnjz742519608> (дата обращения 11.06.2024)
2. Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросам развития речного судоходства 20.06.2023 г. // Президент России – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/71873> (дата обращения 11.06.2024)
3. Кудрявцева И.Ю. Внутренний контроль как средство обеспечения экономической безопасности предприятий водного транспорта/ Кудрявцева И.Ю.// Научные проблемы водного транспорта. - 2024. - № 79. – с.141-156. - <https://doi.org/10.37890/jwt.vi79> (дата обращения 21.06.2024)
4. Данилов, К. Д. Кадровые аспекты решения проблемы обеспечения экономической безопасности в организациях / К. Д. Данилов // Инновационное развитие экономики. – 2021. – № 4(64). – С. 230-233. – DOI 10.51832/2223-798420214230. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47126788&ysclid=lxbz8wonun401008501> (дата обращения 12.06.2024)
5. Стрельникова М. Еще одна отрасль в России столкнулась с обострением кадрового голода // газета.ру – URL: <https://www.gazeta.ru/business/news/2024/05/30/23136775.shtml?ysclid=lx43a9gao808194101&updated> (дата доступа 13.06.2024)
6. Дефицит кадров рабочих специальностей на флоте растет // Российский профессиональный союз моряков – URL: http://www.sur.ru/ru/news/lent/2023-10-12/deficit_kadrov_rabochikh_sposialnostej_na_flote_rastet_22842/ (дата обращения 13.06.2024)
7. Распоряжение Правительства РФ от 28.10.2019 № 2553-р «Об утверждении Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2035 года» // КонсультантПлюс – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_336470/?ysclid=lx9p4sk18304548069 (дата обращения 13.06.2024)
8. Итоги первых девяти месяцев 2023 года в судостроительной отрасли страны// hh.ru - URL: <https://nn.hh.ru/article/31907?ysclid=lx5e82cy744208504> (дата обращения 13.06.2024)
9. Транспорт России.2018: Стат.сб./Росстат. - Т65 М.,2018 -101 с.
10. Транспорт России.2020: Стат.сб./Росстат. - Т65 М.,2020 -108 с.
11. Транспорт России.2022: Стат.сб./Росстат. - Т65 М.,2022 -101 с.
12. Панкратьев Е. Кадровые парадоксы гражданского флота //PortNews – URL: <https://portnews.ru/projects/project56/?ysclid=lx513f78r984509228> (дата обращения 12.06.2024)
13. Трудоустройство выпускников 2020-2022 гг.// Федеральная служба государственной статистики – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 14.06.2024)
14. Михайлов А. Кадровый голод речного флота // livejournal – URL: Кадровый голод речного флота (livejournal.com) (дата обращения 19.06.2024)
15. Бабичев, М. А. Методологический аспект кадровой безопасности организации / М. А. Бабичев // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 107-112. – DOI 10.24412/2225-8264-2023-2-107-112. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54044431_34386575.pdf (дата обращения 19.06.2024)
16. Как программа «трудовая мобильность» помогает решать кадровый вопрос в регионе <https://sskzvezda.ru/index.php/ru/10-smi/455-na-dalnij-vostok-s-gospodderzhkoj> (дата обращения 21.04.2024)

17. Кадры, судостроение: охота за выпускниками// korabel.ru – URL: https://www.korabel.ru/news/comments/kadry_sudostroenie_ohota_zh_vypusknikami.html?ysclid=lxm25yqdi189398643 (дата обращения 20.06.2024)

References

1. A new project is being discussed in Russia: the revival of river transport // Rigel – URL: <https://salt.news/ekonomika-i-biznes/v-rossii-obsuzhdaetsya-novyy-proekt-vozrozhdenie-rechnogo-transporta/?ysclid=lx8qdnjjz742519608> (date of referenc 06/11/2024)
2. List of instructions from the President of the Russian Federation following the results of the meeting on the development of river navigation on 06/20/2023 // President of Russia – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/71873> (date of referenc 06/11/2024)
3. Kudryavtseva I.Yu. Internal control as a means of ensuring the economic security of water transport enterprises/ Kudryavtseva I.Yu.// Scientific problems of water transport. - 2024. - No. 79. – pp.141-156. - <https://doi.org/10.37890/jwt.vi79> (date of referenc 06/21/2024)
4. Danilov, K. D. Personnel aspects of solving the problem of ensuring economic security in organizations / K. D. Danilov // Innovative development of economics. – 2021. – № 4(64). – Pp. 230-233. – DOI 10.51832/2223-798420214230. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47126788&ysclid=lxbz8wonun401008501> (date of referenc 12.06.2024)
5. Strelnikova M. Another industry in Russia is facing an aggravation of the personnel shortage // Gazeta.<url> – URL: <https://www.gazeta.ru/business/news/2024/05/30/23136775.shtml?ysclid=lx43a9gao808194101&updated> (date of referenc 06/13/2024)
6. The shortage of personnel of working specialties in the navy is growing // Russian Professional Union of Seafarers – URL: http://www.sur.ru/ru/news/lent/2023-10-12/deficit_kadrov_rabochikh_specialnostej_na_flote_rastet_22842/ (date of referenc 06/13/2024)
7. Decree of the Government of the Russian Federation dated 10/28/2019 No. 2553-r "On approval of the Strategy for the development of the shipbuilding industry for the period up to 2035" // Consultanplus – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_336470/?ysclid=lx9p4sk18304548069 (date of referenc 06/13/2024)
8. Results of the first nine months of 2023 in the shipbuilding industry of the country// hh.ru - URL: <https://nn.hh.ru/article/31907?ysclid=lx5e82cy744208504> (date of referenc 06/13/2024)
9. Transport of Russia.2018: Stat.sat./Rosstat.- T65 m.,2018 -101 p.
10. Transport of Russia.2020: Stat.sat./Rosstat.- T65 m.,2020 -108 p.
11. Transport of Russia.2022: Stat.sat./Rosstat.- T65 m.,2022-101 p.
12. Pankratiev E. Personnel paradoxes of the civil fleet //PortNews – URL: <https://portnews.ru/projects/project56/?ysclid=lx513f78r984509228> (date of referenc 06/12/2024)
13. Employment of graduates in 2020-2022// Federal State Statistics Service – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (date of referenc 06/14/2024)
14. Mikhailov A. Personnel hunger of the river fleet // livejournal – URL: Кадровый голод речного флота (livejournal.com) (date of application 06/19/2024)
15. Babichev, M. A. Methodological aspect of personnel security of the organization / M. A. Babichev // Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technologies. – 2023. – Vol. 12, No. 2. – pp. 107-112. – DOI 10.24412/2225-8264-2023-2-107-112. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54044431_34386575.pdf (date of referenc 06/19/2024)
16. How does the Labor Mobility program help solve the personnel issue in the region <https://sskzvezda.ru/index.php/ru/10-smi/455-na-dalnij-vostok-s-gospodderzhkoj> (date of referenc 04/21/2024)
17. Personnel, shipbuilding: the hunt for graduates // korabel.ru – URL: https://www.korabel.ru/news/comments/kadry_sudostroenie_ohota_zh_vypusknikami.html?ysclid=lxm25yqdi189398643 (date of referenc 06/20/2024)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кудрявцева Ирина Юрьевна, старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: irina_yurievna_kudryavtseva@mail.ru

Irina Y. Kudryavtseva, Senior Lecturer of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, e-mail: irina_yurievna_kudryavtseva@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.06.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 24.06.2024; published online 20.12.2024.

УДК 656.6

DOI: 10.37890/jwt.vi81.542

Концептуальный методический подход к формированию инновационной портовой транспортно-логистической инфраструктуры в рамках территорий опережающего развития

Д.И. Сухарев¹

ORCID: 0000-0002-8255-3017

В.Н. Костров²

ORCID:0000-0002-8703-6713

А.О. Ничипорук²

ORCID:0000-0002-7763-2829

О.В. Почекаева²

ORCID: 0000-0002-8255-3017

¹*АО «Русатом Оверсиз», г. Москва, Россия*

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

Аннотация. В статье рассматривается возможность формирования единой сети транспортно-логистических центров с целью обеспечения опережающего развития транспортной инфраструктуры и выполнения задач, поставленных в Транспортной стратегии и Стратегии научно-технического развития РФ. Показано сходство принципов формирования территорий опережающего развития с функционирующими в их рамках транспортно-логистическими центрами и кластерной теории. В связи с этим предложена концептуальная модель транспортно-логистического кластера регионального уровня, встроенная в международный транспортный коридор и являющаяся частью опорной транспортной сети страны. Рассмотрена и дополнена концептуальная модель управления развитием комбинированной транспортно-логистической системы перевозок с учетом взаимодействия в рамках международного транспортного коридора, реализация которой позволит ускорить формирование опорной транспортной сети и достижение поставленных целевых установок основных национальных программных документов.

Ключевые слова: грузовые перевозки, внутренний водный транспорт, мультимодальный терминал, транспортно-логистический центр, речные порты.

Conceptual methodological approach to the formation of innovative port transport and logistics infrastructure within the priority development areas

Dmitry N. Sukharev¹

ORCID: 0000-0002-8255-3017

Vladimir N. Kostrov²

ORCID:0000-0002-8703-6713

Andrei O. Nichiporuk²

ORCID:0000-0002-7763-2829

Olga V. Pochekaeva²

ORCID:0000-0003-0400-0756

¹*Rusatom Overseas JSC*

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

Abstract. The article considers the possibility of forming a single network of transport and logistics centers in order to ensure the advanced development of transport infrastructure and the fulfillment of the tasks set in the Transport Strategy and the Strategy for the Scientific and Technical Development of the Russian Federation. The similarity of the principles concerning the formation of priority development territories with the transport and logistics centers functioning within their framework and cluster theory is shown. In this regard, a conceptual model of the transport and logistics cluster of the regional level, built into the international transport corridor and which is part of the country's supporting transport network, has been proposed. A conceptual model for managing the development of a combined transport and logistics system of transportation, taking into account interaction within the framework of the international transport corridor, was considered and supplemented, the implementation of which will speed up the formation of a reference transport network and the achievement of the set targets in relation to the main national program documents.

Keywords: freight transportation, inland water transport, multimodal terminal, transport and logistics center, river ports.

Введение

Обновленной Стратегией научно-технологического развития РФ, утвержденной в 2024 году [1], в качестве одних из наиболее значимых вызовов обозначены трансформация миропорядка, сопровождающаяся перестройкой глобальных финансовых, логистических и производственных систем. В соответствии с этим приоритетными направлениями в транспортной отрасли будут повышение уровня связанности территорий РФ, создание интеллектуальных транспортных систем, международных транспортно-логистических систем (далее - МТЛС), освоение космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.

Вопросы логистики в стратегии отмечены не случайно, поскольку транспорт и промышленность являются основными элементами любого народно-хозяйственного комплекса, от которых зависят развитие экономики и безопасность страны. Развитие страны зависит от активного, одновременного, спрогнозированного и сопоставимого развития логистики и промышленности, без ускорения развития одного за счет отставания другого, на что неоднократно указывал профессор В.А. Персианов в своих работах [2, 3].

Также следует отметить, что в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года определены крайне амбициозные задачи снижения удельных транспортных издержек, сокращение сроков доставки грузов, повышения производительности труда в отрасли [4]. При этом согласно инновационному варианту темпы развития транспортного комплекса должны быть опережающими по сравнению с другими отраслями экономики и социальной сферой, что необходимо для снятия существующих и зависящих от транспорта инфраструктурных ограничений.

Исходя из вышеуказанного, одной из наиболее важных и актуальных проблем, стоящих в настоящее время перед воднотранспортным комплексом РФ, является активизация инвестиционной деятельности, с целью формирования для связанности логистических центров опорной транспортной сети страны и ее встраивания в международные транспортные коридоры (МТК) в условиях цифровых преобразований и нового этапа технологического развития, путем формирования собственного инновационного транспортно-логистического кластера в экономике страны. Однако существует проблема не только поиска источников инвестиций на это, но и эффективности проектов развития воднотранспортного комплекса экономики страны, в том числе цифровых, управления этими проектами с целью устойчивого развития как отдельно взятых территорий, предприятий, так и всей транспортно-логистической отрасли, с перспективой стать территориями развития и

точками роста для тех регионов, в которых они будут располагаться, а разветвленная сеть транспортно-логистических центров (далее - ТЛЦ) позволит создать опорную транспортно-логистическую сеть страны, легко интегрируемую в МТЛС/МТК.

Методы и материалы

В исследовании использованы методы сбора, анализа, синтеза, систематизации и сравнительного анализа материалов и данных, полученных из российских и зарубежных научных журналов.

Переход на новый этап технологического развития в логистике невозможен без получения новых знаний и их применения посредством искусственных когнитивных технических систем. Иными словами применение на выстроенной в будущем единой сети мультимодальных логистических центров (далее - ММЛЦ) регионов и транспортных узлов страны технологий беспилотного транспорта, использование искусственного интеллекта, который помимо управления беспилотным транспортом сможет в режиме онлайн просчитывать операции передвижения грузов внутри ММЛЦ и распределения грузовых потоков между несколькими ММЛЦ, в том числе с прокладыванием оптимальных маршрутов для достижения главной цели логистики, по доставке грузов «точно и в срок» [2, 5].

Применительно ко внутреннему водному транспорту это потребует решить задачи в области технологического развития портовой инфраструктуры ММЛЦ в транспортных узлах и на путях международного значения, а также обеспечить надежность и безопасность воднотранспортной инфраструктуры и судоходства. Для этого могут быть использованы различные инструменты, в том числе на основе внедрения цифровых технологий по всей логистической цепочке и механизмов государственно-частного партнерства.

Решение указанных выше проблем по внедрению нового технологического уклада усилит роль водного транспорта в экономике страны и позволит достигнуть поставленных в стратегии [1] целей развития.

Решение задач подобного уровня требует различных подходов в применении инструмента государственно-частного партнерства, для использования сильных сторон как государства, так и частных инвесторов, и достижения синергетического эффекта, одним из таких способов сотрудничества, является предоставление различного рода преференций и льгот со стороны государства, в том числе через создание территорий особого благоприятствования, тем инвесторам, которые готовы вкладываться в реализацию крупных инфраструктурных проектов.

В одном из своих недавних выступлений Президент России Владимир Путин озвучил, что статус территории опережающего развития (далее - ТОР) может быть придан мультимодальным складским комплексам, прилегающим к автомобильным международным пунктам пропуска⁴⁰. Он отметил, что увеличение количества складов на прилегающих территориях к международным пунктам пропуска потребует дополнительных решений со стороны Минфина, что указывает на вектор развития транспортно-логистической системы, заданный высшим руководством страны, и особое место в ней больших мультимодальных логистических хабов, но обойтись только государственным финансированием в существующих сложных геополитических условиях является труднореализуемой задачей, в связи с большим размером дефицита бюджета (по итогам 2023 года 3,24 трлн. руб.), и необходимостью направления бюджетных средств на многие, критически важные направления в стране, при наличии большого количества негативных внешних факторов в сфере мировой экономики и геополитики.

⁴⁰ Путин считает возможным предоставить статус ТОР приграничным логистическим центрам. 11.01.2024. Информационный сайт ТАСС. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/19705125>

При этом, по нашему мнению, имеет смысл рассмотреть возможность отнесения ряда ММЛЦ в регионах России, не имеющих морских и сухопутных границ с соседними странами, но имеющих у себя внутренние водные пути, также к территориям опережающего развития с соответствующим льготным периодом максимального благоприятствования, которые будут создаваться на базе речных портов, по примеру подготовленного Минвостокразвития России проекта постановления правительства, предусматривающего введение с 1 сентября 2024 года расширенного моратория на плановые проверки в отношении резидентов территорий опережающего развития на Дальнем Востоке и свободного порта Владивосток. По инициативе ведомства, предлагается освободить от плановых проверок всех резидентов данной ТОР, для высокорисковых предприятий, которые в рамках федерального моратория обязаны проверяться, контроль предлагается заменить профилактическими визитами.

Предложение Минвостокразвития России основывается на многих научных исследованиях, например [6], где было отмечено, что в других странах территория речных портов является основой функционирования свободной экономической зоны (далее - СЭЗ) либо имеют свободные портовые зоны.

Наиболее яркий пример речных ММЛЦ в мировой практике, является железнодорожно-речной терминальный комплекс Дуйсбург на реке Рэйн-Рур (Германия). В 190 километрах от Северного моря, являясь крупнейшим внутренним речным портом в мире, он ежегодно обслуживает более 20 тыс. судов и около 25 тыс. ж/д составов, при этом порт активно развивается и реализует новые проекты развития, самым крупным из которых является создание внутреннего контейнерного терминала, стоимостью более 100 млн. евро, площадью 240 тыс. квадратных метров, оборудованный шестью порталными кранами, с 12 ж/д путями для составов длиной 730 метров, несколькими причалами для речных судов, и распределением грузов между разными видами транспорта в пропорциях 40% - железнодорожный, 40% - речной и 20% - автомобильный. Из приведенного примера можно увидеть, как на базе речного порта формируется целый транспортно-логистический кластер, являющийся территорией развития региона, и частью международного транспортного коридора и оказывающий большое позитивное влияние на экономику страны.

Определение, данное ТОР в законе № 473-ФЗ [7], а также указанная выше формулировка ММЛЦ во многом пересекаются с классическим понятием кластера [8].

Кластеры могут формироваться на территориях как по вертикали, являясь частью большей организационной модели, так и по горизонтали, например, по освоению нескольких потоков международных транспортных коридоров. При этом они могут создаваться как на рыночной основе, так и директивно по решению государства. Также могут быть и смешанные формы кластеров в рамках государственно-частного партнерства.

Управляющая компания ТОР отвечает за функционирование ТОР, выступая одновременно в качестве застройщика, ведет реестр резидентов ТОР и взаимодействует с ними по вопросам аренды свободных земельных участков, условиям подключения к коммуникациям, занимается инвестиционными проектами, и осуществляет контроль за соблюдением со стороны резидентов условий соглашений на осуществление деятельности в ТОР, и т.д. Также управляющая компания отвечает за организацию транспортного обслуживания и создание условий для обеспечения услугами связи, общественного питания, торговли и бытового обслуживания заинтересованных лиц.

Это делает для управляющей компании вопросы логистики и транспорта чрезвычайно важными не только внутри ТОР, но и за ее пределами, как части транспортной инфраструктуры страны. При выборе места размещения ММЛЦ, ТОР должно учитываться то, как они будут интегрированы в региональный логистический

производственно-транспортный комплекс, формируя таким образом соответствующий кластер мультимодальных логистических центров.

Исходя из современной научной теории кластеров, перечисленные выше структуры ТОР можно отнести к «Дополняющим» поскольку без них не может быть создана территория опережающего развития и их деятельность напрямую или опосредованно обеспечивает функционирование ТОР и объектов, располагающихся в ней, но не они являются осью кластера.

Результаты и обсуждение

Кластер всегда формируется вокруг предприятий (резидентов ТОР) выполняющих основной вид деятельности (производящих продукцию или оказывающих услуги) с учетом региональной специфики. Таким образом, данные предприятия являются центральной «Осью» или «Центром» притяжения, что делает ММЛЦ подходящим кандидатом не только на роль «Обеспечивающего» промышленный кластер предприятия, но и на роль его «Центра».

Но такой кластер является только частью более крупной региональной структуры – регионального транспортно-логистического кластера (далее - РТЛК), который, в свою очередь, интегрирован в опорную транспортно-логистическую сеть страны.

Основываясь на принципах программно-целевого управления, на рис. 1 представлена укрупненная концептуальная модель РТЛК на базе ММЛЦ со статусом ТОР.

Механизмы формирования кластеров в рамках логистики международных транспортных коридоров (МТК) выделяют 3 уровня кластеров: федерального (межрегиональный кластер), регионального (кластер субъекта РФ) и местного (кластер муниципалитета).

Место РТЛК в схеме управления развитием комбинированных перевозок страны, представлено в работе [9]. Однако следует отметить, что в указанной работе данная схема не получила должного организационного развития. Предлагаемая к введению организационная структура – межрегиональная комиссия по транспорту, лишь декларирована, без детального описания и указания её функций, задач, структуры и полномочий.

Также в составе кластера «комбинированная транспортная региональная система» не отражены ММЛЦ, являющиеся по нашему мнению ключевой составляющей любого транспортного кластера, поскольку в качестве инструмента оптимизации управления и взаимодействия всех звеньев интегрированной цепи поставок товаров выступает, как сформулировано выше, система ММЛЦ, объединенная возможностями цифровых подсистем, которые обеспечивают продвижение материально-транспортных потоков по интегрированной логистической цепи.

Немаловажной является проблема длительного прохождения таможенных процедур, поскольку таможенные процедуры значительно увеличивают сроки доставки груза. От них нельзя отказаться, но возможно их оптимизировать, в том числе с применением новых технологий в области цифровизации, а также за счет выстраивания взаимодействия с органами государственной власти в области актуализации и совершенствования законодательства в данной области, с привлечением ведущих ученых в данной сфере к решению обозначенной проблемы.

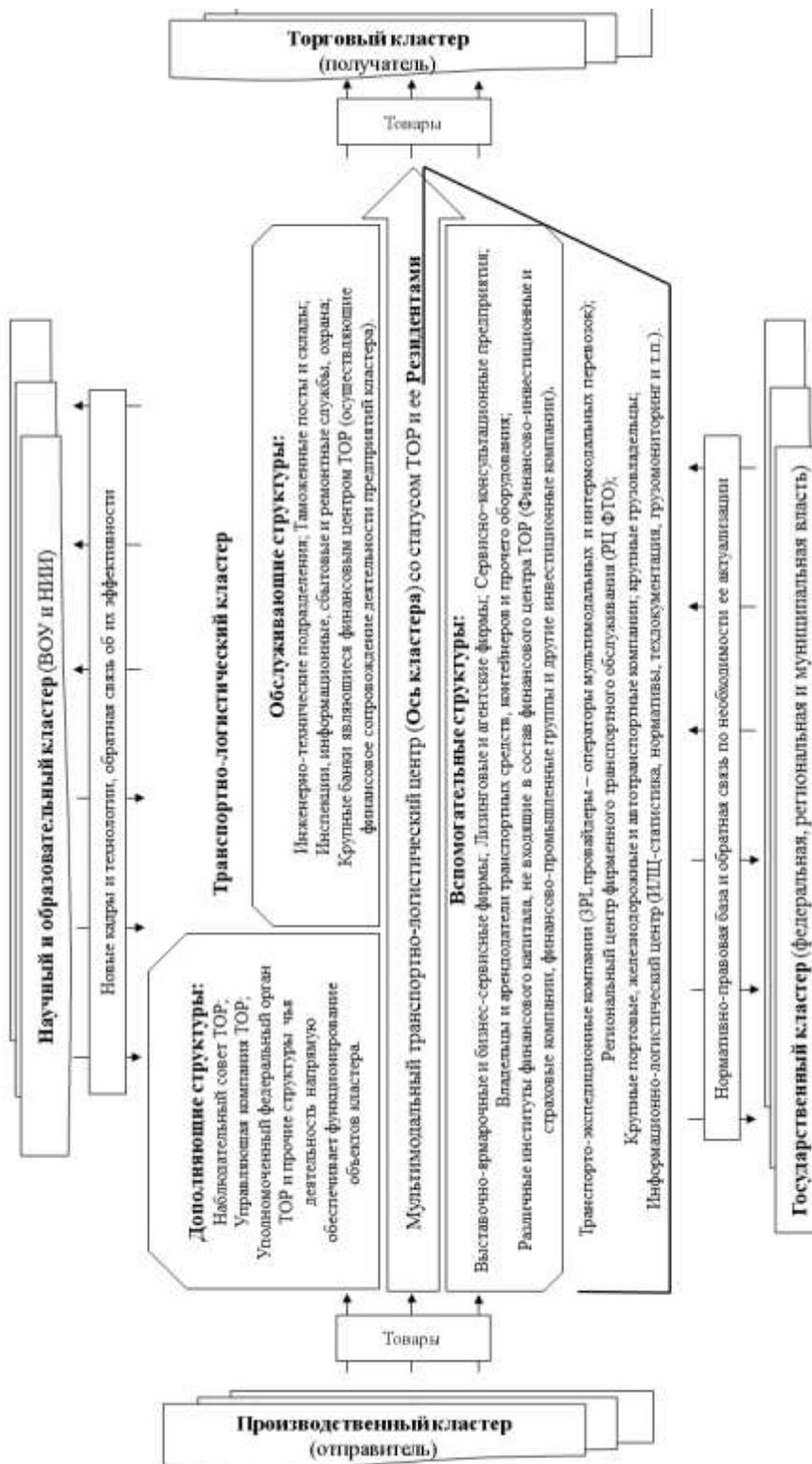


Рис.1. Концептуальная модель регионального транспортно-логистического кластера ТОР* разработана Д.Н. Сухаревым

Так, в случае с работой МТК «Север – Юг» и прохождением через территорию нашей страны транзитных грузов по сети ММЛЦ, транзит по предложению А.А. Никитина и В.Н. Кострова [10], озвученном еще в 2014 году, целесообразно выделить из общего потока грузов и организовать для него выделенные транзитные таможенные посты (далее - ТТП) – отдельно или в составе таможенно-логистического терминала. По нашему мнению, ТТП гармонично могут быть интегрированы в региональные транспортно-логистические кластеры, размещаясь на территории ММЛЦ со статусом ТОР или СЭЗ, что позволит обеспечить минимум бюрократических формальностей и ускорить скорость прохождения транзитных грузов по территории РФ, повышая лояльность со стороны крупных международных перевозчиков и привлекая новые грузовые потоки.

Помимо проблем нормативно-правового характера, требующих решения, при разработке нормативных документов необходимо учитывать и потенциал работников внутреннего водного транспорта, которые на практике реализуют положения нормативных актов (чья трактовка должны быть однозначной), аспект дефицита кадров в ближайшие годы будет становиться только острее, в связи с приближающейся демографической ямой 90-х годов прошлого столетия, а внедрение новых технологий в сфере логистики потребует переобучения уже нанятых работников, и пересмотр учебных программ ВУЗов, выпускающих новых специалистов.

Новые полезные знания являются важным конкурентным преимуществом, а создание и использование знаний становится источником роста, не только компании, но также регионов и стран. Управление знаниями это процесс, с помощью которого организации удастся извлечь прибыль из объемов знаний или интеллектуального капитала, находящегося в его распоряжении. Эффективными инструментами в данном случае становятся технологические хабы, и эту роль, по нашему мнению, также может и должен взять на себя ММЛЦ внутри регионального транспортно-логистического кластера, а его главной задачей будет создание моста между наукой и бизнесом в сфере логистики.

Заключение

Согласно исследованиям ряда ученых историков, образование России как единого государства было связано с возникновением древнего прародителя международного транспортного коридора, известного всем, как «Путь из варяг в греки». Другой не менее известный исторический пример МТК, это «Волжский путь», ныне являющийся частью МТК «Север-Юг», с который сделал большой вклад в развитие страны, а теперь становится международным водным транспортно-промышленным коридором, обеспечивающим более взаимовыгодную экономическую связь между странами участниками. Государство, понимая всю важность таких транспортных коридоров, основанных на опорной-транспортной сети страны, планирует к реализации масштабные инфраструктурные проекты по созданию аналогичных путей в Сибири и на Дальнем Востоке, одним из которых является крупный инфраструктурный проект – Северо-Сибирская железнодорожная магистраль со сроком окупаемости 20 лет и стоимостью реализации 8 трлн. рублей, который должен будет связать Транссиб с Северным морским путем. Согласно поручению Президента РФ, Правительству России необходимо совместно с правительством Кемеровской области, Российской академии наук и РЖД, рассмотреть возможность строительства Северо-Сибирской железнодорожной магистрали. Основной маршрут магистрали свяжет Нижневартовск (ХМАО-Югра) через Белый Яр (Томская область) и Таштагол (Кемеровская область) с Урумчи (Китай). Два ответвления обеспечат выход на СМП: через Новый Уренгой до порта Сабетта (ЯНАО) и до Лесосибирска (Красноярский край) на реке Енисей. Данный проект при его реализации дополнит мощности

Восточного полигона, которых даже после реконструкции недостаточно для транспортировки существенной части грузов, включая удобрения и уголь.

Исходя из изученного авторами данной статьи зарубежного опыта, центрами притяжения товарных и сопутствующих потоков, новых технологий, инвестиций и инноваций, а также бизнес структур логистического, сервисного и финансового профиля являются ММЛЦ, которые создаются на базе морских и речных портов и могут рассматриваться как стратегические точки роста экономики.

Предложенная авторами в данной статье концептуальная модель РТЛК, сформированного вокруг ММЛЦ со статусом ТОР/СЭЗ, является хорошей базой для формирования опорной транспортной системы страны, и, как следствие, достижения обозначенных в стратегии научно-технического развития РФ целей.

Список литературы

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента РФ от 28.02.2024 №145. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/>
2. Актуализация транспортной стратегии России как необходимое условие обеспечения экономического прорыва и национальной безопасности страны на этапах геополитического противостояния / Коллективная монография под научной редакцией: Васильева С.Н., Сулова В.И., Кузьмичева И.К., Гончаренко С.С., Кострова В.Н., Курбатовой А.В., Малова В.Ю., Прокофьевой Т.А., Шапкина И.Н. – Н.-Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. Часть 1. 482 с.
3. Персианов В.А., Курбатова А.В., Курбатова Е.С. О системном подходе к обоснованию проектно-плановых решений на транспорте и в других отраслях экономики / Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2022. №1. С. 23-28.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 N 3363-р (ред. от 06.11.2024). Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/
5. Прокофьева Т.А. Мультимодальные транспортно-логистические центры как стратегические точки роста экономики России (Часть 1) / В центре экономики. 2021. №2. С. 10-19.
6. Никитин А.А., Миронов В.Н., Черёмин Д.В. Зарубежные внутренние порты / Учебно-справочное пособие для студентов очного и заочного обучения ФБОУ ВПО «ВГАВТ». 2012. 76 с.
7. О территориях опережающего развития в Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2014 № 473-ФЗ (в ред. Федерального закона 10.07.2023 № 305-ФЗ). Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172962/
8. Портер М. Конкуренция. Обновленное и расширенное издание. Под ред. Заболоцкого Я.В. М.: Вильямс. – 2010. – 592 с.
9. Костров С.В. Организационно-экономическое развитие комбинированных перевозок на водном транспорте / Дисс. ... канд. экон. наук по спец. 08.00.05. М.: 2013. 149 с.
10. Никитин А.А., Костров В.Н., Корень Ю.И. Стратегические аспекты развития транспортно-логистической инфраструктуры водного транспорта региона (на примере Дальнего Востока) / Конгресс Международного форума «Великие реки». Н.Новгород, 2014. С. 187–190.

References

1. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii [Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation]. Ukaz Prezidenta RF ot 28.02.2024 №145. Rezhim dostupa: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/>
2. Aktualizatsiya transportnoy strategii Rossii kak neobkhodimoe uslovie obespecheniya ekonomicheskogo proryva i natsional'noy bezopasnosti strany na etapakh geopoliticheskogo protivostoyaniya [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]. Kollektivnaya monografiya pod nauchnoy redaktsiyey: Vasil'eva S.N., Suslova V.I., Kuz'micheva I.K., Goncharenko S.S., Kostrova V.N., Kurbatovoy A.V., Malova V.Yu., Prokof'evoy T.A., Shapkina I.N. – N.-Novgorod: Volzhskiy gosudarstvennyy universitet vodnogo transporta, 2023. Chast' 1. 482 s.
3. Persianov V.A., Kurbatova A.V., Kurbatova E.S. O sistemnom podkhode k obosnovaniyu proektno-planovykh resheniy na transporte i v drugikh otraslyakh ekonomiki [On a systematic approach to justifying design and planning decisions in transport and in other sectors of the

- economy]. Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. 2022. №1. S. 23-28.
4. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda [Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035]. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 27.11.2021 N 3363-r (red. ot 06.11.2024). Rezhim dostupa: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/
 5. Prokof'eva T.A. Mul'timodal'nye transportno-logisticheskie tsentry kak strategicheskie tochki rosta ekonomiki Rossii (Chast' 1) [Multimodal transport and logistics centers as strategic points of growth of the Russian economy (Part 1)]. V tsentre ekonomiki. 2021. №2. S. 10-19.
 6. Nikitin A.A., Mironov V.N., Cheremin D.V. Zarubezhnye vnutrennie porty [Foreign internal ports]. Uchebno-spravochnoe posobie dlya studentov ochnogo i zaочного obucheniya FBOU VPO «VGAVT». 2012. 76 s.
 7. O territoriyakh operezhayushchego razvitiya v Rossiyskoy Federatsii [On territories of advanced development in the Russian Federation]. Federal'nyy zakon ot 29.12.2014 № 473-FZ (v red. Federal'nogo zakona 10.07.2023 № 305-FZ). Rezhim dostupa: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172962/
 8. Porter M. Konkurentsiya [Competition]. Obnovlennoe i rasshirennoe izdanie. Pod red. Zabolotskogo Ya.V. M.: Vil'yams. – 2010. – 592 s.
 9. Kostrov S.V. Organizatsionno-ekonomicheskoe razvitie kombinirovannykh perevozok na vodnom transporte [Organizational and economic development of combined transport by water transport]. Diss. ... kand. ekon. nauk po spets. 08.00.05. M.: 2013. 149 s.
 10. Nikitin A.A., Kostrov V.N., Koren' Yu.I. Strategicheskie aspekty razvitiya transportno-logisticheskoy infrastruktury vodnogo transporta regiona (na primere Dal'nego Vostoka) [Strategic aspects of the development of the transport and logistics infrastructure of water transport in the region (on the example of the Far East)]. Kongress Mezhdunarodnogo foruma «Velikie reki». N.Novgorod, 2014. S. 187–190.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сухарев Дмитрий Николаевич, директор по внутреннему контролю и аудиту, АО «Русатом Оверсиз» 115280, Москва, ул Ленинская Слобода, 26. e-mail: dnsukharev@rambler.ru

Dmitry N. Sukharev, Director of Internal Control and Audit, Rusatom Overseas JSC, 26 Leninskaya Sloboda St., Moscow, 115280

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 Economics, Professor, Head of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Ничипорук Андрей Олегович, д.т.н., доцент, профессор кафедры логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: nichiporouk@rambler.ru

Andrei O. Nichiporuk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Почекаева Ольга Вадимовна к.э.н., доцент, начальник отдела аспирантуры, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: pochekaeva.ov@vsuwt.ru

Olga V. Pochekaeva, Ph.D., Associate Professor, Head of the Graduate Department, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 21.11.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 21.11.2024; published online 20.12.2024.

УДК 338.1; 338.2; 338.4

DOI: 10.37890/jwt.vi81.543

Анализ жизненного цикла инновационно-инвестиционных проектов на предприятиях судостроительной промышленности как высокотехнологичной отрасли

В.С. Чеботарев¹

ORCID:0000-0002-2913-2360

В.А. Ельшин²

ORCID: 0000-0002-4110-395X

Ж. Ю. Пыжова¹

ORCID: 0000-0003-0472-3428

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

²*Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Рубин», г. Пенза, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, Россия*

Аннотация. Для реализации инновационно-инвестиционных⁴¹ проектов жизненного цикла в сфере судостроительной промышленности как высокотехнологичной отрасли требуются некоторые организационно-технические мероприятия. Важным будет являться определение инфраструктуры, организации управления инновационно-инвестиционными проектами судостроения, разработка необходимых механизмов и методологии, формирование полного взаимопонимания между производителем и заказчиком, разработка эффективной интегрированной информационной и логистической системы.

Цель работы: является анализ жизненного цикла для расширения инновационной деятельности для предприятий судостроения как высокотехнологичной отрасли промышленности.

Новизна: расширение инновационно-инвестиционных проектов в судостроительной промышленности направлено на создание конкурентоспособной высокотехнологичной продукции судостроения.

Результат: расширение инновационно-инвестиционных проектов в высокотехнологичных отраслях экономики ускорит стабильное и инновационное развитие судостроительной промышленности и обеспечит достижение и поддержание высокой конкурентоспособности отечественной продукции судостроения на мировом рынке.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в том, что анализ жизненного цикла инновационно-инвестиционных проектов позволит стимулировать экономический рост предприятий судостроительной промышленности и высокотехнологичных отраслей отечественной экономики.

⁴¹ Инновационно-инвестиционный проект – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы (продукции и/или товара судостроения) с установленными требованиями к ее качеству, возможными границами расхода средств и ресурсов и специфической организацией: заданные заказчиком потребительные свойства (потребительная стоимость) высокотехнологичной продукции (товара, контракта) при принятой (обоснованной) стоимости (издержек с установленной рентабельностью для продукции) и специфической организацией ее создания. Под специфической организацией понимается инновационно-инвестиционный подход создания высокотехнологичной продукции, при котором инновационные свойства соответствуют или превышают требования заказчика, а инвестиции удовлетворяют экономическую целесообразность всех участников проекта: заказчика, головного исполнителя, участников кооперации и др. [1-2].

Ключевые слова: инновационная деятельность, инвестиционный проект, жизненный цикл, предприятия судостроения, продукция судостроения, высокотехнологичная промышленность.

Life cycle analysis of innovation and investment projects at enterprises of the shipbuilding industry as a high-tech industry

Vladislav S. Chebotarev¹

ORCID: 0000-0002-2913-2360

Vladimir A. Yelshin²

ORCID: 0000-0002-4110-395X

Zhanna Y. Pyzhova¹

ORCID: 0000-0003-0472-3428

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

² *Joint-Stock Company «Scientific-Industrial Enterprise «Rubin» Penza, Penza State University, Penza, Russia.*

Abstract. To implement innovative investment projects of the life cycle in the shipbuilding industry as a high-tech industry, some organizational and technical measures are required. It will be important to determine the infrastructure, organization of management in relation to innovative and investment shipbuilding projects, development of necessary mechanisms and methodology, formation of full mutual understanding between the manufacturer and the customer, development of an effective integrated information and logistics system.

The purpose: It is a life cycle analysis for the expansion of innovative activities for shipbuilding enterprises as a high-tech industry.

Novelty: the expansion of innovative investment projects in the shipbuilding industry is aimed at creating competitive high-tech shipbuilding products.

Result: the expansion of innovative investment projects in high-tech sectors of the economy will accelerate the stable and innovative development of the shipbuilding industry and ensure the achievement and maintenance of high competitiveness of domestic shipbuilding products on the world market.

The theoretical significance of the results the results obtained are that the analysis of the life cycle of innovative projects will stimulate the economic growth of enterprises in the shipbuilding industry and high-tech sectors of the domestic economy.

Keywords: innovative activity, investment project, life cycle, shipbuilding enterprises, shipbuilding products, high-tech industry.

Введение

В настоящее время ключом к стабильному развитию и процветанию государства является наличие конкурентоспособных высокотехнологичных предприятий, способных успешно конкурировать на мировых рынках. Однако для устойчивого развития таких предприятий необходима активная инвестиционная деятельность. Несмотря на значительные инвестиции из бюджета в рамках федеральных программ, уровень инновационной активности в высокотехнологичной промышленности России остается недостаточным [3].

Ускорение инновационных процессов имеет огромное значение для современной экономики и производства. Интеллектуализация изделий и вещей, так называемый "Интернет вещей" (IoT), позволяет создавать более умные и эффективные продукты, которые могут взаимодействовать между собой и с людьми, обеспечивая новые возможности для бизнеса. Развитие цифровых технологий, таких как big data, искусственный интеллект, блокчейн и другие, меняет способы работы компаний и создает новые рыночные возможности. Бизнес-модели компаний становятся более гибкими и адаптивными, что позволяет им быстрее реагировать на изменения в окружающей среде и конкуренцию. Новые формы взаимодействия между

организациями, бизнесом и государством также становятся более цифровыми и прозрачными, что способствует повышению эффективности производства судостроительной продукции и развитию экономики в целом. Все это открывает новые возможности для роста и развития бизнеса, а также повышает конкурентоспособность компаний на мировом рынке вообще и судостроения в частности.

Методы и материалы исследования

Для выполнения задач реализации инновационной деятельности были применены следующие методы исследования:

1. Анализ затрат на производство. Анализ результатов позволил выявить возможности и пути сокращения издержек.
2. Оптимизация уровня издержек производства. Анализ достижения оптимального уровня издержек обеспечивает повышение доходности контрактов.
3. Анализ цен и контрактов. Определены оптимальные экономические условия для контрактов, которые позволяют производителям получать прибыль.

Результаты и обсуждение

Внедрение контрактов жизненного цикла (КЖЦ) становится все более значимым для предприятий судостроения и высокотехнологичных отраслей промышленности. Это ключевое направление трансформации производственных отношений, которое позволяет предприятиям (компаниям) обеспечить полный цикл жизни своих продуктов, начиная с изготовления и заканчивая утилизацией. КЖЦ предоставляют возможность создать долгосрочные партнерские отношения между производителями и потребителями, где производитель берет на себя ответственность за обслуживание, ремонт, модернизацию и утилизацию продукта после его продажи. Это позволяет компаниям не только обеспечить качественное обслуживание своих продуктов, но и эффективно управлять жизненным циклом продукции, минимизируя риски и издержки (рис.1) [4-7].

Заключение контрактов жизненного цикла позволяет:

1. Обеспечить регулярное обслуживание и техническую поддержку продукции, что повышает ее надежность, готовность к работе и снижает вероятность аварийных ситуаций.
2. Учесть потребности заказчика в сроках поставки новой судостроительной техники или модернизации существующей, что способствует оптимизации процессов и ускорению внедрения новых технологий.
3. Оптимизировать расходы на обслуживание и модернизацию судов, а также привлекать инвестиции на разработку новых продуктов и технологий судостроения, что способствует развитию предприятия и повышению его конкурентоспособности.

Ключевая особенность контрактов жизненного цикла заключается в том, что они ориентированы на результат и предусматривают не просто поставку конкретных товаров или услуг, а достижение определенных ключевых показателей эффективности и качества для заказчика. При заключении контрактов жизненного цикла стороны согласуют не только условия поставки продукции или услуг, но и обязательства по достижению определенных целей, которые важны для заказчика. Это может быть, например, гарантированный срок эксплуатации судов, гарантированный уровень производительности судового оборудования, сокращение времени простоя, повышение эффективности использования ресурсов и т.д. Такой

подход позволяет создать более прозрачные и долгосрочные отношения между поставщиком и заказчиком, сосредоточив внимание на конечных результатах и потребностях заказчика. Это способствует более эффективному управлению жизненным циклом продукции, повышению качества обслуживания и удовлетворению потребностей заказчика [1, 5-6].



Рис.1. Контракт жизненного цикла

Жизненный цикл инновационно-инвестиционного проекта - набор стадий/фаз, каждая из которых имеет свои особенности и требования к управлению, где успешное прохождение всех этапов жизненного цикла проекта является ключевым для достижения его целей и создания инновационно-инвестиционного продукта или услуги.

Рассмотрим прединвестиционную и инвестиционную фазы процесса управления проектом предприятий судостроения как высокотехнологичной отрасли промышленности.

Фазы могут включать следующие основные этапы:

1. Инициация - на этой стадии происходит формирование идеи проекта, определение его целей, оценка потенциальной выгоды от реализации проекта, а также принятие решения о его дальнейшем развитии.
2. Планирование - на этой стадии разрабатывается детальный план действий по реализации проекта, определяются ресурсы, сроки, бюджет, риски и критерии успеха.
3. Выполнение - на этой стадии происходит непосредственная реализация проекта, выполнение запланированных работ и контроль за их выполнением.
4. Мониторинг и контроль - на этой стадии осуществляется постоянный мониторинг хода выполнения проекта, контроль за бюджетом, сроками и качеством работ, а также корректировка планов в случае необходимости.
5. Завершение - на этой стадии проект завершается, происходит передача результатов проекта заказчику или пользователю, а также анализ эффективности выполненных работ и извлечение уроков для будущих проектов.

На прединвестиционном этапе осуществляются следующие действия:

- анализ возможностей (поиск инвестиций);
- проведение аналитических исследований рынка;

- подготовка экономического обоснования проекта.
- оценка проекта и принятие решения об инвестировании.

Структура информации обеспечивает логическое и последовательное изложение информации и результатов исследования, позволяя четко представить все этапы работы и достигнутые выводы и включает в себя:

1. Цели проекта, его ориентация и экономическое окружение, юридическое обеспечение (налоги, государственная поддержка и т.п.).
2. Маркетинговая информация (описание рынка, возможности сбыта, конкурентная среда, перспективная программа продаж и номенклатура продукции, ценовая политика, основные характеристики продукции).
3. Материальные затраты (потребности, цены и условия на поставки сырья, вспомогательные материалы и энергоносители).
4. Место размещения, с учетом технологических, климатических, социальных и иных факторов.
5. Проектно-конструкторская часть (выбор технологии, спецификация оборудования и условия его поставки, объемы строительства, конструкторская документация и т.п.).
6. Организация предприятия и накладные расходы (управление, сбыт и распределение продукции, условия аренды, графики амортизации оборудования и т.п.).
7. Кадры (потребность, обеспеченность, график работы, условия оплаты, необходимость обучения).
8. График осуществления проекта (сроки строительства, монтажа и пуско-наладочных работ, период функционирования).

Примерная структура паспорта инновационно-инвестиционного проекта представлена на рис. 2.

На стадии планирования и организации работ по проекту осуществляется:

1. Формирование команды проекта, назначение руководителя проекта.
2. Определение коммерческой (финансовой и экономической) оценки проекта:
 - оценка затрат на реализацию проекта;
 - прогнозирование потенциальных доходов от проекта;
 - расчет окупаемости проекта и показателей эффективности (NPV, IRR, PI);
 - анализ рисков и чувствительности проекта к изменениям внешних факторов;
 - оценка эффективности проекта в случае отказа от реализации с учетом расходов на закрытие проекта.
3. Определение контрольных точек по ходу реализации проекта:
 - установление ключевых этапов и моментов оценки прогресса проекта;
 - определение критериев успешности для каждой контрольной точки;
 - мониторинг выполнения плана и анализ отклонений;
 - принятие решений о корректировке проекта при необходимости.
4. Разработка детального плана капитальных вложений:
 - определение объема и структуры инвестиций;
 - определение очередности строительства и ввода мощностей;
 - распределение ресурсов и временных рамок для каждого этапа проекта;
 - учет финансовых потоков и финансовой устойчивости проекта.

Информация об инновационно-инвестиционном проекте судостроения " _____ "
(наименование проекта)

№	Разделы документа	Рекомендации по заполнению									
1	Перечень участников проекта										
2	Наименование организации										
3	Наименование проекта										
4	Краткое описание проекта										
5	Сроки реализации проекта	Начало работ по реализации проекта									
		Начало финансирования проекта									
		Начало освоения капиталовложений по проекту									
		Окончание работ по реализации проекта									
		Окончание финансирования проекта									
		Окончание освоений капиталовложений по проекту									
		Выход на производственную мощность									
6	Обоснование реализации проекта										
7	Цели и планируемые результаты проекта										
8	Целевые показатели проекта										
	Наименование показателя		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Итого	
	1.										
	...										
9	Основные этапы проекта	Наименование этапа			Планируемые результаты этапа				Срок реализации		
		1									
		...									
10	Текущий статус проекта										
11	Согласование с заказчиками	Показатель					Дата получения согласования				
12	Наличие необходимой разрешительной документации	Наименование документа							Срок действия		
13	Допущения, используемые при оценке проекта										
		шаг планирования									
		темпы инфляции									
		ставка дисконтирования									
		загрузка производственных мощностей									
14	Экономические показатели проекта	Текущие показатели деятельности нарастающим итогом в результате реализации проекта						Значение		Изменени е (если есть)	
15	Технологические показатели проекта										
16	Инвестиционные показатели для проекта в целом	Чистая приведенная стоимость (NPV, млн.руб.) на конец срока реализации проекта									

		Внутренняя ставка доходности (IRR, %)									
		Простой срок окупаемости, лет									
		Дисконтированный срок окупаемости, лет									
	Инвестиционные показатели для предприятия	Чистая приведенная стоимость (NPV, млн.руб.) на конец срока реализации проекта									
		Внутренняя ставка доходности (IRR, %)									
		Простой срок окупаемости, лет									
		Дисконтированный срок окупаемости, лет									
17	Инвестиционный бюджет										
	Мероприятие, вид затрат, млн. руб.		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Итого	
	1									
									
	Итого:										
18	План финансирования	Источники финансирования: собственные средства - 0% (от общего объема)									
			2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Итого	
		Источники финансирования: кредитные средства - 100% (от общего объема)									
			2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Итого	
19	Границы безубыточности проекта										
20	Участники проекта										
21	План производства										
	Продукция		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Итого	
	1.										
22	План доходов/продаж										
	Показатель		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Итого	
	1.	Выручка от продаж, млн.руб.									
	2.	Полная себестоимость, млн.руб.									
	3.	Прибыль от продаж, млн.руб.									
	4.	Амортизация, млн.руб.									
	5.	Рентабельность продаж, %									
	6.	Чистая прибыль, млн.руб.									
23	План сбыта продукции / услуг										
	Наименование показателя		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Итого	
	1.										
24	Анализ рынка										
25	Перечень и описание										

	основных продуктов (товаров, услуг)		Наименование продукта (однородной группы), единица измерения	Доля в доходах, %	Средняя цена единицы тыс. руб. с НДС	Сопоставление с аналогом, тыс. руб. с НДС		
	Анализ продуктов-аналогов							

Рис.2. Паспорт инновационно-инвестиционного проекта судостроения

На инвестиционном этапе проекта осуществляются ключевые действия, подготавливающие проект к началу производства.

1. Осуществляется строительство и ввод мощностей.
2. Осуществляется предпродажный маркетинг.
3. Происходит формирование кадрового состава.
4. Происходит корректировка или закрытие проекта.

После завершения инвестиционного этапа, проект переходит к этапу производства, на котором осуществляется запуск и функционирование производственных процессов с целью достижения проектной мощности и целевых показателей производительности.

Эксплуатационный этап является ключевым для успешной реализации инновационно-инвестиционного проекта. На этом этапе осуществляется мониторинг и контроль за всеми аспектами деятельности производства судостроения с целью обеспечения эффективного функционирования и достижения запланированных результатов.

Для наиболее важных проектов необходимо делать промежуточный анализ и производить соответствующую корректировку или закрытие проекта.

Для проведения анализа рынка сбыта и поставщиков, необходимо собрать и проанализировать следующую информацию:

1. Основные потребители:
 - идентификация ключевых сегментов потребителей продукции;
 - анализ их потребностей и предпочтений;
 - оценка спроса на продукцию с учетом изменяющихся требований рынка.
2. Емкость рынка товара:
 - оценка общего объема рынка товара и его динамики;
 - прогнозирование роста или снижения спроса на продукцию;
 - идентификация конкурентов и их доли на рынке.
3. Доля рынка инициатора проекта:
 - оценка текущей доли рынка и планируемой цели;
 - разработка стратегии достижения планируемой доли рынка;
 - учет конкурентных преимуществ и особенностей продукции.
4. Динамика цен на продукцию:
 - анализ изменения цен на продукцию;
 - оценка факторов, влияющих на ценообразование (спрос, предложение, конкуренция);
 - прогнозирование будущих изменений цен.
5. Государственная поддержка и субсидии:
 - изучение возможности получения государственной поддержки и субсидий;
 - оценка влияния государственных мер на деятельность проекта.
6. Ограничения для вхождения на рынок:
 - выявление необходимых лицензий, сертификаций и других ограничений;

- оценка возможных препятствий для входа на рынок и способы их преодоления.
- 7. Соглашения с покупателями:
 - анализ наличия соглашений о намерениях и предварительных договоров с покупателями;
 - оценка стабильности спроса и возможных рисков отказа от сделок.
- 8. Поставщики компонентов и услуг:
 - идентификация основных поставщиков необходимых компонентов и услуг;
 - оценка их влияния на участников рынка (цена, качество, сроки поставок);
 - разработка стратегии сотрудничества с поставщиками для обеспечения стабильности производства.

Анализ указанных факторов позволит более глубоко понять рыночную среду, выявить потенциальные риски и возможности для развития проекта, а также спланировать действия по достижению поставленных целей на рынке сбыта.

Конкурентоспособность предприятий судостроительной промышленности является ключевым фактором для их успешного развития. Для поддержания высокой конкурентоспособности необходимо постоянно следить за изменениями на рынке, анализировать действия конкурентов и принимать меры для опережения их (рис. 2). Конкурентоспособность состоит из множества параметров, которые нужно постоянно сравнивать с аналогичными показателями конкурентов. Это позволяет определить свои сильные и слабые стороны, а также выявить возможности для улучшения. Для обеспечения высокой конкурентоспособности предприятий важно инвестировать в исследования и разработки, развивать новые продукты и услуги, совершенствовать процессы производства и управления, повышать качество обслуживания клиентов, осваивать новые технологии и методы маркетинга. Постоянное стремление к опережению конкурентов и инновационно-инвестиционный подход к бизнесу помогут предприятиям судостроения добиться успеха на рынке и обеспечить их долгосрочное экономическое развитие.

Ключевая компетенция предприятий судостроительной промышленности как и высокотехнологичных отраслей играет важную роль в их успешной конкурентоспособности. Наличие уникальной компетенции позволяет предприятиям создавать новые продукты или услуги, которые выделяются на рынке и обладают значительными преимуществами перед конкурентами. Формулирование и развитие ключевой уникальной компетенции является стратегически важным шагом для предприятий. Это позволяет не только решать сложные задачи и устанавливать новые стандарты в отрасли, но также обеспечивает конкурентное преимущество и позиционирование на рынке. Постоянное развитие ключевой компетенции, инвестиции в исследования и разработки, привлечение квалифицированных специалистов, а также эффективное управление процессами позволяют предприятиям судостроения (высокотехнологичных отраслей) сохранять свои лидирующие позиции и успешно конкурировать на мировом рынке.

При развитии новых направлений в производстве важно определить, какие уникальные возможности и компетенции уже имеются у предприятия, которые можно эффективно задействовать при освоении новых видов продукции. Инвентаризация ресурсов и анализ потенциальных конкурентных преимуществ позволяют сформировать перечень ключевых компетенций организации. Выбор компетенций требует тщательного отбора ресурсов, которые будут соответствовать требованиям ключевых компетенций - быть редкими, устойчивыми, обеспечивать конкурентные преимущества и быть труднокопируемыми. На последнем этапе необходимо сформулировать стратегию развития предприятия на основе выявленных ключевых компетенций. Это позволит эффективно использовать уникальные возможности предприятия для достижения стратегических целей и обеспечит успешное развитие организации.

Анализ соответствия целей проекта стратегии развития организации является критически важным этапом в процессе планирования и принятия инвестиционных решений. Только путем тщательного анализа и убеждения в том, что проект соответствует общим стратегическим целям предприятия, можно обеспечить успешное выполнение проекта и достижение желаемых результатов. Учитывая стратегические риски, связанные с изменениями внешней среды, законодательства и стратегий отрасли судостроения, необходимо проводить дополнительный анализ и планирование мер по управлению рисками. Это поможет минимизировать негативное воздействие факторов нестабильности на реализацию проекта и обеспечит его успешное завершение. Таким образом, интеграция стратегического анализа в процесс принятия инвестиционных решений позволяет убедиться в целесообразности проекта, его соответствии стратегическим целям и максимально эффективном использовании ключевых компетенций предприятия для достижения успеха [8-10].

При формировании проекта, цели должны быть конкретными, измеримыми и достижимыми, соотнесенными во времени с целями стратегии. Необходимо указание, каких целей стратегии и в какие сроки реализация инвестиционного проекта позволит достичь (увеличение выручки, повышение доли гражданской продукции и т.п.).

Обоснование экономической эффективности проекта – прогноз денежных потоков проекта. Расчет включает в себя прогноз форм отчета о прибылях и убытках, баланса и отчета о движении денежных средств, а также всех стандартных инвестиционных показателей проекта.

Последовательность обоснования экономической эффективности включает в себя построение финансовой модели проекта (рис. 3).

Результатом финансового моделирования является файл, который включает в себя исходные данные по операционной, инвестиционной и финансовой деятельности, формы отчетности на весь прогнозный период, основные инвестиционные показатели [3,4]. В основе расчетов прогноза доходов и расходов лежит прогноз выручки проекта, который должен быть построен на основании данных/прогнозов реализации подобных проектов и экспертной оценки. На основе прогноза выручки моделируется прогноз себестоимости продукции методом использования фиксированного (или изменяющегося уровня) валовой маржи умноженного на выручку проекта. Постоянные расходы моделируются как некоторая фиксированная величина, рассчитанная с использованием экспертной оценки.

Для оценки текущей стоимости будущего денежного потока на текущий момент времени производится его дисконтирование. Ставка дисконтирования для каждого проекта выбирается исходя из риска проекта. Более высокие ставки приписываются более рискованным проектам. Как правило, ставка дисконтирования для проекта устанавливается равной WACC (средневзвешенная стоимость капитала, *weighted average cost of capital*), а при расчете учитывается удельный вес каждого источника финансирования в общей стоимости [1, 6]:

$$WACC = [Kd(1-T)*Wd] + Kp*Wp + Ks*Ws, \quad (1)$$

где: Kd - стоимость привлечения заемного капитала, %;

Wd - доля заемного капитала в структуре капитала, %;

T - ставка налога на прибыль, доли ед.;

Kp - стоимость собственного капитала, %;

Wp - доля собственного капитала в структуре капитала, %;

Ks - стоимость бюджетного финансирования, %;

Ws - доля бюджетного финансирования в структуре капитала, %.

Модель должна прогнозировать и описывать денежные потоки от уплаты всех налогов за исключением НДС.

При недостаточной коммерческой эффективности проекта, должны быть рассмотрены варианты поддержки проекта для повышения его коммерческой эффективности до приемлемого уровня.

К основным показателям для оценки инновационно-инвестиционного проекта относятся:

1. Период окупаемости – РР (обычно рассчитывается в месяцах).
2. Дисконтируемый период окупаемости – DPP (обычно рассчитывается в месяцах).
3. Чистый дисконтированный (приведённый) доход – NPV.
4. Внутренняя норма доходности (рентабельности) – IRR.
5. Индекс прибыльности инвестиций (PI).

Название организации					
Название инновационно - инвестиционного проекта					
Описание инновационно - инвестиционного проекта					
Текущий статус инновационно - инвестиционного проекта					
Дата начала реализации инновационно-инвестиционного проекта					
№ п/п	Наименование	Ед. измерения	2024	2025	2026
1	2	3	4	5	6
1	Выручка от реализации продукции (работ, услуг)	тыс. руб.			
2	Себестоимость (прямые и накладные производственные затраты)	тыс. руб.			
3	Валовая прибыль	тыс. руб.			
	Рентабельность по валовой прибыли	%			
4	Коммерческие расходы	тыс. руб.			
5	Общехозяйственные расходы	тыс. руб.			
6	Прибыль (убыток) от продаж	тыс. руб.			
6.1	Рентабельность продаж	%			
7	Прочие доходы	тыс. руб.			
8	Прочие расходы	тыс. руб.			
9	Прибыль (убыток) до налогообложения	тыс. руб.			
10	Налог на прибыль и иные аналогичные обязательные платежи	тыс. руб.			
11	Чистая прибыль	тыс. руб.			
12	Амортизация	тыс. руб.			
13	ЕВИТДА	тыс. руб.			
13.1	Рентабельность по ЕВИТДА	%			
	ЕВИТ	тыс. руб.			
14	Изменение оборотного капитала	тыс. руб.			
14.1	Запасы	тыс. руб.			
14.2	Дебиторская задолженность	тыс. руб.			
14.3	Кредиторская задолженность	тыс. руб.			
15	Инвестиции в основные средства и НМА	тыс. руб.	-	-	-
15.1	Техническое перевооружение и реконструкция действующих предприятий	тыс. руб.			
15.2	Капитальное строительство	тыс. руб.			
15.3	НИОКР	тыс. руб.			

15.4	Приобретение основных средств	тыс. руб.				
15.5	Прочее	тыс. руб.				
Расчет привлекательности проектов:						
1. Денежный поток на весь инвестированный капитал (FCFF)						
№ п/п	Наименование	Ед. измерения	2024	2025	2026	
1	2	3	4	5	6	
17	FCFF	тыс. руб.				
18	Терминальная стоимость	тыс. руб.				
19	FCFF с учетом терминальной стоимости	тыс. руб.				
20	FCFF нарастающим итогом	тыс. руб.				
WACC						
№ п/п	Структура финансирования проекта	Стоимость капитала, %	Сумма финансирования, тыс. руб.	в т.ч. структура финансирования по годам (по источникам)		
1	2	3	4	2024	2025	2026
21.1	Собственные средства					
21.2	Займы:					
21.3	ФЦП					
21.4	Кредиты:					
	Итого:					
	Темп роста FCFF после 2025					
№ п/п	Наименование	Ед. измерения	2024	2025	2026	
1	2	3	4	5	6	
22	Фактор дисконтирования	%				
23	Период	лет				
24	DCF	тыс. руб.				
25	DCF с учетом терминальной стоимости	тыс. руб.				
26	DCF нарастающим итогом	тыс. руб.				
26	NPV	тыс. руб.				
27	IRR	%				
28	PP	лет				
29	DPP	лет				
2. Денежный поток на собственный капитал (FCFE)						
	Стоимость собственного капитала	20,0%				
30	D привлечение/погашение заемных средств	тыс. руб.				
2.1 FCFE						
№ п/п	Наименование	Ед. измерения	2024	2025	2026	
1	2	3	4	5	6	
31	FCFE	тыс. руб.				

32	Терминальная стоимость	тыс. руб.			
33	FCFE с учетом терминальной стоимости	тыс. руб.			
34	Накопленный FCFE	тыс. руб.			
35	Фактор дисконтирования				
36	Период				

Рис.3. Финансовая модель инновационно-инвестиционного проекта судостроения

В течение жизненного цикла проекта неизбежно происходят изменения, что может привести к снижению эффективности проекта. В таком случае необходимо провести дополнительный анализ инновационно-инвестиционного проекта и принять решение о внесении в него корректировок или о его закрытии.

Основными триггерами, при наступлении которых необходимо проводить дополнительный анализ целесообразности продолжения реализации инновационно-инвестиционного проекта, являются [9]: существенное изменение стоимости реализации инновационно-инвестиционного проекта (увеличение бюджета); увеличение срока реализации инновационно-инвестиционного проекта; неконкурентоспособность конечного продукта; экономическая неэффективность реализации инновационно-инвестиционного проекта (низкая доходность или прогнозируемый убыток на инвестиции); риск существенного уменьшения ожидаемого дохода по прогнозируемым результатам реализации инновационно-инвестиционного проекта.

С учетом ограниченности ресурсов необходимо учитывать возможность закрытия низкоэффективных инновационно-инвестиционных проектов и направления высвобожденных средств на более эффективные проекты.

В случае ухудшения условий реализации инновационно-инвестиционного проекта или при проведении оптимизации проектов с риском невозврата инвестиций в полном объеме из-за изменений конъюнктуры необходимо:

- проработать дополнительные возможности по увеличению объема сбыта товара/услуг;
- проработать возможности снижения затрат;
- диверсифицировать производство, кооперацию;
- модернизировать процессы и управление эффективностью инновационно-инвестиционного проекта;
- применение результатов научно-технического прогресса;
- усиление маркетинговых коммуникаций и проведение других мероприятий.

Риск инновационно-инвестиционного проекта - возможность возникновения в ходе реализации проекта таких событий, которые негативно повлияют на способность Общества достигнуть ключевые показатели эффективности данного проекта.

Целью процесса управления рисками инновационно-инвестиционного проекта является снижение вероятности возникновения и минимизация негативного воздействия неблагоприятных событий в ходе реализации проекта.

Анализ проектных рисков включает качественный и количественный анализ рисков.

Качественный анализ рисков помогает выявить и оценить основные риски проекта, определить вероятность их возникновения, а также оценить потенциальное влияние этих рисков на проект. Разработка предложений по минимизации рисков, включая конкретные мероприятия, сроки и ответственных лиц, позволяет подготовить план действий для управления рисками и повышения устойчивости инновационно-инвестиционного проекта.

Количественный анализ рисков, основанный на анализе чувствительности инновационно-инвестиционного проекта к изменению ключевых параметров, позволяет оценить степень устойчивости финансовых прогнозов проекта. Путем изменения значений наиболее значимых факторов и параметров инновационно-инвестиционного проекта можно определить, насколько изменения в этих значениях могут повлиять на результаты проекта и его финансовую эффективность.

Таким образом, сочетание качественного и количественного анализа рисков позволяет комплексно оценить и управлять рисками инновационно-инвестиционного проекта, обеспечивая более надежное и устойчивое выполнение инновационно-инвестиционного проекта и достижение его целей.

Анализ рисков можно проводить по форме, представленной на рис. 4.

Заключение

Инновационно-инвестиционный подход к анализу и оценке стоимости инновационного производства судостроительной промышленности предполагает рассмотрение управления производством как управления инвестициями в инновационном производственном процессе. Целью инвестиционного анализа и оценки стоимости инновационного производства на предприятиях судостроительной промышленности как высокотехнологичной отрасли является оценка необходимых и рациональных затрат на инновационное производство как с точки зрения государства (оценка затрат по инновационно-инвестиционному проекту), так и с точки зрения самих предприятий (оценка затрат участников инновационно-инвестиционного проекта). Оценка затрат по инновационно-инвестиционному проекту позволяет государству определить эффективность и целесообразность инвестиций в производство в рамках стратегических целей и интересов государства. Оценка затрат участников инновационно-инвестиционного проекта важна для предприятий судостроения, так как позволяет им определить структуру затрат, выявить эффективные методы управления затратами, оптимизировать бюджет и повысить конкурентоспособность производства. Таким образом, инвестиционный анализ и оценка стоимости инновационного производства на предприятиях судостроительной промышленности играют ключевую роль в планировании, управлении и контроле затрат, обеспечивая эффективное использование ресурсов и достижение стратегических целей как для государства, так и для предприятий отрасли.

Вид риска	Детализация риска (описание конкретного рискового события)	Оценка вероятности возникновения риска (качественная / количественная оценка)	Оценка степени влияния риска	Мероприятия по снижению риска		Срок
				Мероприятия	Ответственный исполнитель	
Риски, связанные с запуском и реализацией инновационно-инвестиционного проекта						
Расхождение прогнозных и фактических объемов материальных ресурсов	Недостаточный допуск на технологический припуск при разработке технологического процесса изготовления деталей	Высокая	Высокая	Высокая	Расчитать допуск на технологический припуск с учетом уменьшения фактических припусков	Начальник технологического отдела
Превышение запланированных издержек и рост себестоимости	Увеличение фактических объемов затрат относительно запланированных	Высокая	Высокая	Высокая	Провести нормирование затрат, анализ и лимитирование	Начальник планово-экономического отдела
Невыполнение плана по мощности, объему выпуска, производительности	Несовпадение сроков производства и поставки относительно потребности материальных ресурсов на производстве	Высокая	Высокая	Высокая	Создать необходимый уровень запасов, признать ответственность за обеспечение производства	Начальник отдела материально-технического снабжения
Задержка окончания работ по запуску проекта	Необоснованное увеличение сроков выполнения этапов проекта	Высокая	Высокая	Высокая	Разработать и утвердить график реализации проекта, в т.ч. производственный график изготовления установочной партии	Руководитель заказа
Ограниченная доступность земли, энергии, строительных материалов, сырья, транспорта	Возникновение дефицита ресурсов для реализации проекта	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	-	-
Ограниченная доступность рабочих ресурсов, управленческих кадров, подрядчиков	Возникновение дефицита квалифицированных кадров	Высокая	Высокая	Высокая	Сформировать кадровый резерв в рамках Программы привлечения молодых специалистов	Начальник отдела кадров
Возможные изменения стоимости сырья, материалов, оборудования, готовой продукции	Существенное повышение цен на ГКИ и материалы относительно запланированных цен	Высокая	Высокая	Высокая	Проработать условия и объемы поставки ГКИ и материалов с потенциальными поставщиками. Подписать обязывающие соглашения и протоколы о намерениях	Начальник отдела материально-технического снабжения

Рис.4. Анализ рисков инновационно-инвестиционного судостроения (Начало)

Макроэкономические риски						
Неблагоприятное развитие макроэкономической ситуации в стране	Снижение объемов рынка продукции	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Руководитель заказа
Неблагоприятное изменение обменного курса рубля	Валютные риски, связанные с закупкой ПКИ и материалов	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Начальник отдела материально-технического снабжения
Снижение спроса	Снижение объемов рынка продукции	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Начальник отдела маркетинга и сбыта
Ужесточение процедуры ценообразования в отношении продукции / услуг общества	Снижение уровня допустимых расходов на приобретение ПКИ и материалов	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Начальник планово-экономического отдела
Прочие риски						
Неполучение сертификации, лицензии в государственных органах	Несвоевременное получение сертификата	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Начальник бюро управления качеством и аудита
Банкротство поставщиков / подрядчиков	Невыполнение обязательств по заключенным договорам со стороны поставщиков ПКИ и материалов	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Начальник бюро организации закупок

Рис. 4. Анализ рисков инновационно-инвестиционного судостроения

Список литературы

1. Черныш А.А., Чеботарев С.С., Ельшин В.А. Методология стратегического управления высокотехнологичными промышленными предприятиями на основе теории эффективности и инвестиционного анализа // Монография. - Москва; Изд-во "Кнорус", 2023. - 180 с.
2. Чеботарев С.С., Журенков Д.А. Организационно-экономический механизм формирования цены на оборонную продукцию: анализ и предложения по совершенствованию // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России, №3 - М.: ФГУП «ЦНИИ «Центр», 2016г.- С.7-20.
3. Федеральный закон от 25.02.1999 №39-ФЗ (ред. от 30.12.2021) «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений». – https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405765. (дата обращения 06.07.2024).
4. 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. – 282 с.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Электронный ресурс]: утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ от 21.06.1999 № ВК 477. – https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_348515. (дата обращения 06.07.2024).
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (третья редакция, уточненная и дополненная). – М.: ЦЭМИ РАН, 2008. – 234 с
7. Хлынин Э.В., Ростовцев С.А. Контракт жизненного цикла как форма государственно-частного партнерства // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. Социально-экономическое развитие региона: теория и практика. – 2017. – С. 198-200.
8. Чеботарев С.С., Ельшин В.А. Рекомендации по государственному стимулированию инвестиционной деятельности предприятий ОПК // Вестник алтайской академии экономики и права. – 2022. - № 10 (часть 3). – с.484-491.
9. Чеботарев С.С., Мельников Г.Н. Двойной подход к оценке эффективности управления организациями наукоёмких отраслей экономики в сфере государственного заказа. Вестник воздушно-космической обороны. – М.: ИД "Алмаз-медиа", 2019. № 2(22) – С. 5-14.
10. Чеботарев С.С., Проскурин Б.В., Ельшин В.А. Векторы управления инновациями высокотехнологичных организаций промышленности: методологические аспекты: монография. – Москва: РУСАЙНС, 2022. – 148с.

References

1. Chernysh A.Ya., Chebotarev S.S., Elshin V.A. Methodology of strategic management of high-tech industrial enterprises based on the theory of efficiency and investment analysis // Monograph. - Moscow; Knorus Publishing House, 2023. - 180 p.
2. Chebotarev S.S., Zhurenkov D.A. Organizational and economic mechanism of price formation for defense products: analysis and suggestions for improvement// Scientific Bulletin of the military-industrial complex of Russia, No.3 - M.: FSUE "Central Research Institute" Center", 2016 - pp.7-20.
3. Federal Law No. 39-F3 of 25.02.1999 (as amended 30.12.2021) "On Investment Activities in the Russian Federation in the Form of Capital Investments." – https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405765. (date of circulation 06.07.2024).
4. Golubev S.S., Chebotarev S.S., Chibinev A.M., Yusupov R.M. Methodology of scientific and technological forecasting of the Russian Federation in modern conditions. - M.: Creative economy, 2018. - 282 s.
5. Guidelines for assessing the effectiveness of investment projects [Electronic resource]: approved by Ministry of Economy of the Russian Federation, Ministry of Finance of the Russian Federation, Gosstroy of the Russian Federation dated 21.06.1999 No. VK 477. – https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_348515. (date of circulation 06.07.2024).
6. Guidelines for assessing the effectiveness of investment projects (third edition, updated and supplemented). - M.: CEMI RAS, 2008. - 234 s

7. Khlynin E.V., Rostovtsev S.A. Life cycle contract as a form of public-private partnership//Bulletin of the Tula branch of the Financial University. Socio-economic development of the region: theory and practice. – 2017. - S. 198-200.
8. Chebotarev S.S., Elshin V.A. Recommendations for state stimulation of investment activities of defense industry enterprises//Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2022. - No. 10 (part 3). - p.484-491.
9. Chebotarev S.S., Melnikov G.N. A double approach to assessing the effectiveness of management of organizations of high-tech sectors of the economy in the field of state order. Bulletin of Aerospace Defense. - M.: Publishing House Almaz-Media, 2019. NO. 2 (22) - S. 5-14.
10. Chebotarev S.S., Proskurin B.V., Elshin V.A. Vectors of innovation management of high-tech industrial organizations: methodological aspects: monograph. - Moscow: RUSINES, 2022. - 148s.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чеботарев Владислав Стефанович, д.э.н., профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, главный научный сотрудник кафедры...экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, pyzhova.zu@vsuwt.ru

Vladislav S. Chebotarev, Doctor of Economics, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Chief Researcher of the Department, Volga State University, 603951, Nizhny Novgorod, st Nesterova

Елшин Владимир Александрович, д.э.н., доцент, начальник отдела, АО «Научно-производственное предприятие «Рубин», г. Пенза, профессор кафедры «Социология, экономическая теория и международные процессы» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, Россия. E-mail: econm@pnzgu.ru

Vladimir A. Yelshin, Doctor of economic Sciences, The Chief Of planning-economic department, Joint-Stock Company «Scientific-Industrial Enterprise «Rubin» Penza (Russia), Associate Professor of Department of Sociology, Economic Theory and International Processes, Penza State University, Penza, Russia

Пыжова Жанна Юрьевна, к.э.н., доцент, заведующая кафедрой экономики и менеджмента, проректор по экономической деятельности и информационной политике. ФГБОУ ВО ВГУВТ, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, pyzhova.zu@vsuwt.ru

Zhanna Y. Pyzhova, Candidate of Economics, Associate Professor, Head of the Department of Economics and Management, Vice-Rector for Economic Activities and Information Policy. VSUWT. 603951, Nizhny Novgorod, st Nesterova, pyzhova.zu@vsuwt.ru

Статья поступила в редакцию 17.07.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 17.07.2024; published online 20.12.2024.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА,
ВОДНЫЕ ПУТИ, СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ**

**WATER TRANSPORT OPERATION, WATERWAYS
COMMUNICATIONS AND HYDROGRAPHY**

УДК 659.62

DOI: 10.37890/jwt.vi81.544

**Ледовый паспорт речного ледокола: винтеризация и
реконструкция**

В.А. Лобанов

ORCID: 0000-0002-0931-7317

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

Аннотация. Работа развивает ряд авторских публикаций с обзором опыта эксплуатации ледоколов проекта 1191 в ледовых условиях внутренних и прибрежных морских водных путей. Настоящая публикация посвящена обобщению данных натурных наблюдений и испытаний работоспособности судовых систем, устройств, палубных механизмов, оборудования, помещений в условиях длительного воздействия отрицательных атмосферных температур. Отмечено, что ледоколы типа «Капитан Евдокимов» в проектном исполнении не продемонстрировали их надёжной приспособленности к длительной работе в зимний период.

Также выполнен обзор основных этапов реконструкции исследуемого проекта для улучшения его эксплуатационных качеств. Показано, что реконструкционные мероприятия начального этапа эксплуатации с целью улучшения ледовых качеств ледокола нельзя признать научно обоснованными и завершёнными. При этом не достигнута оптимизация сочетания его ледовых и навигационных качеств. Модернизационные мероприятия последнего десятилетия эксплуатации способны поддерживать ледовые качества судна, но их ресурсозатратность должна быть обоснована.

Ключевые слова: ледяной покров, ледокол, ледовые качества, винтеризация, реконструкция.

**Ice passport of a river icebreaker: winterization and
reconstruction**

Vasily A. Lobanov

ORCID: 0000-0002-0931-7317

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The research develops a number of author's publications with an overview of operation experience of project 1191 icebreakers in ice conditions within inland and coastal sea waterways. This article is devoted to data generalization from field observations and operability tests of ship systems, devices, deck mechanisms, equipment, shipboard spaces under prolonged exposure to negative atmospheric temperatures. It is noted that the icebreakers of the 'Kapitan Evdokimov' type in their design versions did not demonstrate reliable adaptability to long-term operation in winter.

An overview of the main reconstruction stages of the studied project to improve its operational performances has also been performed. It is shown that the reconstruction measures of operation initial stage in order to improve icebreaker's ice performances cannot

be considered scientifically justified and completed. At the same time, the optimization of its ice and navigation performances combination has not been achieved. Modernization measures of the last decade operation are able to maintain vessel's ice performances, but their resource consumption must be justified.

Keywords: ice cover, icebreaker, ice performances, winterization, reconstruction.

Введение

Данная публикация развивает тему, заявленную автором в работах [1, 2].

Проект исследуемого судна (ледокол проекта 1191 типа «Капитан Евдокимов») пережил свой сороковой юбилей, завершив серийное речное ледоколостроение [3]. Многолетний опыт эксплуатации ледоколов этого типа выявил как их недостатки, так и преимущества по сравнению с чередой предыдущих ледокольных средств, построенных для ВВП России [4]. При этом следует особо отметить основное достоинство ледоколов проекта 1191, вынуждающее «Росморпорт» поддерживать их в эксплуатации при наличии значимых «возрастных» ограничений этих судов. Это – наибольшее значение критерия «ледопродоходимость/осадка» (и особенно при работе набегами). Последнее гарантированно обеспечивает эффективность и безопасность ледокольных вспомогательно-спасательных операций в условиях мелководья прибрежных морских районов и устьевых участков рек РФ.

Ледоколы относятся к флоту круглогодичной эксплуатации, в том числе, в условиях зимних температур. Для судов, поддерживающих последний режим, правилами РМРС допустимо присвоение дополнительного обозначения WINTERIZATION в символе класса [5, 6]. Это обозначение регламентирует безопасные условия эксплуатации судна при длительном воздействии низких температур воздуха.

Ледоколы типа «Капитан Евдокимов» не имеют в символе класса дополнительного обозначения WINTERIZATION. Поэтому таковые условия допустимо интерпретировать как набор ледовых качеств судовых систем, устройств, палубных механизмов, оборудования, помещений, обеспечивающих работоспособность и эффективность эксплуатации судна при долговременном (сезонном) влиянии отрицательных атмосферных температур.

В рамках заявленной тематики в настоящей работе обобщены данные различных рукописей и авторских архивных материалов натуральных испытаний и многолетних эксплуатационных наблюдений за судами исследуемого проекта [7, 8]. Представленная «информация к размышлению» рекомендована потенциальным проектантам речных ледокольных средств.

Винтеризация

Расчётная температура. По правилам РМРС расчётная внешняя температура (Design Ambient Temperature, DAT) – это температура наружного воздуха в градусах Цельсия, используемая в качестве критерия для выбора и испытаний материалов и оборудования, подверженных длительному воздействию низких температур [5, 6]. Этот параметр может быть указан в дополнительном обозначении WINTERIZATION(DAT) в символе класса судна.

Для исследуемого ледокола с учётом данных многолетних наблюдений эта характеристика находится на уровне «-15» [7, 8]. Учитывая, что РМРС регламентированы величины параметра DAT в пределах от «-30» до «-50», следует сделать вывод о неудовлетворительной приспособленности ледокола проекта 1191 к длительной работе в зимний период (и особенно в экстремальных условиях), что подтверждается достаточным рядом эксплуатационных фактов [9].

Система охлаждения. В зимних условиях при челночном плавании судов в «нахоженном» ледовом канале формируется сморозь шуги, тёртого льда и ледяной

каши. Она также скапливается под сплошным льдом вдоль кромок канала, приводя к значительному увеличению толщины ледяной среды по осадке судна. При плавании ледокола в таких условиях возможно забивание приёмных отверстий ледовых ящиков. В этом случае происходит прекращение работы насосов забортной воды главных двигателей (ГД), охладителей масла упорных подшипников, пожарных насосов, насосов прокачки дейдвудов и др.

Для предотвращения указанных отказов необходимо обеспечить:

- регулярное переключение забора воды из разных ледовых ящиков;
- использование воды в дифференциальных танках для охлаждения ГД с последующим возвратом нагретой воды в дифференциальную систему. В этом случае следует, по возможности, сократить подачу воды на прокачку дейдвудов;
- постепенную подачу в ледовые ящики нагретой воды из дифференциальных танков, не допуская при этом сброс воды за борт;
- подсоединение насосов забортной воды ГД на приём из возвратной линии системы охлаждения, используя при этом трубопровод дифференциальной системы.

Пневмоомывающая и дифференциальная системы. Работающее пневмоомывающее устройство (ПОУ) ледокола сопровождается дополнительными энергетическими затратами, не улучшая ходкость судна. При работе в зимних льдах вследствие повышенной вибрации наблюдаются ложные срабатывания датчиков давления системы пневмообмыва. Рекомендуется выполнить амортизирующее крепление блока датчиков.

В условиях долговременных холодов ПОУ рекомендуется как эффективное средство для освобождения из ледового плена после вморзания судна в лёд при длительной стоянке. Эффективность ПОУ как барботажной установки также подтверждена при борьбе с долговременными заклиниваниями судна при форсировании торосистых и запредельных по толщине льдов. В обоих случаях допустима помощь для ПОУ включением в работу дифференциальной системы.

При частичном расширении зимнего ледового канала работа ПОУ с одного борта противодействует «сваливанию» ледокола в старый канал при движении судна по кромке сплошного льда. При выполнении швартовых операций в зимних льдах констатируется помощь ПОУ для удаления тёртого льда и ледяной каши между бортом ледокола и причальной стенкой (бортом другого судна).

Противообледенение. Ледокол не имеет штатной противообледенительной системы. Противообледенительные мероприятия проводятся экипажем вручную в рамках требований борьбы за живучесть судна.

При обледенении надстройки, выполненной из алюминий-магниевого сплава, во избежание появления трещин в сварных швах, не допускается скалывание льда тяжёлыми стальными инструментами (ломами, топорами, молотками, кирками, ледорубами) с крыши и стенок надстройки. В случае необходимости удаления льда с этих конструкций следует пользоваться только облегчённым скребковым инвентарём.

Помещения. В условиях низких температур воздуха на внутренних поверхностях фальштрубы и на изоляции рулевой рубки образуется ледяная «шуба». При повышении температуры происходит её таяние, и вода поступает в помещение ГД, на оборудование котельной установки и судовых систем.

Предотвращение появления ледяной «шубы» на указанных поверхностях возможна при обязательной работе систем парового отопления, кондиционирования воздуха, вентиляции машинных помещений и общесудовой вентиляции. Необходима также периодическая проверка состояния труб дренажной системы конденсата, образующегося на внутренних поверхностях изолированных стенок надстройки.

Целесообразна установка в шахте машинного отделения сборника талой воды.

Во время работы ледокола при низких температурах (ниже DAT) возможно образование ледяной «шубы» и забивание приёмных отверстий системы вентиляции машинных помещений, главных генераторов (ГГ) и компрессоров ПОУ от пара открытых участков воды. При этом возможны остановки ГД и компрессоров ПОУ. Необходима периодическая проверка состояния и очистка приёмных отверстий систем вентиляции машинных помещений, ГГ и компрессоров ПОУ.

Во время длительных стоянок ледокола при температуре наружного воздуха ниже «- 40°C» (при неработавших ГД) возможно размораживание труб секций утилизационного котла.

Для предотвращения этого явления необходимо:

- осушение секций утилизационного котла;
- закрытие отверстий газовыхлопных труб;
- закрытие вентиляционных решеток фальштруб;
- закрытие отверстий машинной шахты на уровне шлюпочной палубы;

При понижении температуры наружного воздуха до «-30°C» возможно образование ледяных пробок в трубах парового отопления палубных кладовых. В целях предупреждения их образования необходимо усилить теплоизоляцию труб парового отопления.

При температуре наружного воздуха «-30°C» и ниже возможно образование ледяных пробок в водяных и паровых трубопроводах, проходящих через дифференциальные танки. Работа в указанных условиях требует периодического наблюдения за состоянием трубопроводов и, при необходимости, их осушения.

При недостаточной температуре воздуха в помещении аппаратной необходима установка и работа в этом помещении электрокалорифера.

Возможно образование ледяной пробки в воздушной трубе накопительной цистерны питьевой воды, для предупреждения чего необходимо периодическое наблюдение за состоянием воздушной трубы. Целесообразно эту трубу разместить рядом с дымоходом котла в фальштрубе.

В навигационный период, когда нет необходимости в работе ледокола, целесообразна его постановка на кратковременный «теплый» отстой. При этом следует поддерживать положительную температуру воздуха в машинных помещениях и в помещениях корпуса судна с помощью штатных электрогрелок и переносных электрокалориферов. Обеспечение судовых нужд в электроэнергии необходимо осуществлять за счёт береговых источников мощностью не менее 60 кВт. При недостаточной эффективности указанных средств возможна периодическая работа парового котла.

«Холодный» отстой следует производить в полном соответствии с откорректированными поставщиком в 1985 году инструкциями по постановке на холодный зимний отстой [10].

Оборудование. При работе в зимних льдах следует избегать работы ледокола на одном дизель-генераторе из-за возможного срабатывания защиты (перегорания предохранителей) в цепях возбуждения гребных электродвигателей.

Во избежание промерзания привода прожекторов на крыше рулевой рубки при низких температурах необходимо уделять повышенное внимание качеству смазки механизма привода.

При работе в прочных зимних льдах при условии повышенной вибрации следует обращать внимание на плотность контактных соединений и состояние узлов крепления оборудования.

Реконструкция

Наряду с высокой ледопробиваемостью в сплошном ровном льду и возможностью преодолевать лёд на акваториях глубиной до 3,0 м испытания и наблюдения выявили ряд эксплуатационных недостатков ледоколов исследуемого проекта.

При работе набегами в торосистом заснеженном льду толщиной 1,2-1,8 м ледокол подвержен значительному заклиниванию; для освобождения от него при каждом набеге затрачивается до 45 мин. При преодолении затора толщиной до 2,6-2,7 м на освобождение от заклинивания затрачивалось до 2,5 часов.

Непрерывное движение ледокола задним ходом возможно лишь во льду толщиной до 0,55 м; на заднем ходу ледокол не может «заколоться» в кромку льда и выйти из собственного канала. Это обстоятельство в сочетании с ограниченной способностью ледокола «закалываться» в кромку канала на переднем ходу ухудшает его манёвренность в сплошном льду.

Ложкообразная форма носа, малая осадка и плоское днище приводят к тому, что большая часть разрушаемого носовой оконечностью льда увлекается под корпус, достигает винтов, взаимодействует с ними, ухудшая их пропульсивные качества. Всплывшие за кормой обломки льда с многочисленными следами фрезерования лопастями винтов полностью заполняют ледовый канал, что затрудняет, а при толщине льда свыше 0,4-0,5 м делает невозможным самостоятельное движение по нему транспортных судов.

В 1983-1988 гг. в рамках советско-финского научно-технического сотрудничества специалистами Минречфлота РСФСР и А/О «Вяртсиля» проведён поиск, реализация и натурная проверка эффективности технических решений по преодолению указанных выше недостатков ледоколов проекта 1191 в следующих направлениях:

- предупреждение заклинивания в тяжелых торосистых льдах;
- предупреждение попадания льда в движители и частичная очистка ледового канала;
- улучшение ледопробиваемости на заднем ходу.

По первому направлению было осуществлено техническое решение в виде уступа на форштевне в зоне его перехода в днище. Уступ был установлен на верфи при постройке ледокола «Капитан Мошкин». Схема расположения и общий вид уступа показаны на рис. 1. Назначение уступа – предупредить чрезмерный выход корпуса ледокола на лёд и последующее его заклинивание или зависание на льду. Проверка эффективности данного решения проведена в процессе натурных испытаний ледокола «Капитан Мошкин» на реке Обь в районе Сургута в апреле 1987 г. и наблюдений за его работой в Обской губе в мае 1987 г.

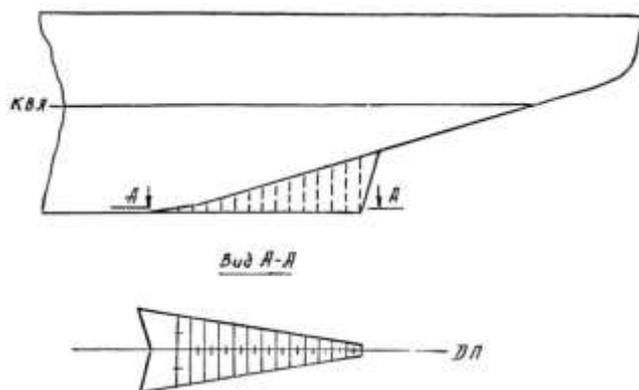


Рис.1. Носовой уступ

Наблюдения и испытания показали, что оборудование ледокола уступом существенно снизило его скорость на переднем ходу в ровном сплошном льду. В сопоставимых ледовых условиях (толщина льда 0,76-0,96 м) скорость движения ледокола «Капитан Мошкин» оказалась на 29% ниже скорости движения однотипного ледокола без уступа.

В то же время эффективность применённого технического решения подтверждена при прокладке канала в сплошном ледяном покрове толщиной 1,0-1,2 м на мелководном участке Надымского бара, где глубина составляла около 3,0 м. Реконструированный ледокол короткими набегам без заклинивания преодолел мелководный участок протяженностью 15,0 км со средней скоростью 0,25 км/ч, тогда как ледоколы «Капитан Евдокимов» и «Капитан Чудинов», не имевшие уступа, зависали на льдинах, оказавшихся в пространстве между днищем и дном водоёма, и не могли двигаться в таких условиях.

По результатам испытаний и наблюдений можно заключить, что применение уступа на форштевне для предупреждения чрезмерного выхода на лёд ледоколов с такой формой корпуса целесообразно, но размеры уступа и место его расположения нуждаются в дополнительных обоснованиях с проведением модельных испытаний.

Для предупреждения попадания льда к двигателям и частичной очистки ледового канала на ледоколе «Капитан Мошкин» в августе 1987 г. было установлено днищевое ледоразводящее устройство в виде двух пар реек (рёбер) высотой 110 мм (Рис. 2); одновременно по решению пароходства с корпуса ледокола был срезан уступ.

В январе, апреле и мае 1986 г. на реках Иртыш, Обь и в Обской губе проведены натурные испытания и наблюдения. Они показали, что оборудование ледокола «Капитан Мошкин» днищевым ледоразводящим устройством способствовало увеличению скорости движения на 1,5-4,0 км/ч во льду толщиной 0,5-0,9 м и в условиях предельного мелководья, когда запас воды под днищем сопоставим или меньше толщины льда. Сплоченность битого льда при первоначальной прокладке канала на 2 балла, а при движении в собственном канале на 2-3 балла меньше, чем у однотипного ледокола с гладким днищем.

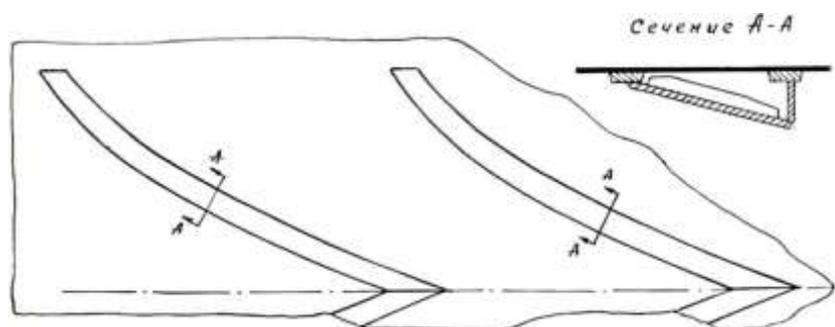


Рис.2. Днищевое ледоразводящее устройство

Вместе с тем, дооборудование испытуемого ледокола днищевым ледоразводящим устройством понизило его эксплуатационные характеристики: на 1,5-2,0 км/ч уменьшилась скорость движения на чистой воде, усилилась просадка судна на мелководье, ухудшилась поворотливость, особенно при маневрировании на течении.

Тем не менее применение днищевое ледоразводящего устройства признано эффективным, но требуются исследования по оптимизации формы и расположения днищевых ледоразводящих рёбер.

Решения по улучшению ледопроеходимости ледоколов проекта 1191 на заднем ходу на первом этапе сводились к установке наделки на средний кормовой ледозащитный зуб для увеличения его размеров по длине (Рис. 3). Такие наделки были установлены на ледоколах «Капитан Демидов» и «Капитан Мошкин». Их

натурная проверка не дала положительных результатов, в связи с чем специалисты верфи А/О «Вяртсиля» во время гарантийного ремонта судна в 1986 г. переоборудовали кормовую оконечность ледокола «Авраамий Завенягин» с изменением наклона батоксов. Опытная эксплуатация этого ледокола в 1986-1988 гг., натурные испытания, проведенные ГИИВТом в декабре 1988 г., показали эффективность такого технического решения.

Во время испытаний в сплошном ровном ледяном покрове толщиной 0,56-0,64 м при высоте снега 0,33 м и плотностью 0,36 т/м³ ледокол двигался задним ходом со скоростью 1,2-1,4 км/ч. Ледоколы без кормовой наделки в таких условиях не имеют заднего хода. По результатам испытаний кормовая наделка была рекомендована для внедрения на всех ледоколах серии.

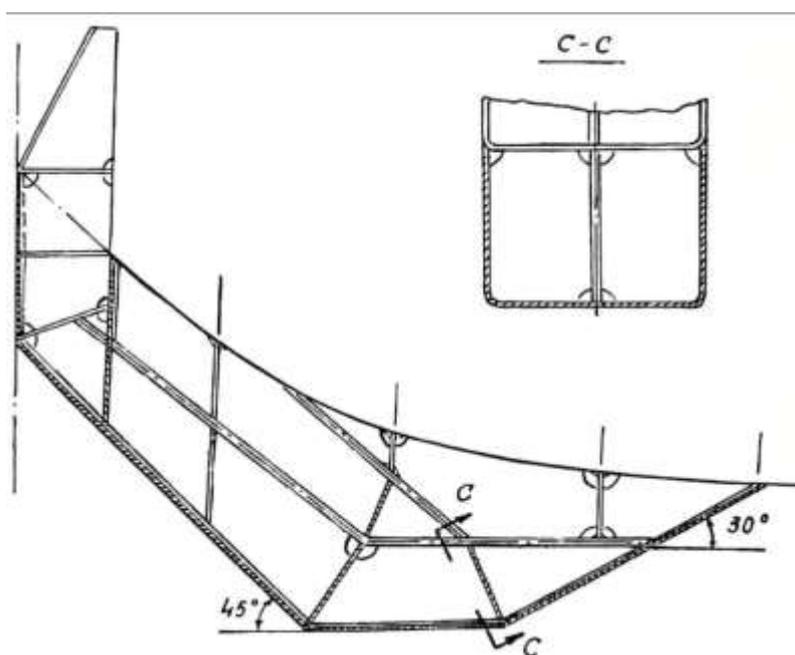


Рис.3. Кормовой ледозащитный зуб

«Авраамий Завенягин» – это наиболее интенсивно эксплуатируемый ледокол из серии проекта 1191 в экстремальных ледовых условиях Карского моря и низовьев Енисея. Он был спущен на воду в апреле 1984 года и с тех пор неизменно трудился в указанном районе. Поэтому, в среднем, с интервалом в два года подвергался ремонтно-восстановительным, реконструкционным и модернизационным работам для поддержания его работоспособности.

Эти работы по мере его эксплуатации затронули корпусные конструкции, ДРК, весь спектр систем и оборудования. Так, в период 2009-2015 годов морально и физически устаревшее аналоговое электронное оборудование было заменено на цифровое. В 2021 году модернизирована система управления ГГ и ГЭД, что позволило обеспечить «долговременную» повышенную ледовую ходкость судна без перегрузок энергетической системы. В 2014 году в систему аварийной предупредительной сигнализации ГД внедрён модуль управления и сбора данных на базе промышленного контроллера. В 2021 году в неё добавлена современная панель управления для удобства диагностирования состояния различных агрегатов и ручного выставления пороговых значений контрольных параметров.

Очередной (капитальный) ремонт этого судна запланирован на лето 2024 года.

Заключение

1. Опыт эксплуатации ледоколов типа «Капитан Евдокимов» в проектном исполнении не продемонстрировал их надёжной приспособленности к длительной работе в зимний период (и особенно в экстремальных условиях).
- Реконструкционные мероприятия начального этапа эксплуатации с целью улучшения ледовых качеств исследуемого проекта ледокола нельзя признать научно обоснованными и завершёнными. При этом не достигнута оптимизация сочетания его ледовых и навигационных качеств (в условиях чистой воды).
- Модернизационные мероприятия (на примере ледокола «Авраамий Завенягин» в последнем десятилетии его эксплуатации) способны поддерживать (и частично улучшать) ледовые качества судна, но их ресурсозатратность должна быть обоснована.

Список литературы

1. Лобанов, В. А. (2023). Ледовый паспорт речного ледокола: ходкость. Научные проблемы водного транспорта, (76), 219-228. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.390>
2. Лобанов, В. А. (2024). Ледовый паспорт речного ледокола: маневренность. Научные проблемы водного транспорта, (78), 169-177. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi78.438>
3. Серийные речные суда. Пассажирские суда; сухогрузные теплоходы и танкеры; толкачи, буксиры; баржи; прочие суда. Т. 8, ЦБНТИ Минречфлота. – М.: Транспорт, 1987. – 230 с.
4. Справочник по серийным речным судам. Пассажирские суда; сухогрузные теплоходы и танкеры; толкачи, буксиры; баржи; прочие суда. Т. 7, ЦБНТИ Минречфлота. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
5. Правила классификации и постройки морских судов. Часть I. Классификация. Российский морской регистр судоходства. НД № 2-020101-174. Санкт-Петербург, 2024, 246 с. [https://getDocument2\(rs-class.org\)](https://getDocument2(rs-class.org))
6. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XVII. Дополнительные знаки символа класса и словесные характеристики, определяющие конструктивные или эксплуатационные особенности судна. Российский морской регистр судоходства. НД № 2-020101-174. Санкт-Петербург, 2024, 534 с. [https://getDocument2\(rs-class.org\)](https://getDocument2(rs-class.org))
7. Ледовый паспорт ледокола проекта 1191. – Отчёт по теме НИР. Тронин В.А. – Горький, ГИИВТ, 1986. – 32 с.
8. Тронин В.А. Повышение безопасности и эффективности ледового плавания судов на внутренних водных путях: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук: специальность 05.22.16 – Судовождение / Горький, 1990. – 414 с.
9. Лобанов В.А., Бобков А.П. Опыт ледового плавания судов в Азовском море. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 23. – Н.Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2007, с. 40-47. https://elibrary_21019145_73647591.pdf
10. Инструкция по постановке на холодный зимний отстой. Письмо ЦТКБ МРФ № 57-1/701-704 от 08.02.1985 г.

References

1. Lobanov, V. A. (2023). Ledovyy pasport rechnogo ledokola: hodkost'. Nauchnye problemy vodnogo transporta, (76), 219-228. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.390>
2. Lobanov, V. A. (2024). Ledovyy pasport rechnogo ledokola: manevrennost'. Nauchnye problemy vodnogo transporta, (78), 169-177. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi78.438>
3. Serijnye rechnye suda. Passazhirskie suda; suhogruznye teplohody i tankery; tolkachi, buksiry; barzhi; prochie suda. T. 8, CBNTI Minrechflota. – M.: Transport, 1987. – 230 s.
4. Spravochnik po serijnym rechnym sudam. Passazhirskie suda; suhogruznye teplohody i tankery; tolkachi, buksiry; barzhi; prochie suda. T. 7, CBNTI Minrechflota. – M.: Transport, 1981. – 232 s.

5. Pravila klassifikacii i postrojki morskikh sudov. CHast' I. Klassifikaciya. Rossijskij morskoy registr sudohodstva. ND № 2-020101-174. Sankt-Peterburg, 2024, 246 s. [https://getDocument2\(rs-class.org\)](https://getDocument2(rs-class.org))
6. Pravila klassifikacii i postrojki morskikh sudov. CHast' XVII. Dopolnitel'nye znaki simvola klassa i slovesnye harakteristiki, opredelyayushchie konstruktivnye ili ekspluatacionnye osobennosti sudna. Rossijskij morskoy registr sudohodstva. ND № 2-020101-174. Sankt-Peterburg, 2024, 534 s. [https://getDocument2\(rs-class.org\)](https://getDocument2(rs-class.org))
7. Ledovyy pasport ledokola proekta 1191. – Otchyot po teme NIR. Tronin V.A. – Gor'kij, GIIVT, 1986. – 32 s.
8. Tronin V.A. Povyshenie bezopasnosti i effektivnosti ledovogo plavaniya sudov na vnutrennih vodnyh putyakh: dissertaciya na soiskanie uchyonoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk: special'nost' 05.22.16 – Sudovozhdenie / Gor'kij, 1990. – 414 s.
9. Lobanov V.A., Bobkov A.P. Opyt ledovogo plavaniya sudov v Azovskom more. Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta. Vypusk 23. – N.Novgorod: Izd-vo FGOU VPO VGAVT, 2007, s. 40-47. https://elibrary_21019145_73647591.pdf
10. Instrukciya po postanovke na holodnyj zimnij otstoj. Pis'mo CTKB MRF № 57-1/701-704 ot 08.02.1985 g.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лобанов Василий Алексеевич, профессор кафедры Судовождения и безопасности судоходства, доцент, д.т.н., кафедра Судовождения и безопасности судоходства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Россия, Нижний Новгород, Нестерова 5, e-mail: lobbas@mail.ru; тел: +7 910 388 56 33

Vasily A. Lobanov, Professor of department of Navigation and safety of navigation, associate professor, Dr. Sci. Tech., department of Navigation and safety of navigation, Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education «Volga State University of Water Transport» (FSFEI HE VSUWT), 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Nesterova 5

Статья поступила в редакцию 29.08.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 29.08.2024; published online 20.12.2024.

УДК 656.61.08
DOI: 10.37890/jwt.vi81.548

Идентификация углов атаки гидродинамического якоря в сопоставлении численного и физического экспериментов

В.И. Сичкарев
ORCID: 0000-0002-6618-2404

О.В. Рослякова
ORCID: 0000-0003-2265-7815

А.Н. Хохряков
Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия

Аннотация: Статья посвящена актуальной задаче повышения эффективности спасательных операций по охране человеческой жизни на море с помощью максимального снижения дрейфа спасательных средств при помощи гидродинамического якоря. В работе дано определение гидродинамических характеристик гидродинамического якоря двумя разными методами: численного гидродинамического моделирования и физического эксперимента в прямом опытовом бассейне путём протяжки полномасштабного гидродинамического якоря с фиксированными скоростями. Проведена идентификация углов атаки гидродинамического якоря в сопоставлении численного и физического экспериментов и показаны результаты расчетов углов рабочего хода, углы установки гидродинамического якоря для углов атаки крыла, а также определены углы атаки для холостого хода.

Ключевые слова: численное моделирование, гидродинамический якорь, угол атаки, физическая модель, холостой ход.

Identification of the angles of attack of a hydrodynamic anchor in comparison of numerical and physical experiments

Viktor I. Sichkarev
ORCID: 0000-0002-6618-2404

Oksana V. Roslyakova
ORCID: 0000-0003-2265-7815

Aleksandr N. Khokhryakov
Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

Abstract: The article is devoted to the urgent task of increasing the effectiveness of rescue operations for human life protection at sea by maximizing the drift decrease of rescue facilities by means of a hydrodynamic anchor. The paper presents hydrodynamic characteristics definition of a hydrodynamic anchor by two different methods: numerical hydrodynamic modeling and physical experiment in a direct experimental pool by pulling a full-scale hydrodynamic anchor at fixed speeds. Identification of hydrodynamic anchor attack angles in numerical and physical experiments comparison has been carried out, and the results of calculations of the working stroke angles have been shown. The hydrodynamic anchor installation angles for wing attack angles, as well as idling attack angles have been determined.

Keywords: numerical modeling, hydrodynamic anchor, angle of attack, physical model, idling.

Введение

Разработка гидродинамического якоря (ГДЯ) ведется не один год и материалы исследований представлены в опубликованных работах авторов [1-9]. В них представлены характеристики различных конструктивных особенностей, в том числе и результаты по проведению натурного сопоставительного эксперимента по дрейфу спасательных плотов с различными ГДЯ на Новосибирском водохранилище. Для целей проектирования ГДЯ [1 – 3] с заданными эксплуатационными свойствами важно знать его гидродинамические характеристики. Определение гидродинамических характеристик ГДЯ было проведено в 2020 – 2022 годах двумя разными методами: численного гидродинамического моделирования и физического эксперимента в прямом опытовом бассейне путём протяжки полномасштабного ГДЯ с фиксированными скоростями и с предустановленными углами атаки.

Материалы и методы

Численное моделирование внешней гидродинамики ГДЯ и подводной части плота, а также внешней аэродинамики надводной части плота выполнялось на математических моделях, созданных при помощи основных уравнений вычислительной гидродинамики, подхода к описанию турбулентности в жидкости и воздухе, а также конечно-разностных схем и итерационного метода решения замкнутой системы уравнений [10-15]

В численном моделировании геометрическим аналогом ГДЯ взят выгнутый в виде профиля крыловидной формы тонкий лист с плановыми размерами, соответствующими размерам крыльев физической модели ГДЯ. Физическая модель содержала три пластинчатых кия, поставленных на ребро параллельно друг другу, между которыми на перпендикулярных киям штангах установлены выгнутые из плоского листа профили крыльев, рис. 1.



Рис.1. Физический полноразмерный образец ГДЯ

Численный эксперимент проведён с углами атаки крыла от 0° до $337,5^\circ$ с шагом $22,5^\circ$, исчисляемыми относительно хорды крыла, рис. 2. Физический эксперимент проведён для режимов холостого и рабочего хода ГДЯ с углами атаки крыльев от 45° до 90° (рабочий ход) и от 225° до 270° (холостой ход). В этом эксперименте углы атаки исчисляются относительно основной плоскости ГДЯ, на которую опирается лежащий ГДЯ. При этом положение крыльев на рабочем ходу опущено до основной

плоскости и соответствует рис. 1 и 3, а на холостом ходу крылья разворачиваются потоком воды вокруг своих штанг в носике крыла на угол α_v , рис. 3, 4, хотя исчисление угла атаки ГДЯ продолжается относительно основной плоскости.

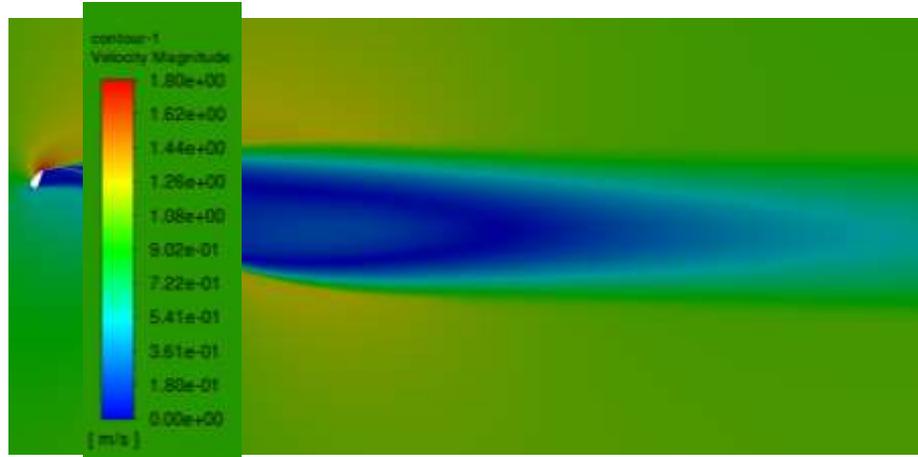


Рис.2. Визуализация скоростей потока в численном эксперименте



Рис.3. Протяжка ГДЯ в бассейне на рабочем ходу: видно рабочее расположение крыльев с опорой на основную плоскость



Рис.4. Протяжка ГДЯ в бассейне на холостом ходу: крылья развёрнуты от основной плоскости

Таким образом, обнаруживается несоответствие порядка исчисления значений углов атаки крыльев в двух экспериментах в режиме холостого хода, что приводит к различию результатов.

Для идентификации и сравнения результатов экспериментов необходимо определиться с тем, что же нужно задавать в проекторочном расчёте ГДЯ.

В основе математической модели плот-трос-ГДЯ лежит угловое положение троса относительно плота, определяемое гидродинамическими силами ГДЯ, а положение ГДЯ относительно троса задаётся постоянным установочным углом γ_0 . Следовательно, определение пространственного положения ГДЯ определяет и воздействие системы ГДЯ-трос на плот как объект управления. Таким образом, с позиций объекта управления важно знать положение ГДЯ, а расположение крыльев является внутренним свойством ГДЯ, хотя и важным для понимания и определения его гидродинамических характеристик.

Результаты

Для определения связи положения ГДЯ с фактическими углами атаки крыльев рассмотрим схему углов в ГДЯ относительно троса (вертикальная линия, вдоль которой направлена скорость потока $V_{ж}$: на рабочем ходу сверху вниз; на холостом ходу снизу вверх), рис. 5.

На рабочем ходу угол атаки крыла

$$\alpha_{р.х.} = \varepsilon - \kappa; \varepsilon = 90^\circ . \quad (1)$$

На холостом ходу отклонение крыла на угол $\alpha_в$ увеличивает угол атаки крыла

$$\alpha_{х.х.} = \varepsilon - \kappa + \alpha_в; \varepsilon = 270^\circ . \quad (2)$$

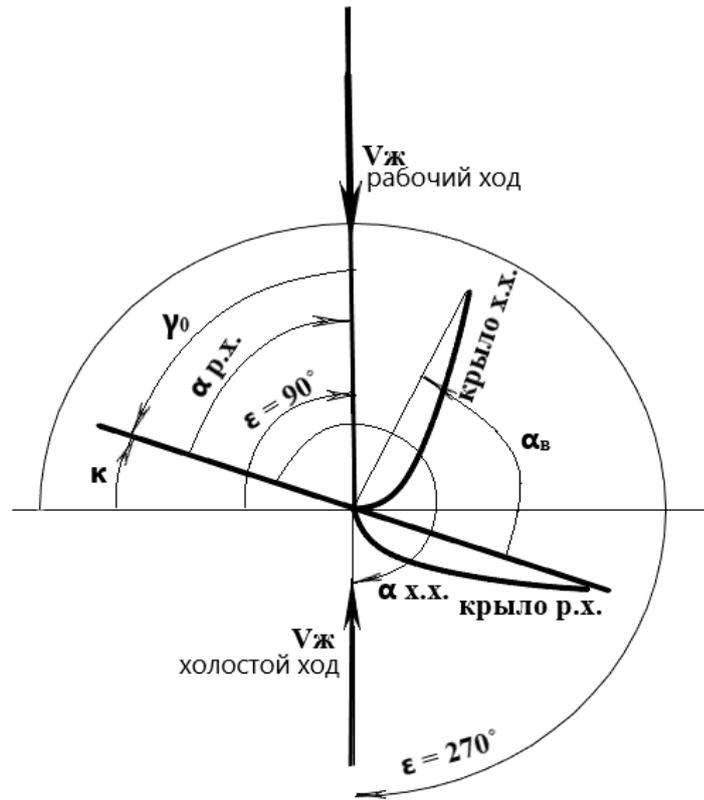


Рис.5. Схема углов ГДЯ на рабочем и холостом ходу относительно вертикальной линии троса и нормальной к ней горизонтальной линии

Поэтому для рабочего хода углы установки ГДЯ соответствуют углам атаки крыла, а для холостого хода углы атаки надо пересчитывать по (2). Полагая для физической модели $\alpha_{в} = 70^\circ$; $\epsilon = 270^\circ$, а угол установки ГДЯ к направлению протяжки $\kappa = 0 - 45^\circ$, углы атаки ГДЯ и крыла представим в таблице 1. Иные углы атаки в рабочем режиме ГДЯ маловероятны, и, по-видимому, существуют только в переходном режиме.

Таблица 1

Значения углов атаки для ГДЯ и для крыла на холостом ходу при $\epsilon = 270^\circ$

κ°	Рабочий ход: α° ГДЯ = α° крыла	Холостой ход	
		α° ГДЯ физического эксперимента	α° крыла численного эксперимента
45	45	225	295
40	50	230	300
30	60	240	310
20	70	250	320
10	80	260	330
0	90	270	340

Имеющиеся в [2] данные в области нужных углов атаки просчитаны с шагом $\alpha = 22,5^\circ$ и пересчитаны в коэффициенты гидродинамических сил по принятым в расчёте размерам крыла и внешних условий, табл.2.

Таблица 2

Условия, принятые при компьютерном моделировании гидродинамики ГДЯ

The screenshot shows a software window titled "Reference Values" with a help icon (question mark) in the top right corner. Below the title is a "Compute from" dropdown menu. The main area contains a list of input fields for reference values:

- Area [m²]: 0.4925357
- Density [kg/m³]: 998.2
- Depth [m]: 1
- Enthalpy [J/kg]: 0
- Length [m]: 1
- Pressure [Pa]: 0
- Temperature [K]: 288.16
- Velocity [m/s]: 1
- Viscosity [kg/(m s)]: 0.001003
- Ratio of Specific Heats: 1.4
- Yplus for Heat Tran. Coef.: 300

At the bottom of the window is a "Reference Zone" dropdown menu.

Коэффициенты гидродинамических сил рассчитаны по (3)

$$k_x = \frac{2 F_x}{\rho S V^2}; k_y = \frac{2 F_y}{\rho S V^2} \quad (3)$$

и представлены в таблицах 3, 4.

В силу слабой зависимости значений коэффициентов гидродинамических сил от скорости потока V представляется возможным осреднить значения коэффициентов по всем скоростям; средние по каждому углу атаки значения коэффициентов представлены в колонках «ср. k_x; ср. k_y».

В диапазоне углов атаки рабочего и холостого хода графики зависимости коэффициентов гидродинамических сил от углов атаки ГДЯ и крыла представлены на рис. 6, 7. Коэффициент k_x и k_y аппроксимируются квадратичным полиномом с углами атаки α, исчисляемыми по положению ГДЯ. Данные о коэффициентах аппроксимации представлены в табл. 5, 6.

Таблица 3

Коэффициенты k_x продольной гидродинамической силы F_x в зависимости от угла атаки α° крыла и скорости потока V

угол α	1	0,75	0,5	0,25	0,1	ср. k_x
0	0,019685	0,020339	0,021475	0,024737	0,036811	0,024609
22,5	0,175646	0,169615	0,20112	0,205024	0,206852	0,191651
45	0,543596	0,544234	0,545987	0,546441	0,544722	0,544996
67,5	0,981681	0,981258	0,981373	0,98225	0,979278	0,981168
90	1,221022	1,221184	1,221546	1,221743	1,218952	1,220889
112,5	0,992328	0,992513	0,992531	0,991794	0,989672	0,991768
135	0,632413	0,63241	0,632227	0,631018	0,629802	0,631574
157,5	0,263389	0,262562	0,262257	0,260717	0,257722	0,261329
180	0,035167	0,036609	0,038319	0,041401	0,045232	0,039346
202,5	0,125933	0,127457	0,126146	0,126665	0,131667	0,127574
225	0,149625	0,150987	0,149932	0,149955	0,150698	0,150239
247,5	0,404709	0,405265	0,405544	0,406179	0,413514	0,407042
250	0,65027	0,655161	0,683135	0,67655	0,683073	0,669638
260	0,659219	0,666168	0,676236	0,698834	0,740749	0,688241
270	0,739725	0,741352	0,744863	0,753085	0,721787	0,740163
280	0,706164	0,706031	0,707776	0,716683	0,754479	0,718227
290	0,637252	0,636604	0,635929	0,63596	0,640049	0,637159
292,5	0,709487	0,711114	0,713905	0,721549	0,729596	0,71713
315	0,411224	0,411476	0,411378	0,410853	0,417771	0,41254
337,5	0,12998	0,130353	0,130622	0,131825	0,134612	0,131478
360	0,019685	0,020339	0,021475	0,024737	0,036811	0,024609

Таблица 4

Коэффициенты k_y поперечной гидродинамической силы F_y в зависимости от угла атаки α° крыла и скорости потока V

угол α	1	0,75	0,5	0,25	0,1	ср. k_y
0	0,233019	0,227748	0,214555	0,175245	0,0187	0,212642
22,5	0,572513	0,593881	0,525206	0,513228	0,510096	0,542985
45	0,627839	0,628195	0,6286	0,625909	0,625096	0,627128
67,5	0,44665	0,446299	0,446292	0,446695	0,444561	0,446099
90	0,010333	0,010359	0,010439	0,010562	0,010223	0,010383
112,5	-0,41679	-0,4167	-0,41656	-0,4161	-0,41507	-0,41624
135	-0,6423	-0,64213	-0,64177	-0,64039	-0,63901	-0,64112
157,5	-0,64193	-0,63812	-0,6374	-0,61011	-0,62679	-0,63087
180	-0,11681	-0,09943	-0,04955	0,01821	0,108306	-0,02786
202,5	-0,13627	-0,13922	-0,13377	-0,12872	-0,1292	-0,13344
225	-0,17185	-0,17439	-0,17066	-0,16738	-0,16615	-0,17009
247,5	-0,40161	-0,40175	-0,40129	-0,39743	-0,38749	-0,39791
250	0,037034	0,040616	0,065414	0,057737	0,058687	0,051898
260	-0,12773	-0,12304	-0,11513	-0,09753	-0,06797	-0,10628
270	-0,19554	-0,19435	-0,19174	-0,18446	-0,197	-0,19262
280	-0,3156	-0,31547	-0,31446	-0,30746	-0,27696	-0,30599
290	-0,40122	-0,40169	-0,40199	-0,40059	-0,39526	-0,40015
292,5	-0,40407	-0,40332	-0,40204	-0,39849	-0,39757	-0,4011
315	-0,3811	-0,38096	-0,38026	-0,37815	-0,38229	-0,38055
337,5	-0,13075	-0,13061	-0,12932	-0,12853	-0,12842	-0,12953
360	0,233019	0,227748	0,214555	0,175245	0,0187	0,213853

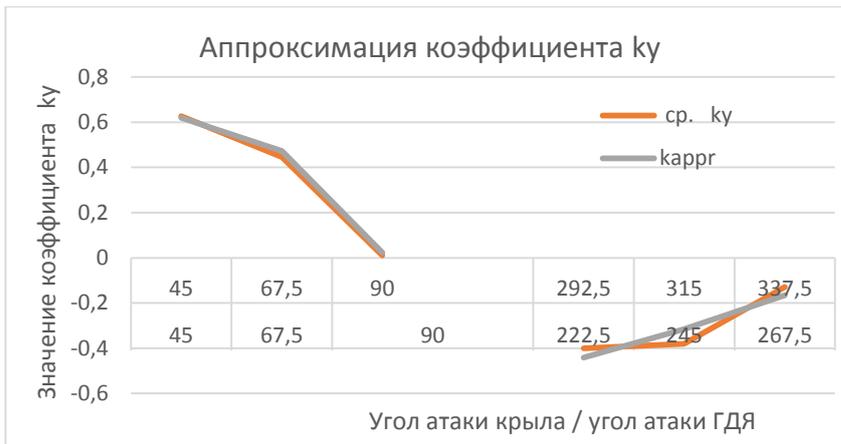


Рис.6. Значение коэффициента k_x в режиме рабочего и холостого хода

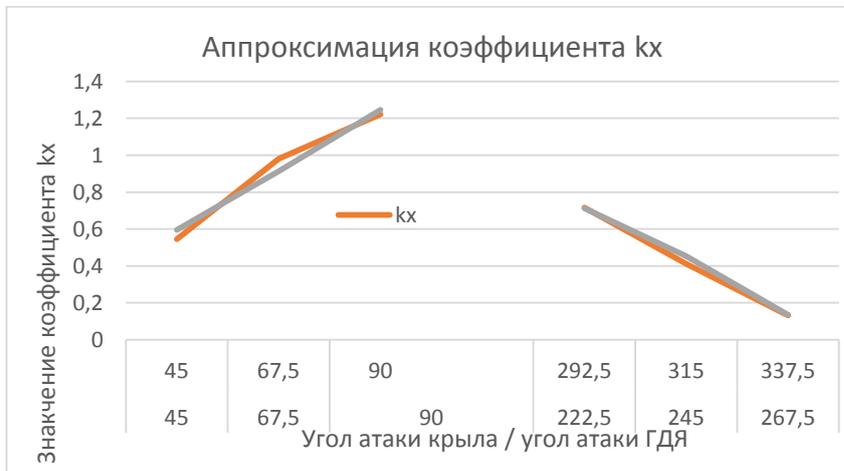


Рис.7. Значение коэффициента k_y в режиме рабочего и холостого хода

Таблица 5

Коэффициенты аппроксимации коэффициента k_x гидродинамических сил ГДЯ по результатам численного эксперимента

$$k_x = a \cdot \alpha^2 + b \cdot \alpha + c$$

α крыла	α ГДЯ	k_x	k_{appr}	a	b	c
45	45	0,544996	0,595278			
67,5	67,5	0,981168	0,914299	1,27E-05	0,01275	-0,00419
90	90	1,220889	1,24618			
292,5	222,5	0,71713	0,685233			
315	245	0,41254	0,41071	-6E-05	0,016553	0,000119
337,5	267,5	0,131478	0,089613			

Таблица 6

Коэффициенты аппроксимации коэффициента k_y гидродинамических сил ГДЯ по результатам численного эксперимента
 $k_y = a \cdot \alpha^2 + b \cdot \alpha + c$

	α	k_y	k_{app}	a	b	c
	45	45	0,627128	0,619463		
	67,5	67,5	0,446099	0,473056	-0,0003	0,027243
	90	90	0,010383	0,022898		
	292,5	222,5	-0,4011	-0,44135		
	315	245	-0,38055	-0,31514	3,04E-05	-0,00874
	337,5	267,5	-0,12953	-0,16604		

Знак коэффициентов гидродинамических сил определяется положительным направлением координатных осей, принятом при гидродинамическом расчёте. Положительное направление оси X совпадает с направлением потока воды. Положительное направление оси Y – в сторону выпуклости крыла, рис. 10. Согласно данным табл. 3, при больших углах атаки крыла сила F_y становится отрицательной, т.е. направлена в сторону вогнутости крылового профиля. Знаки продольной F_x и поперечной F_y гидродинамических сил также могут быть учтены соответствующим направлением их векторов при составлении уравнений равновесия системы плот – трос – гидродинамический якорь раздельно для холостого и рабочего хода.

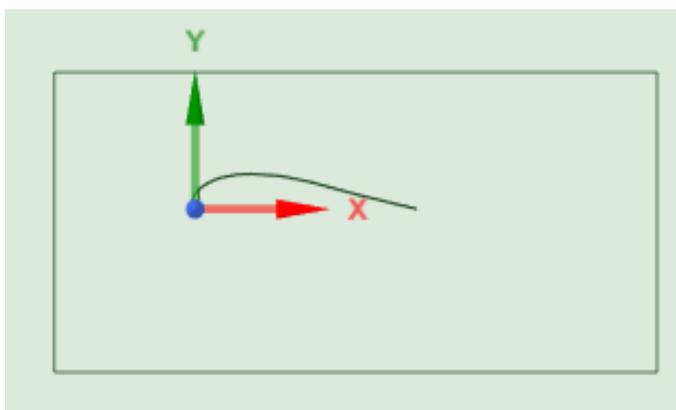


Рис.8. Положительное направление сил F_x и F_y , принятое в расчётах по гидродинамике крыла

Таким образом, представленный вариант аппроксимации коэффициентов гидродинамических сил в соответствующих диапазонах углов атаки ГДЯ позволяет разрабатывать проекторочный расчёт ГДЯ с опорой на численный эксперимент определения его гидродинамических сил.

В то же время необходимо представлять, что гидродинамика ГДЯ в действительности полностью нестационарна в течение всего периода колебания с частотой ω и описание её с помощью коэффициентов гидродинамических сил, полученных в предположении постоянства скорости потока и его угла атаки - всего лишь некоторое начальное приближение к искомому результату.

Список литературы

1. Гидродинамический якорь. Патент на изобретение № 2751044 от 29 сентября 2020 г. /В.И. Сичкарев, А.С. Черенович, В.В. Кузьмин.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46317307>
2. Сичкарев В.И. Компьютерное моделирование работы крыла гидродинамического якоря / В.И. Сичкарев, А.Н. Хохряков, Ю.С. Покалюхин, А.В. Бабенко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, № 1, 2022, с. 20 – 28.
3. Гидродинамика крыльцевого гидродинамического якоря в физическом эксперименте в прямом опытовом бассейне / В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов, Б.З. Кузнецов, И.В. Розов, Д.Ю. Рыбников, А.Н. Хохряков // Транспортное дело России, № 6, 2023. – С. 282 – 286.
4. Sichkarev V preliminary studies of the life-saving vehicle positioning stabilizer / Sichkarev V., Kuzmin V., Cherenovich A., Leschenko A. / В сборнике: International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. Switzerland, 2022. С. 1168-1175.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48421527>
5. Сичкарев В.И. Аппроксимация экспериментальных коэффициентов гидродинамических сил крыльцевого гидродинамического якоря /В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов, Б.З. Кузнецов, И.В. Розов, Д.Ю. Рыбников, А.Н. Хохряков.//Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2024. № 2. С. 17-24.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67314955>
6. Сичкарев В.И. Гидродинамические характеристики крыльцевого гидродинамического якоря в численном и физическом экспериментах и их аппроксимация /В.И. Сичкарев, А.Н. Хохряков //Транспортное дело России. 2024. № 1. С. 170-174.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=63434650>
7. Сичкарев В.И. Разработка стабилизатора положения гидродинамического якоря //В.И. Сичкарев, А.С. Черенович//В сборнике: Транспорт. Горизонты развития. Труды 2-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2022. С. 92.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50305543>
8. Сичкарев В.И. Проведение натурного сопоставительного эксперимента с гидродинамическими якорями спасательных плотов на новосибирском водохранилище
В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов, А.С. Черенович, И.А. Иванов, А.В. Пласкеев, А.С. Дмитриев, И.В. Шевцов, Д.Ю. Сахнов //Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2022. № 3. С. 28-39.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49938275>
9. Сичкарев В.И. Гидродинамический якорь /В.И. Сичкарев В.И., А.С. Черенович, В.В. Кузьмин В.В. //Патент на изобретение RU 2751044 С1, 07.07.2021.
Заявка № 2020132380 от 29.09.2020. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46317307>
10. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений: учебник/ Н.М. Матвеев – Мнска, изд-во «Вышэйш. Школа», изд.4-е, испр. И доп, 1974 - 768 с. с ил.
11. Прудников А.П. Интегралы и ряды/ А.П. Прудников, Ю.А. Брычков, Ю.А. Маричев. – М. Наука Главная редакция физико-математической литературы, 1981 – 800 с.
12. Черняк В.Г. Механика сплошных сред: учебник для вузов/ В.Г. Черняк, П.Е. Суетин – Екатеринбург, издательство - Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), 2021 – 600 с., ISBN: 978-5-7996-3226-7
13. David C. Wilcox. Turbulence Modeling for CFD/ David C. Wilcox – DCW Industries Inc., 3 Edition, 2006.- 536 p. ISBN 978-1-928729-08-2 (1-928729-08-8)
14. Menter F. Zonal two-equation k-w turbulence models for aerodynamic flows/ F. Menter - AIAA Meeting Paper, Published Online:22 Aug 2012. <https://doi.org/10.2514/6.1993-2906>
15. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С.Патанкар ; пер. с англ. Виленский В. Д. - М. : Энергоатомиздат, 1984. - 149 с. : ил.

References

1. Hydrodynamic anchor. Patent for invention No. 2751044 dated September 29, 2020 /V.I. Sichkarev, A.S. Cherenovich, V.V. Kuzmin. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46317307>
2. Sichkarev V.I. Computer modeling of the hydrodynamic anchor wing / V.I. Sichkarev, A.N. Khokhryakov, Yu.S. Pokalyukhin, A.V. Babenko // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East, No. 1, 2022, pp. 20-28.
3. Hydrodynamics of a wing hydrodynamic anchor in a physical experiment in a direct experimental pool / V.I. Sichkarev, S.V. Titov, V.V. Konovalov, B.Z. Kuznetsov, I.V. Rozov, D.Yu. Rybnikov, A.N. Khokhryakov // Transport business of Russia, No. 6, 2023. – pp. 282-286.
4. Sichkarev V. preliminary studies of the life-saving vehicle positioning stabilizer / Sichkarev V., Kuzmin V., Cherenovich A., Leschenko A./ In the collection: International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. Switzerland, 2022. pp. 1168-1175. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48421527>
5. Sichkarev V.I. Approximation of experimental coefficients of hydrodynamic forces of a wing hydrodynamic anchor /V.I. Sichkarev, S.V. Titov, V.V. Konovalov, B.Z. Kuznetsov, I.V. Rozov, D.Y. Rybnikov, A.N. Khokhryakov.//Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and Technology. 2024. No. 2. pp. 17-24. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67314955>
6. Sichkarev V.I. Hydrodynamic characteristics of a wing hydrodynamic armature in numerical and physical experiments and their approximation / V.I. Sichkarev, A.N. Khokhryakov //The transport business of Russia. 2024. No. 1. pp. 170-174. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=63434650>
7. Sichkarev V.I. Development of a stabilizer for the position of a hydrodynamic anchor //V.I. Sichkarev, A.S. Cherenovich//In the collection: Transport. Horizons of development. Proceedings of the 2nd International Scientific and Industrial Forum. Nizhny Novgorod, 2022. p. 92. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50305543>
8. Sichkarev V.I. Conducting a full-scale comparative experiment with hydrodynamic anchors of life rafts at the Novosibirsk reservoir
1. V.I. Sichkarev, S.V. Titov, V.V. Konovalov, A.S. Cherenovich, I.A. Ivanov, A.V. Plaskeev, A.S. Dmitriev, I.V. Shevtsov, D.Yu. Sakhnov //Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. 2022. No. 3. pp. 28-39. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49938275>
9. Sichkarev V.I. Hydrodynamic anchor / V.I. Sichkarev V.I., A.S. Cherenovich, V.V. Kuzmin V.V. //Patent for the invention RU 2751044 C1, 07.07.2021. Application No. 2020132380 dated 09/29/2020. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46317307>
10. Matveev N.M. Methods of integration of ordinary differential equations: textbook/ N.M. Matveev – Mnska, publishing house "Higher. School", ed.4th, ispr. And dop, 1974 - 768 p. with il.
11. Prudnikov A.P. Integrals and series/ A.P. Prudnikov, Yu.A. Brychkov, Yu.A. Marichev. – M. Nauka Main edition of physical and mathematical literature, 1981 - 800 p.
12. Chernyak V.G. Mechanics of continuous media: textbook for universities/ V.G. Chernyak, P.E. Suetin – Yekaterinburg, publishing house - Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (Yekaterinburg), 2021 – 600 p., ISBN: 978-5-7996-3226-7
13. David C. Wilcox. Turbulence Modeling for CFD/ David C. Wilcox – DCW Industries Inc., 3 Edition, 2006.- 536 p. ISBN 978-1-928729-08-2 (1-928729-08-8)
14. Menter F. Zonal two-equation k-w turbulence models for aerodynamic flows/ F. Menter - AIAA Meeting Paper, Published Online:22 Aug 2012. <https://doi.org/10.2514/6.1993-2906>
15. Patankar S. Numerical methods for solving problems of heat transfer and fluid dynamics / C.Patankar ; translated from English. Vilensky V. D. - M. : Energoatomizdat, 1984. - 149 p. : ill.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сичкарев Виктор Иванович, д.т.н., профессор, Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: svny89@mail.ru

Viktor I. Sichkarev, Ph.D of Technical Sciences., Professor, Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: svny89@mail.ru

Рослякова Оксана Вячеславовна, к.т.н.
доцент, Сибирский государственный
университет водного транспорта, 630099, г.
Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail:
o.v.roslyakova@nsawt.ru

Oksana V. Roslyakova, Ph.D., Associate
Professor, Siberian State University of Water
Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina
str., 33, e-mail: o.v.roslyakova@nsawt.ru

Хохряков Александр Николаевич,
аспирант, Сибирский государственный
университет водного транспорта, 630099, г.
Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: x-
jul@mail.ru

Aleksandr N. Khokhryakov, graduate
student, Siberian State University of Water
Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina
str., 33, e-mail: x-jul@mail.ru

Статья поступила в редакцию 09.10.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 09.10.2024; published online 20.12.2024.

УДК 656.62.052.4

DOI: 10.37890/jwt.vi81.549

Обзор исследований поперечных усилий, развиваемых двигательно-рулевым комплексом судна

В.И. Тихонов

ORCID: 0000-0002-3147-0668

Ю.В. Бажанкин

ORCID: 0000-0001-8720-218X

И.М. Осокин

ORCID: 0000-0002-5988-6745

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

Аннотация. В данной статье были исследованы поперечная составляющая усилий, развиваемых двигательно-рулевым комплексом судна, и её безразмерные гидродинамические коэффициенты, а также рассмотрены различные методы их оценки. Для этого исследования были выбраны два наиболее распространённых типа двигательно-рулевых комплексов, которые устанавливаются на судах речного флота, – открытый гребной винт с расположенным за ним рулём и гребной винт в поворотной насадке. Выражения для оценки поперечных усилий для разных типов двигательно-рулевых комплексов приведены к единому виду. Выполнены расчёты коэффициентов, характеризующих поперечную силу, по существующим методикам. Проведено сравнение результатов расчётов с результатами, полученными при идентификации этих коэффициентов по данным натурных испытаний судов. Существенное расхождение между указанными величинами позволило сделать вывод о том, что современные методики расчёта поперечных составляющих усилий, развиваемых ДРК, не позволяют адекватно моделировать управляемое криволинейное движение судов на внутренних водных путях и нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

Ключевые слова: поперечные усилия ДРК, средство управления, подъёмная сила руля, угол перекладки, угол дрейфа, натурные испытания, расчетный метод, судовые рули, поворотная насадка.

A review of research on transverse forces, developed by a ship's propulsion and steering system

Vadim I. Tikhonov

ORCID: 0000-0002-3147-0668,

Yuriy V. Bazhankin

ORCID: 0000-0001-8720-218X,

Igor M. Osokin

ORCID: 0000-0002-5988-6745,

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. In this article, the transverse component of forces developed by the propulsion and steering system of the vessel and its dimensionless hydrodynamic coefficients have been researched, as well as various methods of their estimation. System of the open propeller with rudder and system of propeller with swiveling nozzles were selected for this study since they are the most frequently used systems on river vessels. Formulas for finding transverse forces of different types of propulsion and steering complexes are unified. Calculations of the coefficients characterizing the transverse force according to the existing methods have been carried out. The results of calculations are compared with the results obtained when identifying these coefficients according to the data of full-scale trials of ships. The significant

discrepancy between the mentioned values allowed to conclude that modern calculation methods of ships propulsion and steering system transverse forces are not perfect enough for adequate modelling of controlled curvilinear motion of river vessels and require further improvement.

Keywords: transverse forces of propulsion and steering system, steering device, rudder lifting force, rudder angle, angle of drift, full-scale trials, ships rudder, swiveling nozzle.

Введение

Из всего многообразия судовых движительно-рулевых комплексов (ДРК) стоит выделить открытый гребной винт с расположенным за ним рулём и гребной винт в поворотной насадке как наиболее часто встречающиеся. Данные типы ДРК создают поперечные усилия, которые позволяют судну выполнять различные маневры (циркуляция, поворот, изменение курса для расхождения с другими объектами и т.п.).

Поперечные усилия ДРК являются важной и неотъемлемой частью математической модели движения судна. Для их определения существуют различные методики. Актуальность данной темы обусловлена непрерывно возрастающим как в России, так и во всём мире интересом к беспилотному судовождению, которое может быть реализовано на основе адекватного математического моделирования управляемого криволинейного движения судна.

В 70-е гг. прошлого века начались активные исследования и разработка методов практического расчёта усилий, развиваемых ДРК, которые до сих пор продолжают многими учёными [1-13]. Наиболее известными в этой области являются труды Соболева Г.В. [1], Павленко В.Г. [3, 4], Першица Р.Я. [5], Басина А.М. [7]. Отдельного внимания заслуживают работы Гофмана А.Д. [2, 6, 10], посвящённые исследованию особенностей работы ДРК при криволинейном движении судна.

Поперечные силы и их моменты, которые необходимы для маневрирования судна, создаются средствами управления (СУ). Безразмерные гидродинамические коэффициенты, характеризующие поперечную силу Y_r и её момент M_r , поворачивающий судно, определяются по выражениям [1]:

$$C_{yr} = \frac{Y_r}{\frac{\rho v^2}{2} S_{cy}}, \quad (1)$$

$$C_{mr} = \frac{M_r}{\frac{\rho v^2}{2} S_{cy} L}, \quad (2)$$

где S_{cy} – характерная площадь СУ;

L – длина судна;

v – скорость судна;

ρ – плотность воды.

Эффективность СУ характеризуется средним значением производной данных коэффициентов по некоторому параметру регулирования (например, по углу перекладки рулевого органа δ_r). Для практических целей интересен положительный диапазон изменения производной, поскольку за его пределами действие СУ либо не изменяется, либо уменьшается ввиду явления насыщения или срыва потока. Известно, что чем больше значение производной данных коэффициентов, тем дольше не происходит насыщение, следовательно, СУ более эффективно.

Поперечная сила ДРК создаётся следующими способами [2]:

1. За счёт подъёмной силы, создающей составляющую в направлении, перпендикулярном диаметральной плоскости (ДП) судна, которая появляется на поверхности СУ вследствие циркуляционного обтекания жидкостью.
 2. За счёт поворота струи движителя создаётся боковая сила.
- Современные ДРК используют оба вышеназванных способа.

При рассмотрении ДРК необходимо помнить, что разделение функций между его компонентами весьма условное. Так, в случае системы открытого гребного винта с расположенным за ним рулём в условиях косо́го потока на винте возникает поперечная сила, а руль, в свою очередь, участвует в создании тяги. Поэтому ДРК обычно рассматривают как единое целое.

При движении судна по криволинейной траектории происходит следующее:

1. вследствие перекладки СУ на некоторый угол δ_r элементы движительно-рулевого комплекса меняют своё взаимное положение, что приводит к изменению характеристик работы как движителя, так и главного двигателя (ГД);
2. дрейф судна β вызывает отклонение потока жидкости, подтекающего к ДРК, от продольной оси;
3. скорость подтекания жидкости к ДРК судна уменьшается.

Поперечные усилия, развиваемые ДРК открытым гребной винт с расположенным за ним рулём

Данное усилие может быть найдено по следующему выражению[3]:

$$Y_r = C_{yr} \frac{\rho}{2} S_r v_r^2, \quad (3)$$

где S_r – площадь руля;

v_r – скорость потока, набегающего на руль.

Скорость потока, набегающего на руль, v_r определяется не только линейной скоростью судна. Влияние корпуса уменьшает v_r из-за наличия попутного потока, а винт заметно увеличивает v_r в тех случаях, когда руль расположен в его струе.

Коэффициент подъёмной силы руля C_{yr} зависит от его геометрических характеристик и эффективного угла атаки α_e . Значение коэффициента C_{yr} для докритических α_e можно определить по следующей формуле [4]:

$$C_{yr} = \mu_r \alpha_e = k_s \left[1 + \bar{b}_s \left(0,28 + \frac{0,2}{\lambda_r} \right) \right] \times \frac{2\pi}{1 + \left(\frac{2,2}{\lambda_r^{2/3}} \right)} \alpha_e, \quad (4)$$

где μ_r – коэффициент пропорциональности между величиной коэффициента подъёмной силы C_{yr} и эффективным углом атаки α_e ;

$\bar{b}_s = \frac{b_s}{b_r}$ – относительная ширина горизонтальной пластины-шайбы на торце руля;

при её отсутствии $\bar{b}_s = 0$;

b_s – ширина шайбы;

h_r – длина пера (высота) руля;

$\lambda_r = \frac{h_r}{b_r}$ – относительное удлинение руля;

b_r – длина хорды руля;

$k_s = 0,5(1 + th0,8\bar{h}_s)$ – для спаренных рулей, для одиночных – $k_s = 1$;

$\bar{h}_s = \frac{h_s}{h_r}$ – параметр, характеризующий геометрию комплекса, состоящего из двух спаренных рулей;

h_s – расстояние между средними плоскостями перьев в непереложенном состоянии.

Угол атаки руля можно определить как угол между плоскостью его хорды и вертикальной плоскостью, в которой расположен вектор v_r [5]. Однако в реальности такой вертикальной плоскости не существует, так как скорости потоков, обтекающих руль, различны по направлению и величине. В связи с этим для реального руля v_r и

α_e заменяются величинами эквивалентного изолированного руля, переложенного на некоторый угол δ_r и развивающего аналогичное поперечное усилие.

Для тех случаев, когда руль находится в струе не полностью, Р.Я. Першицем [3] был предложен ряд следующих допущений:

а) струя движителя аппроксимируется цилиндром, диаметр которого равен диаметру винта. При этом горизонтальная ось такого цилиндра должна совпадать с осью гребного вала;

б) вызванные осевые скорости в струе распределяются равномерным образом, а окружные вызванные скорости приравняются к нулю;

в) вся площадь руля разбивается на две составляющие: находящуюся в струе движителя S_r'' и свободную S_r' . Границей между ними являются линии средних плоскостей рулей в непереложенном состоянии с цилиндрической поверхностью, ограничивающей струю движителя;

г) процессы обтекания частей пера руля S_r'' и S_r' струей движителя являются независимыми, при этом величина коэффициента μ_r в обоих случаях равна величине данного коэффициента для руля вне струи.

На основе этих допущений, было получено следующее выражение для подсчёта суммарной боковой силы [3]:

$$Y_r = \mu_r [\delta_r - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega})] \frac{\rho}{2} \bar{S}_r v^2 \varphi_k^2, \quad (5)$$

где κ_r – коэффициент, учитывающий влияние судового корпуса и работающего винта на направление потока воды, набегающего на рулевой орган;

β – угол дрейфа по ЦМ судна;

$\bar{l}_r = \frac{l_r}{L}$ – относительное расстояние от ДРК до ЦМ судна;

$\bar{\omega} = \frac{\dot{\omega}}{R}$ – безразмерная угловая скорость;

R – радиус циркуляции по ЦМ судна;

\bar{S}_r – приведённая площадь рулей;

φ_k – коэффициент, который учитывает влияние корпуса на скорость потока воды в районе ДРК.

Для определения боковой силы руля, расположенного в струе движителя, А.Д. Гофманом в работе [6] предложена следующая формула:

$$Y_r = \mu_r \frac{\rho v_e^2}{2} S_r \left[1 + \sigma_r \frac{S_r''}{S_r'} \right] (\delta_r - \beta_e). \quad (6)$$

Здесь β_e – угол дрейфа в месте расположения ДРК с учётом скоса потока, вызванного корпусом судна;

σ_r – коэффициент нагрузки движителя по упору гребного винта.

В работе А.М. Басина [7] боковая сила определяется следующим образом:

$$Y_r = C_{yr} \delta_r \frac{\rho v_r^2}{2} \bar{S}_r. \quad (7)$$

В данном случае \bar{S}_r определяется следующим образом:

$$\bar{S}_r = S_r'' + S_r' \left(\frac{v_r}{v_e} \right), \quad (8)$$

где S_r'' – часть площади руля, которая обтекается основным потоком со скоростью v_e ;

S_r' – часть площади руля, которая обтекается со скоростью v_s ;

v_e – скорость обтекания руля.

Таким образом, общее выражение для нахождения поперечной составляющей усилий ДРК имеет следующий вид [8]:

$$Y_r = \mu_r [\delta_r - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega})] \frac{\rho}{2} \bar{S}_r v^2 \varphi_k^2. \quad (9)$$

Поперечные усилия, создаваемые гребным винтом в поворотной насадке

Поперечные усилия, развиваемые гребным винтом в поворотной насадке, были исследованы главным образом Р.Я. Першицем и А.Д. Гофманом [8]. Метод Першица предполагает разделение комплекса на два компонента. Первым из них в качестве единого целого выступают винт и поворотная насадка. Вторым компонентом является стабилизатор. При этом предлагается подсчитывать боковую силу, создаваемую комплексом, по выражению:

$$Y_n = Y_{вн} + Y_c, \tag{10}$$

где $Y_{вн}$ – поперечная сила, создаваемая первым компонентом комплекса;

Y_c – поперечная сила, создаваемая вторым компонентом комплекса.

Поперечная сила, создаваемая винтом и насадкой описывается следующим выражением [7]:

$$Y_{вн} = C_{yn} \frac{\rho}{2} S_n v_n^2 \left[\delta_n - \kappa_r \kappa_b \arctg \left(\tg \beta + \frac{\omega \bar{l}_r}{\cos \beta} \right) \right], \tag{11}$$

где C_{yn} – коэффициент поперечной силы насадки;

$S_n = \pi D_b l_n$ – площадь боковой поверхности насадки;

D_b – диаметр винта;

l_n – длина насадки;

$v_n = (1 - \psi_0)v$ – аксиальная скорость натекания воды на винт в насадке;

ψ_0 – коэффициент попутного потока;

δ_n – угол перекладки насадки;

$\kappa_b = 0,752 - 0,052\sigma_p$ – коэффициент влияния винта;

Коэффициент поперечной силы насадки находится следующим образом [9]:

$$C_{yn} = \frac{[1 + 0,25(\sqrt{1 + \sigma_p} - 1)^2][1 - (0,45 - 0,35\bar{l}_n)] + \sigma_p/2}{2\bar{l}_n}, \tag{12}$$

где $\bar{l}_n = \frac{l_n}{D_b}$ – относительная длина насадки;

Стабилизатор играет роль неподвижного руля, увеличивая подъёмную силу. Угол атаки стабилизатора может быть обозначен как δ_{ac} . Он возникает ввиду несовпадения угла выброса струи из насадки δ_c^* с углом её перекладки δ_n . Отсюда δ_{ac} находится по выражению [9]:

$$\delta_{ac} = \delta_n - \delta_c^*. \tag{13}$$

Таким образом, поперечная сила, действующая на стабилизатор насадки, отклонённой на угол δ_n , может быть найдена как [9]

$$Y_c = C_{yc} \frac{\rho}{2} S_c v_c^2 \delta_{ac}. \tag{14}$$

А.Д. Гофман в своей работе [10] отметил, что поперечная составляющая комплекса гребной винт-поворотная насадка линейна только в небольшом диапазоне δ_n и β . В остальных же случаях (в условиях «сильных» маневров) она приобретает существенно нелинейный характер. Это затрудняет использование модели Р.Я. Першица для практических расчётов. Кроме того, в ней не учтено влияния скоса потока, натекающего на ДРК.

А.Д. Гофман предложил разделить боковую силу комплекса на два компонента. Первый из них Y_1 является проекцией реакции отбрасываемой движителем струи жидкости на поперечное направление. Второй компонент Y_2 представляет собой

проекцию на то же направление подъёмной силы насадки, которая создаётся изолированным кольцевым крылом. В связи с этим поперечные усилия, развиваемые комплексом, можно найти следующим образом [3, 9]:

$$Y_n = Y_1 + Y_2. \quad (15)$$

Первое слагаемое в выражении (15) возникает вследствие перекладки насадки и одновременного дрейфа кормы судна, что приводит к увеличению скорости и изменению направления движения масс жидкости, протекающих через движитель. Эксперименты показывают, что современные насадки отбрасывают струю жидкости в направлении, практически совпадающим с осью насадки. Реакция отбрасываемой струи может быть найдена из теоремы количества движения [3]:

$$\vec{R}_{стр} = m_c [\overrightarrow{v_e + \omega_a} - \vec{v}_e], \quad (16)$$

где ω_a – аксиальная вызванная скорость;

m_c – масса жидкости, протекающей через движитель за одну секунду, определяется через расход жидкости в выходном сечении насадки по следующему выражению [3]:

$$m_c = \rho S_{нв} (v_e + \omega_a) = \rho S_0 \beta_n (v_e + \omega_a), \quad (17)$$

где $S_{нв}$ – площадь выходного сечения насадки;

S_0 – площадь диска винта;

β_n – коэффициент расширения насадки.

При проецировании выражения (16) на направление перпендикулярное ДП судна получается следующее выражение для Y_1 (углы β_e и δ_n считаются малыми) [3]:

$$Y_1 = \rho S_0 \beta_n (v_e + \omega_a) [(v_e + \omega_a) \delta_n - v_e \beta_e]. \quad (18)$$

Учитывая, что $\beta_e = \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega})$, выражение (18) может быть представлено следующим образом [3]:

$$Y_1 = \rho S_0 \beta_n v_e^2 + \left(\frac{\omega_a}{v_e} \right)^2 \left[\delta_n - \frac{\kappa_r}{1 + \left(\frac{\omega_a}{v_e} \right)} (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega}) \right]. \quad (19)$$

Применение теории идеального комплекса винт – поворотная насадка для определения величины относительной вызванной скорости $\frac{\omega_a}{v_e}$ позволяет получить итоговое выражение для вычисления Y_1 [3]:

$$Y_1 = \rho S_0 \beta_n v_e^2 \varphi_k^2 \left[\delta_n - \left(\frac{\kappa_r}{\varphi_k} \right) (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega}) \right]. \quad (20)$$

Боковая сила на поворотной насадке как на кольцевом крыле [3]:

$$Y_2 = \mu_n [\delta_n - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega})] \frac{\rho}{2} S_0 v_e^2. \quad (21)$$

Подставляя соотношения (20) и (21) в формулу (15), получаем общее выражение для определения поперечной силы, развиваемой комплексом [3]:

$$Y_n = \mu_n [\delta_n - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega})] \frac{\rho}{2} S_0 v^2 \varphi_k^2. \quad (22)$$

Очевидно, что формулы (9) и (22) могут быть приведены к следующему общему виду [4]:

$$Y_r = \mu_r [\delta_r - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega})] \frac{\rho}{2} S_r v^2 \varphi_k^2. \quad (23)$$

Для решения задач маневрирования судном поперечные усилия, развиваемые ДРК, принято выражать в безразмерном виде, то есть

$$\bar{Y}_r = E_r [\delta_r - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega})]. \quad (24)$$

Здесь E_r – эффективность рулевых органов, подсчитываемая по формуле [4]:

$$E_r = \frac{\mu_r S_r z_r \varphi_k^2}{LT}, \quad (25)$$

где z_r – количество ДРК;

T – осадка судна.

Результаты расчётов и выводы

К концу прошлого столетия стало понятно, что надёжных методов расчёта поперечных сил, развиваемых ДРК, не существует [3]. Для повышения их точности и по сей день необходимо использовать идентификацию результатов расчётов по данным натурных испытаний. Это утверждение может быть проиллюстрировано результатами расчётов величин E_r и κ_r . Для этого были выбраны суда проектов №550А «Волгонефть» (оснащён ДРК типа открытый гребной винт с расположенным за ним рулём) и № 1553 «Нефтерудовоз» (оснащён ДРК типа винт в поворотной насадке), так как они оснащены одними из самых распространённых типов ДРК. Указанные величины E_r и κ_r были рассчитаны по методике, изложенной в работе В.Г. Павленко [4], и методике, изложенной в работе [8]. Результаты вычислений представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Значения величин E_r и κ_r для теплохода проекта № 550А

	Оценка поперечных усилий ДРК по методике В.Г. Павленко	Оценка поперечных усилий ДРК по данным натурных испытаний
E_r	0,102062	0,321387
κ_r	0,439716	0,464459

Таблица 2

Значения величин E_r и κ_r для теплохода проекта № 1553

	Оценка поперечных усилий ДРК по методике В.Г. Павленко	Оценка поперечных усилий ДРК по данным натурных испытаний
E_r	0,153512	0,302801
κ_r	0,536908	0,345624

Существенное расхождение результатов в трёх из четырёх случаев позволяет сделать вывод о том, что для адекватного математического моделирования управляемого криволинейного движения судов речного флота необходимо разработать более точные методы расчёта поперечных усилий, развиваемых ДРК различных типов.

Список литературы

1. Соболев Г.В. Управляемость корабля и автоматизация судовождения. Л.: Судостроение, 1976. 478 с.

2. Гофман А.Д. Теория и расчет поворотливости судов внутреннего плавания. Л.: Судостроение, 1971. 256 с.
3. Павленко В.Г., Бавин В.Ф., Зайков В.И., Сандлер Л.Б. Ходкость и управляемость судов. М.: Транспорт, 1991. 397 с.
4. Павленко, В.Г. Маневренные качества речных судов (Управляемость судов и составов). М.: Транспорт, 1979. 184 с.
5. Першиц, Р.Я. Управляемость и управление судном. Л.: Судостроение, 1983. 272 с.
6. Гофман А.Д. Основы теории управляемости судна: Курс лекций. СПб: СПГУВК, 1999. 100 с.
7. Басин А.М. Ходкость и управляемость судов: Учебное пособие. М.: Транспорт, 1977. 456 с.
8. Тихонов В.И., Бажанкин Ю.В., Осокин И.М., Мухин А.В. Способ оценки поперечных усилий, развиваемых движительно-рулевым комплексом, по результатам циркуляционных испытаний судна //Научные проблемы водного транспорта. 2023. №77(4). С. 252-263. DOI: 10.37890/jwt.vi77.440.
9. Васильев А.В. Управляемость судов: Учебное пособие. Л.: Судостроение, 1989. 328 с.
10. Гофман, А.Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна: Справочник. Л.: Судостроение, 1988. 360 с.
11. Гасникова А.С., Макарова В.В., Потехин Ю.П. Расчетное исследование гидродинамических характеристик судового руля, расположенного за дейдвудом //Морские интеллектуальные технологии. 2022. №3 часть 1. С. 50—57. DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2022.57.3.006>.
12. Костылев А.И., Сазонов К.Е. Метод расчета движения судов по криволинейной траектории в сплошных льдах //Труды Крыловского государственного центра. 2017. №1(379). С. 50-55.
13. Бугаев В.Г., Тунг Д.В., Домашевская Я.Р., Хиеп Ф.Ч. Численное моделирование гидродинамических характеристик винто-рулевого комплекса и поворотливости рыболовного судна //Научные проблемы водного транспорта. 2020. №62. С. 30-40. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi62.13>.

References

1. Sobolev, G.V. Upravlyaemost' korablya i avtomatizatsiya sudovozhdeniya. L.: Sudostroenie, 1976. 478p.
2. Gofman, A.D. Teoriya i raschet povorotlivosti sudov vnutrennego plavaniya. L.: Sudostroenie, 1971. 256p.
3. Pavlenko V.G., Bavin V.F., Zaikov V.I., Sandler L.B. Khodkost' i upravlyaemost' sudov. M.: Transport, 1991. 397p.
4. Pavlenko, V.G. Manevrennye kachestva rechnykh sudov (Upravlyaemost' sudov i sostavov). M.: Transport, 1979. 184p.
5. Pershits, R.YA. Upravlyaemost' i upravlenie sudnom. L.: Sudostroenie, 1983. 272p.
6. Gofman A.D. Osnovy teorii upravlyaemosti sudna: Kurs lektsii. SPb.: SPGUVK, 1999. 100p.
7. Basin A.M. Khodkost' i upravlyaemost' sudov: Uchebnoe posobie. M.: Transport, 1977. 456p.
8. Tikhonov V.I., Bazhankin YU.V., Osokin I.M., Mukhin A.V. Sposob otsenki poperechnykh usilii, razvivaemykh dvizhite'l'no-rulevym kompleksom, po rezul'tatam tsirkulyatsionnykh ispytaniy sudna [A method for estimating the transverse forces developed by the propulsion and steering system, based on the results of vessel circulation tests] Russian Journal of Water Transport. 2023, no. 77 (4), pp. 252-263. (In Russ). DOI: 10.37890/jwt.vi77.440.
9. Vasil'ev A.V. Upravlyaemost' sudov: Uchebnoe posobie. L.: Sudostroenie, 1989. 328 p.
10. Gofman, A.D. Dvizhite'l'no-rulevoi kompleks i manevrirovaniye sudna: Spravochnik. L.: Sudostroenie, 1988. 360p.
11. Gasnikova A.S., Makarova V.V., Potekhin YU.P. Raschetnoye issledovaniye gidrodinamicheskikh kharakteristik sudovogo rulya, raspolozhennogo za deidvudom [Computational study of hydrodynamic characteristics of the ship rudder located behind the deadwood] Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2022, no. 3 part 1, pp. 50—57. (In Russ). DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2022.57.3.006> .

12. Kostylev A.I., Sazonov K.E. Metod rascheta dvizheniya sudov po krivolineinoi traektorii v sploshnykh l'dakh [Method for estimation of ship curvilinear trajectory in continuous ice cover] Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo tsentra. 2017, no. 1(379), pp. 50-55. (In Russ).
13. Bugaev V.G., Tung D.V., Domashevskaya YA.R., Khiep F.CH. Chislennoe modelirovanie gidrodina-micheskikh kharakteristik vinto-rulevogo kompleksa i povorotlivosti rybolovnogo sudna [The numerical modelling of hydrodynamic characteristics of the propeller-rudder system and turning capacity of the fishing vessel] Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2020, no. 62, pp. 30-40. (In Russ). DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi62.13>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / IFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Тихонов Вадим Иванович, д.т.н., профессор кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, email: vitnn12@mail.ru

Vadim I. Tikhonov, Dr. Sci. Tech, Professor of department of Navigation and safety of navigation, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

Бажанкин Юрий Владимирович, к.т.н., доцент кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: seaman77@mail.ru

Yuriy V. Bazhankin, Ph. D. in Engineering Science, associate professor of department of Navigation and safety of navigation, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

Осокин Игорь Михайлович, аспирант кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, email: osokin.igor98@mail.ru

Igor M. Osokin, post-graduation student of department of Navigation and safety of navigation, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

Статья поступила в редакцию 14.11.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 14.11.2024; published online 20.12.2024.

УДК 656.62

DOI: 10.37890/jwt.vi81.545

Современные способы тягового обслуживания речных грузовых составов

Ю.Н. Уртминцев

ORCID: 0009-0001-4534-4347

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

Аннотация. В статье рассматриваются современные способы тягового обслуживания грузовых составов на речном транспорте. Основное внимание уделяется работе большегрузных составов. Исследование проводится на базе информации о движении флота в Волжском и Камском бассейнах. По результатам анализа представлены используемые на практике формы обслуживания тягой тоннажа. Для оценки взаимодействия толкачей и несамоходных судов использованы количественные параметры, характеризующие степень закрепления тяги за тоннажем и частоту сменяемости барж состава в процессе эксплуатации. Выявлены факторы, ограничивающие возможность выбора судоходными компаниями рациональных схем тягового обслуживания составов в современных условиях.

Ключевые слова: речной транспорт, организация работы грузовых составов, формы тягового обслуживания несамоходных судов, выбор рациональной формы взаимодействия тяги и тоннажа.

Modern methods of traction maintenance of river freight trains

Yuri N. Urtmintsev

ORCID: 0009-0001-4534-4347

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article considers modern methods of traction maintenance of freight trains in river transport. The main attention is paid to the operation of river heavy-duty trains. The study is based on information on the movement of the fleet in the Volga and Kama basins. Based on the results of the analysis, the forms of traction maintenance of tonnage used in practice are presented. To assess the interaction of pushers and non-self-propelled vessels, quantitative parameters were used that characterize the degree of traction assignment to the tonnage and the frequency of change of the barges of the train during operation. Factors limiting the possibility of shipping companies to choose rational schemes for traction service of river trains in modern conditions are identified.

Keywords: river transport, organization of freight train operations, forms of traction service for non-self-propelled vessels, choice of a rational form of interaction between traction and tonnage.

Введение

В современный период большую роль на внутреннем водном транспорте по-прежнему играют баржевые грузовые составы – на их долю приходится порядка 50% от общего объема речных перевозок. Известными преимуществами применения составов является высокая производительность труда и низкая себестоимость перевозок, что обусловлено как более высокой по сравнению с грузовыми теплоходами энергоотдачей (т/л.с.), так и возможностью выбора наиболее рациональных организационно-технологических схем взаимодействия тяговых средств и несамоходных судов, позволяющих снизить транспортные издержки.

Однако в настоящее время потенциальные возможности грузовых составов недоиспользуются, эффективность их работы упала. Это, в частности, связано с большими простоями этого флота в пунктах грузовой обработки и в пунктах переформирования состава, причем простоями и тяговых средств (толкачей), и несамоходных грузовых судов (барж и секций). Поскольку одним из факторов, влияющих на эффективность работы грузовых составов, в т.ч. на стоянки в портах, являются применяемые судовладельцами способы тягового обслуживания составов, то целесообразно провести анализ применяемых на практике способов и оценить возможности их рационального использования в современных условиях.

Постановка проблемы и цель исследования

В науке об эксплуатации речного флота значительное внимание всегда уделялось способам (формам) организации работы грузовых составов [1-7]. Сложность выбора организационно-технологического решения для грузовых составов (по сравнению с грузовыми теплоходами) обусловлена тем, что состав включает в себя несколько судов (толкач и баржи), работа которых требует согласования. При этом увеличивается число объектов управления, следовательно, возрастает число возможных решений и усложняется поиск наилучшего из них.

Одним из наиболее важных вопросов в этой научно-практической области всегда был и есть выбор рационального способа тягового обслуживания несамоходных грузовых судов, который включает в себя решение следующих задач:

- выбор формы закрепления тяги за тоннажем для основных маршрутов перевозок: «постоянное закрепление» (в следующих друг за другом рейсах баржи состава транспортирует один и тот же толкач) или «раскрепление» (в разных рейсах баржи транспортируют разные толкачи);
- выбор способа обслуживания тягой тоннажа – «маршрутный» (на всём маршруте движения баржевого состава его обслуживает один и тот же толкач) или «участковый» (в процессе транспортировки баржевого состава тяговые средства меняются);
- определение целесообразности, маршрутов и схемы использования «сборных составов» (число и состав транспортируемых толкачом барж может меняться в процессе транспортировки).

Решение этих задач требует учета большого числа факторов, характеризующих условия эксплуатации флота, в т.ч.:

- характеристики обслуживаемых грузопотоков (интенсивность грузопотока, расстояние перевозок, пространственная совместимость грузопотоков и др.);
- условия плавания на маршруте перевозок, наличие лимитирующих участков;
- производственные мощности портов в пунктах грузовой обработки;
- состав и количество буксирного и несамоходного флота в судоходной компании.

Выбор формы тягового обслуживания составов влияет, прежде всего, на время стоянки судов в портах и в пунктах переформирования составов. По данным Администраций Волжского и Камского бассейнов, ведущих непрерывный контроль за движением флота в подведомственных бассейнах, в настоящее время стоянки большегрузных грузовых составов в крупных грузообразующих пунктах, таких как Соликамск (техсоль), Беляевка (гравий) и Ахтубинск (соль), очень большое и составляет, как правило, от 4-х до 6 суток.

Выросшие за последние 2-3 десятилетия простои судов в портах обусловлены двумя основными факторами:

- снижение производственной мощности большинства речных портов (крупные порты в результате приватизации, как правило, разделились на несколько отдельных стивидорных компаний, инвестиционные возможности которых на поддержку и обновление средств производства очень ограничены);
- судоходные компании недостаточно внимания уделяют вопросам выбора и применения рациональных форм тягового обслуживания грузовых составов.

Второй из названных выше факторов полностью находится в компетенции судоходной компании и может быть ею использован для повышения эффективности работы флота.

В настоящей статье рассмотрены существующие на практике формы организации тягового обслуживания грузовых составов. Целью работы является проведение анализа современных форм тягового обслуживания грузовых составов и исследование факторов, влияющих на выбор рациональной формы закрепления тяги за тоннажем.

Информационной основой исследований является база данных Администрации Волжского бассейна внутренних водных путей, в которой содержатся сведения о всех рейсах всех судов в рамках подведомственного бассейна.

В качестве основного объекта исследования приняты большегрузные составы. Именно для таких составов выбор рациональной формы закрепления тяги за тоннажем является наиболее актуальным.

Анализ способов тягового обслуживания грузовых составов в Волго-Камском бассейне

Большегрузные составы в Волго-Камском бассейне эксплуатирует несколько судоходных компаний. Самая крупная из них - СК Волжское пароходство, рабочее ядро флота которой включает более двадцати мощных толкачей (ОТ-2000 и ОТ-2400) и более шестидесяти барж-секций проекта Р-156 [<https://www.volgafлот.com>].

В Волго-Камском бассейне большегрузные составы в навигациях 2020-2023 г.г. использовались преимущественно на перевозках гравия с Камы в пункты Верхней Волги, технической соли из Соликамска и Ахтубинска в пункты Средней и Верхней Волги, серы из Бузана в Череповец. В большинстве рейсов составы работали с 4-мя баржами (секциями), но при движении по Нижней Волге в связи с судоходными условиями осуществлялась двух баржевая проводка, а на участке Н. Новгород-Городец - одно баржевая.

Анализ показал, что в процессе эксплуатации толкачей состав транспортируемых ими барж, как правило, существенно меняется. В качестве примера могут служить данные по итогам анализа работы толкачей ОТ-2054, ОТ-2055, ОТ-2061 (СК Волжское пароходство). Число различных барж (секций), в транспортировке которых они принимали участие в процессе навигации (2020 г.), составило: ОТ 2054 – 30 ед., ОТ-2055 – 28 ед., ОТ-2061 -6 ед.

Фрагмент данных о работе одного из толкачей с указанием транспортируемых им барж (секций) приведен в табл.1.

Другие судоходные компании (Барс, КамаКруиз, КамаВесселТур и др.), имеющие небольшое число большегрузных составов (2-3 состава), в течение всей навигации эксплуатируют каждый из толкачей с одними и теми же баржами. Отметим, что такой способ тягового обслуживания свойственен многим малым судоходным компаниями, использующим самые разные типы грузовых составов.

Таблица 1.

Выполненные толкачом ОТ-2054 рейсы (фрагмент).

№ рейса	Наименование рейса	Баржи	Груз	Начало рейса	Конец рейса	Вид работы
	...					
5.	Соликамск – Наб. Моркваши	Б-178, 188, 239, 240	Техсоль	7.07	8.07	Транзит
6.	Наб. Моркваши - Беляевка	Б-178, 188, 239, 240	Пор.	12.07	12.07	Транзит
7.	Беляевка - Зеленодольск	Б-178, 188, 239, 240	Гравий	26.07	27.07	Транзит
8.	Зеленодольск - Ярославль	Б-155, 160, 234, 237	Техсоль	31.07	6.08	Транзит
9.	Ярославль – Борская БТОФ	Б-155, 160, 234, 237	Пор.	9.08	11.08	Транзит
10.	Борская БТОФ - Соликамск	Б-155, 160, 189, 234	Пор.	13.08	16.08	Транзит
11.	Соликамск - Кстово	Б-155, 160, 189, 234	Техсоль	28.08	31.08	Транзит
	...					

На основе проведенного анализа эксплуатации грузовых составов можно сделать вывод от том, что на практике применяются три основных способа тягового обслуживания составов:

- постоянное закрепление тяги за тоннажем (на навигацию или определённый период времени);
- раскрепление тяги и тоннажа (иначе - закрепление на отдельные рейсы);
- закрепление группы барж за группой толкачей (определённая группа толкачей обслуживает определённую группу барж. При этом в пунктах погрузки-выгрузки может производиться замена барж, но только из числа этой группы барж).

При использовании второго и третьего способов в отдельных пунктах маршрута (порты и пункты переформирования составов) производится замена барж у толкача, а в других – нет, что вызывает большие простои тяговых средств в ожидании завершения обработки своих барж. Поэтому решение о выборе способа тягового обслуживания должно приниматься не только для группы флота и отдельных маршрутов его использования, но и для каждого пункта портового обслуживания на маршруте движения.

Как было сказано выше, одно из основных преимуществ грузовых составов заключается в возможности сокращения времени стоянки в портах наиболее дорогих в эксплуатации судов грузового состава – толкачей. При ожидании толкачом своих барж это преимущество теряется.

Методы анализа форм тягового обслуживания грузовых составов

В целях более глубокого анализа применяемых на практике способов обслуживания тягой тоннажа можно использовать предложенные в работе [8] количественные параметры (показатели), которые характеризуют степень «закрепления» тяги за тоннажем и тоннажа за тягой. В частности, степень «закрепления» конкретной баржи за конкретным толкачом, может быть рассчитана как отношение количества рейсов, совершенных баржой с этим толкачом, к общему числу рейсов баржи:

$$k_{ij} = m_{ij} / \sum_i m_{ij}$$

где m_{ij} – количество рейсов, сделанных j -й баржой с i -м толкачом;

$\sum_j m_{ij}$ – суммарное число рейсов, совершенных j -й баржой

При этом целесообразно учитывать только транзитные рейсы судов, а перемещение барж в границах одного порта (подвоз/довоз до причалов погрузки/выгрузки) - относить к рейсовым работам толкача.

В общем случае «коэффициент закрепления» баржи за толкачом может принимать значение от нуля до единицы. Значение $k_{ij} = 1$ означает, что данная (j -я) баржа постоянно эксплуатируется с одним и тем же (i -м) толкачом, а значение параметра, равное нулю, означает, что баржа с данным толкачом вообще не эксплуатируется.

Проведенные расчеты для анализируемых большегрузных составов показали, что значение «коэффициента закрепления» для разных барж существенно отличается и принимает значение в диапазоне от 0,1 до 0,9, что означает, что некоторые баржи почти всю навигацию эксплуатировались с одним и тем же толкачом, а некоторые практически в каждый очередной рейс отправлялись с новым толкачом.

Для оценки степени устойчивости (стабильности) состава барж, эксплуатируемых с конкретным (i -м) толкачом, может быть использован ещё один параметр - «коэффициент сменяемости барж» - $K_{cm\ i}$, который показывает среднюю долю сменяемых в каждом рейсе толкача барж и рассчитывается как:

$$K_{cm\ i} = \sum_j K_{cm\ ij} / n_{pi} ,$$

где $K_{cm\ ij}$ – коэффициент сменяемости барж в j -м рейсе. При полной сменяемости всех барж в очередном (j -м) рейсе $K_{cm\ ij} = 1$, при неизменном составе барж $K_{cm\ ij} = 0$, при смене половины барж состава $K_{cm\ ij} = 0,5$;

n_{pi} - количество рейсов, совершенных i -м толкачом

Расчеты, проведенные для рассматриваемых выше толкачей Волжского пароходства, дали следующие результаты:

Таблица 2

Наименование толкача	Коэффициент сменяемости барж
ОТ-2054	0,52
ОТ-2055	0,83
ОТ-2061	0,03

Как видно из таблицы 2, у толкача ОТ-2061 состав транспортируемых барж очень стабилен, а у толкачей ОТ-2054 и ОТ-2055 он существенно меняется в большинстве рейсов.

Поскольку, как было отмечено выше, в отдельных портах на маршруте работы состава производится смена барж, а в других – нет, то целесообразно проводить расчет коэффициента сменяемости барж и для отдельных портов. Проведенные расчеты показали, что в крупных грузообразующих портах (Соликамск, Беляевка, Ахтубинск) коэффициент сменяемости барж равен нулю, что свидетельствует о том, что в этих портах толкачи ждут окончания времени обработки своих барж. Это приводит к большим простоям тяги в этих пунктах (4 и более суток), что значительно снижает эффективность речных перевозок.

Анализ факторов, влияющих на выбор форм тягового обслуживания составов

Для использования речными перевозчиками в полной мере разных способов тягового обслуживания тоннажа должно быть наличие достаточного количества несамоходных судов.

При эксплуатации большегрузных составов в режиме «закрепление тяги за тоннажем» необходимое количество несамоходных судов равно:

$$\Phi_{нс} = \Phi_{толк} * n_б,$$

где $\Phi_{толк}$ – потребность в толкачах, ед.;

$n_б$ - число барж в составе, ед.

Таким образом, для большегрузных составов, работающих в этом режиме, соотношение потребности в баржах и толкачах должно составлять $\Phi_{нс}/\Phi_т = n_б$, т.е. для четырехсекционных составов как 4/1.

Для условий эксплуатации составов в режиме «раскрепление тяги и тоннажа» необходимое количество несамоходных судов увеличивается из-за роста времени их стоянки в портах. Так при полной замене барж только в одном из пунктов маршрута (например, в пункте погрузки) время кругового рейса тоннажа составит:

$$t_{кр тон} = t_{кр т} + t_{и},$$

где $t_{кр т}$, $t_{и}$ – соответственно время кругового рейса толкача и интервал движения составов на маршруте.

При этом соотношение потребности в несамоходных судах и тяге будет определяться как:

$$\Phi_{нс}/\Phi_т = n_б (t_{кр т} + t_{и})/t_{кр т} = n_б (1 + t_{и}/t_{кр т})$$

На рисунке 1 представлена графическая интерпретация этой зависимости для двух и четырех баржевых составов.

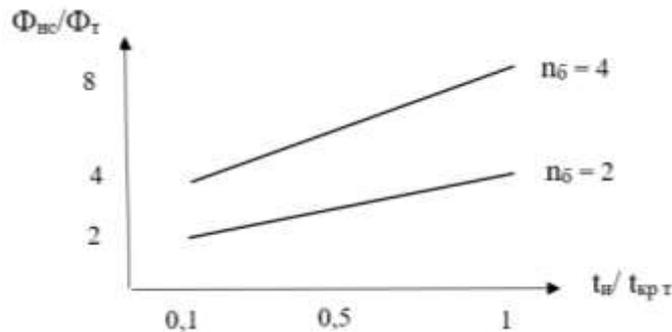


Рис.1. Зависимость соотношения потребности в баржах и толкачах от характеристик маршрута использования

При замене барж в двух пунктах маршрута (в пунктах погрузки и выгрузки) это соотношение составит:

$$\Phi_{нс}/\Phi_т = n_б (2 + t_{и}/t_{кр т})$$

Полученные соотношения означают, что для 4-х секционных составов, работающих на маршруте с раскреплением тоннажа и тяги и интервале движения, равном, например, половине от времени кругового рейса толкача, необходимое количество барж превышает количество используемых толкачей в 6 раз при смене барж только в одном порту и в 10 раз при смене в двух портах.

В настоящее время соотношение имеющихся в СК Волжское пароходство барж и толкачей составляет примерно 3/1. Этого недостаточно для полноценного использования форм судоходства с «раскреплением тяги и тоннажа».

Недостаточное количество самоходных грузовых судов, как правило, является ограничителем для выбора рациональных схем работы грузовых составов и для других судоходных компаний.

Выводы по результатам исследования

В настоящее время на речном транспорте на выбор формы тягового обслуживания грузовых составов оказывают влияние следующие основные факторы:

- низкая пропускная способность грузовых терминалов в речных портах;
- значительное снижение интенсивности грузопотоков (по сравнению с советским периодом) и, как следствие, увеличение интервалов движения грузовых составов на основных маршрутах их использования, что значительно увеличивает время простоя барж в портах при раскреплении тяги и тоннажа;
- существующее соотношение наличия тяговых средств и самоходных грузовых судов в судоходных компаниях.

Реальное соотношение наличия тяговых средств и самоходных судов часто не позволяет судоходным компаниям использовать наиболее рациональные формы тягового обслуживания грузовых составов.

Для более широкого применения формы «раскрепление тяги и тоннажа» речным перевозчикам, как правило, не хватает самоходных судов. Учитывая, что суммарная стоимость барж в двух баржевом составе равна примерно стоимости толкача, а в 4-х баржевом соответственно в два раза больше стоимости толкача, приобретение новых самоходных судов является в современных условиях весьма сложной задачей для судоходной компании в связи с большими капитальными затратами и, следовательно, требует проведения глубоких технико-экономических обоснований.

Список литературы

1. Союзов А.А. Организация работы речного флота: Учебник – М.: Речной транспорт, 1957. – 516
2. Организация работы флота и портов: Учебник / Под. ред. А.П. Ирхина. – М.: Транспорт, 1966. – 528 с
3. Куракин В.С. Исследование вопросов оптимального планирования работы буксирного и самоходного флота: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. ГИИВТ. Горький, 1969. - 19 с.
4. Ваганов Г.И., Воронин В.Ф. Эффективность закрепления большегрузных составов на отдельные рейсы // Передовой опыт и новая техника. - Сборник ЦБНТИ МРФ, 1979, вып. II (35), с. 6-10.
5. Малышкин, А.Г. Организация и планирование работы речного флота: Учебник для вузов речного транспорта – М.: Транспорт, 1985. – 216 с.
6. Зачесов В.П., Филоненко В.Г. Технология и организация перевозок на речном транспорте: Уч. пос. для ВУЗов – Новосибирск: Сиб. соглашение, 2004. – 400 с.
7. Бабурин В.А., Бабурин Н.В., Дмитриев В.И. Управление работой флота / Учебник для ВУЗов – М.: Моркнига, 2013. – 368 с.
8. Уртминцев Ю.Н., Кислова Я.А. Анализ современных способов тягового обслуживания грузовых составов (на примере Волжского бассейна). //Транспорт. Горизонты развития. 2024: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2024. – URL: http://вф-река-море.рф/2024/7_48.pdf

References

1. Soyuzov A.A. Organization of river fleet operations: Textbook – M.: River transport, 1957. – 516

2. Organization of fleet and ports operations: Textbook / Ed. by A.P. Irkhin. – М.: Transport, 1966. – 528 p
3. Kurakin V.S. Study of issues of optimal planning of tugboat and non-self-propelled fleet operations: Abstract of diss. for PhD in engineering. GIIVT. Gorky, 1969. - 19 p.
4. Vaganov G.I., Voronin V.F. Efficiency of assigning heavy-duty trains to individual voyages // Advanced experience and new technology. - Collection of CBNT IRF, 1979, issue II (35), pp. 6-10.
5. Malyshkin, A.G. Organization and planning of river fleet operation: Textbook for higher education institutions on river transport – Moscow: Transport, 1985. – 216 p.
6. Zachesov V.P., Filonenko V.G. Technology and organization of transportation on river transport: Study guide for higher education institutions – Novosibirsk: Sib. agreement, 2004. – 400 p.
7. Baburin V.A., Baburin N.V., Dmitriev V.I. Fleet operation management / Textbook for higher education institutions – Moscow: Morkniga, 2013. – 368 p.
8. Urtmintsev Yu.N., Kislova Ya.A. Analysis of modern methods of traction service of river freight trains (using the Volga basin as an example). // Transport. Development Horizons. 2024: Proceedings of the international scientific and practical forum. FGBOU VO "VSUVT". - 2024. - URL: http://vf-reka-more.rf/2024/7_48.pdf

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 31.10.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 31.10.2024; published online 20.12.2024.

УДК 627.4, 656.65

DOI: 10.37890/jwt.vi81.546

Исследование условий разработки карьеров нерудных строительных материалов на Верхней Белой с учетом их влияния на уровенный режим

М.В. Шестова

А.Н. Ситнов

ORCID: 0000-0003-4720-8194

Ю.Е. Воронина

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

Аннотация. В настоящее время р. Белая находится в достаточно сложных гидрологических и судоходных условиях, что обусловлено в целом маловодностью в регионе и активно проводимыми здесь многолетними работами по добыче нерудных строительных материалов (НСМ). В существующих условиях обеспечить гарантированные габариты судового хода только проведением путевых работ недостаточно и необходимо жесткое регулирование объемов добычи. В рамках выполненных исследований рассмотрены основные задачи проведения гидравлических расчетов и методы их решения, приведены результаты гидравлических расчетов посадки уровней воды от разработки карьеров, которые показали, что на значительной части участка (33 км из исследуемых 76 км) дальнейшая разработка карьеров должна быть полностью запрещена до восстановления русла реки и занесения карьеров НСМ на участке; допущена возможность разработки карьеров на трех участках в ограниченных объемах; даны рекомендации по параметрам добычи НСМ на перспективном для разработки месторождении. В работе также дана оценка влияния производства дноуглубительных работ в целях судоходства на величину посадки уровня воды, которая показала, что в общем техногенном воздействии на русло р. Верхняя Белая они играют второстепенную роль, однако одновременно интенсивная русловая добыча НСМ и проведение дноуглубительных работ невозможно в силу их существенного совместного влияния на уровенный режим. Реализация полученных по результатам исследований выводов и рекомендаций позволит минимизировать неблагоприятное воздействие добычных работ.

Ключевые слова: русловая добыча, дноуглубление, посадка уровня воды, параметры русловых карьеров.

Investigation of the conditions for the development of quarries of non-metallic building materials on the Upper Belaya, taking into account their impact on the level regime

Marina V. Shestova

Alexander N. Sitnov

ORCID: 0000-0003-4720-8194

Yulia E. Voronina

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Currently, the Belaya River is in rather difficult hydrological and navigable conditions, which is generally due to the low water level in the region and the many years of mining of non-metallic building materials actively carried out here. Under existing conditions, it is not enough to ensure guaranteed dimensions of the ship's course only by carrying out track work but the strict regulation of production volumes is necessary. As part

of the research carried out, the main tasks of conducting hydraulic calculations and methods of their solution are considered, the results of hydraulic calculations of the decrease of water levels from quarrying are presented. The results showed that in a significant part of the site (33 km of the 76 km studied) further quarrying should be completely prohibited until the restoration of the riverbed and the introduction of building materials quarries on the site; the possibility of quarrying on three sites in limited volumes was allowed; recommendations were given on the parameters of building materials production at a promising field for development. The paper also assesses the impact of dredging for navigation purposes on the amount of water level decrease, which showed that it plays a secondary role in the general anthropogenic impact on the Upper Belaya riverbed, but at the same time intensive channel mining of building materials and dredging is impossible due to their significant combined effect on the level regime. The implementation of the conclusions and recommendations obtained from the research results will minimize the adverse impact of mining operations.

Keywords: channel mining, dredging, landing of the water level, parameters of channel quarries.

Введение

Русло р. Белая на протяжении нескольких десятилетий подвержено интенсивной техногенной нагрузке. В целях поддержания условий судоходства и повышения устойчивости русла на р.Белая проводились выправительные и дноуглубительные работы на перекатах. Особое место в антропогенном воздействии на реку занимает русловая добыча песчано-гравийных материалов, причем по всей ее длине. В совокупности эти факторы с учетом малой водности в регионе способствовали ухудшению гидрологических и судоходных условиях на р.В.Белая [1,2].

Темой данных исследований являлась оценка возможности разработки в современных условиях карьеров по добыче нерудных строительных материалов на реке Верхняя Белая с учетом возможной посадки уровня воды.

Объектом исследования являлся участок р.Верхняя Белая протяженностью 76 км от устья р.Уфа до устья р. Сим (рис.1). Гарантированные габариты здесь поддерживаются только на участке от устья р.Уфа до переката Нагаевское Спрявление (32 км). Выше Нагаевского Спрявления и до устья р.Сим (участок протяженностью 44 км) гарантированные габариты судового хода не установлены и не поддерживаются.

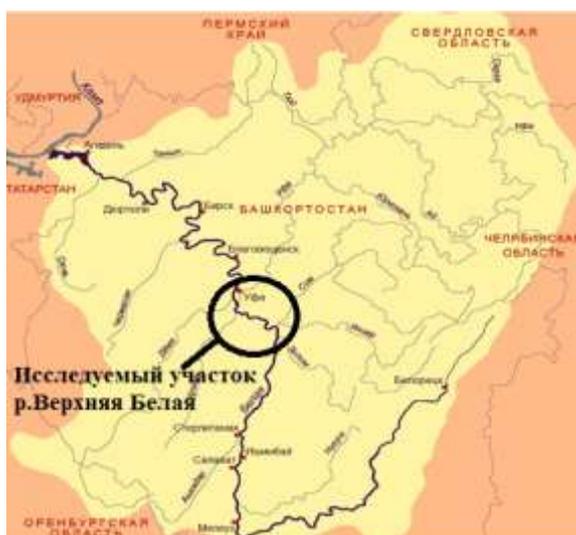


Рис.1. Ситуационный план бассейна р.Белая // Situational plan of the Belaya River basin

В настоящее время на исследуемом участке реки Верхняя Белая выявлено 25 месторождений НСМ, причем 15 из них относятся к пойменным, остальные месторождения - русловые.

Основные задачи и методы решения

В ходе выполнения научно-исследовательской работы были поставлены следующие задачи [3]:

- оценить величину негативного влияния на уровенный режим реки от разрабатываемых карьеров НСМ на исследуемом участке р.Верхняя Белая относительно установленного проектного уровня воды за расчетные периоды: 2011-2017 гг., 2017-2023 гг. и в целом 2011-2023 гг.;
- оценить степень влияния на уровенный режим проводимых дноуглубительных работ на участке р.В.Белая;
- с учетом полученных результатов разработать рекомендации по организации работ по добыче НСМ на участке р.В.Белая от устья р.Уфа до устья р.Сим.

Исследованию вопросов посадки уровня воды и русловых деформаций при производстве добычных работ посвящены многие работы ученых и практиков [4,5,6,7]. Однако участок Верхней Белой в этих работах не рассматривался, тем более в отношении не только изменений уровенного режима, но и устойчивости судового хода на нем.

Поэтому для решения поставленных задач выполнены гидравлические расчеты возможной посадки уровня воды для различных расчетных вариантов:

- ✓ 1 вариант – разработка русловых карьеров НСМ за период с 2011 по 2017 гг.;
- ✓ 2 вариант – разработка русловых карьеров НСМ за период с 2017 по 2023 гг.;
- ✓ 3 вариант – разработка дноуглубительных прорезей по данным 2017 г.

Гидравлические расчеты выполнялись с помощью программного комплекса «Карьер», разработанного ВГАВТ [3] с учетом положений [8,9] и рекомендаций [10,11]. Программа позволяет определить значения понижения уровней воды с учетом разработки карьеров НСМ и судоходных прорезей, построить кривые свободной поверхности, а также проследить протяженность зоны выклинивания расчетной кривой свободной поверхности.

Для расчета участок реки был разбит на расчетные участки 129 сечениями. Местоположение карьеров НСМ было выявлено в ходе анализа русловых деформаций, а также на основе предоставленных заказчиком данных. Параметры карьеров НСМ определялись при наложении (совмещении) расчетных профилей за различные периоды: 2011 - 2017 гг. и 2017 - 2023 гг.

В период с 2011 по 2017 гг. разработка месторождений НСМ производилась на участке от 0 до 46 км, выше по течению (46-76 км) добыча НСМ не велась. Было выявлено 8 участков, на которых велась разработка НСМ непосредственно в русле реки, либо в прибрежной зоне

При анализе разрабатываемых карьеров НСМ за период с 2017 по до 2023 гг. выявлены русловые карьеры уже до 68 км - всего 5 участков, где велась разработка НСМ в русле реки, и один участок, где ведутся подготовительные работы к освоению месторождения НСМ.

В гидравлических расчетах учитывались только карьеры НСМ, расположенные непосредственно в русле реки, либо в прибрежной зоне. Пойменные карьеры, находящиеся за пределами меженного русла, не рассматривались ввиду того, что они практически не оказывают влияния на гидрологический и русловой режим реки.

В качестве расчетного расхода воды принята величина проектного, соответствующего среднегодовому расходу $155 \text{ м}^3/\text{с}$.

Коэффициент шероховатости определялся осредненно на основании данных гранулометрического состава донных отложений, по формуле В.М.Маккавеева [12,13]:

$$n = 0,03d_{cp}^{1/6}, \quad (1)$$

где d_{cp} – осредненное значение среднего диаметра частиц донных отложений, мм. В практических расчетах допускается принимать в качестве среднего диаметра диаметр 50% обеспеченности.

Данные гранулометрического состава были получены в результате выполненных в августе 2023 г. ВГУВТ натурных исследований [3]. Их анализ показал, что средняя крупность донных отложений на всем исследуемом участке р.Белая составляет 4,67 мм. Наиболее крупный аллювий (по диаметру частиц 50% обеспеченности) находится в верховьях р.Белая – до 26 мм на 58.28 км от устья р.Уфа; более мелкий (до 0,1 мм) – ближе к устью р.Уфа. Представление об изменениях крупности аллювия по длине реки (по диаметру частиц 50% обеспеченности) дает рис. 2.

На основании этих данных, а также с учетом положения кривой свободной поверхности, полученной по результатам однодневной связки уровней воды [3], было выделено три участка: от устья р.Уфа до 27,505 км; 27,505-44,632 км; 44,632-76,43 км. В пределах выделенных участков осреднялся средний диаметр частиц, назначался коэффициент шероховатости и далее выполнялись гидравлические расчеты посадки уровня воды.

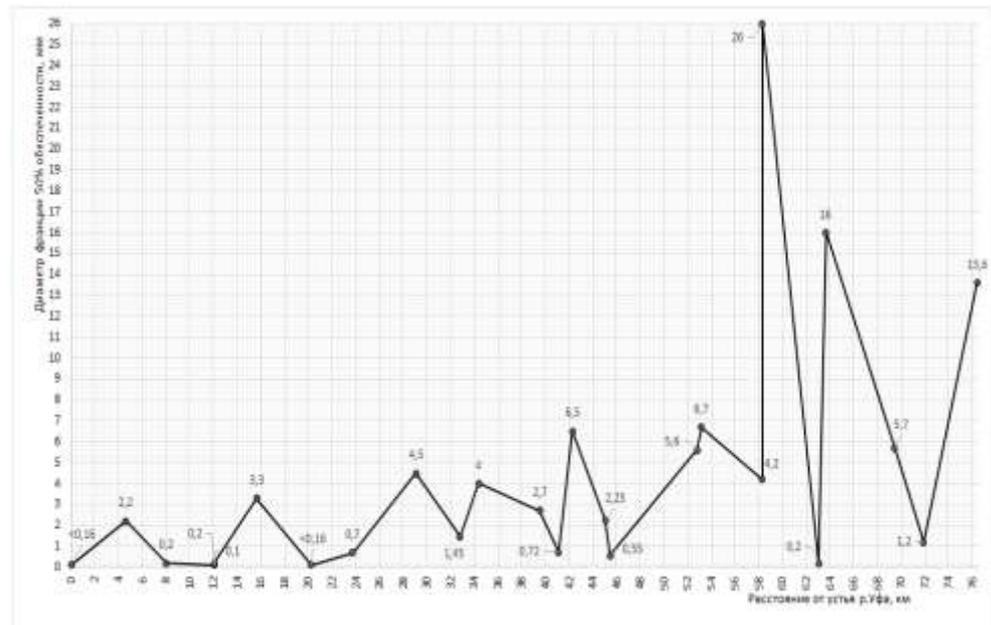


Рис.2. Изменение крупности аллювия по длине р.Белая (от устья р.Уфа до устья р.Сим) // The change in the size of the alluvium along the length of the Belaya River (from the mouth of the river.Ufa to the mouth of the Sim River)

Таким образом, в качестве исходных данных для гидравлических расчетов использовались: планы русла в изобатах с нанесенными на нем расчетными сечениями; отметки кривой свободной поверхности на концах рассматриваемого участка реки при проектном уровне воды (ПУ); основные параметры русла относительно принятого ПУ и проектные габариты выемки в расчетных сечениях.

Результаты гидравлических расчетов посадки уровня воды при проектных отметках на плесах р.Верхняя Белая

В результате выполненных гидравлических расчетов посадки уровня воды за расчетные промежутки времени были получены результаты, представленные в табл.1 и 2.

Таблица 1

Сводная таблица по результатам расчетов посадки уровня воды (2011-2017 гг.)

Разрабатываемый участок (протяженность участка)	Параметры разработки, м (средняя/максимальная)		Посадка уровня воды, см	
	Ширина	Глубина	Максимальная в пределах разрабатываемого участка	На верхней границе участка
1) 1,67-1,92 км (250 м)	55/84,2	1,1/1,3	1,84	1,84
2) 4,5-5,05 км (550 м)	99/128,8	1,6/2,1	3,93	5,58
3) 20,56-22,85 км (2290 м)	56/87,4	1,0/1,8	10,94	12,62
4) 28,13 -28,95 км (820 м)	81/106,5	1,6/2,7	20,99	27,91
5) 31,54-32,54 км (1000 м)	88/106	1,0/2,2	17,71	37,46
6) 35,4-35,8 км (400 м)	75,6/75,6	0,6/0,6	3,41	21,59
7) 41,67 -42,42 км (750 м)	44,7/49,6	1,1/1,5	7,02	17,99
8) 45,49-46,34 км (850 м)	136,7/182	3,8/7,2	57,24**	68,42*

Таблица 2

Сводная таблица по результатам расчетов посадки уровня воды (2017-2023 гг.)

Разрабатываемый участок (протяженность участка)	Параметры разработки, м (средняя/максимальная)		Посадка уровня воды, см	
	Ширина	Глубина	Максимальная в пределах разрабатываемого участка	На верхней границе участка
28,13-28,95 км (820 м)	80,6/111,2	4,3/7,7	30,31	30,31
30,74-32,85 км (2110 м)	103,6/174	3,2/6,5	48,07	78,38*
37,73 км (190 м)	103/103	5,0/5,0	20,90	43,28
40,98-42,76 км (1780 м)	117/151	5,8/8,9	49,96**	76,79
45,2-46,34 км (1140 м)	113/181	4,2/7,3	18,37	72,73

*Примечание: * - максимальная посадка уровня воды на участке р.В.Белая; ** - максимальная доля посадки уровня воды, приходящаяся на разрабатываемый участок.*

Графическое изображение результатов расчетов в виде кривых свободной поверхности (КСП) воды представлены на рис.3 (за период с 2011 по 2017 гг.) и рис.4 (за период с 2017 по 2023 гг.).

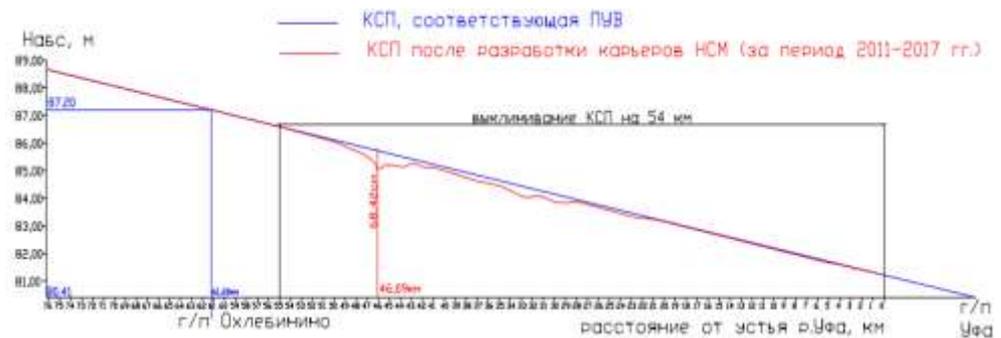


Рис.3. Кривые свободной поверхности воды до и после разработки карьеров НСМ в период с 2011г. по 2017г. // Curves of the free water surface before and after the development of quarries of building materials in the period from 2011 to 2017

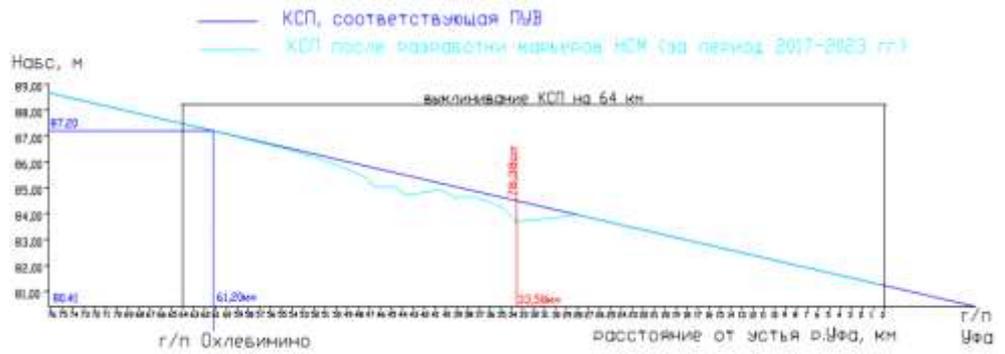


Рис.4. Кривые свободной поверхности воды до и после разработки карьеров НСМ в период с 2017г. по 2023г. // Curves of the free water surface before and after the development of quarries of building materials in the period from 2017 to 2023

Таким образом, по результатам расчетов посадки уровня воды за период с 2011г. по 2017г. максимальная величина понижения уровня воды составила 68,42 см на участке 45,49-46,34 км, при этом доля посадки уровня воды в пределах разрабатываемого участка составила 57,24 см. Выклинивание кривой свободной поверхности воды происходит на 54 км.

По результатам расчетов посадки уровня воды за период с 2017 г. по 2023г. максимальная величина понижения уровня воды составила 78,38 см на участке 30,74-32,85 км, при этом доля посадки уровня воды в пределах этого участка составила 48,07 см. Максимальный же прирост величины понижения уровня воды наблюдается на 40,98-42,76 км – порядка 49,96 см. Выклинивание кривой свободной поверхности воды происходит уже на 64 км.

На основе выполненных гидравлических расчетов были обобщены полученные результаты за рассматриваемые периоды (рис.5). Анализ показал, что общая максимальная величина посадки уровня воды за счет активной русловой добычи в период с 2011 по 2023 гг. составила 138 см (46,09 км). В целом проводимые работы по добыче НСМ спровоцировали повсеместное снижение уровней воды в интервале от 6 см до 138 см на участке от 21,5 км до 54,6 км р.В.Белая. При этом зона выклинивания кривой свободной поверхности воды приходится на 64 км.



Рис.5. Обобщенные кривые свободной поверхности воды до и после разработки карьеров НСМ в период с 2011г. по 2023г. // Generalized curves of the free water surface before and after the development of quarries of building materials in the period from 2011 to 2023

Следует отметить, что в гидравлических расчетах не учитывался участок на 67,34-68,34 км, где ведутся подготовительные работы к освоению месторождения НСМ, но сами добычные работы еще не начались. Условия разработки этого месторождения были рассмотрены отдельно и даны рекомендации по оптимальным параметрам разработки карьера.

Кроме того, на основе обобщенных результатов сделан вывод о выявленной взаимосвязи величины посадки уровня воды от глубины и протяженности разработки. То есть при меньшем количестве карьеров, но при большей глубине и длине разработки величина посадки уровня воды увеличивается в разы.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы также дана оценка влияния производства дноуглубительных работ на уровенный режим р.В.Белая.

Как показал анализ производства дноуглубительных работ на исследуемых участках р.Верхняя Белая, дноуглубление выполнялось нерегулярно в минимально необходимых объемах. Максимальный объем изъятых грунтов приходится на 2017 г. в объеме 101,6 тыс. м³. Работы проводились на четырех перекатах.

Для оценки влияния максимального (за период с 2013 по 2022 гг.) объема дноуглубительных работ, зафиксированного в 2017 г., был выполнен гидравлический расчет посадки уровня воды. Габариты прорези учитывались следующие: ширина – 30 м, а глубина разработки от ПУ в 2017 г., согласно данным технического отчета и с учетом величины переуглубления, составляла 1,6м.

Расчеты показали, что максимальная величина понижения уровня воды составила 5,6 см (на 25,24 км от устья р.Уфа) или 3,5% от глубины разработки. При этом выклинивание кривой свободной поверхности происходит в районе 34 км от устья р.Уфа.

Таким образом, проводимые в настоящее время дноуглубительные работы (в современных минимальных объемах) в общей оценке характера техногенного воздействия на русло р.В.Белая играют второстепенную роль. Их влияние незначительно, хотя определенную (минимальную) долю величины понижения уровня воды в общую посадку они вносят.

Однако, необходимо учитывать, что при реализации программы по увеличению гарантированной глубины на р.В.Белая объемы дноуглубительных работ возрастуткратно и это неизбежно повлечет за собой увеличение доли посадки уровня воды за счет дноуглубления. В этом случае необходимо проведение дополнительных расчетов и исследований. Однако уже сейчас можно сказать, что одновременная интенсивная добыча НСМ из русла реки и проведение дноуглубительных работ невозможно в силу их существенного совместного влияния на уровенный режим. В современных условиях необходимо выбрать – либо река Белая в ее верхнем течении остается

фактически несудоходной и здесь производится добыча НСМ (под контролем ответственных за это организаций), либо организуется судоходство с проведением необходимых для этого дноуглубительных работ, но при запрете ведения карьерных разработок в русле реки.

В этом случае имеет смысл рассматривать только, так называемую, «попутную» добычу НСМ, когда реализуется изъятый из русла реки в ходе производства дноуглубительных работ донный грунт при условии, если его качество удовлетворяет конечных потребителей.

На основании полученных результатов гидравлических расчетов посадки уровня воды сделаны рекомендации по условиям разработки карьеров НСМ на реке Верхняя Белая (от г.Уфа до устья р.Сим).

Выводы и рекомендации по организации работ по добыче НСМ на р.В.Белая

Основанием для разработки рекомендаций по организации добычи НСМ на исследуемом участке являлись:

- результаты гидравлических расчетов возможной посадки уровня воды за период 2011-2017 гг, 2017-2023 гг. и в целом 2011-2023 гг.;
- основные положения СТО 52.08.31-2012. Добыча НСМ в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров [11].

С учетом требований [11] даны рекомендации при размещении карьеров НСМ на пойме в меандрирующих руслах рек:

1. Допускается проектирование карьеров НСМ (с ограждением участков добычи НСМ защитными дамбами) на пойменных участках и во второстепенных рукавах русел с незавершенным меандрированием и пойменной многорукавностью.
2. Оптимальным местом размещения карьера на излучине представляется низовая часть пляжа. Добыча материала допустима и на других участках пляжа (поймы), не нарушающих общей морфологии русла, например, в виде поперечных прорезей.
3. Не рекомендуется размещать карьеры на верховом и низовом перекатах излучин, т. к. их размещение на указанных макроформах приводит к значительному перехвату карьером влекомых наносов, что в свою очередь оказывает влияние на развитие смежных излучин.
4. При разработке пойменных карьеров - необходимо сохранять целостность прибрежной полосы шириной от 30 до 200 м в зависимости от уклона берега, либо наличия зоны обитания особо ценных водных биологических ресурсов. Высота целиков должна быть таковой, чтобы не происходило их затопление при высоких уровнях воды.

На основании полученных результатов гидравлических расчетов даны следующие рекомендации.

Дальнейшая разработка карьеров НСМ на участке от 21,5 км до 54,6 км должна быть полностью запрещена (рис.6). Работы могут быть возобновлены только после восстановления русла реки и занесения карьеров НСМ на этом участке. Для оценки состояния русла реки и определения возможных сроков возобновления добычных работ на этом участке необходимо проведение комплексного исследования на р.В.Белая через 5-7 лет.

В качестве пограничной максимальной доли посадки предлагается руководствоваться величиной 5% с максимальным доведением до 7% (в среднем 6%) от максимальной глубины русла в пределах разрабатываемого карьера. Эта величина составляет порядка 6см.

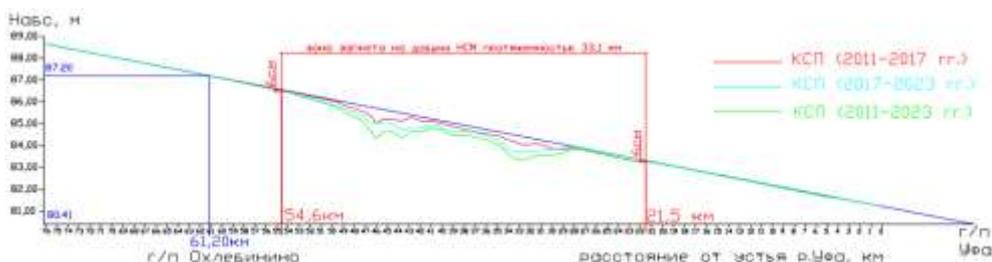


Рис.6. Определение зоны запрета на производство добычных работ на р.В.Белая (от 21,5 км до 54,6 км) // Determination of the zone of prohibition on mining operations on the Belaya River (from 21.5 km to 54.6 km)

Таким образом, на основании морфологического анализа современного руслового рельефа р. В. Белая и с учетом допустимых параметров добычи были выделены 3 перспективных участка месторождений, на которых в современных условиях возможна добыча НСМ с минимальным воздействием на экологические условия руслового комплекса:

- на 1,67-1,92 км; - на 4,81-5,22 км; - на 67,34-68,34 км.

С учетом выделенных перспективных участков разработки на исследуемом участке р.В.Белая от устья р.Уфа до 21,5 км возможны следующие варианты организации добычи НСМ:

1 вариант – разработка только карьера на 1,67-1,92 км (рекомендуемые параметры: ширина карьера 50 м, глубина разработки 1,0 м, длина разработки 250м; навигационный объем добычи составит при таких параметрах порядка 12500 м³);

2 вариант – разработка только карьера на 4,81-5,22 км (рекомендуемые параметры: ширина карьера 70 м, глубина разработки – 1,70 м при длине разработки 250 м; навигационный объем добычи составит при таких параметрах порядка 30000м³);

3 вариант – совместная разработка двух карьеров на 1,67-1,92 км и на 4,81-5,22 км (рекомендуемые параметры добычи НСМ: ширина 50 м (первый участок) и 70 м (второй участок), глубина разработки 1,5 м и длина разработки 100 м; навигационный объем добычи НСМ составит порядка 20000 м³).

На участке р.В.Белая выше 54,6 км и до устья р.Сим перспективным является месторождение на 67,34-68,34 км.

Рассматриваемый карьер является независимым, т.е. выше и ниже его в непосредственной близости от других участков разработки не имеется. Выклинивание кривой свободной поверхности от разработки нижерасположенных карьеров происходит ниже рассматриваемого карьера. Судоходство фактически в районе карьера отсутствует. Тем не менее карьер находится в специфических условиях. Анализ параметров поперечных сечений показывает, что средняя ширина русла при ПУ в районе карьера составляет 184 м, а средняя глубина всего 0,96м. С учетом естественных параметров русла нужно очень осторожно подходить к назначению параметров отработки карьера, поскольку значительное увеличение емкости русла за счет карьерной разработки приведет к понижению уровней воды, которое может распространиться и на нижележащий участок.

Согласно СТО 52.08.31-2012 [11], ширина карьера не может быть меньше 1/3 от ширины русла, т.к. в противном случае возникают условия для усиления глубинной эрозии в районе расположения выемки, особенно в период половодья. Это, в свою очередь, может привести к образованию и развитию левобережного рукава.

С учетом этого были определены оптимальные параметры добычи: рекомендуемая ширина выемки – 60 м, навигационный объем добычи – не более 5300 м³. При назначении длины и глубины разработки рекомендуется использовать

разработанный график зависимости изменения длины разрабатываемого участка от глубины разработки (рис.7).

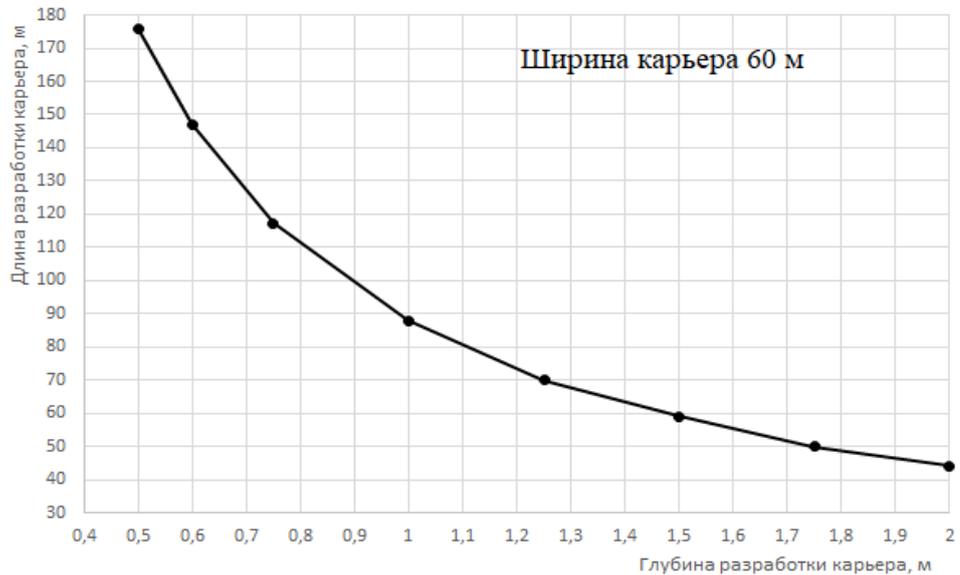


Рис.7. Рекомендуемая длина разрабатываемого участка на 67,34-68,34 км в зависимости от глубины разработки (при ширине выемки 60 м) // The recommended length of the developed area is 67.34-68.34 km, depending on the depth of development (with a recess width of 60 m)

Другие варианты организации добычных работ на исследуемом участке реки приведут к продолжению интенсификации процесса русловых деформаций и процесса понижения уровня воды на р.В.Белая.

Кроме того, необходимо отметить, что рекомендации по разработке карьеров НСМ на участке р.В.Белая от 0 до 21,5 км даны без учета влияния карьерных разработок на р.Белая ниже устья р.Уфы и их нужно будет еще раз уточнять после проведения комплекса исследований по нижней Белой и р.Уфа, где также велись активные работы по добыче НСМ. Однако, в любом случае, предложенные параметры добычи НСМ окажут «щадящее» влияние на урочный режим р.Белая в современных условиях.

С учетом полученных выводов и рекомендаций предложенные наработки должны обеспечить минимизацию неблагоприятного воздействия добычных работ на состояние пойменно-руслового комплекса, а также способствовать восстановлению русла реки.

Список литературы

1. Беркович, К.М. Русловые процессы и русловые карьеры / Беркович К.М. – М.: 2005. – 109 с.
2. Горячев В.С. Изменение уровней воды на реках Белой и Уфе и другие негативные явления последних десятилетий, в том числе связанные с добычей песчано-гравийной смеси. «Эволюция эрозионно-русловых систем, ее хозяйственно-экономические и экологические последствия, прогнозные оценки и учет. Уфа: Аэтерна, 2017. - с. 26-30.
3. Отчет по НИР «Оценка возможности разработки действующих карьеров и выделения участков для разведки и последующей разработки карьеров по добыче нерудных строительных материалов с учетом обеспечения устойчивости судового хода и недопустимости посадки уровня воды в существующих условиях на реке Верхняя Белая» (в 3-х томах) // ФГБОУ ВО «ВГУВТ» - Нижний Новгород, 2023. - 361 с.

4. Барышников, Н.Б. Развитие русла Нижней Белой в условиях антропогенной нагрузки / Н.Б. Барышников, К.М. Беркович, А.М. Гареев // Эрозионные и русловые процессы. Вып. 3 М.: МГУ. 2000.
5. Турыкин, Л.А. Исследование гидрологического и руслового режима Нижней Белой и обоснование рекомендаций по коренному улучшению судоходных условий / Л.А. Турыкин, К.М. Беркович, Д.В. Ботвин, Л.В. Злотина, В.К. Калюжный, С.Ф. Краснов, Н.М. Михайлова, В.В. Сурков // Маккавеевские учения – 2019. М.: Географ. ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020.
6. Калюжный, В.К. Трансгрессивная эрозия русла реки Белой / В.К. Калюжный // Тридцать восьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения, Пермь, 2-6 октября 2023 г. – с. 18-26.
7. Беркович, К.М. Регламентация русловой добычи НСМ / К.М. Беркович, Л.В. Злотина, Н.М. Михайлова, Л.А. Турыкин // Тридцать восьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения, Пермь, 2-6 октября 2023 г. – с. 73-76.
8. Методика расчета понижения уровней воды при добыче нерудных строительных материалов, Минречфлот РСФСР, – М.: Транспорт, 1984, 20 с.
9. Руководство по проектированию русловых карьеров. Мероприятия по предотвращению понижения уровней воды / Министерство речного флота РСФСР / , Ленинград: Транспорт, 1987 г.
10. Рекомендации по прогнозу деформаций русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов, Ленинград: Гидрометиздат, 1988, 127 с.
11. СТО 52.08.31-2012. Добыча НСМ в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров /Министерство природных ресурсов и экологии РФ/, Сп-б , 2010 г.
12. Дегтярев, В.В. Водные пути / В.В.Дегтярев, В.М. Селезнев, Р.Д. Фролов. – М.: Транспорт, 1980. – 328 с.
13. Гришанин, К.В. Водные пути [Текст] / К.В. Гришанин, В.В. Дегтярев, В.М. Селезнев. - М.: Транспорт, 1986. – 400 с.

References:

1. Berkovich, K.M. Riverbed processes and riverbed quarries / Berkovich K.M. – М.: 2005. – 109 p.
2. Goryachev V.S. Changes in water levels on the Belaya and Ufa rivers and other negative phenomena of recent decades, including those related to the extraction of sand-gravel mixture. "The evolution of erosion-channel systems, its economic, economic and environmental consequences, forecast estimates and accounting. Ufa: Aeterna, 2017. - pp. 26-30.
3. Research report "Assessment of the possibility of developing existing quarries and allocating sites for exploration and subsequent development of quarries for the extraction of non-metallic building materials, taking into account ensuring the stability of the ship's course and the inadmissibility of landing the water level in existing conditions on the Verkhnyaya Belaya River (from Ufa to the mouth of the riverSim) (the first stage)"// VGUVT Federal State Budgetary Educational Institution - Nizhny Novgorod, 2023. - 361 p.
4. Baryshnikov, N.B. Development of the Lower Belaya riverbed under conditions of anthropogenic load / N.B. Baryshnikov, K.M. Berkovich, A.M. Gareev // erosive and riverbed processes. Issue 3 Moscow: 2000 Moscow State University.
5. Turykin, L.A. Investigation of the hydrological and riverbed regime of the Lower Belaya and justification of recommendations for a radical improvement of navigable conditions / L.A. Turykin, K.M. Berkovich, D.V. Botvin, L.V. Zlotina, V.K. Kalyuzhny, S.F. Krasnov, N.M. Mikhailova, V.V. Surkov // Maccabean teachings – 2019. М.: Geographer. M.V. Lomonosov Moscow State University, 2020.
6. Kalyuzhny, V.K. Transgressive erosion of the Belaya riverbed / V.K. Kalyuzhny // Thirty-eighth plenary interuniversity coordination meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes. Reports and communications, Perm, October 2-6, 2023 – pp. 18-26.
7. Berkovich, K.M. Regulation of channel mining of NSM / K.M. Berkovich, L.V. Slotina, N.M. Mikhailova, L.A. Turykin // Thirty-eighth plenary interuniversity coordination

- meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes. Reports and communications, Perm, October 2-6, 2023 – pp. 73-76.
8. Methodology for calculating the lowering of water levels during the extraction of non-metallic building materials, Ministry of River Fleet of the RSFSR, Moscow: Transport, 1984, 20 p.
 9. Guidelines for the design of channel quarries. Measures to prevent lowering of water levels / Ministry of River Fleet of the RSFSR / , Leningrad: Transport, 1987
 10. Recommendations for the prediction of riverbed deformations at quarry sites and in the lower reaches of hydroelectric power plants, Leningrad: Gidrometizdat, 1988, 127 p.
 11. STO 52.08.31-2012. Extraction of NSM in water bodies. Accounting for the riverbed process and recommendations for the design and operation of riverbed quarries /Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation/, Sp-b , 2010
 12. Degtyarev, V.V. Waterways / V.V.Degtyarev, V.M. Seleznev, R.D. Frolov. – М.: Transport, 1980. – 328 p.
 13. Grishanin, K.V. Waterways [Text] / K.V. Grishanin, V.V. Degtyarev, V.M. Seleznev. - М.: Transport, 1986. – 400 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шестова Марина Вадимовна доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: shestowam@yandex.ru

Ситнов Александр Николаевич профессор д.т.н., зав. кафедрой Водных путей и гидротехнических сооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: stnv1952@rambler.ru

Воронина Юлия Евгеньевна доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»). 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: : yulez@yandex.ru

Marina V. Shestova PhD in Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Alexander N. Sitnov Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Waterways and Hydraulic Structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Yulia E. Voronina PhD in Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 19.05.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 19.05.2024; published online 20.12.2024.

Информация для авторов

Требования к оформлению статей, а также примеры оформления списков литературы изложены на сайте журнала <http://journal.vsuwt.ru/index.php/jwt/rules>

I. Материалы, предоставляемые автором в редакцию:

1. Файл с текстом статьи (в формате Microsoft Word или RTF) направляется на электронный адрес journal@vsuwt.ru либо raeva.oa@yandex.ru. Рекомендованный объем статьи – 0,5 - 1 печатных листов (8-16 страниц).
2. Экспертное заключение о возможности открытого опубликования материалов статьи (можно прислать PDF файл на электронную почту raeva.oa@yandex.ru, либо направляется в бумажном виде по адресу г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5, к.971).

II. Основные требования к содержанию статьи:

1. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях. Научная статья должна содержать очевидный элемент создания нового знания в сравнении с имеющейся научной литературой по избранной теме исследования. Предпочтение отдается статьям научно-теоретического, научно-практического и аналитического характера.
2. Показатель итоговой оценки оригинальности текста в системе Антиплагиат должен быть не менее 80%, показатель заимствования не более 10%, показатель самоцитирования не более 25%

При оформлении статьи рекомендуется ориентироваться на публикации, вошедшие в Текущий выпуск.

III. Перечень структурных элементов статьи

1. УДК (из классификатора)
2. Надпись "DOI: 10.37890/jwt.vi"
3. Название статьи
4. Сведения об авторах в формате:
 - Инициалы, Фамилия (на русском языке) каждого автора, например, И.И. Иванов
 - Идентификатор автора ORCID, например, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8255-3017>
 - Перечень учреждений всех авторов без сокращений (не указывать организационно-правовую форму), место издания, например, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия
5. Аннотация объемом 100-250 слов текста (не менее 10 строк)
6. Ключевые слова – 8-10 слов или словосочетаний
7. Название статьи на английском языке
8. Сведения об авторах на английском языке в формате:
 - Имя, О., Фамилия каждого автора (на английском языке), например, Ivan I. Ivanov
 - Идентификатор автора ORCID
 - Перечень учреждений всех авторов на английском языке, например, Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.
9. Аннотация (Abstract) на английском языке.
10. Ключевые слова (Keywords) на английском языке.
11. Текст статьи (должен быть структурирован; рекомендуется структура IMRAD (<https://ru.wikipedia.org/wiki/IMRAD>), например:
 - Введение
 - Методы
 - Результаты
 - Обсуждение
 - Заключение
- Благодарности
12. Список литературы
13. References (литература на английском языке)
14. Информация об авторах на русском и английском языках:
 - имя, отчество, фамилия;
 - должность, звание, ученая степень, кафедра, подразделение;

- полное и сокращенное название организации, где выполняется работа, адрес;
- e-mail

15. Координаты для обратной связи (e-mail, телефон)
16. Рубрика журнала, в которую подается статья для рассмотрения

IV. Оформление структурных элементов статьи

Общее оформление – редакция принимает тексты, сохраненные в формате .doc, .docx, .rtf.

- Размер шрифта 12, Times New Roman;
- Интервал между строками одинарный;
- Поля: левое - 3 см, правое - 1,5 см, верхнее - 2 см, нижнее - 2 см;

УДК – универсальная десятичная классификация, используется для систематизации научных статей. Определяется по классификатору (можно найти в Интернете). Если статья включает несколько областей знаний, то для объединения нескольких кодов используются знаки препинания (+ (плюс) - знак присоединения, / (косая черта) - знак распространения, : (двоеточие) – знак простого отношения, :: (двойное двоеточие) - знак закрепления последовательности, [] (квадратные скобки) – знак группирования).

DOI: 10.37890/jwt.vi — это префикс журнала.

Название статьи - должно кратко (не более 10 слов) и точно отражать содержание статьи (не допускаются названия, имеющие обороты такие как «К вопросу...», «Некоторые аспекты...» и аналогичные). Оформляется полужирным шрифтом, форматируется по центру. Заглавными буквами оформлять не надо!

Аннотация – это краткое точное изложение содержания документа, включающее основные сведения и выводы работы. Аннотация дает возможность установить основное содержание документа, используется в информационных (автоматизированных) системах для поиска документов. Аннотация выполняет функцию инструмента, позволяющего читателю понять, следует ли обращаться к полному тексту статьи. Аннотация должна быть информативной (не содержащей общих слов), содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследования), структурированной. Структура аннотации должна полностью повторять структуру статьи. В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи.

Ключевые слова - должны характеризовать предметную область исследования. Во всех библиографических базах данных осуществляется поиск статей по ключевым словам. (не более 3-х слов внутри ключевой фразы). Слова и/или словосочетания отделяются запятой.

Англоязычные переводы (название статьи, сведения об авторах, аннотация (Abstract), ключевые слова (Keywords), литература (References)– должны быть качественными.

Текст статьи - должен быть структурирован, название частей необходимо выделять соответствующими подзаголовками, которые оформляются полужирным шрифтом и форматируются по центру. Разделы Введение (Постановка задачи) и Заключение (Выводы) являются обязательными. Приветствуется использование структуры IMRAD (<https://ru.wikipedia.org/wiki/IMRAD>):

1. **Введение** (актуальность) - описание проблемы, обзор литературы, связанной с исследованием, формулирование цели и задач исследования, обозначение нерешенных проблем, обоснование теоретической и практической значимости.
2. **Методы** - описание методов, условий и схем экспериментов, приборов, материалов и оборудования. указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, опрос, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт, анализ, моделирование и т. д.).
3. **Результаты** - предоставление экспериментальных или теоретических данных, полученных в ходе исследований (могут быть представлены в виде таблиц, графиков, диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков). Это основной раздел, цель которого – доказать рабочую гипотезу (гипотезы).
4. **Обсуждение** - интерпретация полученных результатов, предположения, сопоставление, сравнение полученных результатов с результатами других авторов и т.д.
5. **Заключение** - структурированные выводы, соответствующие постановке задачи исследования во введении, делаются обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области. В заключительную часть статьи желательно включить попытки прогноза развития рассмотренных вопросов.
6. **Благодарности** - можно упомянуть людей, помогавших авторам подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку (например, номер гранта РФФИ). Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам.

Таблицы - должны быть подготовлены стандартными средствами MS Office. Надпись Таблица 1 форматируется по правому краю (размер шрифта 11, начертание - курсив). Название таблицы форматируется по центру полужирным шрифтом. На все таблицы (табл.1) должны быть ссылки в тексте

Рисунки - рисунки допускаются как в растровом, так и в векторном формате. Минимальное разрешение - 300 dpi. Каждое графическое изображение должно представлять собой единый, цельный объект. Подпись к рисункам приводится на русском и английском языках. Ширина подписи примерно соответствует ширине рисунка. Текстовые подписи под рисунком не должны быть частью рисунка. Рисунки (диаграммы, графики) должны допускать возможность редактирования и изменения их размеров. По возможности используйте для графического материала минимально требуемое разрешение. На все рисунки (рис.1) должны быть ссылки в тексте. Рисунки и иллюстрации вставляются в текст, а не в таблицы!

Формулы - все формулы набираются в редакторах Microsoft Equation 3.0, MathType 6 или Конструкторе формул Microsoft Word. Шрифт символов, входящих в формулы - комбинация Symbol и Times New Roman. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылка в тексте статьи. Если формула появляется в тексте как отдельная строка, она должна быть центрирована и, при необходимости, помечена сквозной нумерацией арабскими цифрами в круглых скобках. Если формула появляется внутри текста, обращайтесь внимание на размеры используемых шрифтов, чтобы они были «состыкованы» с размерами текста работы. Не сохраняйте формулы в виде рисунка и не вставляйте их в таблицы!

Список литературы – является обязательным элементом статьи. Ссылка на публикацию в научной статье является одним из главных показателей качества публикации, а статья с представительным списком литературы демонстрирует профессиональный кругозор и качественный уровень исследований ее авторов. Правильное описание используемых источников в списках литературы является залогом того, что цитируемая публикация будет учтена при оценке научной деятельности ее автора. По цитированию журнала определяется его научный уровень, авторитетность, эффективность деятельности ее редколлегии. Каждый научный факт должен сопровождаться отдельной ссылкой на источник. При формировании списка литературы необходимо придерживаться следующих правил:

- оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018.
- источники в списке литературы нумеруются и располагаются в порядке их упоминания в тексте.
- ссылки на все источники литературы в тексте статьи обязательны;
- не менее 10 ссылок;
- приветствуются ссылки на англоязычные источники;
- на свои статьи (самоцитирование) не более 20-25% от общего числа ссылок
- ссылки на статьи периодических изданий (за последние 5 лет), опубликованные в рецензируемых научных журналах, индексируемых в РИНЦ, Scopus, WoS, должны составлять не менее 25%;
- если цитируемая статья имеет DOI, необходимо указывать его после описания цитируемой статьи. Для проверки наличия у статьи DOI можно, например, воспользоваться сервисом Crossref по ссылке <https://search.crossref.org/references>
- нежелательно включать в списки литературы анонимные источники и нормативные документы (постановления, законы, инструкции и т.д.), которые никогда не будут проиндексированы в базах данных цитирования, предпочтительно их цитировать непосредственно в тексте или во внутритекстовых сносках;
- нежелательно использовать в списках литературы авторефераты диссертаций и диссертации, учебные пособия и учебники;
- анонимные интернет-источники необходимо указывать в постраничных сносках, а не в списках литературы.

References - список литературы на английском языке.

Для русскоязычных статей необходимо указывать: ФИО авторов на латинице (транслитерация); название статьи (транслитерация); перевод названия статьи на английский язык; название журнала на английском языке (транслитерация, если нет информации об использовании журналом англоязычного названия); выходные данные с обозначением на английском языке (год, том, номер страницы «от-до»); указание на язык статьи, если она представлена на русском языке (In Russ.); DOI статьи (при наличии) или URL при отсутствии DOI, если есть доступ к статье.

В этом разделе должны использоваться только английские символы, наличие кириллических знаков не допускается. При ссылке на сайты, содержащие в названии русские символы, придется воспользоваться так называемым punicode-конвертором (например, <https://hb.by/punocode-converter.aspx>). С помощью подобных онлайн-сервисов имя сайта преобразуется в специальный код, который и указывается вместо русскоязычного названия. К примеру, ссылка «<http://вф-река-море.рф>» преобразуется в <http://xn-----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/>.

Для перевода русского текста на латиницу используются правила **British Standard Institution**. Транслитерация производится с помощью автоматического транслитератора (Формат BSI), например, <http://transliteration.pro/bsi>. (не делать транслитерацию вручную).

Ссылка на статью в журнале

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie stat'i [Title of the Article], Nazvanie zhurnala [Title of Journal], 2021, no. 66, pp. 120—130.

Ссылка на книгу

Familia I.O. Nazvanie knigi [Title of the Book]. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, 450 p.

Ссылка на переводное издание

Familia I.O. [Original Title of the Book]. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, 450 p. (in Russ.)

Ссылка на статью в сборнике статей (I.O. Sostavitel = фамилия отв. редактора или составителя)

Familia I.O. Nazvanie stat'i [Title of the Article*], Nazvanie sbornika statei [Title of the Digest*], ed. I.O. Sostavitel. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, pp. 10—15.

Ссылка на статью в электронном журнале

Familia I.O. Nazvanie stat'i [Title of the Article*], Nazvanie zhurnala [Title of Journal], 2015, no.5. Available at: <http://observatoria.rsl.ru/ru/s3/s17/s364/ok12015/> (accessed 01.12.2015)

Информация об авторах на русском и английском языках – оформляется в конце работы в виде таблицы (в качестве образца можно использовать статьи, опубликованные с 2020 года (№62))

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Митрошин Сергей Григорьевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: priemnaya@vgavt-nn.ru

Sergey G. Mitroshin, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: priemnaya@vgavt-nn.ru

Раева Ольга Александровна, начальник издательского отдела, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: raeva@vsawt.com

Olga A. Raeva, Head of Publishing Department, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: raeva@vsawt.com

Редакция не рассматривает к публикации статьи, оформление которых не соответствует всем необходимым требованиям.

**Научные проблемы
водного транспорта**

**Russian Journal of Water
Transport**

№81(4), 2024

Формат бумаги 70x180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 15,25. Уч.-изд. л. 21,35.
Заказ. Тираж 500.

Федеральное агентство морского и речного транспорта.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Отпечатано в типографии ООО «Нижегородская типография» издательско-
полиграфического комплекса ФГБОУ ВО «ВГУВТ». Адрес 603000, Нижегородская
область, г. Нижний Новгород, ул. Варварская, 10/25.