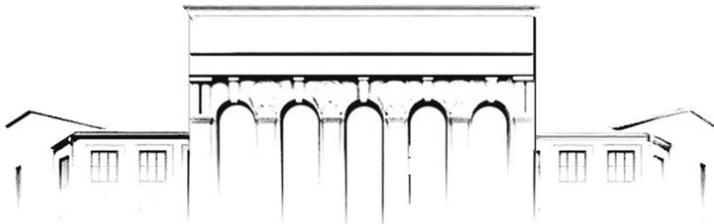


ISSN 2713-1858 (print)  
ISSN 2713-1866 (online)

Russian Journal of Water Transport



**Научные проблемы  
ВОДНОГО транспорта**



*Издается с 1930 года*

Научные проблемы водного транспорта № 67 (1) 2021

№67 (2) 2021



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

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

# Научные проблемы водного транспорта

№67 (2) 2021

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

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

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

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

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

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

**Адрес учредителя, издателя и редакции:** 603091, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5, Тел. +8(831) 419-51-84

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

- 05.08.01 Теория корабля и строительная механика
- 05.08.03 Проектирование и конструкция судов
- 05.08.04 Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства
- 05.08.05 Судовые энергетические установки и их элементы
- 05.22.19 Эксплуатация водного транспорта, судовождение
- 08.00.05 Экономика и управление (по отраслям)

▪ 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: [gaeva@vsawt.com](mailto:gaeva@vsawt.com) ( 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**

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

Корнев Андрей Борисович, к.т.н., доцент, проректор по научной работе, 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**

Расва 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;

Волков Иван Андреевич, д.ф.-м.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, 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;

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

Зуев Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, Институт транспортных систем Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия;

Иванов Валерий Михайлович, к.т.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;

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;

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

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

Мареев Евгений Анатольевич, д.ф.-м.н., профессор, член-корр. 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;

Мордовченков Николай Васильевич, д.э.н. профессор, Княгининский университет, г. Нижний Новгород, Россия;

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

Озина Альбина Михайловна, д.э.н., профессор, Нижегородский институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия;

Отделкин Николай Станиславович, д.т.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

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

#### **Редакционный совет**

Алексеев В.Я., Генеральный директор ОАО «Порт Коломна», г. Коломна, Россия;

Бессмертный Д.Э., к.т.н. Руководитель ФБУ «Администрация волжского бассейна», Нижний Новгород, Россия;

Ежов П.В., Генеральный директор ООО «Си Тех», Нижний Новгород, Россия;

Ефремов Н.А., д.э.н., Первый заместитель генерального директора ФАУ Российский речной регистр, Москва, Россия;

Мочалина Н.Н., Первый заместитель министра - начальник управления природопользования Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области, Нижний Новгород, Россия;

Столповицкий К.С., начальник Управления государственного морского и речного надзора Ространснадзора, Москва, Россия;

Сазонов И.Г., заместитель Министра промышленности Нижегородской области, Нижний Новгород, Россия;

Теодор де Йонге, Генеральный директор "Numerieck Centrum Groningen B.V.", Гронинген, Нидерланды;

Франк Венде - профессор, к.т.н., Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Магдебург, Германия; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, г. Москва, Россия;

Шаталов В.В., профессор, Генеральный директор ОАО КБ "Вымпел", Нижний Новгород, 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 №67 (2) 2021

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:

- 05.08.01 Theory of the ship and structural mechanics
- 05.08.03 Ship design and construction
- 05.08.04 Technology of shipbuilding, ship repair and organization of shipbuilding production
- 05.05.05 Ship power plants and their elements
- 05.22.19 Operation of water transport, navigation
- 08.00.05 Economics and management (in different industry areas)

▪ 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: [raeva@vsawt.com](mailto:raeva@vsawt.com) (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 unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Editor In chief deputy:** Valeriy.I. Mineev, Dr. Sci. (Econ.), professor, Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Editor In chief deputy:** Andrey B. Kornev, Dr. Sci. (Tech.), Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

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

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

**Executive Secretary:** Olga A. Raeva, Volga state unuversity 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 university 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;

Ivan A. Volkov, Dr. Sci. (Phys-Math.), professor, Volga state university of water transport, 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 university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

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

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

Valeriy A. ZyeV, Dr. Sci. (Tech.), professor, honored worker of Sciences of Russian Federation, Institute of Transportation System NSTU, named after E. Alekseyev;

Valeriy M. Ivanov, Cand. Sci. (Tech.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

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

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;

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

Yelena A. Lavrentyeva., Dr. Sci. (Econ.), professor, FSBEE H.Ed. SUMRF named after admiral Makarov, St.-Petersburg, Russia;

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

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

Nikolay V. Mordvichenkov, Dr. Sci. (Econ.), professor, FSBEE H.Ed, Nizhny Novgorod, Russia;

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

Al'bina M. Ozina, Dr. Sci. (Econ.) Dr., professor, Russian academy of national economy and public service under the President of Russian Federation, Moscow, Russia;

Nikolay S. Otdelkin, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

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

### **Editorial Council**

Alekseyev V.Ju., General Manager of public corporation “Port of Kolomna”, Kolomna, Russia;

Bessmertny D.E., Cand. Scs. (Tech.), Manager of “Federal budgetary institution of the Volga basin”, Nizhny Novgorod, Russia;

Ezhov P.V., General manager of LLC “Sea Tech”, Nizhny Novgorod, Russia;

Efremov N.A., Dr. Sci. (Econ.) First deputy of general manager of Russian river register, Moscow, Russia;

Mochalina N.N., First deputy minister- chief of dept of natural resources use of ministry of Ecology and natural resources of Nizhny Novgorod Region, Nizhny Novgorod, Russia;

Stolpovitsky K.S., chief of marine and river state inspection department of Rostransnador, Moscow, Russia;

Sazonov I.G., deputy minister of Industry of Nizhny Novgorod Region, Nizhny Novgorod, Russia;

Shatalov V.V., professor, General manager OAO KB “Vimpel”, Nizhny Novgorod, Russia.

Teodore de Yonge, General Director of “Numeriek Centrum Groningen BV”, Groningen, Netherlands;

Frank Wende, PhD, professor, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und - automatisierung IFF, Magdeburg, Germany.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ***Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна***

***А.Н. Винцов, Е.Г. Бурмистров***

Моделирование процессов распространения теплоты при термической резке металла с учётом основных положений теории сварочных деформаций и напряжений ..... 13

***С.В. Давыдова, И. В. Андриянов***

Анализ расчетов при создании теоретического чертежа буксира интерполяционным методом..... 24

***В.И. Любимов***

Анализ технико-эксплуатационных характеристик перспективных типов скоростных судов..... 33

## ***Эксплуатация судового энергетического оборудования***

***А.В. Соловьёв, Е.Н. Поселенов***

Обзор современных систем управления двигателями внутреннего сгорания ..... 42

## ***Экономика, логистика и менеджмент на транспорте***

***Д.В. Дрейбанд, Д.А. Коршунов***

Программно-целевые задачи формирования и логистического развития объектов береговой инфраструктуры на внутреннем водном транспорте ..... 53

***Е. В. Зарецкая, Л. В. Сыроев***

Многофункциональная грузопассажирская паромная линия как новая бизнес-модель, инновационная транспортная услуга и уникальное предложение в особо дефицитных сегментах рынка коммерческой недвижимости города Москвы ..... 65

***В.М. Иванов, Д.А.Репина, А.В.Мосинцев***

Эффективность проектов организации пассажирских перевозок на водном транспорте ..... 79

***Г.А. Искаков, Ж.К. Кегенбеков***

Роль республики Казахстан в проекте «Один пояс и один путь» ..... 94

***В.И. Минеев, М.В. Иванов, О.В. Почакаева, А.В. Новиков, А.М. Озина***

О конкурентоспособности внутреннего водного транспорта..... 102

***А.Ю. Платов, Ю.И. Платов***

Декомпозиционный подход к выбору назначений судам при календарном планировании работы речного флота ..... 115

***Н.В. Пумбрасова, Е.В. Упадышева***

Цифровая трансформация межведомственного взаимодействия как инструмент совершенствования государственного проектного управления ..... 123

***О.Л. Трухинова***

Лизинг как эффективный инструмент повышения инвестиционной активности в судостроении ..... 135

***Р.Р. Якубов***

Выбор моделей управления затратами в условиях постпандемии..... 148

**Эксплуатация водного транспорта, судовождение  
и безопасность судоходства**

**О.Ю. Васильева**

Прогнозирование эффективной мощности речных грузовых судов на стадии  
эксплуатационно-технического обоснования ..... 159

**А.А. Дыда, Нгуен Ван Тхань, К.Н. Чумакова**

Системы управления курсом судна с переключаемыми регуляторами..... 169

**Е.В. Зубкова, А.Н. Клементьев, В.А. Ундалов**

Анализ методик определения значений скоростей обтекания корпуса судна встречным  
потокм при заходе в камеру шлюза ..... 178

**М.Ю. Чуринов, Ю.В. Бажанкин**

Метод Анкудинова для расчета динамической просадки судов речного флота..... 186

# CONTENTS

## ***Shipbuilding, ship repair and ecological safety of the ship***

***Anna N. Vintsiv, Evgeny G. Burmistrov***

Modeling of heat propagation processes during thermal metal cutting, taking into account the main provisions of the theory of welding deformations and stresses..... 13

***Svetlana V. Davydova, Ivan V. Andriyanov***

Analysis of calculations when creating a theoretical drawing of a tug by the interpolation method ..... 24

***Viktor I. Lyubimov***

Analysis of technical and operational characteristics of high-speed vessels - their promising types ..... 33

## ***Operation of ship power equipment***

***Alexey V. Soloviev, Evgeniy N. Poselenov***

Overview of modern control systems for internal combustion engines ..... 42

## ***Economics, logistics and transport management***

***Dmitry V. Dreyband, Dmitry A. Korshunov***

Program and target tasks for the formation and logistics development of coastal infrastructure facilities in inland water transport ..... 53

***Ekaterina V. Zaretskaya, Leonid V. Sysoev***

Multifunctional cargo and freight ferry line as a new business model, an innovative transport service and unique offer in the most sought-after segments of commercial realty in Moscow ..... 65

***Valery M. Ivanov, Daria A. Repina, Alexey V. Mosintsev***

Efficiency of projects for the organization of passenger transportation by water transport ..... 79

***Gabit A. Iskakov, Zhandos K. Kegenbekov***

Role of Kazakhstan in a Belt and Road Initiative project ..... 94

***Valery I Mineev, Mikhail V. Ivanov, Olga V. Pochekaeva, Alexey V. Novikov, Albina M. Ozina***

On the competitiveness of inland waterway transport ..... 102

***Alexander J. Platov, Juri I. Platov***

Decompositional approach to the choice of appointments for vessels in the calendar planning of river fleet operations ..... 115

***Natalya V. Pumbrasova, Elena V. Upadysheva***

Digital transformation of interdepartmental interaction as a tool for improving state project management..... 123

***Olga L. Trukhinova***

Leasing as an effective tool of increasing investment activity in shipbuilding..... 135

***Roman R. Yakubov***

Selecting cost management models in post-pandemic settings..... 148

***Operation of water transport, navigation and safety  
of navigation***

***Oksana Y. Vasileva***

Brake power prediction at the feasibility study of inland ships design..... 159

***Alexander A. Dyda, Nguyen Van Thanh, Ksenya N. Chumakova***

Vessel heading control systems with switchable regulators ..... 169

***Evgenia V. Zubkova, Alexander N. Klementev, Vasilii A. Undalov***

Analysis of methods determining the value of the flow's speed when entering the lock  
chamber ..... 178

***Mikhail Y. Churin, Yuri V. Bazhankin***

Ankudinov method for evaluation of river ships dynamic squat ..... 186

**СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА**

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

УДК 629.12.011.1.002.22:621.791

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.183>

**Моделирование процессов распространения теплоты при  
термической резке металла с учётом основных положений  
теории сварочных деформаций и напряжений**

**А.Н. Винцив<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2614-8575>

**Е.Г. Бурмистров<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>АО «Судостроительный завод «Вымпел», г. Рыбинск, Россия

<sup>2</sup>Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В статье описываются особенности применения основных положений теории сварочных деформаций и напряжений к термической резке металла. Приведённые расчётные формулы позволяют предварительно оценить температурные деформации кромок листа при разделительной тепловой резке, а также размеры и конфигурацию температурного поля для учёта теплового воздействия на металл и определения размеров зоны термического влияния. Данные уравнения рассматриваются авторами в качестве основы для разработки методики расчёта тепловых деформаций и напряжений при тепловой резке металла с учётом поперечного и продольного распределения температуры по срезу листа, температуры окружающей среды и взаимодействия с ней, параметров геометрии разрезаемого листа и его жёсткости, теплоёмкости, температуропроводности и прочих температурных характеристик.

**Ключевые слова:** теплообмен, тепловой поток, температурная зависимость, граничные условия, источник теплоты, теплофизические свойства металла, градиент температур.

**Modeling of heat propagation processes during thermal metal  
cutting, taking into account the main provisions of the theory of  
welding deformations and stresses**

**Anna N. Vintsiv<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2614-8575>

**Evgeny G. Burmistrov<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>AO «Vympel Shipbuilding Plant», Rybinsk, Russia

<sup>2</sup>Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The article describes the features of applying the main provisions of the theory of welding deformations and stresses to the thermal cutting of metal. The above calculation formulas allow us to pre-evaluate the temperature deformations of the sheet edges during separation heat cutting, as well as the size and configuration of the temperature field, to take into account the thermal effect on the metal and determine the size of the zone of thermal influence. These equations are considered by the authors as a basis for the development of a method for calculating thermal deformations and stresses during thermal cutting of metal, taking into account the transverse and longitudinal distribution of temperature over the sheet section, the ambient temperature and interaction with it, the parameters of the geometry of the cut sheet and its stiffness, heat capacity, thermal conductivity and other temperature characteristics.

**Keywords:** heat transfer, heat flow, temperature dependence, boundary conditions, heat source, thermophysical properties of metal, temperature gradient.

### **Введение**

Процессы и явления, сопровождающие термическую резку, к настоящему времени достаточно хорошо и полно изучены [1, 2]. Это сделало, например, автоматическую плазменную резку одним из ведущих технологических процессов при разделительной резке металла на судостроительных предприятиях. Однако остался ряд нерешённых проблем, связанных, в частности, с выполнением протяжённых прямых резов. Это особенно актуально при переходе многих верфей на использование крупногабаритного листового проката. Так, погрешность кромок (стрелка на середине длины) у листов длиной более 10 м может достигать 20...30 мм и более. Кроме этого имеет место волнистость кромок [3]. Всё это существенно затрудняет последующие сборочные и сварочные операции с такими деталями. Проблему приходится решать, по сути, в «ручном режиме», интуитивно корректируя управляющие программы машин термической резки. Для её кардинального решения, по-видимому, необходимо точно понимать тепловые процессы, происходящие в металле вблизи реза и в зоне термического влияния (ЗТВ). Как представляется, за основу можно принять основные положения известной теории сварочных процессов Н.Н. Рыкалина [4-7] и учесть процессы и явления, характерные для разделительной тепловой резки.

В отличие от сварки металлов температура в зоне реза при использовании высококонцентрированных источников теплоты может существенно превышать 3000°C [8]. Это ведёт к значительному усилению структурных превращений в металле и процессов, характерных для перехода металла из одного анизотропного состояния в другое, активизируются различные металлургические процессы. При этом, вследствие чрезвычайно высоких температур в зоне реза, инструментальное изучение этих процессов и явлений весьма трудоёмко, а часто и невозможно.

### **1. Основные упрощения и допущения**

Для понимания закономерностей формирования и распределения температурных полей в металле при термической резке, как и при сварке, необходимо учитывать основные законы теплофизики и закономерности протекания процессов тепломассообмена [9].

Теплообмен в металлах можно представить известной формулой, как зависимость теплоты от изменения температуры [10]:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

где  $Q$  – количества теплоты;  $m$  – масса металла, г, (кг);  $\Delta T$  – разница температур, °С;  $c$  – удельная массовая теплоёмкость металла, кал/г·°С (Дж/кг·°С).

При различных условиях массовая теплоёмкость разных металлов различна. То есть, её можно представить функцией  $c=f(T)$ . Однако для инженерных расчётов можно принять среднее значение  $c$ . В противном случае уравнение теплоёмкости может оказаться труднорешаемым. Кроме средней теплоёмкости, в инженерных расчётах удобно пользоваться так называемой объёмной теплоёмкостью ( $C$ , кал/см<sup>3</sup>·°С).

Однако в металлах при фазовых переходах (перестройка кристаллической решётки, плавление, конденсация, испарение и т.п.) температура при изменении количества теплоты изменяется не всегда. В результате понятие «теплоёмкость» как физическая величина теряет смысл. Поэтому далее будем использовать величину теплосодержания ( $s$ , кал/г, кал/см<sup>3</sup>, или Дж/кг).

Зависимость температуры от пространственных координат будем описывать уравнениями, определяющими положение точки ввода теплоты в изделие в пространстве, то есть для наиболее привычной прямоугольной системы координат  $T=T(x, y, z)$ .

В изменяемом температурном поле при движении источника теплоты в определённом направлении температура изменяется непрерывно. Изменение температуры в этом направлении определяет градиент температур по заданному направлению  $\partial T/\partial n$ . При этом учтём, что при теплопередаче в неравномном температурном поле температура будет выравниваться из-за перемещения частиц и передачи некоторого количества теплоты от одних частиц другим. В металлах вся передача, в основном, происходит за счёт теплопроводности. Для рассмотрения температурных полей при сварке этого положения оказывается достаточным. Однако при термической резке вследствие выделения большого количества теплоты, однозначно необходимо учитывать ещё и теплообмен между металлом и окружающей воздушной средой и теплообмен в воздушной среде. То есть, необходимо принимать в расчёт теплопередачу за счёт конвекции и лучистой энергии.

Для описания процессов теплопередачи в металле можно использовать известные уравнения теплопроводности [10, 11]. Изменение количества теплоты  $dQ$  на изотермической поверхности за время, равное  $dt$ , в элементе площадью  $\partial F$  пропорционально изменению температуры ( $dT/dn$ ) в направлении нормали к заданной поверхности:

$$dT = \lambda \left(-\frac{dT}{dn}\right) \partial F dt, \tag{2}$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, кал/см·с·°С (Вт/м·°С).

При бесконечном уменьшении температуры, площади и времени можно перейти к пределу  $\Delta Q$  по отношению к  $\Delta F/\Delta t$ , то есть

$$q = \lim \left(\frac{\Delta Q}{\Delta F \Delta t}\right) \rightarrow 0 \tag{3}$$

что соответствует закону Фурье, поскольку из отмеченного очевидна пропорциональность максимального удельного теплового потока  $q$  и градиента температур по нормали к поверхности.

Учтённый в формуле (2) коэффициент теплопроводности  $\lambda$  в диапазоне температур от 0°С до 800°С сильно зависит от химического состава, структуры и температуры металла. При более высоких температурах  $\lambda$  изменяется незначительно и определяется, главным образом, только от свойств металла.

## 2. Учёт конвективного и лучистого теплообмена

В воздухе, над разрезаемым листом (за счёт конвекции) происходит активное перемешивание частиц воздуха между собой. Имеет место и перемешивание частиц воздуха с частицами паров металла. Вследствие этого теплота от более нагретых частиц передаётся к менее нагретым. Чем ближе к поверхности металла, тем эти процессы протекают более интенсивно [8].

При конвекции удельный тепловой поток ( $q_k$ , кал/см<sup>3</sup> или Вт/м<sup>3</sup>) в металле можно выразить законом Ньютона

$$q_k = \alpha_k(T - T_0) \quad (4)$$

где  $\alpha_k$  – коэффициент конвективной теплоотдачи, кал/см<sup>2</sup>·с·°C (Вт/м<sup>2</sup>·°C).

На коэффициент  $\alpha_k$  оказывают влияние следующие факторы: поверхность, от которой распространяется тепло; ориентация этой поверхности в пространстве; физические свойства теплопроводящей поверхности; свойства среды, в которой происходит теплопередача; перепад температур. Для каждого конкретного случая для расчёта  $\alpha_k$  можно применять одну из известных [9] эмпирических зависимостей.

Лучистый теплообмен можно учесть законом Стефана-Больцмана. Для удельного потока излучения от предмета, нагретого до некоторой температуры, он запишется как:

$$q_r = \varepsilon(T + \frac{273}{100})^4 \quad (5)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент излучения, определяющий поглощающее тело и состояние его поверхности ( $\varepsilon=0,9\dots0,95$ ).

Для расчёта лучистого теплообмена  $q_r$  при разности температур ( $T-T_0$ ) над поверхностью листа можно использовать формулу

$$q_r = \alpha_r(T - T_0) \quad (6)$$

где  $\alpha_r$  – коэффициент, характеризующий лучистый теплообмен, кал/см<sup>2</sup>·с·°C (Вт/м<sup>2</sup>·°C).

Конвективный и лучистый теплообмен взаимно дополняют друг друга – при низких температурах большую роль играет конвекция, при более высоких – основной теплообмен происходит за счёт лучистого теплообмена. То есть, так как в теплообмене от поверхности нагретого листа металла к воздуху принимают обе разновидности теплообмена, удельные потоки теплопередачи должны суммироваться. Формула для удельного теплового потока (поверхностной теплоотдачи) может быть записана как:

$$q = q_k + q_r(\alpha_k + \alpha_r)(T - T_0) = \alpha(T - T_0), \quad (7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент суммарной теплоотдачи, кал/см<sup>2</sup>·с·°C или Вт/м<sup>2</sup>·°C.

## 3. Уравнение теплового баланса при тепловой резке

Из уравнения теплопроводности выводятся все основные зависимости, включая уравнение теплового баланса для некоторого элементарного объёма, находящегося в условиях изменяющегося температурного поля.

Распространяющаяся в металле теплота в общем виде может быть описана известным уравнением теплопроводности [9]

$$\lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = c\gamma \frac{\partial T}{\partial t} \quad (8)$$

Для случая термической резки рассмотрим однородное по толщине листа изотермическое поле (не зависящее от  $z$ ). Распространение теплоты по плоскости листа выразится формулой

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (9)$$

где  $\alpha = \lambda/c\gamma$  – коэффициент температуропроводности, см<sup>2</sup>/с (м<sup>2</sup>/с).

Этот случай достаточно близок к условиям резки листов за один проход резака, как для тонких, так и для толстых листов.

Примем допущение, что в резе после прохода резака температура распространяется с одинаковой скоростью по всей площади реза. Тогда зависимость температуры от  $y$  и от  $z$  будет равна нулю. То есть,  $\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial z} = 0$ .

Тогда уравнение (9) для распространения теплоты примет вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (10)$$

Отметим, что условие (10) выполняется при однопроходной резке.

При удовлетворении требования дифференциального уравнения теплопроводности в каждой точке рассматриваемого пространства в некоторый момент времени необходимо связать частные производные от температуры по координатам. Для обозначения граничных условий в расчётах по распределению теплоты на разных участках реза необходимо задать распределение поля температур на его границах. В начальный момент времени (начало отсчёта) вдоль всех направлений в листе задаётся температура

$$T(x, y, z, t) = T_0(x, y, z)$$

Из первоначального теплового состояния тела можно сделать дальнейшие выводы о распространении теплоты в теле с течением времени. Далее, с учётом граничных условий определяется взаимодействие нагретой зоны с окружающей средой и её составляющими.

#### 4. Граничные условия

Граничные условия в зависимости от рассматриваемого случая могут отличаться. Рассмотрим граничные условия первого, второго и третьего рода.

Под условием первого рода будем понимать, что температура листа металла, через который проходит теплота, зависит от поверхностных координат и от времени. То есть:

$$T_s = T_s(x, y, z, t)$$

Критерием одного из условий первого рода является граничная температура, идущая по изотерме. В случае интенсивного охлаждения поверхности при помощи жидкости с определённой температурой можно принять, что температура  $T_s$  является постоянной. В расчётах эту температуру следует принимать как фиксированную величину, а  $T_0 = 0$ .

Распределение удельного теплового потока через поверхность разрезаемого листа примем как граничные условия 2 рода. Тепловой поток  $q_s = q_s(x, y, z, t)$  на исследуемой поверхности примем в зависимости от координат и времени. Обязательным условием является заданный градиент, который описывается кривой, проходящей по границе температурного поля (как частный случай, кривая может иметь постоянный характер). Эту границу примем как адиабатическую – тепловой поток через неё будет равен 0°C. Она будет являться частным случаем второго рода (границу, кроме

данного случая, можно считать адиабатической, если тепловые потоки внутри тела и в окружающую среду сопоставимы между собой).

Из условия наличия среды с заданной температурой формируется условие 3 рода.

Запишем уравнение для удельного потока теплоотдачи по закону Ньютона

$$q_s = \alpha_s(T_s - T_0), \quad (11)$$

где  $\alpha_s$  – коэффициент полной поверхностной теплоотдачи, Дж/см<sup>2</sup>·с·°С.

Запишем выражение для удельного теплового потока, протекающего через граничную поверхность:

$$q_s = -\lambda \left( \frac{dT}{dn} \right)_s \quad (12)$$

Тогда для записи условия третьего рода будем иметь:

$$\alpha_s(T_s - T_0) = -\lambda \left( \frac{dT}{dn} \right) \quad (13)$$

Можно рассмотреть частный случай, когда температура окружающей среды постоянна ( $T_0 = \text{const}$ ). Для расчётов удобно принять  $T_0 = 0$ . Тогда будем иметь

$$\alpha_s T_s = -\lambda \left( \frac{dT}{dn} \right) \quad (14)$$

Это условие можно рассматривать как общее, пригодное для решения большинства практических задач.

Изменение температуры по изотерме соответствует предельному теплообмену на рассматриваемой границе при котором  $\alpha/\lambda = \infty$ , где  $\alpha \rightarrow \infty$ , а  $\lambda \rightarrow 0$ .

В связи с этим на поверхности листа по мере удаления от линии реза температура стремиться к температуре окружающей среды. Однако, существует и другой предельный случай, когда поток теплоты через рассматриваемую границу стремиться к нулю (условие адиабатичности) – при непродолжительном контакте поверхности металла с воздухом.

## **5. Аналитические и численные методы расчёта теплопроводности при тепловой резке металла**

Известно, что расчёт теплопроводности можно вести либо аналитическими, либо численными методами [5]. В расчётах для сварки металлов применялись методы линейных дифференциальных исчислений с линейными же граничными условиями. При этом все теплофизические свойства металла усреднялись и принимались независимыми от температуры: значения коэффициентов теплоёмкости и теплопроводности принимались постоянными, а теплота фазовых превращений в учёт не принималась вовсе [12].

Применительно к термической резке наиболее подходит метод источников. Однако принятые для случая сварки допущения неизбежно приведут к существенному искажению формы и размеров температурного поля. Дело в том, что источник теплоты при резке (кислородное пламя, плазменная струя, лазерный луч) является поверхностно-распределённым источником теплоты. Учесть все возможные процессы и явления в нём, между ним и поверхностью, в разрезаемом металле и т.п., крайне затруднительно. С точки зрения авторов, целесообразно подобные сложные расчёты сводить к нескольким идеальным случаям, а процессы, сопровождающие термическую резку описывать простыми математическими зависимостями. Например, плазменную дугу можно рассматривать как источник теплоты: точечный, плоский или линейный. Однако, хорошую сходимость решений при таком подходе можно получить только за пределами зоны термического влияния источника теплоты.

Вблизи него, а также по оси реза эти идеализированные схемы могут также давать значительные расхождения.

При введении точечного источника теплоты в некоторый объём  $dxdydz$  теплоту, которую получает металл, будем считать введённой относительно некоторой точки, располагающейся в центре пятна нагрева. Для случая, когда толщина листа ограничена и равна  $s$ , при вводе теплоты линейным источником можно рассматривать объём, равный объёму призмы бесконечно малого сечения и толщиной  $z=s$ . В случае с плоским источником за основу расчёта можно принять площадь некоторой плоскости, а сам источник термической режки определять в координатах объёма [13].

Так же, как и при сварке, типы источников теплоты при термической резке по времени действия можно рассматривать как мгновенные и непрерывно действующие, а по типу ориентации относительно рассматриваемого предмета – неподвижные и подвижные. Последние – постоянной мощности, перемещающиеся прямолинейно и с постоянной скоростью.

Для упрощения расчётов можно принять следующие приближения к идеальным случаям:

- выбранная схема расчёта может влиять на выбор типа источника теплоты (точечный, плоский, линейный);
- независимость от температуры таких свойств металла как поверхностная теплоотдача  $\alpha$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , объёмная теплоёмкость  $a=c\gamma$ ; условие адиабатической границы;
- теплота, выделяемая при резке, и структурные превращения в металле не учитываются;
- за начало отсчёта принимается температура окружающей среды равная  $0^\circ\text{C}$ .

В случае, когда рассматривается резка посредством точечного источника

$$T(R, t) = \frac{Q}{c\gamma(4\pi\alpha t)^{3/2}} \exp\left[-\frac{R^2}{4\alpha t}\right] \quad (15)$$

где  $R$  – радиус-вектор для определения положения некоторой точки тела  $A(x, y, z)$  в пространстве до источника теплоты. Задаётся как  $R^2=x^2+y^2+z^2$ .

Уравнение описывает трёхмерный процесс распространения теплоты в разрезаемом листе металла, который Берхоу и Фортунье положен в основу метода конечно-элементного моделирования (КЭМ) процессов теплопередачи в металлах [14, 15]. Получаемые изотермы можно аппроксимировать сферами с центром в некоторой точке  $O$ , близкой к оси симметрии источника теплоты (рис. 1).

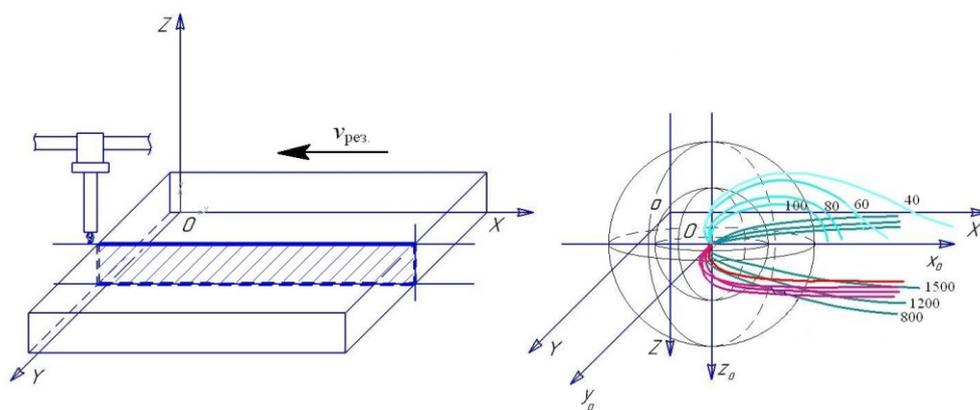


Рис. 1 – К описанию трёхмерного процесса распространения теплоты в разрезаемом листе  
 Fig. 1 - To the description of the three-dimensional process of heat propagation in the cut sheet

Если рассмотреть частный случай, не предусматривающий теплообмен с окружающей средой и применить метод КЭМ, уравнение (15) примет вид [16]:

$$T(R, t) = \frac{2Q}{c\gamma(4\pi\alpha t)^{3/2}} \exp\left[-\frac{R^2}{4at}\right] \quad (16)$$

Коэффициент «2» перед  $Q$  принят из условия адиабатичности, т.к. в расчёт принимается только половина листа металла, длина которой стремится к бесконечности.

При рассмотрении линейного источника для «бесконечного» листа металла:

$$T(R, t) = \frac{Q}{4\pi\lambda t} \exp\left[-\frac{R^2}{4at}\right] \quad (17)$$

где  $r^2=x^2+y^2$ ;  $\lambda=ac\gamma$ .

Если плоский источник действует в металле мгновенно, получим

$$T(R, t) = \frac{2}{c\gamma(4\pi\alpha t)^{1/2}} \exp\left[-\frac{x^2}{4at}\right]. \quad (18)$$

Уравнения (15-18) описывают процессы, вызванные воздействием концентрированного источника нагрева при кратковременном его воздействии (например, для случая неподвижного источника). То есть, они могут использоваться для рассмотрения процессов и явлений в начальный период термической резки (при «пробивке» листа металла).

Если же рассматривать подвижный источник теплоты (то есть, собственно процесс разделительной резки), а нагреваемую поверхность рассматривать как «полубесконечное» тело, решение примет вид

$$dT(x_0, y_0, t) = \frac{2qdt'}{c\gamma[4\pi\alpha(t-t')]^{3/2}} \exp\left[-\frac{R'^2}{4a(t-t')}\right], \quad (19)$$

где  $R'^2=(x_0-vt')^2+y^2+z_0^2$  – квадрат радиус-вектора в пространственном измерении по которому можно определить расстояние от некоторой заданной точки  $A$  до действующего источника в координатах по  $X, Y, Z$ ;  $v$  – скорость движения источника теплоты.

Если данное уравнение продифференцировать по двум переменным  $t$  и  $t'$ , получим изменение температуры при тепловой резке в некоторой точке  $A$  (т.е., в любой точке зоны термического влияния):

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 T(x_0, y_0, t)}{\partial t \partial t'} &= \left[ \frac{2qdt'}{c\gamma[4\pi\alpha(t-t')]^{\frac{3}{2}}} \exp\left[-\frac{R'^2}{4a(t-t')}\right] \right]' \\ &= \frac{2q}{c\gamma} \left[ -10 \frac{t'}{[9 \cdot 4\pi\alpha(t-t')]^{\frac{8}{3}}} \right. \\ &\quad \left. - \frac{2}{[3 \cdot 4\pi\alpha(t-t')]^{\frac{5}{3}}} \left[ -\frac{R'^2 e^{-\frac{R'^2}{4a(t-t')}}}{2a(t-t')^3} - \frac{R'^4 e^{-\frac{R'^2}{4a(t-t')}}}{16a(t-t')^4} \right] \right] \quad (20) \end{aligned}$$

Для системы координат  $x, y, z$ , перемещающейся вместе с действующим в ней источником теплоты при рассмотрении точки  $A(x_0, y_0, z_0)$ , конечно-элементное моделирование даёт  $x=x_0=vt$ , где  $y=y_0, z=z_0$ , а  $v$  – задаётся как скорость источника (см. рис. 2);  $R$  – радиус-вектор, обозначающий расстояние от нулевой координаты до

некоторой точки  $A$  в пространстве, который находится в движущейся системе координат  $x_0y_0z_0$  ( $R^2=x^2+y^2+z^2$ ).

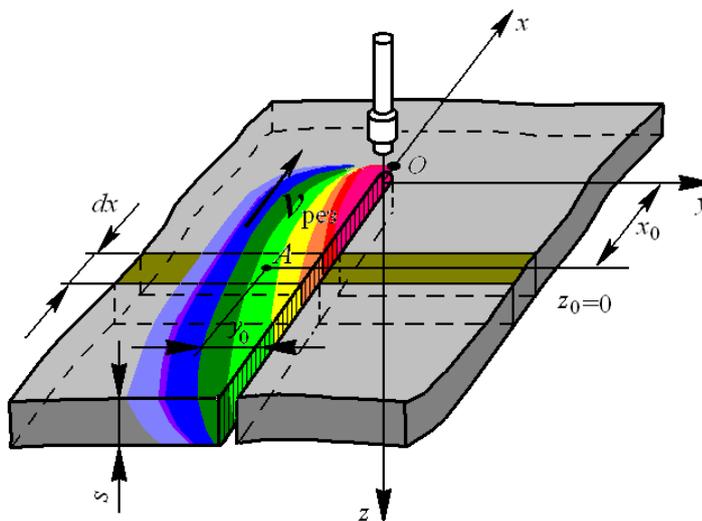


Рис. 2 – К описанию трёхмерного процесса распространения теплоты в разрезаемом листе по методу КЭМ

Fig. 2 - To the description of the three-dimensional process of heat propagation in the cut sheet by the FEM method

Введя новую переменную  $t''=t-t'$ , продифференцировав уравнение (19) ещё раз и выполнив необходимые преобразования получим:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^3 T(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial t \partial t' \partial t''} = \\ & = \frac{2q}{c\gamma} \left[ -10 \frac{t'}{[36\pi\alpha]^{\frac{8}{3}}} (t-t')^{\frac{8}{3}} - \frac{2}{[12\pi\alpha]^{\frac{5}{3}}} (t-t')^{\frac{5}{3}} \right] \times \\ & \times \left[ -\frac{R'^2 e^{\frac{-R'^2}{4a}(t-t')}}{2a} (t-t')^3 - \frac{R'^4 e^{\frac{-R'^2}{4a}(t-t')}}{16a} (t-t')^4 \right] = \\ & = \frac{2q}{c\gamma} \left[ -10 \frac{t'}{[36\pi\alpha]^{\frac{8}{3}}} (t'')^{\frac{8}{3}} - \frac{2}{[12\pi\alpha]^{\frac{5}{3}}} (t'')^{\frac{5}{3}} \right] \times \\ & \times \left[ -\frac{R'^2 e^{\frac{-R'^2}{4a}(t-t')}}{2a} (t'')^3 - \frac{R'^4 e^{\frac{-R'^2}{4a}(t-t')}}{16a} (t'')^4 \right]. \end{aligned} \tag{21}$$

### Заключение

Представленные выше уравнения, описывающие размеры и конфигурацию температурных полей, получены для упрощенных моделей. Однако они могут применяться в расчётах, в частности, для плазменной резки металла, в том числе - на форсированных режимах. С их помощью можно предварительно оценить:

- а) температурные деформации кромок листа при разделительной тепловой резке;
- б) поля температур, возникающих при плазменной резке, для учёта теплового воздействия на металл и определения размеров зоны термического влияния.

Кроме того, полученные уравнения являются базой для разработки методики расчёта тепловых деформаций и напряжений при тепловой резке металла. Предполагается, что такая методика должна также учитывать и такие факторы как: поперечное и продольное распределение температуры по срезу листа, температуру окружающей среды и взаимодействие с ней, параметры геометрии разрезаемого листа и его жёсткость, теплоёмкость, температуропроводность и прочие температурные характеристики.

### Список литературы

1. Физико-химические процессы при воздействии плазменной струи (дуги) [Электронный ресурс]. – URL: <https://lektsii.org/1-18616.html>.
2. Зеленский С.Л., Белинский В.А., Василенко С.Л., Коровченко А.И., Олейник В.А., Золотопупова Т.Б. Сравнение автоматизированной плазменной и кислородной резки на машинах с ЧПУ низкоуглеродистых и низколегированных сталей малой толщины. Журнал «Сварщик», №2'14, с.22.
3. Винцив А.Н. Тепловые деформации и потеря устойчивости при плазменной резке металла / А.Н. Винцив, Е.Г. Бурмистров // Научные проблемы водного транспорта. – 2020. – № 64. – С. 27-35. DOI: 10.37890/jwt.vi64.94.
4. Рыкалин, Н.Н. Тепловые основы сварки. Ч. 1. Процессы распространения тепла при сварке / Н.Н. Рыкалин. – М. : Издательство АН СССР, 1974.
5. Рыкалин Н.Н. Расчёт тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин. – М. : Машгиз, 1957.
6. Рыкалин Н.Н. Температурное поле разнородных материалов при сварке встык поверхностным источником тепла / Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов // Физика и химия обработки материалов, 1964. №6.
7. Рыкалин Н.Н. Распределение температуры в элементах конструкции при сварке / Н.Н. Рыкалин // Автогенное дело, 1938. №5, 7.
8. Садриев Р.Ш. Экспериментальное определение температуры плазменного столба в установках плазменной резки и сварки металлов / Р.Ш. Садриев // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2007. № 3. – С. 10-11.
9. Петров Г.Л. Теория сварочных процессов / Г.Л. Петров, А.С. Тумарев. – М. : Высшая школа. Т.1, 1967.
10. Хотин А.С., Боровикова Р.П., Нечаева Т.В., Пушкарский А.С. Теплопроводность твёрдых тел. – М. : Энергоатомиздат, 1984.
11. Krein F. Fundamentals of heat transfer / F. Krein, W. Black. - М.: Mir, 1983.
12. Lindgren L. E. Computational mechanics of welding. Thermomechanical and microstructural modeling. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007.
13. Панов В.И., Кандалов С.В. Газокислородная резка сталей больших толщин. Тепловые особенности газопламенной резки металла большой толщины. Ч.2, Журнал «Сварщик», №4'20, с.22.
14. Berhou J., Fortunier R. Finite element modeling of heat transfer. USA: JW Publishing, 2004.
15. Devyatov S. Modeling of welding processes using the software of the company ESI Group №2/2011/CADmaster. p 48-52.
16. Мишичев А.И., Мартянова А.Е. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов в САЕ – системе ELCUT /А.И. Мишичев, А.Е. Мартянова. – URL: <https://elcut.ru/publications/mishichev.pdf>.

### References

1. Physical and chemical processes under the influence of a plasma jet (arc) [Electronic resource]. – Access mode: <https://lektsii.org/1-18616.html>.
2. Zelensky S.L., Belinsky V.A., Vasilenko S.L., Korovchenko A.I., Oleinik V.A., Zolotopupova T.B. Comparison of automated plasma and oxygen cutting on CNC machines of low-carbon and low-alloy steels of small thickness. Journal «Welder», №2' 14, p. 22.
3. Vintsiv A.N. Thermal deformations and loss of stability in the plasma cutting of metal / A.N. Vintsiv, E.G. Burmistrov // Scientific problems of water transport. – 2020. – No. 64. – P. 27-35. DOI: 10.37890/jwt.vi64.94.
4. Rykalin N. N. Heat the basics of welding. Part 1. The process of heat distribution during welding / N.N. Rykalin. – M. : publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1974.
5. Rykalin N. N. Calculation of thermal processes in welding / N. N. Rykalin. – M. : Mashgiz, 1957.
6. Rykalin N.N. The temperature field of heterogeneous materials at the weld surface with heat source / N.N. Rykalin, A.A. Uglov // Physics and chemistry of materials treatment, 1964. № 6.
7. Rykalin N.N. The temperature distribution in the elements of construction when welding / N. N. Regalen // autogenous business, 1938. Number 5, 7.
8. Sadriev R.S. Experimental determination of the temperature of the plasma column in installations of plasma cutting and welding metals / R. sh Sadriev // Bulletin of Kazan state technical University. A.N. Tupolev. – 2007. No. 3. – p. 10-11.
9. Petrov G.L. Theory of welding processes / G.L. Petrov, A.S. Tomarev. – M.: Higher school. Vol. 1, 1967.
10. Khotyn, A.S., Borovikova, R.P., Nechaev, T.V., Sokol, A.S. thermal Conductivity of solids. – M. : Energoatomizdat, 1984.
11. Krein, F. Fundamentals of heat transfer / F. Krein, W. Black. - M.: Mir, 1983.
12. Lindgren L.E. Computational mechanics of welding. Thermomechanical and microstructural modeling. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007.
13. Panov V.I., Kandalov S.V. Gas-oxygen cutting of large-thickness steels. Thermal features of gas-flame cutting of metal of large thickness. Part 2, Journal «Welder», No.4' 20, p. 22.
14. Berhou J., Fortunier R. Finite element modeling of heat transfer. USA: JW Publishing, 2004.
15. Devyatov S. Modeling of welding processes using the software of the company ESI Group №2/2011/CADmaster. P. 48-52.
16. Mishichev A.I., Martyanova A.E. Solution of heat conduction problems by the finite element method in the CAE-system ELCUT /A. I. Mishichev, A. E. Martyanova. – Access mode : <https://elcut.ru/publications/mishichev.pdf>.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Винцив Анна Николаевна**, инженер-технолог, АО «Судостроительный завод «Вымпел», 152912, Россия, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Новая, 4, e-mail: [a.n.vintsiv@vypmel-rybinsk.ru](mailto:a.n.vintsiv@vypmel-rybinsk.ru)

**Anna N. Vintsiv**, Process Engineer, JSC "Vympel Shipbuilding Plant", 152912, Russia, Yaroslavl region, Rybinsk, Novaya str., 4, e-mail: [a.n.vintsiv@vypmel-rybinsk.ru](mailto:a.n.vintsiv@vypmel-rybinsk.ru).

**Бурмистров Евгений Геннадьевич**, д.т.н., профессор, профессор кафедры проектирования и технологии постройки судов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [burmistrov\\_e\\_g@mail.ru](mailto:burmistrov_e_g@mail.ru)

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

Статья поступила в редакцию 26.03.2020; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 26.03.2020; published online 15.06.2021

УДК 629.122.001

DOI: 10.37890/jwt.vi67.191

## **Анализ расчетов при создании теоретического чертежа буксира интерполяционным методом**

**С.В. Давыдова<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1310-6157>

**И. В. Андриянов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** Разработка теоретического чертежа ручными методами отличается значительной трудоемкостью; в связи с этим применение методов, значительно снижающих время разработки и повышающих ее качество является актуальным. В работе выполнен сравнительный анализ методов получения ординат теоретического чертежа. Рассмотрены существующие способы автоматизированного проектирования и методы формирования теоретического чертежа: классический, интерполяционный, метод аффинных преобразований, модульный метод. Показан процесс разработки судовой поверхности буксира интерполяционным методом, проведено обоснование его применения. На основании разработанной модели разработана программа расчета ординат теоретического чертежа буксирных судов. Представлены результаты работы программного комплекса, а именно - ординаты теоретического чертежа буксирного судна и корпус теоретического чертежа, а также проведен анализ точности расчетов. Принятый подход по разработке судовой поверхности позволяет значительно сократить время и стоимость проектных работ по разработке судовой поверхности. Он может быть использован для дальнейшей его автоматизации и использования в качестве научных, производственных и учебных целей.

**Ключевые слова:** интерполяция разработки, теоретический чертеж, генерирование корпуса, анализ результатов, буксирное судно, судовая поверхность.

## **Analysis of calculations when creating a theoretical drawing of a tug by the interpolation method**

**Svetlana V. Davydova<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1310-6157>

**Ivan V. Andriyanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The development of a theoretical drawing by manual methods is notable for considerable laboriousness, in this regard, the use of methods that significantly reduce the development time and increase its quality is relevant. In this work, a comparative analysis of methods for obtaining ordinates of a theoretical drawing is carried out. The existing methods of computer-aided design and methods of forming a theoretical drawing are considered: classical, interpolation, affine transformation method, modular method. The process of development of the surface of the tug by the interpolation method is shown, the substantiation of its application is carried out. On the basis of the developed model, a program for calculating the ordinates of the theoretical drawing of tugboats was developed. The results of the software package operation are presented, namely, the ordinates of the theoretical drawing of the tugboat and the hull of the theoretical drawing, as well as the analysis of the calculation accuracy. The adopted approach to the development of the ship's surface can significantly reduce the time and cost of design work on the development of the ship's surface, can be used for its further automation and use as scientific, industrial and educational purposes.

**Keywords:** development interpolation. theoretical drawing, hull generation, results analysis, towing vessel, ship surface.

### **Введение**

В настоящее время буксирные суда, кажется, уже окончательно сформировали архитектурно конструктивный тип [1], [2], [3]. Однако несмотря на это, существует множество вариаций поверхности корпуса судна [4], [5], [6]. Такое разнообразие вариантов обусловлено в большей степени движительно-рулевым комплексом, а также условиями плавания.

Разнообразие вариантов судовой поверхности положительно сказывается на разработке инновационных судов с увеличенными характеристиками остойчивости, маневренности, устойчивости на курсе и т. д. В свою очередь, это неминуемо ведет к увеличению количества времени на разработку поверхности корпуса судна, а, следовательно, и к стоимости судна. Для создания высокоэффективного, а главное, массового вспомогательного флота такой параметр, как стоимость судна первостепенен. Таким образом, необходимы суда, характеристики корпуса которых были проверены временем и на разработку которых не уходило бы много времени.

### **Сравнительный анализ методов получения ординат теоретического чертежа**

Для оптимизации процесса проектирования судовой поверхности стоит рассмотреть существующие способы создания поверхности корпуса судна. В настоящее время существует несколько методов постройки теоретического чертежа: классический, интерполяционный, метод аффинных преобразований, модульный метод, [8], [9], [10]. Все перечисленные методы пригодны для построения теоретического чертежа, однако каждый из них имеет свои особенности.

Классический метод можно охарактеризовать, как самый трудоёмкий. Его целесообразно использовать для судов корпуса которых имеют сложные обводы или являются экспериментальными. Данный метод отличается от остальных индивидуальностью расчетов, то есть разработанный теоретический чертеж будет создан только под проектируемое судно. Его можно сравнить с ручной работой, долго по времени, объемно в расчетах, однако качественный результат.

Для использования интерполяционного метода необходим большой опыт в эксплуатации схожих корпусов судов проектируемому судну. Суть данного метода заключается в использовании схожих корпусов судов для получения нового корпуса судна [8], [9], [10]. Очевидным недостатком выступает наличие судов прототипов, необходимые корпуса судов прототипов могут просто отсутствовать. Однако, если всё-таки есть возможность найти подходящие прототипы сроки создания и объем вычислений для создания теоретического чертежа существенно сокращаются в сравнении с классическим методом, кроме того, полученные корпуса будут пропорциональны корпусам судов своих прототипов, которые в свою очередь имеют опыт эксплуатации.

Использование метода аффинных преобразований также подразумевает наличие судна прототипа, однако для его использования достаточно одного прототипа. Метод аффинных преобразований заключается в изменении геометрических характеристик существующего судна прототипа, то есть увеличение длины судна, в следствии увеличения цилиндрической вставки судна, масштабированием судна прототипа в целом и тд. [11]. Трудоемкость такого метода ниже чем у перечисленных ранее методов, однако появляются вопросы целесообразности изменения корпуса судна и будет ли оно пригодно для использования.

Модульный метод подразумевает замену какой-либо части судна прототипа, частью другого прототипа. Другими словами, для создания корпуса судна

потребуется два прототипа, от одного из них берётся, к примеру, носовая оконечность и устанавливается к другому судну. Такой метод также имеет низкую трудоемкость, однако для использования данного метода необходим тщательный подбор судов прототипов, а также небольшая переработка частей судов.

Проведя анализ выше перечисленных методов создания корпуса судна, для решения задачи сокращения времени на проектирование судовой поверхности буксиров, следует обратить внимание на интерполяционный метод. Целесообразность его применения обуславливается наличием достаточного количества прототипов. Для буксирных судов данное условие реализуется, так как эти суда имеют большую историю формирования, а их архитектурно-конструктивный тип был сформирован к сороковым годам прошлого столетия. Результатом проектирования судна данным методом станет получение судовой поверхности, удовлетворяющее заданным характеристикам.

### **Результаты и особенности использования интерполяционного метода для разработки теоретического чертежа буксирного судна**

Исходными данными для разработки теоретического чертежа интерполяционным методом будем считать коэффициент полноты водоизмещения и абсциссу центра величины. Указанные параметры определяют основной характер обводов корпуса судна. При интерполяции корпуса по двум параметрам, в качестве исходных данных, необходимо иметь не менее четырех корпусов судов прототипов. У подобранных судов должны быть следующие параметры: два выбранных судна прототипа должны иметь условно равные коэффициенты полноты и разные абсциссы центра величины, у оставшихся двух судов прототипов должны соблюдаться те же условия. Таким образом подобранные суда создают некий интервал, в пределах которого будет сформировано проектируемое судно.

Кроме приведенных параметров выбор корпусов должен учитывать форму судовой поверхности [12], [13], [14]. Проблемы выбора прототипов, как уже указывалось ранее, связаны с многообразием форм обводов носовых и кормовых оконечностей, обусловленных видом ДРК, вальностью ДРК, размерами винта и т.д. Унифицирование и объединение в группы судовые поверхности корпусов судов прототипов поможет структурировать имеющийся материал, а также упростить подбор вариантов, подходящих для применения интерполяционного метода и как следствие получению нового, сформированного корпуса судна по заданным параметрам. Анализ известных буксиров показал, что в перечне существующих судов можно выделить несколько групп судов с подобными обводами, в рамках которой возможно применение интерполяционного метода.

Анализируя каждую группу рассматриваемых судов выделим наиболее распространенную, так как найти в ней суда, удовлетворяющие условиям необходимых критериев будет проще. Далее следует выделить минимум четыре корпуса судна прототипа отвечающих требованиям к коэффициенту полноты водоизмещения и абсциссе центра величины описанных выше.

Однако, перед выполнением интерполяционного метода необходимо учесть подобие туннельных обводов у выбранных прототипов. Существующие судовые поверхности могут иметь чрезмерно сильные отличия как по расположению, так и по глубине туннельных образований, таким образом, если проигнорировать данный параметр точных данных и плавной судовой поверхности достичь будет невозможно. Для того, чтобы учесть подобие кормовой оконечности выбранных судов прототипов необходимо сопоставить пересечения теоретических шпангоутов судов прототипов с теоретическими ватерлиниями. Все необходимые данные для успешного проведения генерации судовой поверхности интерполяционным методом были описаны выше. Таким образом, можно приступить непосредственно к созданию судовой поверхности

нового буксира. Расчет будем производить для буксира класса «М-СП» с следующими исходными данными (табл. 1).

Таблица 1

**Исходные данные**

длина, м	42,020
ширина, м	11,070
высота борта, м	2,780
осадка, м	1,800
коэф. общ. полноты	0,649
абсцисса ЦВ, м	1,060

Необходимые ординаты для построения теоретических шпангоутов найдём с помощью программного комплекса, разработанного на основании принятой модели. Для возможности разработки судовой поверхности буксиров в программе, необходимо проанализировать существующие корпуса буксиров, отобрать наиболее подходящие прототипы в соответствии с алгоритмом, изложенным выше и занести в исходный код программы ординаты теоретических чертежей судов прототипов необходимых для генерирования новых судов [13], [14], [15]. Пример работы комплекса приведен на рисунках ниже и проходит в интерактивном режиме. На титульном листе программы выбираем кнопку запускающую алгоритм для вычисления теоретических чертежей буксиров (рис. 1).



Рис. 1. Титульный лист программного комплекса

Fig. 1. The title page of the software package

Для начала расчёта следует выделить нужный тип судна и нажать «Ввод данных и выполнение расчётов». Появится новое окно, в котором необходимо ввести исходные данные. Вводим необходимые главные размерения, вычисленные заранее (рис. 2). Следует обратить внимание на ограничения для ввода значений коэффициента общей полноты и абсциссы центра величины, указанные в окне ввода исходных данных. Эти ограничения связаны с экономическими и эксплуатационными показателями буксиров и толкачей, а также говорит о наличии наибольшего количества судов прототипов в данном диапазоне.

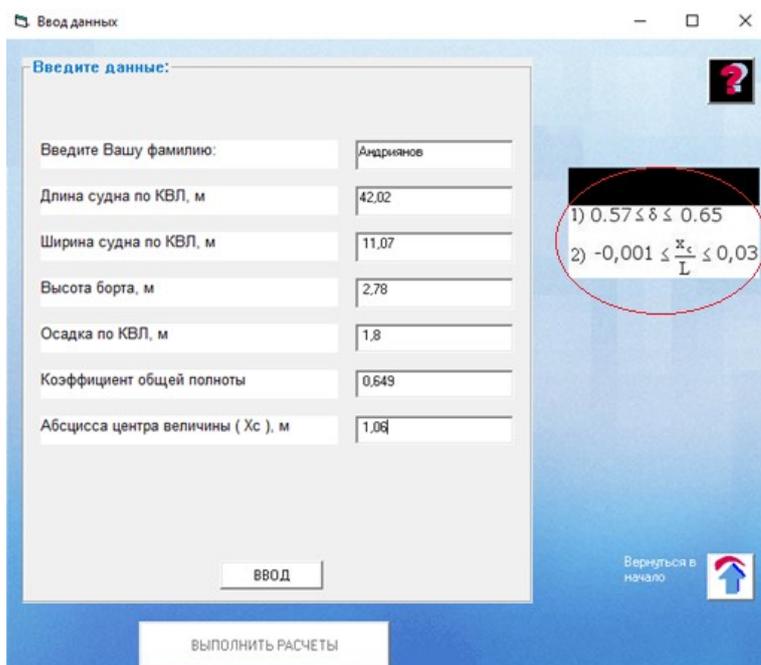


Рис. 2. Исходные данные  
Fig. 2. Input data

Следующим шагом станет получение ординат и аппликат необходимых для построения сгенерированного теоретического чертежа (рис. 3) для этого необходимо нажать на вкладку «ВВОД».

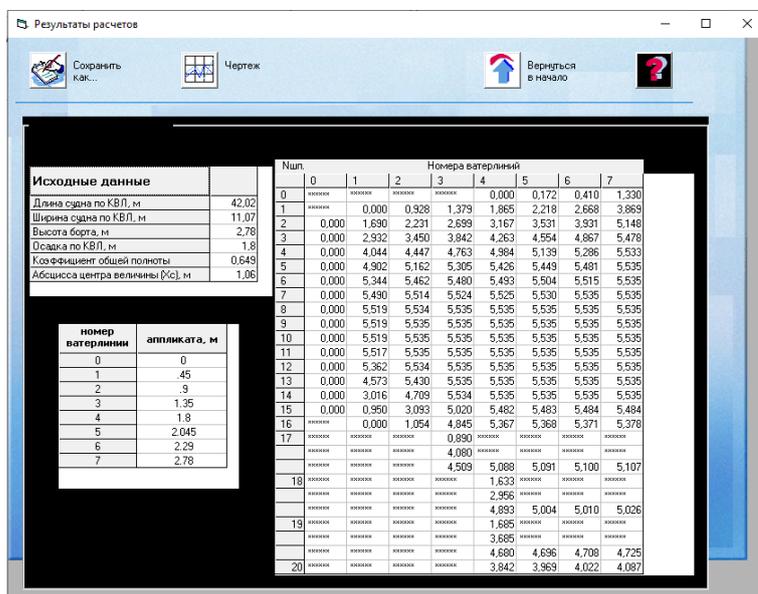


Рис. 3. Вывод результатов  
Fig. 3. Output of results

Также на появившейся вкладке можно преобразовать полученные данные в графический вид и получить предварительный теоретический чертеж (рис. 4).

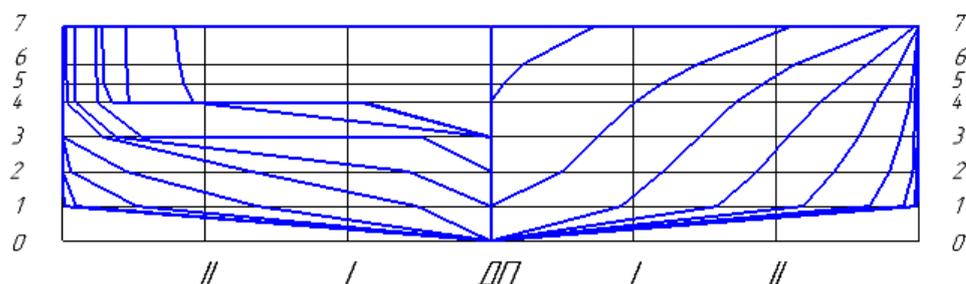


Рис. 4. Предварительный теоретический чертёж  
 Fig. 4. Preliminary theoretical drawing

Полученные аппликаты и ординаты теоретического чертежа можно преобразовать в формат doc. с помощью функции «Сохранить как» представленной программой. Эта функциональная возможность позволит сохранить полученные данные в удобном варианте (табл. 2 и 3).

Таблица 2

**Ординаты шпангоутов теоретического чертежа судна**

N	номера ватерлиний							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	*****	*****	*****	*****	00,000	00,172	00,410	01,330
1	*****	00,000	00,928	01,379	01,865	02,218	02,668	03,869
02	00,000	01,690	02,231	02,699	03,167	03,531	03,931	05,148
03	00,000	02,932	03,450	03,842	04,263	04,554	04,867	05,478
04	00,000	04,044	04,447	04,763	04,984	05,139	05,286	05,533
05	00,000	04,902	05,162	05,305	05,426	05,449	05,481	05,535
06	00,000	05,344	05,462	05,480	05,493	05,504	05,515	05,535
07	00,000	05,490	05,514	05,524	05,525	05,530	05,535	05,535
08	00,000	05,519	05,534	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535
09	00,000	05,519	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535
10	00,000	05,519	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535
11	00,000	05,517	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535
12	00,000	05,362	05,534	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535
13	00,000	04,573	05,430	05,535	05,535	05,535	05,535	05,535
14	00,000	03,016	04,709	05,534	05,535	05,535	05,535	05,535
15	00,000	00,950	03,093	05,020	05,482	05,483	05,484	05,484
16	*****	00,000	01,054	04,845	05,367	05,368	05,371	05,378
17	*****	*****	00.000	00,890	*****	*****	*****	*****
	*****	*****	*****	04,080	*****	*****	*****	*****
	*****	*****	*****	04,509	05,088	05,091	05,100	05,107
18	*****	*****	*****	00.000	01,633	*****	*****	*****
	*****	*****	*****	*****	02,956	*****	*****	*****
	*****	*****	*****	*****	04,893	05,004	05,010	05,026
19	*****	*****	*****	00.000	01,685	*****	*****	*****
	*****	*****	*****	*****	03,685	*****	*****	*****
	*****	*****	*****	*****	04,680	04,696	04,708	04,725
20	*****	*****	*****	00.000	03,842	03,969	04,022	04,087

Таблица 3

Аппликаты ватерлиний

N	Аппликата, м
0	00,000
1	00,450
2	00,900
3	01,350
4	01,800
5	02,045
6	02,290
7	02,780

Полученный чертёж необходимо откорректировать. Провести сглаживание на линиях слома, убрать предложенную программой килеватость, проанализировать место расположение туннелей и показать их на чертеже. Делать все это необходимо конструктору в ручном режиме. В процессе редактирования шпангоутов главной задачей стоит не нарушить необходимый объем шпангоутов, расчет которых заложен в алгоритм программы. Для этого, при коррекции шпангоутов, необходимо руководствоваться принципом равных площадей, другими словами следует прибавлять столько же площади шпангоута, сколько и убавлять. В результате корректировки должен получиться теоретический чертёж, представленный на рис. 5.

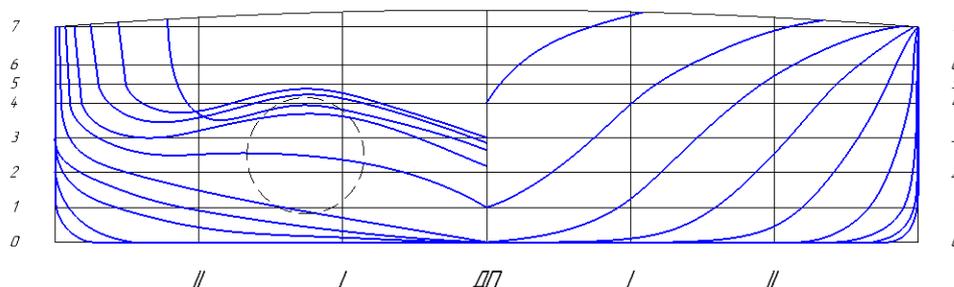


Рис. 5. Откорректированный теоретический чертёж

Fig. 5. Corrected theoretical drawing

Сравнительный анализ результатов

Окончательно сформированный теоретический чертёж следует сопоставить с исходным для того, чтобы определить процент отличия. Сделать это можно несколькими способами, например, сравнить площади получившихся теоретических шпангоутов с исходными или сравнить их ординаты. Однако, в данной статье найдем процент отличия исходя из получившихся объемов. При исходном варианте теоретического чертежа объём судна получался равен  $905,7\text{м}^3$ . Данное значение можно найти, перемножив получившиеся площади шпангоутов на теоретическую шпацию, а затем сложить результаты. Аналогичным образом найдём объем конечного теоретического чертежа, он получится  $945\text{м}^3$ . Таким образом, отличие начального и конечного результата составит 4%, это довольно высокий показатель, однако, стоит учитывать, что алгоритм программы, при создании теоретического чертежа, соединяет точки прямой, это в свою очередь формирует ярко выраженную килеватость судна и как следствие уменьшение объема, также следует уточнить, что

рассчитывая объем способом описанным выше необходимо помнить о том, что данным способом можно лишь приблизительно найти объем получившегося судна, принимая во внимание эти обстоятельства получаем процент отличия в 1-0,5%.

Зная объем полученного корпуса судна так же можно сравнить погрешность вычислений по коэффициенту полноты водоизмещения. В исходных данных коэффициент был задан с помощью судна прототипа, это обосновано экономическими и эксплуатационными показателями и был равен 0,649. При пересчете с получившимся значением водоизмещения получим значение коэффициента полноты водоизмещения равным 0,651. Таким образом, погрешность расчета составляет 0,3%.

На данный момент нет полной информации о допустимом проценте погрешности, относительно заданного коэффициента полноты водоизмещения, при любом методе автоматизированного проектирования. Однако, получившийся результат попадает в диапазон рекомендуемых значений, а это значит, что даже с существующей погрешностью экономические и эксплуатационные показатели судна будут равнозначно эффективны. Кроме того, в техническом проекте возможные ошибки в определении элементов и характеристик судов не должны превышать одного процента, на стадии технического предложения они могут достигать до восьми процентов. Следовательно, получившийся процент погрешности не превышает допустимых значений.

Следующим этапом для создания судна станет разработка батоксов судна, ватерлиний, разработка седловатости или бака судна, однако, уже на этом этапе складывается представление о судовой поверхности. После корректировки видно, что носовая оконечность имеет «V» образную форму, средняя часть судна не имеет килеватости, а кормовая оконечность имеет плавные туннели. Таким образом, используя метод интерполяции, получилось сгенерировать судовую поверхность судна, имеющую характеристики судов-прототипов.

### **Заключение**

В результате анализа судов, проходивших эксплуатацию при различных условиях плавания многие годы, были отобраны наиболее подходящие для обработки корпуса. Многообразие форм корпусов удалось привести к единому виду, включающему в себя особенности строения носовой и кормовой оконечности, что необходимо для проведения интерполяции, и как следствие, созданию нового корпуса. Представленная модель позволяет выполнить разработку поверхности в автоматизированном виде и расширить список судов для получения ординат теоретического чертежа. Результаты работы позволяют получить теоретический чертеж в кратчайшие сроки и могут использоваться как в учебном процессе, так и в научной работе.

### **Список литературы**

1. Ашик В.В. Проектирование судов / В.В. Ашик — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Судостроение, 1985. — 318 с.
2. Богданов Б.В., Слуцкий А.В. и др. Буксирные суда. — Л.: Судостроение, 1974. — 280 с.
3. Богданов Б.В. Толкачи и баржи для толкания / Б.В. Богданов- Москва, 1959-239 с.
4. Богданов Б.В., Алчуджан Г.А. и др. Проектирование толкаемых составов и составных судов. — Л.: Судостроение, 1981. — 224 с
5. Алчуджан Г.А. Мощные буксиры зарубежного флота-Информационный сборочник ЦНИИМФ,1963, вып. 95, с 52-67.
6. Роннов Е.П., Любимов В.И. Особенности проектирования толкаемых составов внутреннего плавания. Методическое пособие. — Н. Новгород. Изд-во ГОУ ВПО ВГАВТ. 2003. — 32 с.
7. Caldwell A., Screw tug design, London 1946, 154с.
8. Давыдова С. В. Автоматизация генерации ординат теоретического чертежа интерполяционным методом «Вестник ВГАВТ» №56 2018.

9. Ашик В.В. Интерполяционный способ построения теоретического чертежа. Судостроение, 1962, № 2, с. 9-11.
10. J. Berg, J. Lefstrom. Interpolation spaces. Introduction 1980 264 p.
11. Kagan V. F. Fundamentals of the theory of surfaces in tensor presentation. - 2013. - 518 p. 12. Cliff W. Estes (BaseLine Technology), Rhinoceros Advanced Training Series. Marine Design (<http://www.yugzone.ru/x/rhinoceros-advanced-training-series/>)
13. Groom D.J. Desinging curved surface with analitical functions. Computer Aided Desinging, 1977, v/ 9, p. 3-8.
14. David F. Rogers: An Introduction to NURBS with Historical Perspective, Morgan Kaufmann Publishers 2001.
15. Фомин Б. Rhinoceros. NURBS моделирование для Windows. Изд.: Robert McNeel & Associates 2006 289 с.

#### References

1. Ashik V. V. Design of ships / V. V. Ashik-2nd ed., reprint. and additional-L.: Shipbuilding, 1985 — - 318 p
2. Bogdanov B. V., Slutsky A.V., et al. Tugboat vessels. - L.: Shipbuilding, 1974 – - 280 p.
3. Bogdanov B. V. Pushers and barges for pushing / B. V. Bogdanov-Moscow, 1959-239 p.
4. Bogdanov B. V., Alchudzhan G. A., et al. Design of pushed trains and composite vessels. - L.: Shipbuilding, 1981. - 224 p.
5. Alchudzhan G. A. Powerful tugs of the foreign fleet-Information assembler of the TSNIIMF,1963, issue 95, pp. 52-67.
6. Ronnov E. P., Lyubimov V. I. Features of the design of pushed inland navigation trains. Methodological guide – - N. Novgorod. Publishing house of GOU VPO VGAVT. 2003. - 32 p.
7. Caldwell A., Screw tug design, London 1946, 154s.
8. Davydova S. V. Automation of generation of ordinates of a theoretical drawing by the interpolation method "Vestnik VGAVT" No. 56 2018.
9. Ashik V. V. Interpolation method of construction of a theoretical drawing. Shipbuilding, 1962, No. 2, pp. 9-11.
10. J. Berg, J. Lefstrom. Interpolation spaces. Introduction 1980 264 p.
11. Kagan V. F. Fundamentals of the theory of surfaces in tensor presentation. - 2013. - 518 p.
12. Cliff W. Estes (BaseLine Technology), Rhinoceros Advanced Training Series. Marine Design (<http://www.yugzone.ru/x/rhinoceros-advanced-training-series/>)
13. Groom D.J. Desinging curved surface with analitical functions. Computer Aided Desinging, 1977, v/ 9, p. 3-8.
14. David F. Rogers: An Introduction to NURBS with Historical Perspective, Morgan Kaufmann Publishers 2001.
15. Fomin B. Rhinoceros. NURBS simulation for Windows. Ed.: Robert McNeel & Associates 2006 289 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Давыдова Светлана Викторовна**, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [kaf\\_ptps@vsuwt.ru](mailto:kaf_ptps@vsuwt.ru)

**Svetlana V. Davydova**, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603950, e-mail: [kaf\\_ptps@vsuwt.ru](mailto:kaf_ptps@vsuwt.ru)

**Андриянов Иван Валерьевич**, магистрант кафедры «Проектирования и технологии постройки судов», Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [kaf\\_ptps@vsuwt.ru](mailto:kaf_ptps@vsuwt.ru)

**Ivan V. Andriyanov**, student of the Department of «Design and shipbuilding technology», Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: [kaf\\_ptps@vsuwt.ru](mailto:kaf_ptps@vsuwt.ru)

Статья поступила в редакцию 08.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 08.04.2021; published online 15.06.2021

УДК 629.124.9.039

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.197>

## **Анализ технико-эксплуатационных характеристик перспективных типов скоростных судов**

**В.И. Любимов**

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены тенденции развития различных типов скоростных судов, которые в перспективе могут быть использованы для транспортных перевозок в Российской Федерации. Проанализированы задачи «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» по развитию скоростного флота. Приведены примеры постройки и использования скоростных судов второго поколения. Выполнен сравнительный анализ технико-эксплуатационных характеристик различных типов отечественных и зарубежных скоростных судов. Приведенный анализ позволяет с учетом выявленных преимуществ различных типов скоростных судов принять решение об использовании определенного судна с динамическими принципами поддержания (СДПП) для работы на заданной линии эксплуатации. Предлагается разработать сетку перспективных скоростных судов с учетом их технико-эксплуатационных характеристик. Рекомендуется сравнить результаты технико-экономического обоснования выбранного типа СДПП с показателями других транспортных средств, которые могут составить конкуренцию новому судну.

**Ключевые слова:** транспортная система, скоростные суда, суда на подводных крыльях, суда на воздушной подушке, экранопланы, технико-эксплуатационные характеристики, особенности конструкции.

## **Analysis of technical and operational characteristics of high-speed vessels their promising types**

**Viktor I. Lyubimov**

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

**Abstract.** The article considers the trends in the development of high-speed vessels various types that can be used for Russian transport in the future. The tasks of the "Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030" for the development of the high-speed fleet are analyzed. Examples of the construction and use of the second generation high-speed vessels are given. A comparative analysis of the technical and operational characteristics of various types of domestic and foreign high-speed vessels is performed. The above analysis makes it possible, taking into account the identified advantages of high-speed vessels various types to make a decision on the use of a certain ship with dynamic maintenance principles for working on a given line of operation. It is proposed to develop a grid of promising high-speed vessels, taking into account their technical and operational characteristics. It is recommended to compare the results of the feasibility study of the selected type of ships with dynamic maintenance principles with the performance of other vehicles that may compete with the new vessel.

**Keywords:** transport system, high-speed vessels, hydrofoils, hovercrafts, ekranoplanes, technical and operational characteristics, design features.

### **Введение**

Одной из приоритетных задач «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» является увеличение доступности транспортных услуг для

населения в два раза по сравнению с 2007 годом [1]. Решение этой задачи ложится на все виды транспорта России, в том числе на морской и речной. При этом каждый вид транспорта должен найти свою нишу, которая обеспечивала бы ему высокую конкурентоспособность и эффективность использования.

Важной особенностью Транспортной стратегии Российской Федерации считается обеспечение конкурентоспособности внутреннего водного транспорта. По прогнозу Минтранса России к 2030 году пассажирские речные перевозки за навигацию должны увеличиться до 16,6 млн. пассажиров, т.е. по сравнению с существующими объемами перевозок в 1,38 раза. Решение этой сложной проблемы требует пополнения флота новыми современными судами.

### **Перспективные направления развития скоростного флота**

Как известно, перевозки пассажиров на внутренних водных путях осуществляются на водоизмещающих судах и скоростном флоте. Огромная территория России, опоясанная многочисленными речными артериями, особенно в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, предопределяет использование для перевозок населения скоростных судов. Это имеет основание. В 80-е годы XX века, когда на речных судах ежегодно перевозилось около 100 млн. человек, более четверти пассажиров совершали поездки на скоростных судах. В то время в России действовала отлаженная система скоростных пассажирских перевозок, основу которой составляли серийные пассажирские суда на подводных крыльях (СПК).

Использование для перевозок пассажиров скоростных судов позволило значительно расширить сферы действия водного транспорта, увеличить скорость поездки в 2-3 раза, составить достойную конкуренцию другим средствам сообщения. Анализ технического состояния скоростных судов, работающих в настоящее время на перевозках пассажиров, показывает, что действующий скоростной флот морально и физически устарел и требует пополнения новыми высокоэффективными транспортными средствами [2].

Первые шаги в возрождении скоростного флота в России сделаны. В 2017 году было построено и спущено на воду первое СПК «Валдай 45Р» (рис. 1). Пассажировместимость судна 45 человек. Судно может развивать скорость до 75 км/ч [3], дальность плавания по запасам топлива 550 км.



Рис. 1. «Валдай 45Р»  
Fig. 1. "Valday 45R"

Построена головная серия судов этого проекта. Первые СПК «Валдай 45Р» успешно зарекомендовали себя на перевозках пассажиров в Ханты-Мансийском автономном округе и Нижегородской области.

В настоящее время СПК «Валдай 45Р» серийно строятся на производственном предприятии АО «ЦКБ по СПК имени Р.Е. Алексеева» (табл. 1).

Таблица 1

Технико-эксплуатационные характеристики пассажирских СПК

Характеристики	Название судов		
	Валдай 45Р	Комета 120М	Циклон 250М
Пассажировместимость, чел	45	120	250
Габариты, м:			
длина	21,3	35,2	44,2
ширина	5,2	10,2	12,6
высота борта	4,5	6,5	14,2
Осадка, м:			
на плаву	1,1	3,5	4,3
на крыльях	0,3	1,2	2,4
Водоизмещение, т	21,4	59,5	137,1
Мощность СЭУ, кВт	1×810	2×820	2×2940
Скорость, км/ч (узл)	65	(35)	(42)
Мореходность, $h_v$ , м	1,2	2,0	2,5
Дальность плавания, км (мили)	400	(250)	(300)

Уже три года на линии Севастополь–Ялта успешно работает морское СПК «Комета-120», построенное по проекту АО «ЦКБ по СПК имени Р.Е. Алексеева» на судостроительном заводе «Вымпел» в Рыбинске. Загрузка на линии составляет 90–95%. Ведется постройка еще двух таких судов.



Рис. 2. СПК «Комета 120М»  
Fig. 2. Hydrofoil "Cometa 120M"

Продолжением возрождения скоростного флота стала закладка в декабре 2019 года на предприятии АО «ЦКБ по СПК имени Р.Е. Алексеева» первого СПК «Метеор 120Р» нового поколения. Примечательно, что первый СПК «Метеор» был заложен в декабре 1959 года и серийно строился более 30 лет. И вот новый шаг в возрождении скоростных судов. Судно предназначено для перевозки 120 пассажиров, автономность плавания 8 ч. Заинтересованность в использовании СПК «Метер-120Р» проявляют эксплуатационники в Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде и Ханты-Мансийском автономном округе.

Большой рыночный потенциал для работы на Дальнем Востоке, Японском, Балтийском и Черном морях и других морских регионах имеет газотурбоход «Циклон-250М», спроектированный в АО «ЦКБ по СПК имени Р.Е. Алексеева» (см. табл. 1).



Рис. 3. СПК «Циклон 250М»  
Fig. 3. Hydrofoil "Cyclone 250M"

Благодаря высокой скорости, амфибийности, возможности посадки и высадки пассажиров у необорудованного берега и других преимуществ, всё большее место в пассажирских перевозках занимают амфибийные суда на воздушной подушке (АСВП). Их использование позволяет существенно увеличить скорость доставки пассажиров, при необходимости организовать круглогодичную работу судов, расширить сферы применения речного транспорта.

Многие судостроительные фирмы внесли вклад в создание отечественных АСВП, среди которых следует выделить ЦМКБ «Алмаз» (г. Санкт-Петербург).

Лидером в постройке гражданских АСВП можно считать судостроительную компанию «Аэроход» (г. Нижний Новгород). С 2000 г. эта компания построила более 900 единиц АСВП. По проектам этой компании ведется серийная постройка многоцелевых АСВП «Хивус-6» и «Хивус-10» (рис. 4), а также других пассажирских амфибийных судов (проекты А20 и А25). С 2019 г. два 26-местных АСВП (проект А20) успешно работают в Ханты-Мансийском автономном округе. Большие перспективы компания «Аэроход» связывает с постройкой АСВП с аэродинамической разгрузкой «Тунгус» (рис. 5). Его пассажировместимость 30 чел. Отличительной особенностью этих судов является наличие конструктивных элементов, позволяющих обеспечить движение на двух режимах: на обычной воздушной подушке (скорость до 80 км/ч) и на аэродинамической подушке (до 200 км/ч) [7].



Рис. 4. «Хивус-6»



Рис. 5. АСВП с АР

Можно констатировать факт: АСВП нашли свою нишу в транспортном комплексе страны. В дальнейшем сферы их использования будут расширяться.

Большой опыт в проектировании и эксплуатации в России накоплен и в создании пассажирских судов на воздушной каверне (СВК). Серийные СВК типа «Линда» были построены на Зеленодольском судостроительном заводе имени М. Горького. Они хорошо зарекомендовали себя в работе в Ханты-Мансийском автономном округе. На базе СВК «Линда» построены более крупные пассажирские суда [8].

Еще одним перспективным направлением развития скоростного флота являются экранопланы (ЭП). Накоплен полувековой опыт изучения эффекта опорной поверхности и создания судов с динамической воздушной подушкой. В числе лидеров по созданию ЭП – ЦКБ по СПК. Под руководством Р.Е. Алексеева был разработан размерный ряд ЭП, обоснованы их технико-эксплуатационные характеристики, компоновка и архитектурный облик.

Многолетние испытания различных моделей стали основой создания самого большого в мире экспериментального ЭП «КМ» (корабль-макет). Его размеры: длина 98 м; высота 21,8 м; размах крыльев 37,8 м. Первый полет ЭП «КМ» состоялся 18 октября 1966 г. на Каспийском море в районе города Каспийск. С полетной массой 544 т ЭП «КМ» показал скорость около 550 км/ч. Зарубежные специалисты назвали его «Каспийский монстр».

Результаты всесторонних испытаний ЭП «КМ» позволили получить необходимые данные для проектирования и постройки ЭП различного назначения («Стриж», «Орленок», «Лунь»).

В 1974 г. под руководством Р.Е. Алексеева началась работа по созданию ЭП второго поколения. На нижегородском заводе «Сокол» была построена головная серия 8-местных ЭП «Волга-2». Результаты многолетних исследований АО «ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева» стали базой для проектирования и постройки ЭП в различных проектных организациях. Например, ПКБ судоходной компании «Элиен» были выполнены проектные разработки пассажирских ЭП по схеме «составное крыло». Из них можно выделить морской ЭП МПЭ-40. Этот ЭП спроектирован как пассажирское судно на 30–40 чел., с возможностью переоборудования в грузопассажирское или патрульное судно [6].

Следует выделить практические достижения экраностроительного предприятия «Орион». В 2014 г. оно провело испытания 20-местного ЭП «Орион-20». Его взлетная масса 20 т, грузоподъемность 3 т. Судно на испытаниях развивало скорость до 130 км/ч. Эта организация построила и продала Ирану три ЭП «Орион-12», способных брать 12 пассажиров или 1,2 т груза.

ЭП могут стать прочной основой для создания скоростных транспортных систем Приморья и освоения арктических районов Якутии [3].

### **Сравнительный анализ технико-эксплуатационных характеристик скоростных судов**

В сложившихся условиях важно выполнить сравнительный анализ технико-эксплуатационных характеристик перспективных типов отечественных и зарубежных скоростных судов. В качестве таковых могут рассматриваться перспективные типы судов с динамическими принципами поддержания (СДПП) – СПК, амфибийные и скеговые СВП (соответственно АСВП и ССВП), суда на воздушной каверне (СВК) и экранопланы (ЭП). Их технико-эксплуатационные характеристики приведены в табл. 2 [7–15].

Таблица 2

Технико-эксплуатационные характеристики отечественных и зарубежных СДПП

Тип судна	Характеристики					
	Пассажировместимость, $n_{пас.}$ , чел.	Водоизмещение полное $D$ , т	Скорость, $v$ , км/ч	Коэффициент утилизации по полезной нагрузке	Энерговооруженность $N/D$ , кВт/т	Энергетическая эффективность $N/n_{пас.} \cdot v$ , кВт·ч / чел·км
Отечественные суда						
СПК	40–260	14,5–137	60–100	0,17–0,39	21,1–58	0,147–0,336
ССВП	48–130	15,4–70,8	36–53	0,17–0,27	11,9–34,3	0,106–0,295
АСВП	5–50	1,85–36,4	40–90	0,14–0,31	23,9–46,4	0,203–0,515
СВК	70–100	24,6–40,0	60–80	0,23–0,26	26,8–49,7	0,157–0,248
ЭП	8–250	2,5–105	120–280	0,11–0,32	78,9–189	0,214–0,460
Зарубежные суда						
СПК	45–350	16,7–170	59–90	0,16–0,33	25,3–48,8	0,148–0,298
ССВП	40–500	20,0–260	45–93	0,13–0,46	16,2–62,0	0,100–0,540
АСВП	10–155	3,0–65,0	61–90	0,18–0,47	25,5–125	0,086–0,578
СВК	150–400	43–154	50–78	0,28–0,37	19,0–24,7	0,093–0,141
ЭП	2–5	0,5–8,1	80–200	0,28–0,33	74–125	0,151–0,231

Как следует из данных табл. 2 максимальная пассажировместимость СДПП – 500 человек. Наибольшие перспективы в увеличении пассажировместимости и обеспечении высокого уровня комфорта поездки пассажиров имеют ССВП.

Выбор типа скоростного судна и пассажировместимости зависит от условий эксплуатации и интенсивности пассажиропотока на линии. Например, опыт эксплуатации отечественных СПК и СВП показывает, что оптимальная пассажировместимость речных скоростных судов находится в диапазоне от 70 до 130 человек. Для проектирования крупных морских СПК и СВП характерна разработка на одной базе модификаций пассажирского судна и автомобильно-пассажирского паром.

Максимальное водоизмещение пассажирских скоростных судов зависит от типа СДПП. Для СПК его значение равно 170 т («Джетфойл», США); для ССВП – 260 т (WSES 4000, Норвегия); для АСВП – 65 т (СВП типа 722, Китай); для ЭП – 19,0 т (ТХ-5, Китай)

Скорость пассажирских судов определяется в первую очередь типом СДПП, а также зависит от типа и мощности главных двигателей. Для отечественных СПК и ССВП, используемых в качестве главных двигателей дизели, диапазон изменения скоростей довольно велик – от 36 до 86 км/ч. Использование на СПК «Буревестник» ГТУ позволило увеличить скорость до 100 км/ч. На зарубежных скоростных судах, как правило, устанавливаются ГТУ, что позволяет значительно увеличить агрегатную мощность СЭУ. Верхний предел их скорости достигает 90–100 км/ч. На ЭП в качестве главных двигателей используются турбовентиляторные двигатели, которые позволяют обеспечить скорость 200 км/ч и более.

В прямой зависимости от типа СДПП и коэффициент утилизации по полезной нагрузке. У отечественных пассажирских скоростных судов его значение изменяется в пределах от 0,11 до 0,39. У речных судов этот показатель во многом зависит от класса судна. Большие значения этого показателя имеют суда классов «Л» и «Р». Значение коэффициента утилизации по полезной нагрузке зарубежных судов несколько выше, чем у отечественных. Это обстоятельство объясняется тем, что на зарубежных СДПП используются более легкие двигатели, системы и устройства.

Зависимость энергозатрат у различных типов СДПП можно выполнить по коэффициенту энерговооруженности ( $N/D$ ) и критерию энергетической эффективности ( $N/n_{\text{пас}} \cdot v$ ). Как у отечественных, так и у зарубежных скоростных судов, меньшая энерговооруженность у ССВП. У отечественных судов она изменяется от 11,9 до 34,3 кВт/т, а у зарубежных – от 16,2 до 62,0 кВт/т. Это объяснимо, поскольку скорости ССВП имеют наименьшие значения по сравнению с другими типами СДПП. Они изменяются в диапазоне от 36 до 93 км/ч. Наибольшие энергозатраты у ЭП – до 189 кВт/т. Это связано с затратами на обеспечение высоких скоростей движения (особенно во время выхода ЭП на крейсерскую скорость 220–280 км/ч).

Аналогичная зависимость прослеживается и при анализе изменения критерия энергетической эффективности скоростных судов ( $N/n_{\text{пас}} \cdot v$ ). Наименьшие значения этого критерия у ССВП и СВК, а наибольшие – у ЭП.

### **Выводы**

Каждый тип СДПП с учетом имеющихся преимуществ имеет свою нишу использования. Целесообразно разработать сетку перспективных скоростных судов с учетом технико-эксплуатационных показателей.

Приведенный анализ позволяет с учетом выявленных преимуществ (высокая скорость, амфибийность и т.д.) принять решение об использовании определенного типа СДПП для работы на заданной линии. Для окончательного решения о выборе типа СДПП следует выполнить сравнение его технико-экономических характеристик с показателями других транспортных средств, которые могут составить конкуренцию новому судну.

### **Список литературы**

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года // Утверждена постановлением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734р.
2. Смердов В.Н., Любимов В.И. Пассажирские скоростные суда – важные составляющие транспортного комплекса Ленского бассейна // Речной транспорт (XXI век). 2014. – № 2. – С. 65–68.
3. Федорев Г.А., Знатков А.С., Шауб П.А. Экранопланы и скоростные транспортные системы для Приморья и освоения арктических регионов Якутии // Судостроение, 2017. – № 2. – С. 12–16.
4. Любимов В.И., Роннов Е.П., Малышкин А.А., Барышев В.И. Современное состояние, тенденции развития и коммерческого использования скоростных судов // Судостроение, 2019. – № 5. – С. 17–19.
5. Любимов В.И., Варакозов Ю.Г., Барышев В.И. Техничко-эксплуатационные аспекты использования скоростных судов в транспортной системе Российской Федерации // Вестник ВГАВТ. Вып. 59. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – С.69–71.
6. Любимов В.И., Барышев В.И. Перспективные области применения транспортных экранопланов // Речной транспорт (XXI век). 2015. – № 4. – С. 57–59.
7. Любимов В.И., Роннов Е.П. Использование амфибийных судов на воздушной подушке – важная компонента технического прогресса на водном транспорте // Судостроение, 2020 – № 2. – С. 17–20.
8. Горбачев Ю., Буянов А., Сверчков А. Суда на воздушной каверне – реальный способ повышения энергоэффективности и экономической безопасности // Морской флот, 2015. – № 2. – С. 15-17.
9. Zalek S., Karr D.G., Jabbarizadeh S., Maki K.J. Modeling of air cushion vehicle's flexible seals under steady state conditions // Ocean Systems Engineering. 2011, vol.1., no.1., pp.17-28
10. Xuan Zhang, Qiulin Qu, Ramesh K., Aqerval Computations of Flow Fields of an Airfoil and a Wing with Gurney Flap in Ground Effect //35<sup>th</sup> AIAA Aerodynamics conference, 2017. doi:10.2514/6.2017-4466. <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2017-4466>

11. Banks, Ioe. Free-surface CFD Prediction of Components of Ship Resistance for KCS / Ioe Banks, A.B. Philips, Stephen R u Turnock // 13 th Numerical Towing Tank Symposium – 2010 – Duisburg / Germany.
12. Dakhrabadi, M. Tavakoli. Influence of main and outer wings on aerodynamic characteristics of compound wing-in-ground effect / M. Tavakoli Dakhrabadi, M.S. Self // Aerospace Science and technology – № 55 – 2016 – pp. 177–188.
13. Iamei, Salld. Numerical Investigation on Aerodynamic Characteristics of Compound Wing-in-Ground Effect / Salld Iamei, Adi Maimun, Shuhaimi Mansor, Nor Azwadi, agoes Priyanto // Journal of Aircraft. – Vol. 49. – № 5. – 2012 – pp. 1297–1305.
14. Kleinsorge, Luts. About of Effect of Discretisation Schemes on the Results of Numerical Calculation of Ship Flow / Luts Kleinsorge, Robert Brousart, Katia Hartig // 15-th Numerical Towing Tank Symposium. – 2012 – Cortona / Italy.
15. Qua Qiulin. Numerical study of the aerodynamics of a NACA 4412 airfoil in dynamic ground effect / Qiulin, Xi Iiaa, Wei Wang, Peiging Lina, Ramesh K. Agarwal // Aerospace Science of Technology. – № 38. – 2014 – pp. 56–63/

### References

1. Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 // Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 No. 1734p.
2. Smerdov V.N., Lyubimov V.I. Passenger high-speed vessels - important components of the transport complex of the Lena basin // River transport (XXI century). 2014. – No. 2. – P.65–68
2. Lyubimov V.I., Gakkel A.A., Baryshev V.I. We don't swim, we fly!" – the motto of the "Elien" company // V. I. Lyubimov, A. A. Gakkel, V. I. Baryshev. St. Petersburg, 2007. – 68 p.
3. Fedoreev G.A., Znatkov A.S., Shaub P.A. Ekranoplans and high-speed transport vessels for Primorye and the development of the Arctic regions of Yakutia // Shipbuilding. 2017 – No. 2. P.12–16.
4. Lyubimov V.I., Ronnov E.P., Malyshekin A.G., Baryshev V.I. Current status, development trends and commercial use of high-speed vessels // Shipbuilding. 2019. – No. 5. – P. 13–18.
5. Lyubimov V. I., Varakozov Yu. G., Baryshev V. I. Technical and operational aspects of the high-speed vessels use in the Russian Federation transport system // Vestnik VGAVT. Issue 59. - N. Novgorod: Izd-vo FGBOU VO "VGUVT", 2020. - P. 69-71.
6. Lyubimov V.I., Baryshev V.I. Promising areas for the use of vehicle ekranoplanes // River transport (XXI century). – 2015. – No. 2. – P. 57–59.
7. Lyubimov V. I., Ronnov E. P. The Use of amphibious hovercraft is an important component of technological progress on water transport Shipbuilding, 2020 – № 2. – P. 17-20.
8. Gorbachev Y., Buyanov A., Crickets A. Court on the hovercraft is a real way to improve the efficiency and economic security // Marine Fleet, 2015. - No. 2. - P. 15-17.
9. Zalek S., Karr D.G., Jabbarizadeh S., Maki K.J. Modeling of air cushion vehicle's flexible seals under steady state conditions // Ocean Systems Engineering. 2011, vol.1., no.1, P.17–28
10. Xuan Zhang, Qiulin Qu, Ramesh K., Aqerval Computations of Flow Fields of an Airfoil and a Wing with Gurney Flap in Ground Effect //35<sup>th</sup> AIAA Aerodynamics conference, 2017. doi:10.2514/6.2017-4466. <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2017-4466>
11. Banks, Ioe. Free-surface CFD Prediction of Components of Ship Resistance for KCS / Ioe Banks, A.B. Philips, Stephen R u Turnock // 13 th Numerical Towing Tank Symposium – 2010 – Duisburg / Germany.
12. Dakhrabadi, M. Tavakoli. Influence of main and outer wings on aerodynamic characteristics of compound wing-in-ground effect / M. Tavakoli Dakhrabadi, M.S. Self // Aerospace Science and technology – № 55 – 2016 – pp. 177–188.
13. Iamei, Salld. Numerical Investigation on Aerodynamic Characteristics of Compound Wing-in-Ground Effect / Salld Iamei, Adi Maimun, Shuhaimi Mansor, Nor Azwadi, agoes Priyanto // Journal of Aircraft. – Vol. 49. – № 5. – 2012 – pp. 1297–1305.
14. Kleinsorge, Luts. About of Effect of Discretisation Schemes on the Results of Numerical Calculation of Ship Flow / Luts Kleinsorge, Robert Brousart, Katia Hartig // 15-th Numerical Towing Tank Symposium. – 2012 – Cortona / Italy.
15. Qua Qiulin. Numerical study of the aerodynamics of a NACA 4412 airfoil in dynamic ground effect / Qiulin, Xi Iiaa, Wei Wang, Peiging Lina, Ramesh K. Agarwal // Aerospace Science of Technology. – № 38. – 2014 – pp. 56–63/

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Виктор Иванович Любимов**, д.т.н.,  
профессор кафедры проектирования и  
технологии постройки судов, Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951,  
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-  
mail: [ptps@vgavt\\_nn.ru](mailto:ptps@vgavt_nn.ru)

**Viktor I. Lyubimov**, Doctor of Technical  
Sciences, Professor of the "Volga State  
University of Water Transport", 5, Nesterov st,  
Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:  
[ptps@vgavt\\_nn.ru](mailto:ptps@vgavt_nn.ru)

Статья поступила в редакцию 11.03.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 11.03.2021; published online 15.06.2021

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **OPERATION OF SHIP POWER EQUIPMENT**

УДК 621.43

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.192>

#### **Обзор современных систем управления двигателями внутреннего сгорания**

**А.В. Соловьёв<sup>1,2</sup>**

**Е.Н. Поселенов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>2</sup>*Российский речной регистр, Верхне-волжский филиал, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** В статье проведен обзор современных микропроцессорных систем управления двигателями внутреннего сгорания, позволяющие улучшить весь комплекс конструктивных, технологических, экологических и эксплуатационных характеристик двигателей благодаря широким возможностям регулирования рабочего процесса в каждом цикле каждого цилиндра. Рассмотрены направления исследований и разработок по созданию адаптивных двигателей. Указано, что главной отличительной особенностью двигателей с изменяемым рабочим процессом любой конструктивной схемы состоит в том, что указанные свойства адаптивности достигаются увеличением числа управляемых элементов по сравнению с существующими двигателями. Приведен обзор управляемых элементов, реализованных в транспортных двигателях внутреннего сгорания и рассмотрены технические решения, которые применяются известными мировыми фирмами в области судовых средне- и высокооборотных двигателей. Описаны направления в области совершенствования компьютеров, управляющих двигателями.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, системы управления, адаптивный двигатель, регулирование рабочего процесса, управляемые элементы.

#### **Overview of modern control systems for internal combustion engines**

**Alexey V. Soloviev<sup>1,2</sup>**

**Evgeniy N. Poselenov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Volga state University of water transport, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Russian River Register, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The article provides an overview of modern microprocessor control systems for internal combustion engines, which allow improving the entire complex of design, technological, environmental and operational characteristics of engines due to the wide possibilities of the working process regulations in each cycle of each cylinder. The directions of research and development on the creation of adaptive engines are considered. It is indicated that the main distinguishing feature of engines with a variable workflow of any design scheme is that these adaptability properties are achieved by increasing the number of controlled elements in comparison with existing engines. The article provides an overview of the controlled elements implemented in internal combustion transport engines and discusses the technical solutions that are used by well-known global companies in the field of marine

medium-and high-speed engines. The directions of improving computers that control engines are described.

**Keywords:** internal combustion engine, control systems, adaptive engine, workflow control, controlled elements.

### **Введение**

Отличительной чертой современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является использование микропроцессорного (компьютерного) управления, позволяющего улучшить весь комплекс конструктивных, технологических, экологических и эксплуатационных характеристик двигателей благодаря широким возможностям регулирования рабочего процесса в каждом цикле каждого цилиндра [1]. Совершенствование рабочего процесса достигается автоматическим выбором и установлением совокупности значений параметров рабочего процесса в цилиндрах двигателя и алгоритмов управления, обеспечивающих наилучший результат по расходу топлива и качеству переходных процессов с учетом ограничений по экологическим и техническим параметрам.

Двигатели, характеризующиеся большим числом управляемых параметров и позволяющие осуществить настройку на каждый эксплуатационный режим, получили название двигателей с изменяемым рабочим процессом, или адаптивных двигателей [1-3].

Необходимость создания таких двигателей обусловлена, прежде всего, многорежимностью их функционирования в условиях эксплуатации.

Исследования и разработки по созданию адаптивных двигателей осуществляются в настоящее время в двух направлениях [1]:

- первое направление базируется на дальнейшем расширении возможностей ДВС традиционных конструктивных схем путем увеличения числа управляемых элементов. Конструктивные решения, направленные на улучшение какого-либо параметра, называют «элементами адаптации»;

- второе направление связано с разработкой двигателей, у которых в зависимости от условий рядовой эксплуатации происходит изменение (конвертирование) самой конструктивной схемы. Это направление требует глобального пересмотра существующих технологий проектирования двигателей.

На современном этапе технического прогресса существенное развитие получило первое направление. Во-первых, используются традиционные технологии проектирования двигателей. Во-вторых, мировое двигателестроение не готово к переходу на конвертирование самой конструктивной схемы двигателя в процессе эксплуатации.

Главная отличительная особенность двигателей с изменяемым рабочим процессом любой конструктивной схемы состоит в том, что указанные свойства адаптивности достигаются увеличением числа управляемых элементов по сравнению с существующими двигателями, что предопределяет применение для них систем автоматического управления нового типа [1-3].

### **Адаптивные транспортные ДВС**

Обзор управляемых элементов по первому направлению, реализованных в транспортных ДВС, приведен в Таблице 1.

*Таблица 1*

**Управляемые элементы ДВС**

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
---------------------	------------------	-------------------	--------------------------

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
Система изменения фаз газораспределения (Variable Valve Timing, VVT)	EVA	Aura Systems	Регулируемые параметры работы газораспределительного механизма: - момент открытия (закрытия) клапанов; - продолжительность открытия клапанов; - высота подъема клапанов. Используется два типа регулировки фаз газораспределения: 1. за счет поворота распределительного вала по ходу вращения, чем обеспечивается раннее открытие клапанов по сравнению с исходным положением; 2. с использованием кулачков различной формы, чем достигается ступенчатое изменение продолжительности открытия и высоты подъема клапанов [4].
	VVN	Meta Systems	
	VDO	Systems	
	Valvetronic и bi-VANOS	BMW	
	i-VTEC, VTC	Honda	
	VarioCAMPlus	Porsche	
	VVT – Variable Valve Timing	Mahl, Volkswagen	
	MIVEC, Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control	Mitsubishi	
Valvelift System	Audi		
Система нейтрализации отработавших (выпускных) газов дизелей	–	Bosch	Электронный блок управляет фильтром твердых частиц и накопительным нейтрализатором окислов азота NO <sub>x</sub> , достигая на каждом режиме работы двигателя наилучшей нейтрализации выпускных (отработавших) газов. Блок также управляет рециркуляцией газов, положением дроссельной заслонки и давлением наддува [1, 4].
Электрогидравлическая система привода клапанов	Valvetrain EHVS	AVL и Bosch	Обеспечивает любую характеристику подачи воздуха в цилиндры двигателя, независимо регулирует фазы газораспределения (открытие и закрытие), высоту подъема каждого в отдельности клапана, скорость, ускорение и перемещение клапана [1, 5].
		Yacobs Vehicle Systems	
Система отключения работы части цилиндров	–	Delphi – Automotive Systems, Chrysler, Honda	Осуществляет управление переходом на необходимое количество работающих цилиндров [6].

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
Турбокомпрессоры с изменяемым входным сечением турбины	VNT	Garrett	Обеспечивает изменение входного сечения турбины [7].
Аккумуляторная топливная система	Common Rail Common Rail	Denso Bosch Delphi	<p>Применяются управляемые электроникой электрогидравлические форсунки с электромагнитным или пьезоэлектрическим приводом управляющих клапанов, впрыскивают дизельное топливо под высоким давлением в цилиндры.</p> <p>Второе поколение системы Common Rail фирмы Bosch обеспечивает до пяти впрыскиваний топлива за один цикл. Для повышения точности процесса впрыскивания и повышения долговечности элементов системы на весь ресурс двигателя было разработано программное обеспечение, позволяющее управлять количеством впрыскиваемого топлива IQA (Injector Quantity Adjustment), регулировать электрическое напряжение в форсунке IVA (Injector Voltage Adjustment) и осуществлять коррекцию колебаний давления PWC (Pressure Wave Correction). Система предусматривает также управление количеством подаваемых доз топлива при предвпрыскивании. Кроме того, система регулирует соотношение полного количества подаваемого воздуха к вводимому топливу. Отметим, что ДВС с системой Common Rail оборудованы датчиками давления газов в цилиндрах и давления впрыска топлива.</p> <p>В ведущих фирмах мира, таких как Bosch, Siemens, Delphi, Denso и др., завершены разработки новых топливных систем Common Rail с пьезофорсунками. Пьезофорсунка практически не имеет «мертвого» времени, переключение происходит очень быстро и точно. В блоке управления запрограммированы характеристики двигателя и процесса впрыскивания, в него</p>

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
			<p>поступают данные о положении коленчатого вала и распределительных валов. В последнее время ведутся интенсивные разработки по так называемым изменяемым распылителям форсунок с рядами малых и больших распыливающих отверстий [8, 9].</p>
<p>Топливная система с гидравлической насос-форсункой с электронным управлением</p>	<p>HEUI (Hydraulic Electronic Unit Injection)</p>	<p>Caterpillar совместно с Navistar</p>	<p>В топливных системах с насос-форсунками и индивидуальными топливными насосами используется принцип дозирования топлива с помощью встроенных электромагнитных клапанов управления подачей. Момент подачи пускового сигнала на электромагнитный клапан, то есть момент его закрытия, означает начало подачи топлива. Продолжительность периода подачи пускового сигнала</p>
			<p>определяет величину цикловой подачи. Момент и продолжительность пускового сигнала определяются электронным блоком управления в соответствии с программируемыми матрицами характеристик, учитывающими режим работы двигателя и условия окружающей среды [10].</p>
<p>Система изменения степени сжатия в двигателях</p>		<p>FEV Motorentechnik</p>	<p>Принцип работы заключается в следующем – эксцентрично расположенная ось коленчатого вала, позволяющая при повороте перемещать ось и тем самым изменять степень сжатия. Это позволяет уменьшать степень сжатия на больших нагрузках для получения недетонирующего процесса сгорания топлива на полной нагрузке и сохранять высокую компрессию на частичных режимах [11].</p>

Управляемый элемент	Название системы	Фирма разработчик	Краткое описание системы
Механизм изменения степени сжатия	GoEngine	Gomecsys	В предложенной конструкции каждая кривошипная головка шатуна соединена с коленчатым валом через узел, который находится в зацеплении с эпициклической системой, позволяющей ей вращаться вокруг коленчатого вала. Управление осуществляется электронной системой [12].

Примеров адаптивности ДВС можно привести достаточно много, но, как указывалось выше, важнейшим фактором, определяющим качество микропроцессорного управления двигателем, является алгоритм управления. Применение «интеллектуальных» алгоритмов управления позволяет достигнуть предельно возможных наилучших показателей качества рабочего процесса. Это относится, прежде всего, к точности поддержания частоты вращения коленчатого вала двигателя при его работе в установившихся режимах нагружения, ограничению максимального отклонения параметров и длительности переходных процессов пуска, разгона, нагружения и отслеживания изменения нагрузки.

В комплекс алгоритмов управления в общем случае входят алгоритмы адаптивного управления опережением подачи топлива, давлением, числом стадий впрыска, формой характеристики впрыскивания топлива, ограничением подачи топлива, исключением подачи топлива при условиях, не обеспечивающих его воспламенение и эффективное сгорание, фазами газораспределения, давлением наддува и др. Важно, что для реализации алгоритмов управления осуществляется сбор и обработка информации, полученной от датчиков регулируемых параметров, которая позволяет также реализовывать алгоритмы безразборной автоматической технической диагностики.

На всех двигателях с электронными системами управления достигнуто существенное снижение эксплуатационного расхода топлива и вредных выбросов. Улучшены пусковые и тормозные характеристики, повышена надежность узлов и деталей двигателя.

Как уже указывалось, описанные выше «элементы адаптации» двигателей реализованы в основном в автомобилестроении. Однако накопленный в автомобилестроении опыт позволяет в ближайшем будущем перенести часть решений по элементам адаптации на судовые дизели.

#### **Адаптивные судовые дизельные установки**

В конце XX века мировое судовое дизелестроение вслед за автомобилестроением приступило к попыткам создания адаптивных судовых дизельных установок (СДУ).

Рассмотрим некоторые технические решения, которые применяются известными мировыми фирмами в области судовых средне- и высокооборотных двигателей (СОД и ВОД). Представляют также интерес технические решения, предложенные на заре разработок электронных систем управления судовыми двигателями, которые нашли применение в основном в малооборотных двигателях (МОД).

Первые разработки и применение технических решений с электронным управлением были представлены в 2001 году фирмой MAN B&W в МОД серии ME [1, 13, 14]. Разработка базировалась на двигателе серий MC или MC-C, т. е. основные конструктивные элементы двигателя (детали остова, коленчатый вал, цилиндрические втулки, крышки цилиндров и т. д.) не отличались от элементов двигателей MC (MC-C), отличие состояло только в конструкции и принципах управления топливной

аппаратурой и системой газораспределения. Одним из основных достоинств двигателей серии ME (буква «E» означает электронное управление) является более низкий расход топлива на эксплуатационных режимах работы в диапазоне мощности от 50 до 85 % от номинальной мощности. Минимальный расход топлива – 155 г/(кВт ч) – достигается тем, что число стадий и интенсивность впрыскивания топлива, а также фазы открытия и закрытия выпускных клапанов выбираются наиболее соответствующими качественному рабочему процессу на всех постоянных и переходных режимах работы. Система управления предусматривает также мониторинг процессов в цилиндрах двигателя и автоматическое поддержание одинаковой нагрузки по всем цилиндрам.

В конструкции двигателя в связи с отсутствием распределительного вала для обеспечения впрыскивания топлива и подъема выпускных клапанов используется гидравлический контур масла, находящийся под давлением 20 МПа. Контур содержит отфильтрованное масло из циркуляционной системы двигателя. Также применена система смазки типа Alpha, играющая большую роль в реализации задач экологической безопасности.

Двигатели серии ME могут настраиваться на различные «низкоэмиссионные режимы» путем гибкого регулирования топливной аппаратуры и системы газораспределения, при которых эмиссия  $\text{NO}_x$  существенно снижается по сравнению с другими режимами. Это особенно важно при эксплуатации судов в экологически чистых «зеленых» зонах. Как известно, на эмиссию частиц в значительной степени влияет расход цилиндрического масла. Испытания показывают, что при снижении расхода цилиндрического масла эмиссия частиц также снижается. Однако процесс износа цилиндрической втулки и поршневых колец также зависит от расхода цилиндрического масла. Необходимо выбирать и поддерживать наилучшую для каждого режима работы (включая переходные режимы) подачу масла, минимизирующую как эмиссию частиц, так и динамику износа цилиндрической-поршневой группы. При выборе расхода масла также должно приниматься во внимание содержание серы в топливе. Эта функция в двигателях ME решается компьютером с использованием лубрикатора специальной конструкции типа Alpha.

Двигатели серии ME могут быть оснащены системой глубокой очистки выпускных (отработавших) газов от оксидов азота – SCR реактором (SCR – Selective Catalytic Reduction), использование которого обычно дает 90 %-ное и большее снижение содержания оксидов азота в выпускных газах. Все необходимые функции SCR хорошо интегрируются в компьютерную систему управления двигателем серии ME.

Двигатели серии ME с электронным управлением обеспечивают достаточно интенсивное впрыскивание топлива в цилиндр двигателя и стабильную регулировку цикловой подачи, независимо от скоростного режима работы двигателя. Благодаря этому двигатель устойчиво работает при частоте вращения коленчатого вала, которая составляет 10–12 % от номинальной частоты вращения.

Двигатели серии ME имеет значительно лучшую приемистость, чем их предшественники. Гибкое управление фазой открытия выпускных клапанов позволяет интенсивней разгонять ротор турбокомпрессора, тем самым повышая давление наддува. Это, в свою очередь, позволяет более динамично увеличивать подачу топлива в цилиндры двигателя. Возможность динамического нагружения двигателя важна при выполнении маневренных операций. Система электронного управления двигателями серии ME включает в себя систему предупреждения перегрузки двигателя.

Особое внимание к проблеме окружающей среды, вызванной выбросами  $\text{NO}_x$ , потребовало от дизелестроителей более тщательного изучения технологий снижения выбросов  $\text{NO}_x$ . Компания MAN B&W предложила технологию по снижению выбросов  $\text{NO}_x$  путем рециркуляции выпускных (отработавших) газов [1, 13]. При этом

система управления при реализации технологии рециркуляции выпускных газов (EGR – Exhaust Gas Recirculation) интегрирована в систему электронного управления двигателем. EGR-процесс основан на перепуске выпускных газов перед турбокомпрессором из выпускного ресивера в систему продувочного воздуха.

Конечный результат по снижению выбросов  $\text{NO}_x$  достигается благодаря замещению частиц кислорода углекислым газом, в результате чего вследствие замедления процесса сгорания снижается максимальный пик температуры.

Фирма Wartsila решает проблему снижения эмиссии  $\text{NO}_x$  следующим образом [1, 13]:

- электронные системы топливоподачи типа Common Rail, которыми оснащены двигатели Wartsila RT-flex, обеспечивают получение различных профилей подачи топлива одновременно с адаптируемыми фазами газораспределения;

- впрыскиванием воды в камеру сгорания.

Датское подразделение MAN B&W разработало VTA технологию (Variable Turbine Area – изменяемое проходное сечение турбины), которая открывает новые адаптивные возможности. Гибкость управления расходом воздуха является ключевым фактором как для удовлетворения требований по вредным выбросам с выпускными газами двигателей, так и для улучшения характеристик расхода топлива. VTA-система позволяет установить оптимальное соотношение количества подаваемого воздуха и впрыскиваемого топлива в любой точке поля нагрузочных характеристик двигателя, а также улучшить динамические свойства системы двигатель-турбокомпрессор.

На речных судах и судах смешанного (река-море) плавания нашли применение в основном СОД и ВОД.

В современных конструкциях судовых средне- и высокооборотных дизелей в значительной степени реализован заимствованный более чем 20-летний опыт производителей дизелей дорожного транспорта в отношении применения новых технологий управления в системах топливоподачи, газообмена и др. Рассмотрим достижения в части разработки и применения электронных систем и средств управления применительно к судовым СОД и ВОД.

Мероприятия по управлению рабочим процессом дизеля в комплексе включают:

- 1) применение электронных систем управления топливными системами высокого давления типа Common Rail (CR), в том числе с мероприятиями, указанными в 2) и 3);
- 2) применение многостадийной подачи топлива;
- 3) управление углом опережения подачи топлива;
- 4) изменение фаз газораспределения;
- 5) рециркуляцию отработавших газов;
- 6) использование регулируемых турбокомпрессоров;
- 7) при набросах нагрузки в переходных процессах дизель-генераторов переменного тока применяется подача воздуха на колесо турбины или компрессора для разгона ротора турбокомпрессора и улучшения динамических показателей и др.

Все эти мероприятия направлены на адаптацию двигателя к меняющимся условиям эксплуатации. Набор этих мер по управлению рабочим процессом на каждом конкретном двигателе выбирается проектантом в зависимости от особенностей эксплуатации, а также для выполнения норм по экологическим показателям.

Отметим, что с момента появления первых двигателей и до настоящего времени осуществляется совершенствование компьютеров, управляющих двигателями (ЕСМ). Так, первые компьютеры, которыми оснащались двигатели фирмы Caterpillar, имели 8-битовый процессор, затем 16-ти битовый. В настоящее время ЕСМ АDEM-III (Advanced Diesel Engine Management) имеет 32-битовый процессор. Изменялось при этом и число входов/выходов ввиду необходимости увеличения числа датчиков и

управляемых величин для учета большого перечня рабочих параметров и внешних условий. Новейший ЕСМ АДЕМ-IV имеет 170 входов и линий связи с двигателем [1].

ЕСМ включает две основные части – управляющий компьютер и персональный модуль. Персональный модуль ЕСМ является перепрограммируемым и представляет собой микросхему энергонезависимой памяти, содержащей программное обеспечение компьютера, рабочие таблицы (алгоритмы), определяющие закон подачи топлива и закономерности функционирования в различных режимах, а также содержит информацию о конкретном применении двигателя. Таким образом, имеется возможность изменения программ управления.

Помимо основных задач управления рабочим процессом дизеля ЕСМ обеспечивает решение ряда других задач, в том числе:

- мониторинг показания датчиков с контролем их исправности;
- самодиагностика электронной системы управления с выводом активных кодов-извещений о неисправностях компонентов (модулей);
- сохранение в памяти кодов-извещений о неисправностях;
- сохранение в памяти имевших место выходов рабочих параметров за установленные пределы (перегрев, превышение установленных пределов частоты вращения, низкое давление масла и др.);
- выполнение тестов и калибровок некоторых элементов по командам от специальной программы.

Компьютерный блок управления двигателем, как правило, выполняет основные функции управления – регулирования частоты вращения, давления топлива в магистрале, количества впрыскиваемого топлива и времени впрыска, изменения фаз газораспределения, зависящих от режимов работы двигателя. Соответственно осуществляется управление секциями клапанов и электромагнитными форсунками в функции частоты вращения по сигналу от датчика частоты вращения коленчатого вала и датчика высокого давления. Кроме того, компьютер управляет регулированием температуры охлаждающей жидкости и выпускных газов, давления наддува и частоты вращения ротора турбокомпрессора.

### **Заключение**

Перечисленные выше достижения, применяемые в системах электронного управления двигателями, позволяют сделать выводы об отсутствии сдерживающих факторов по интеграции ДВС в единую целеориентированную систему управления СЭУ [15], позволяющую реализовывать сценарии управления в зависимости от внешних условий эксплуатации судна. При этом отметим, что изготовителями судовых ДВС уделяется внимание вопросам повышения экологических, экономических и динамических характеристик, а также вопросам повышения надежности, но при разработке систем управления идеология управления не выходит за рамки функций конкретного двигателя, который будет работать в составе СЭУ и взаимодействовать со сложным комплексом функционально взаимосвязанных элементов СЭУ.

### **Список литературы**

1. Лашко В. А. Перспективы развития интеллектуальных поршневых ДВС / В. А. Лашко // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 260–287.
2. Лашко, В. А. Изменение степени сжатия – один из элементов создания адаптивного поршневого двигателя / В. А. Лашко, А. И. Поспелов // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 307–310.
3. Конск Г. А. Перспективные тенденции развития поршневых ДВС и агрегатов на их базе на современном этапе / Г. А. Конск, В. А. Лашко // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2005. – № 1. – С. 127–140.

4. Дмитриевский А. В. / Автомобильные бензиновые двигатели // А. В. Дмитриевский // М.: Астрель, 2003. – 128 с.
5. New technology / Jacobs Vicle Systems [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jacobsvehiclesystems.com/products/variable-valve-actuation/> (дата обращения: 13.02.2018).
6. Современная техника и технологии. 2012. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2012/12/1426> (дата обращения: 13.02.2018).
7. GarrettTurbochargers // [Электронный ресурс]. URL: [http://www.industrialgroup.com.ua/files/tkr\\_s\\_vnt.pdf](http://www.industrialgroup.com.ua/files/tkr_s_vnt.pdf) дата обращения 13.02.2018).
8. Компоненты системы commonrail // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.denso-am.ru/produkty/zapasnye-chasti/dizel-nye-komponenty/komponenty-sistemy-common-rail/> (дата обращения: 13.02.2018).
9. Großmotoren-Technikmit Common-Rail-Systemen // Bosch [Электронныйресурс]. URL: [www.bosch-mobility-solutions.com/media/global/products-and-services/off-highway-and-large-engines/powertrain-solutions/modular-common-rail-system/systemmappe\\_grossmotoren\\_technik.pdf](http://www.bosch-mobility-solutions.com/media/global/products-and-services/off-highway-and-large-engines/powertrain-solutions/modular-common-rail-system/systemmappe_grossmotoren_technik.pdf) (дата обращения 13.02.2018).
10. Системы подачи топлива с насос-форсунками // СТЭЛ [Электронный ресурс]. URL: <http://steldiesel.ru/files/sistemapodachi-s-nasosfors.pdf> (дата обращения 13.02.2018).
11. Изменение неизменяемого. Продолжение // [Электронный ресурс] URL: <http://www.abs-magazine.ru/article/izmenenie-neizmenennogo-prodolzhenie-nachalo-v-112017> (дата обращения 13.02.2018).
12. Степень свободы // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.abs-magazine.ru/article/stepenj-svobod/> (дата обращения 13.02.2018).
13. Service Experience 2007, MAN B&W Engines The ME/ME-C and MC/MC-C Series // [Электронный ресурс] URL: [http://marengine.com/ufiles/MAN-Service\\_Experience\\_2007.pdf](http://marengine.com/ufiles/MAN-Service_Experience_2007.pdf) (дата обращения 13.02.2018).
14. Петров, А. П. Развитие электронных систем управления судовыми двигателями внутреннего сгорания / А. П. Петров, Г. Е. Живлюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2015. – № 5 (33). – С. 152–169.
15. Соловьёв А.В. Концепция единого целеориентированного управления судовой энергетической установкой / А.В. Соловьёв // Вестник государственного университета морского и речного транспорта имени адмирала С.О. Макарова, 2017. – Т 9. – № 5 – 1027 - 1039.

#### References

1. Lashko, V. A. Perspektivy razvitiy intellectualnyh porshnevnyh DVS / V. A. Lashko // Uchenye zametki TOGU. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 260–287.
2. Lashko, V. A. Izmenenie stepeni szatia – odin iz elementov adaptivnogo porshnevnogo dvigatel'ia / V. A. Lashko, A. I. Pospelov // Uchenye zametki TOGU. – 2014. – Т. 5. – № 1. – С. 307–310.
3. Konsk, G. A. Perspektivnie tendeciy razvitiia porshnevnyh DVS I agregatov na ih baze na sovremennom etape / G. A. Konsk, V. A. Lashko // Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universitet. – 2005. – № 1. – С. 127–140.
4. Dmitrievskiy, A. B. / Avtomobilnye benzinovye dvigateky // A. B. Dmitrievskiy // М.: Astrel, 2003. – 128 с.
5. New technology / Jacobs Vicle Systems [electronniy resurs]. URL: <https://www.jacobsvehiclesystems.com/products/variable-valve-actuation/> (data obrashenia: 13.02.2018).
6. Sovremennay tehnika I tehnologiy. 2012. № 12 [electronniy resurs]. URL: <http://technology.snauka.ru/2012/12/1426> (data obrashenia: 13.02.2018).
7. Garrett Turbochargers // [electronniy resurs]. URL: [http://www.industrialgroup.com.ua/files/tkr\\_s\\_vnt.pdf](http://www.industrialgroup.com.ua/files/tkr_s_vnt.pdf) data obrashenia 13.02.2018).
8. Komponenty sistemy commonrail // [electronniy resurs]. URL: <http://www.denso-am.ru/produkty/zapasnye-chasti/dizel-nye-komponenty/komponenty-sistemy-common-rail/> (data obrashenia: 13.02.2018).
9. Großmotoren-Technikmit Common-Rail-Systemen // Bosch [electronniy resurs]. URL: [www.bosch-mobility-solutions.com/media/global/products-and-services/off-highway-and-large-engines/powertrain-solutions/modular-common-rail-system/systemmappe\\_grossmotoren\\_technik.pdf](http://www.bosch-mobility-solutions.com/media/global/products-and-services/off-highway-and-large-engines/powertrain-solutions/modular-common-rail-system/systemmappe_grossmotoren_technik.pdf) (data obrashenia 13.02.2018).

10. Sistemy podachi topliva s nasos-forsunkami // СТЭЛ [electronniy resurs]. URL: <http://steldiesel.ru/files/sistemapodachi-s-nasosfors.pdf> (data obrashenia 13.02.2018).
11. Izmenenie neizmennogo. Prodolgenie // [electronniy resurs] URL: <http://www.abs-magazine.ru/article/izmenenie-neizmennogo-prodolzhenie-nachalo-v-112017> (data obrashenia 13.02.2018).
12. Stepen svobody // [electronniy resurs]. URL://<http://www.abs-magazine.ru/article/stepenj-svobodi> (data obrashenia 13.02.2018).
13. Service Experience 2007, MAN B&W Engines The ME/ME-C and MC/MC-C Series // [electronniy resurs] URL: [http://marengine.com/ufiles/MAN-Service\\_Experience\\_2007.pdf](http://marengine.com/ufiles/MAN-Service_Experience_2007.pdf) (data obrashenia 13.02.2018).
14. Petrov, A. P. Development of electronic control systems of internal combustion engines/ A. P. Petrov, G. E. Zhivlyuk // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo transpotra imeni admirala S.O. Makarova. – 2015. – № 5 (33). – С. 152–169.
15. Soloviev A.V. The concept of a unified goal directed management of marine power plant / A.V. Soloviev // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo transpotra imeni admirala S.O. Makarova, 2017. – Т 9. – № 5 – 1027 - 1039.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Соловьёв Алексей Валерьевич**, д.т.н.,  
доцент кафедры систем информационной  
безопасности, управления и  
телекоммуникаций Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), ФАУ  
Российский речной регистр, 603951, г.  
Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:  
[solovev@rivregnn.ru](mailto:solovev@rivregnn.ru)

**Alexey V. Soloviev**, D. Sc. in technical science,  
Volga State University of Water Transport, 5,  
Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:  
[solovev@revregnn.ru](mailto:solovev@revregnn.ru)

**Поселенов Евгений Николаевич**, к.т.н.,  
доцент кафедры систем информационной  
безопасности, управления и  
телекоммуникаций Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г.  
Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:  
[epos.aqua@gmail.com](mailto:epos.aqua@gmail.com)

**Evgeniy N. Poselenov**, PhD in technical science,  
Volga State University of Water Transport, 5,  
Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:  
[epos.aqua@gmail.com](mailto:epos.aqua@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 05.05.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 05.05.2021; published online 15.06.2021

## **ЭКОНОМИКА, ЛОГИСТИКА И МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТЕ**

### **ECONOMICS, LOGISTICS AND TRANSPORT MANAGEMENT**

УДК 351.791; 656.621/.626

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.189>

#### **Программно-целевые задачи формирования и логистического развития объектов береговой инфраструктуры на внутреннем водном транспорте**

**Д.В. Дрейбанд<sup>1</sup>**

**Д.А. Коршунов<sup>1</sup>**

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

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** В статье излагается программно-целевой подход к государственному управлению экономикой и транспортным комплексом России, дополненный авторами. Во введении описываются основные программы развития отраслей народного хозяйства и обосновывается актуальность исследования. Далее в разделе «методы» ставятся задачи логистического развития инфраструктуры внутреннего водного транспорта путем реализации программно-целевых форм взаимодействия при реализации национальных целей развития. Также приводятся результаты анализа проекта стратегии развития транспорта России на период до 2035 года, на основании которых авторами предлагаются проекты стратегического развития перевозок по внутренним водным путям. Предложены целевые показатели развития воднотранспортного комплекса России на основе схемы программно-целевых форм взаимодействия для реализации национальных целей развития. В заключительной части статьи на дальнейшее обсуждение выносятся результаты исследования, свидетельствующие о необходимости комплексного и системного подходов при окончательном формировании Транспортной стратегии РФ до 2035 года

**Ключевые слова:** стратегия развития, береговая инфраструктура, перевозки, внутренний водный транспорт, программы развития.

#### **Program and target tasks for the formation and logistics development of coastal infrastructure facilities in inland water transport**

**Dmitry V. Dreyband<sup>1</sup>**

**Dmitry A. Korshunov<sup>1</sup>**

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

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The article describes the program-target approach to the state management of the economy and transport complex of Russia, supplemented by the authors. The introduction describes the main programs for the development of branches of the national economy and justifies the relevance of the study. Further, in the section "methods", the tasks of logistics development of inland water transport infrastructure are set by implementing program-target forms of interaction in the implementation of national development goals. The results of the analysis of the draft strategy for the

development of transport in Russia for the period up to 2035 are also presented, on the basis of which the authors propose projects for the strategic development of transport by inland waterways. The target indicators of the development of the water transport complex of Russia are proposed on the basis of the scheme of program-target forms of interaction for the implementation of national development goals. In the final part of the article, the results of the study are presented for further discussion, indicating the need for an integrated and systematic approach to the final formation of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2035.

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

### **Введение**

В настоящее время в России действует утверждённая система программно-целевого управления экономикой страны. Наряду с формированием и решением вопросов государственного, экономического, экологического, социального и культурного развития, в сферу национальных интересов также входят решение задач обеспечения безопасности и организации международной деятельности. Между тем, по мнению авторов, этих инструментов недостаточно. С учетом задач, описанных в проекте Транспортной стратегии 2035 требуется разрабатывать большее число программ развития, касающихся как в целом транспортного комплекса страны, так и отдельных её регионов, особенно расположенных вблизи внутренних водных путей. Этим обусловлена актуальность данной статьи.

### **Методы государственного регулирования**

Государством определены методы, механизмы, меры и действия по достижению основных целей и приоритетов государственной политики. Реализация данных стратегических направлений осуществляется посредством формирования специальных госпрограмм. Именно эти государственные программы учитываются в проекте федерального (государственного) бюджета [1]. Таким образом на сегодняшний день сформированы 46 государственных программ по 5 направлениям: «Новое качество жизни», «Инновационное развитие и модернизация экономики», «Обеспечение национальной безопасности», «Сбалансированное региональное развитие», «Эффективное государство». В состав таких госпрограмм входят<sup>1</sup>:

- федеральные целевые программы;
- федеральные проекты;
- отдельные мероприятия;
- ведомственные целевые программы.

Для повышения эффективности государственного управления в соответствии с основными стратегическими направлениями развития страны определены 12 нацпроектов и комплексный план модернизации и расширения магистральной транспортно-логистической инфраструктуры<sup>2</sup>. С учётом данного разделения федеральные целевые программы сгруппированы и отнесены к определённому национальному проекту и комплексному плану (рис. 1).

В состав государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы»<sup>3</sup> входит федеральный проект «Транспортно-логистические центры», в рамках реализации которого планируется сформировать на территории страны опорную сеть транспортно-логистических центров. Данным проектом

<sup>1</sup> Интернет-ресурс <https://programs.gov.ru/Portal/>

<sup>2</sup> Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»

<sup>3</sup> Государственная программа РФ «Развитие транспортной системы», утверждённая постановлением Правительства РФ от 20 декабря 2017 года №1596.

предусмотрено создание такого центра в том числе и в Нижегородской области, мощностью 1,7 млн. тонн в год. В паспорте проекта определено, что транспортно-логистические центры Приволжского федерального округа в Республике Татарстан, Нижегородской и Самарской областях будут выполнять роль опорных, предназначенных для обслуживания грузопотоков Поволжья, международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Запад-Восток», а также развития внутренних водных путей.

Транспортно-логистический потенциал региона отдельно выделен в стратегии социально-экономического развития Нижегородской области до 2035 года<sup>4</sup>. Наряду с основными конкурентными преимуществами региона, кроме выгодного географического расположения и близости к наиболее развитым субъектам Российской Федерации, отмечается возможность повышения эффективности использования водного сообщения с пятью морями. Приоритетными направлениями в стратегии указаны развитие логистического и транзитного потенциала водных путей, строительство речных портов и причалов, модернизация береговой инфраструктуры внутреннего водного транспорта, благоустройство прибрежных зон, ликвидации путевых и инфраструктурных ограничений на ключевых направлениях грузо- и пассажиропотоков, прежде всего, на р.Волга.

Одной из стратегических задач данного документа является создание современной речной портовой инфраструктуры на левом и правом берегах Волги в рамках формирования международного мультимодального логистического комплекса с несколькими специализированными терминалами, в том числе контейнерным, на основе реализации перспективных планов модернизации аэропорта, развития железнодорожного и автомобильного сообщения региона.

### **Результаты**

В результате данного исследования, основанного на анализе существующих программ развития внутреннего водного транспорта, предлагаются следующие авторские рекомендации. В целях гармоничного социально-экономического развития страны реализация перспективных планов и проектов не может быть осуществлена в рамках одного национального проекта. Достижение намеченных показателей и индикаторов представляется возможным с помощью корректировки системы целеполагания и группировки государственных программ в едином документе стратегического планирования. Формат данного документа должен соответствовать современным инновационным требованиям, иметь понятную и удобную структуру и информационный интерфейс. Для системного оперативного управления, мониторинга и контроля за сроками и расходами реализации мероприятий по национальным проектам необходимо создание единой электронной площадки [2].

---

<sup>4</sup> Стратегия социально-экономического развития Нижегородской области до 2035, утвержденная постановлением Правительства Нижегородской области от 21 декабря 2018 года № 889.

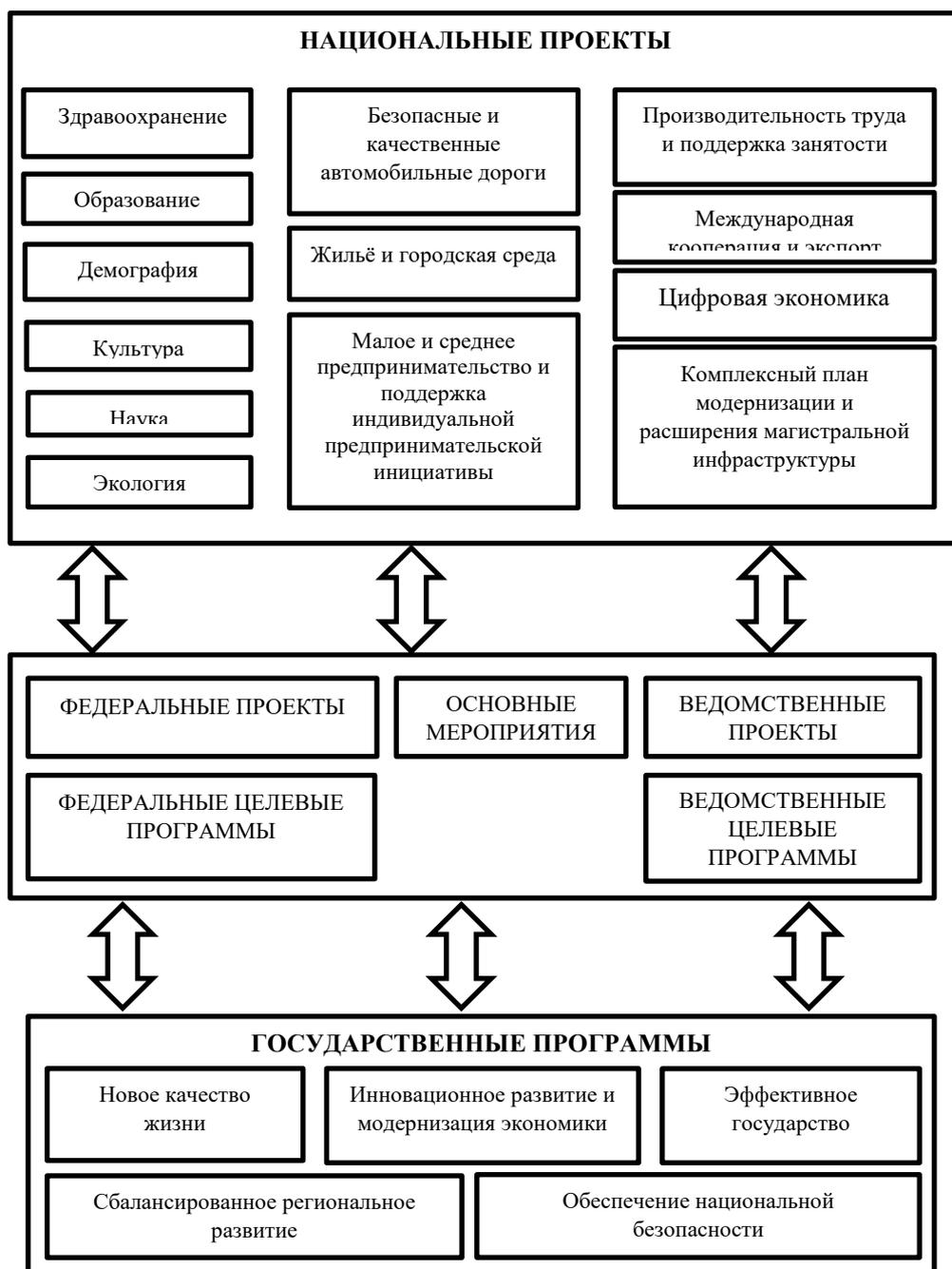


Рис. 1. Схема программно-целевых форм взаимодействия для реализации национальных целей развития

Fig. 1. Scheme of program-target forms of interaction for the implementation of national development goals

Для повышения эффективности реализации государственных программ и прогрессивных мероприятий в национальных проектах необходима разработка механизма ускорения принятия управленческих решений, корректировки и

согласования изменений мероприятий и ресурсов. В целом интеграция национальных проектов, государственных программ, федеральных целевых программ и проектов должна соответствовать отраслевым принципам формирования и прогрессивной системе программно-целевого планирования [3].

Актуальность создания мультимодальных транспортно-логистических центров подтверждается Транспортной стратегией Российской Федерации до 2035 года<sup>5</sup>. Реализации стратегии, выполнение её основных положений и направлений развития, является основой для разработки и наполнения реальными проектами государственных программ, федеральных и национальных проектов [4].

Основными сдерживающими факторами для развития отрасли транспорта являются инфраструктурные ограничения, отсутствие современных крупных мультимодальных транспортно-логистических комплексов с прогрессивными инновационными технологиями работы [5]. Низкий уровень развития маркетинговых услуг, клиентоориентированности снижает показатели конкурентоспособности и приводит к тому, что более 80 % внешнеторговых грузов перевозится судами под флагами иностранных государств, более 50 % - иностранными международными автомобильными перевозчиками<sup>6</sup>.

Встраивание российской транспортной системы в международные транспортные коридоры, ликвидация узких мест и лимитирующих участков при транзитном движении и переработке товарных и грузовых потоков, развитие мультимодальных перевозок<sup>6</sup> напрямую связано с созданием эффективного механизма взаимодействующих между собой опорных мультимодальных транспортно-логистических комплексов, с чётко определенными связями грузопотоков, транспортными путями и коридорами, имеющимися резервами для развития и расширения сферы деятельности, возможностью интеграции с зарубежными транспортными системами [6, 7].

Среди основных задач Транспортной стратегии можно выделить обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий и технологического развития на основе подготовки и привлечения высококвалифицированных сотрудников. Развитие транспортно-логистических услуг и инфраструктуры должно соответствовать перспективным требованиям экологической безопасности и охраны окружающей среды с учётом мировых прогнозов возможных климатических изменений и возрастающих рисков природного и техногенного характера. При этом указанные в проекте новой Транспортной стратегии цели и задачи должны найти свое отражение и в региональных программах развития транспорта. На примере Нижегородской области авторами статьи предлагается следующая схема программно-целевого взаимодействия для создания ТЛЦ в Нижегородской области (рис.2).

На основе многолетнего накопленного опыта применения программно-целевых методов управления экономикой страны, достижения конкретных показателей и целей, наиболее универсальным и системным, удобным и практичным инструментом реализации государственной политики представляется использование целевых программ [8].

Если говорить о развитии воднотранспортного комплекса страны в целом, то можно отметить следующие особенности формирования целей и задач проекта новой Транспортной стратегии (рис.3).

Более детальный обзор представленных на рис. 3. предложений выглядит следующим образом:

---

<sup>5</sup> Интернет-ресурс <https://omorrss.ru/upload/files/Проект%20Транспортной%20стратегии%20на%20период%20до%202035%20г..pdf>

<sup>6</sup> Стратегия развития ВВТ РФ на период до 2030 года, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. N 327-р.

1. Долгосрочными приоритетами государственной политики в сфере внутреннего водного транспорта должно являться увеличение объема перевозок грузов и пассажиров по внутренним водным путям РФ для удовлетворения потребностей экономики и населения страны в качественных и эффективных перевозках.

2. Обеспечение связанности территорий Российской Федерации может быть реализовано посредством создания системы национальных транспортных коридоров с участием внутреннего водного транспорта по мультимодальным технологиям.

3. Обеспечение экономически эффективных перевозок грузов может быть реализовано:

- созданием сети опорных мультимодальных терминалов на Единой глубоководной системе центральной части РФ;
- реконструкцией и обновлением существующих, а также строительством новых объектов инфраструктуры внутреннего водного транспорта;
- постройкой современного речного флота (контейнеровозов и судов смешанного плавания).

4. Обеспечению доступности и качества транспортных услуг для населения будут способствовать:

- реконструкция, обновление существующих и строительство новых объектов инфраструктуры внутреннего водного транспорта;
- строительство современного речного пассажирского флота;
- формирование кадрового потенциала отрасли через целевое распределение студентов транспортных вузов по местам практик, где используются передовые технологии (проектно-конструкторские, строительные и кораблестроительные, транспортно-логистические, цифровые и т.д.);
- развитие системы речных пассажирских перевозок, в частности создание скоростного грузопассажирского водного коридора ВОЛГА на маршруте Н.НОВГОРОД-КАЗАНЬ-САМАРА. Первый этап - открытие маршрута Н.Новгород-Казань к 2030г. Второй этап – Казань – Самара к 2035г.

5. Встраивание российской транспортной системы в международные транспортные коридоры реально реализовать посредством:

- создания сети опорных комбинированных терминалов на пересечении с МТК;
- формирования для развития перевозок по СМП национальных транспортных коридоров с включением ВВП, что позволит использовать преимущества участвующих в таких транспортных схемах видов транспорта (авто-ж.д.-речной-морской);
- промышленных зон без указания, что такие зоны также можно формировать и на речных путях для участия в перевозках судов смешанного плавания (при значительных объемах перевозки это будет эффективно);
- строительства современного речного флота (контейнеровозов и судов смешанного плавания).

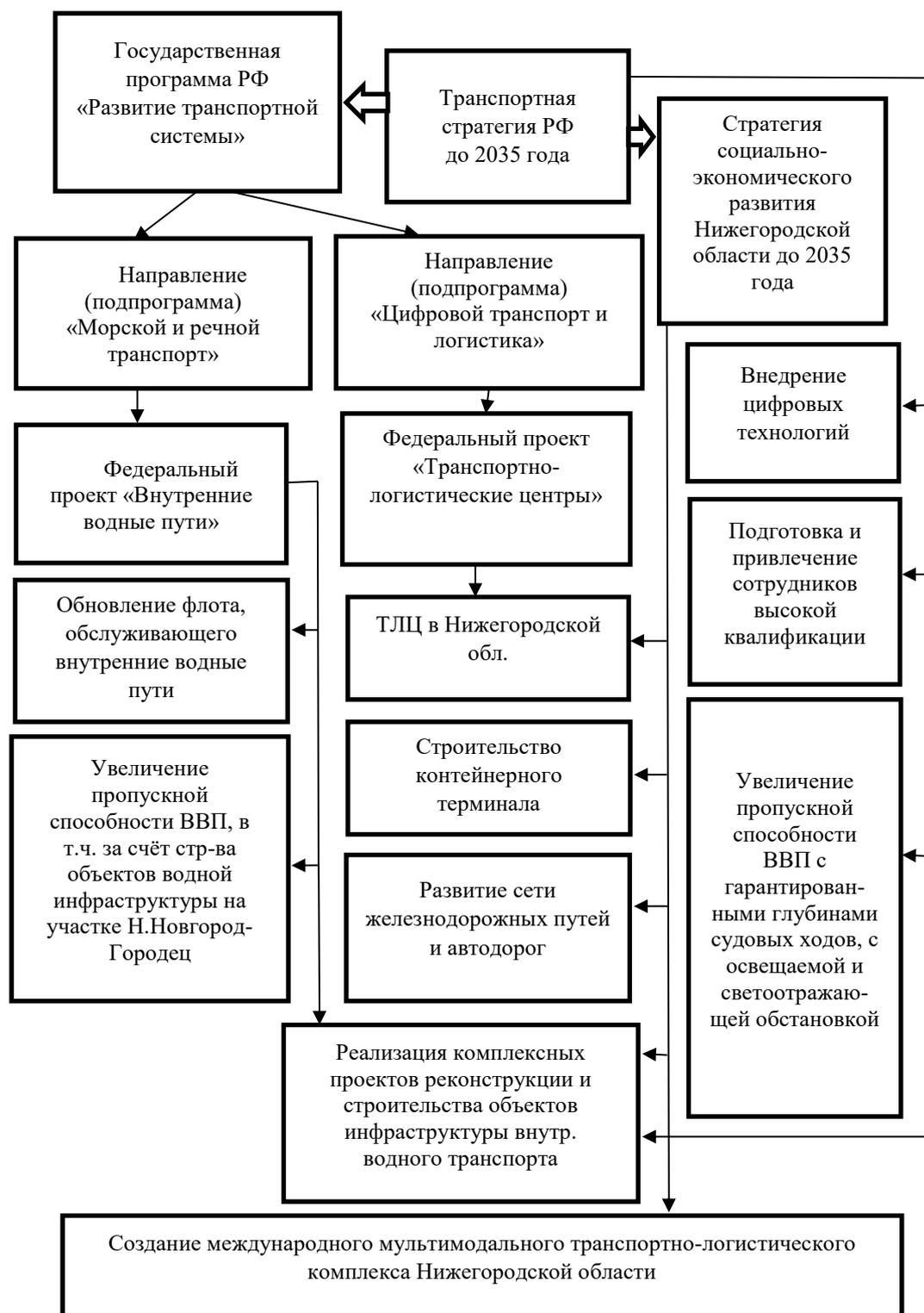


Рис.2. Схема программно-целевого взаимодействия для создания ТЛЦ в Нижегородской области

Fig. 2. Scheme of program-target interaction for the creation of TLC in Nizhny Novgorod region



Рис. 3. Целевые показатели по развитию воднотранспортного комплекса России  
Fig. 3. Target indicators for the development of the water transport complex in Russia

6. Повышение уровня безопасности транспортной системы невозможно без развития кадрового потенциала отрасли через целевое распределение студентов транспортных вузов по местам практик, где используются передовые технологии (проектно-конструкторские, строительные и кораблестроительные, транспортно-логистические, цифровые и т.д.).

При этом ключевыми ориентирами развития в сфере внутреннего водного транспорта должны стать:

- создание системы национальных транспортных коридоров с участием внутреннего водного транспорта;

- реконструкция, обновление существующих и строительство новых объектов инфраструктуры внутреннего водного транспорта;
- строительство современного речного флота (пассажирского скоростного, контейнеровозов и судов смешанного плавания);
- целевое распределение студентов транспортных вузов по местам практик, где используются передовые технологии (проектно-конструкторские, строительные и кораблестроительные, транспортно-логистические, цифровые и т.д.).

Также должна быть предусмотрена реализация следующих ключевых мероприятий и проектов:

- создание скоростного грузопассажирского водного коридора ВОЛГА на маршруте Н.НОВГОРОД-КАЗАНЬ-САМАРА. Первый этап - открытие маршрута Н.Новгород-Казань к 2030г. Второй этап - Казань-Самара к 2035г.;
- формирование сети опорных мультимодальных терминалов на Единой глубоководной системе центральной части РФ, связанной с инфраструктурой МТК, проходящих через Россию;
- строительство современного речного флота и судов, смешанного река-море плавания;
- обоснование параметров и характеристик судов-контейнеровозов (новый флот);
- внедрение эффективных контейнерных линий на участках река-море;
- моделирование типовых (стандартизированных) мультимодальных терминалов на речной сети с учётом оптимальных партий отправки;
- создание цифровых платформ (маркетплейсов) для формирования загрузки контейнерных и комбинированных транспортных линий с участием ВВТ.

Наиболее значимыми результатами реализации Стратегии в сфере внутреннего водного транспорта станут:

- создание единой национальной транспортной системы страны, взаимосвязанной с международными транспортными коридорами, как технически, так и технологически;
- увеличение объема перевозок грузов и пассажиров по внутренним водным путям РФ;
- формирование системы нормативных актов, регулирующих прямые смешанные перевозки в части упрощения процедур документального оформления таких перевозок, включая таможенные процедуры;
- применение инновационных цифровых транспортных и логистических технологий для ускорения движения и обработки товаропотоков.

Основными механизмами реализации Стратегии в сфере внутреннего водного транспорта выступают:

- Государственная программа РФ «Развитие транспортной системы»;
- федеральные проекты и федеральные целевые программы развития транспортной инфраструктуры внутреннего водного транспорта;
- стратегическое партнерство государства и бизнеса;
- система государственного регулирования (законы).

**На дальнейшее обсуждение** авторы хотели бы вынести предложение, что как с научной, так и практической точек зрения в стратегии учесть в том числе и иностранный опыт, отразив следующие актуальные задачи:

- адаптация транспортных систем к глобальному потеплению климата;
- учёт работы транспорта при пандемиях (таких как COVID-19);
- организация перевозок на основе беспилотных технологий;
- повышение экологичности транспортных систем.

В рассматриваемом проекте Транспортной стратегии данные вопросы не нашли отражение либо нечетко обозначены, как например, развитие беспилотных транспортных технологий на внутреннем водном транспорте. При этом указание таких проектов будет стимулировать научную проработку и в итоге решение данных актуальных задач, многие из которых давно уже назрели, и их постановка опубликована в виде научных статей как отечественных, так и иностранных ученых [9-16]. Похожие проблемы актуальны не зависимо от государственной принадлежности и являются насущной необходимостью для развития внутреннего водного транспорта, где он существует.

### **Выводы**

Как видно из приведенного анализа требуется комплексный и системный подход при формировании и дальнейшей реализации Транспортной стратегии РФ до 2035 года. Кроме того, не следует забывать о целях предыдущих Стратегий (2020 и 2030), так как не все они достигнуты, а соответствующие задачи не решены до сих пор. Например, из проекта Транспортной стратегии РФ до 2035 года исчезло упоминание о строительстве низконапорной плотины на Волге в Нижегородской области (Городецкий район) и ряде других задач.

### **Список литературы**

1. Мустапаев, И.Х. Внедрение программно-целевых методов планирования бюджетных расходов в Российской Федерации // Матрица научного познания. 2018. №2. С. 17-22.
2. Попадюк, Н.К. «Третье пришествие» программно-целевых методов в систему государственного управления и местного самоуправления / Н.К. Попадюк, О.С. Семкин // Вестник университета (Государственный университет управления). 2014. - №13. - С. 64-67.
3. Бирюкова, Т.С. Программно-целевое планирование социально-экономического развития // Экономика и Социум. 2016. № 7. С. 27-30.
4. Рапопорт, М.В. Целевые программы как инструмент регионального развития / М.В. Рапопорт // Вестник Финансового университета. – 2015. - №1 (85). – С.129-137.
5. Кондратьев, В. Б. Инфраструктура как фактор экономического роста / В. Б. Кондратьев // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 11. – № 11. – С. 29–36.
6. Барсуков, К. Г. Некоторые аспекты существующего состояния транспортной инфраструктуры России / К. Г. Барсуков, О. В. Романченко // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2015. – № 2 (13). – С. 44–47.
7. Гончаренко, Е. С. Интегральная оценка МТК как производственно-технологических комплексов и объектов многоцелевого назначения. //Вестник университета. – 2015. – № 2. – С.15–20.
8. Наумова, Л. В. Методические аспекты развития механизмов распределения бюджетных средств при проектной реализации государственных программ Российской Федерации / Л. В. Наумова, В. В Клевцов // Финансовая жизнь. - 2017. - № 1. -С.103-108.
9. Svetlana Miloslavskaya, Elena Plotnikova. Current situation and optimization of inland waterway infrastructure financing.[http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2018/zeszyt3/2018t13z3\\_05.pdf](http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2018/zeszyt3/2018t13z3_05.pdf) (дата обращения: 06.04.2021).
10. Svetlana Miloslavskaya, Alexander Panychev, Anna Myskina, Petr Kurenkov. Intermodal transportation using inland water transport in Russia and abroad. [https://www.researchgate.net/publication/338017512\\_Intermodal\\_transportation\\_using\\_inland\\_water\\_transport\\_in\\_Russia\\_and\\_abroad](https://www.researchgate.net/publication/338017512_Intermodal_transportation_using_inland_water_transport_in_Russia_and_abroad) (дата обращения: 08.04.2021)
11. Svetlana Miloslavskaya, Anna Myskina. Intermodal Transportation Using Inland Water Transport in Russia and Abroad. [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/03/mateconf\\_itmts2020\\_02012.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/03/mateconf_itmts2020_02012.pdf) (дата обращения: 08.04.2021).
12. Tpl. Sunday I. Basseyy PhD. Mr. Matthew EkpenyongNsa. Problems and Prospects of Developing Inland Water Transportation in Nigeria: The Case of Calabar River. <https://www.iostjournals.org/iostjrhss/papers/Vol.%2023%20Issue7/Version-9/E2307092737.pdf> (дата обращения: 08.04.2021)

13. Emilia Skupień, Agnieszka Tubis. Inland water transport development possibilities - Case study of Lower Vistula river.  
[https://www.researchgate.net/publication/286498261\\_Inland\\_water\\_transport\\_development\\_possibilities\\_-\\_Case\\_study\\_of\\_Lower\\_Vistula\\_river](https://www.researchgate.net/publication/286498261_Inland_water_transport_development_possibilities_-_Case_study_of_Lower_Vistula_river) (дата обращения: 06.04.2021)
14. Tomasz Nowakowski, Jan Kulczyk, Emilia Skupień, Agnieszka Tubis, Sylwia Werbińska-Wojciechowska. Inland water transport development possibilities - Case study of Lower Vistula river.  
[https://www.researchgate.net/publication/286498261\\_Inland\\_water\\_transport\\_development\\_possibilities\\_-\\_Case\\_study\\_of\\_Lower\\_Vistula\\_river](https://www.researchgate.net/publication/286498261_Inland_water_transport_development_possibilities_-_Case_study_of_Lower_Vistula_river) (дата обращения: 08.04.2021)
15. V.V. Bobrova, Lyubov Berezhnaya. Digitization of the transport industry in Russia: problems and prospects. DOI:10.2991/mtde-19.2019.33  
[https://www.researchgate.net/publication/333399560\\_Digitization\\_of\\_the\\_transport\\_industry\\_in\\_Russia\\_problems\\_and\\_prospects](https://www.researchgate.net/publication/333399560_Digitization_of_the_transport_industry_in_Russia_problems_and_prospects) (дата обращения: 08.04.2021).
16. Dezhina Irina G. Science and innovation policy of the Russian government: a variety of instruments with uncertain outcomes?  
<https://vgmu.hse.ru/data/2017/08/21/1174216913/Dezhina%205-2017.pdf> (дата обращения: 08.04.2021)

### References

1. Mustapaev, I.H. Vnedrenie programmno-celevykh metodov planirovaniya byudzhetykh raskhodov v Rossijskoj Federacii // *Matrica nauchnogo poznaniya*. 2018. №2. С. 17-22.
2. Popadyuk, N.K. «Tret'e prishestvie» programmno-celevykh metodov v sistemu gosudarstvennogo upravleniya i mestnogo samoupravleniya /N.K. Popadyuk, O.S. Semkin // *Vestnik universiteta (Gosudarstvennyj universitet upravleniya)*. 2014. - №13. - S. 64-67.
3. Biryukova, T.S. Programmno-celevoe planirovanie social'no-ekonomicheskogo razvitiya // *Ekonomika i Socium*. 2016. № 7. С. 27-30.
4. Rapoport, M.V. Celevye programmy kak instrument regional'nogorazvitiya / M.V. Rapoport // *Vestnik Finansovogo universiteta*. – 2015. - №1 (85). – S.129-137.
5. Kondrat'ev, V. B. Infrastruktura kak faktor ekonomicheskogo rosta / V. B. Kondrat'ev // *Rossijskoe predprinimatel'stvo*. – 2017. – Т. 11. – № 11. – С. 29–36.
6. Barsukov, K. G. Nekotorye aspekty sushchestvuyushchego sostoyaniya transportnoj infrastruktury Rossii / K. G. Barsukov, O. V. Romanchenko // *Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.YU. Vitte. Seriya 1: Ekonomika i upravlenie*. – 2015. – № 2 (13). – С. 44–47.
7. Goncharenko, E. S. Integral'naya ocenka MTK kak proizvodstvenno-tehnologicheskikh kompleksov i ob"ektov mnogocelevogo naznacheniya. // *Vestnik universiteta*. 2015. № 2. S.15–20.
8. Naumova, L. V. Metodicheskie aspekty razvitiya mekhanizmov raspredeleniya byudzhetykh sredstv pri proektnoj realizacii gosudarstvennykh programm Rossijskoj Federacii / L. V. Naumova, V. V. Klevcov // *Finansovaya zhizn'*. - 2017. - № 1. -S.103-108.
9. Svetlana Miloslavskaya, Elena Plotnikova. Current situation and optimization of inland waterway infrastructure financing.  
[http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2018/zeszyt3/2018t13z3\\_05.pdf](http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2018/zeszyt3/2018t13z3_05.pdf) (дата обрashcheniya: 06.04.2021).
10. Svetlana Miloslavskaya, Alexander Panychev, Anna Myskina, Petr Kurenkov. Intermodal transportation using inland water transport in Russia and abroad.  
[https://www.researchgate.net/publication/338017512\\_Intermodal\\_transportation\\_using\\_inland\\_water\\_transport\\_in\\_Russia\\_and\\_abroad](https://www.researchgate.net/publication/338017512_Intermodal_transportation_using_inland_water_transport_in_Russia_and_abroad) (дата обрashcheniya: 08.04.2021)
11. Svetlana Miloslavskaya, Anna Myskina. Intermodal Transportation Using Inland Water Transport in Russia and Abroad. [https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/03/mateconf\\_itmts2020\\_02012.pdf](https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/03/mateconf_itmts2020_02012.pdf) (дата обрashcheniya: 08.04.2021).
12. Tpl. Sunday I. Bassey PhD. Mr. Matthew EkpenyongNsa. Problems and Prospects of Developing Inland Water Transportation in Nigeria: The Case of Calabar River. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jhss/papers/Vol.%2023%20Issue7/Version-9/E2307092737.pdf> (дата обрashcheniya: 08.04.2021)
13. Emilia Skupień, Agnieszka Tubis. Inland water transport development possibilities - Case study of Lower Vistula river.  
[https://www.researchgate.net/publication/286498261\\_Inland\\_water\\_transport\\_development\\_possibilities\\_-\\_Case\\_study\\_of\\_Lower\\_Vistula\\_river](https://www.researchgate.net/publication/286498261_Inland_water_transport_development_possibilities_-_Case_study_of_Lower_Vistula_river) (дата обрashcheniya: 06.04.2021)
14. Tomasz Nowakowski, Jan Kulczyk, Emilia Skupień, Agnieszka Tubis, Sylwia Werbińska-Wojciechowska. Inland water transport development possibilities - Case study of Lower Vistula river.

[https://www.researchgate.net/publication/286498261\\_Inland\\_water\\_transport\\_development\\_possibilities\\_-\\_Case\\_study\\_of\\_Lower\\_Vistula\\_river](https://www.researchgate.net/publication/286498261_Inland_water_transport_development_possibilities_-_Case_study_of_Lower_Vistula_river) (data obrashcheniya: 08.04.2021)

15. V.V. Bobrova, Lyubov Berezhnaya. Digitization of the transport industry in Russia: problems and prospects. DOI:10.2991/mtde-19.2019.33

[https://www.researchgate.net/publication/333399560\\_Digitization\\_of\\_the\\_transport\\_industry\\_in\\_Russia\\_problems\\_and\\_prospects](https://www.researchgate.net/publication/333399560_Digitization_of_the_transport_industry_in_Russia_problems_and_prospects) (data obrashcheniya: 08.04.2021).

16. Dezhina Irina G. Science and innovation policy of the Russian government: a variety of instruments with uncertain outcomes?

<https://vgmu.hse.ru/data/2017/08/21/1174216913/Dezhina%205-2017.pdf> (data obrashcheniya: 08.04.2021)

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

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

**Dmitry A. Korshunov**, Ph.D. in Economic Science, Associate professor of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water transport, 5, Nesterov str. Nizhny Novgorod, 603950, e-mail: [voi82@yandex.ru](mailto:voi82@yandex.ru)

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

**Dmitry V. Dreiband**, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Management, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterov str., 5, e-mail: [dreyband\\_dv@inbox.ru](mailto:dreyband_dv@inbox.ru)

Статья поступила в редакцию 08.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 08.04.2021; published online 15.06.2021

УДК 656.62: 338

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.185>

## **Многофункциональная грузопассажирская паромная линия как новая бизнес-модель, инновационная транспортная услуга и уникальное предложение в особо дефицитных сегментах рынка коммерческой недвижимости города Москвы**

**Е. В. Зарецкая<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1116-5500>

**Л. В. Сысоев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Академия Водного транспорта Российский университет транспорта, г. Москва, Россия*

**Аннотация.** Сокращение грузовой базы на внутреннем водном транспорте и практически полное прекращение использования реки в черте города Москвы для грузоперевозок в пользу пассажирского, главным образом, рекреационного сообщения, обуславливает необходимость поиска новых транспортно-технологических решений, отвечающих современным требованиям грузовладельцев и пассажиров. В статье анализируются потребности транспортного рынка Московского региона и предлагается рассмотреть концепцию многофункционального грузопассажирского парома, представляющего новое технологическое решение, позволяющее интегрировать реку в грузовую и пассажирскую логистику города. Наряду с нестандартным наполнением парома, важнейшей особенностью его работы является новая модель получения дохода. Маршрут парома, проходящий через центр города, превращает две его палубы и трюм в особо дефицитную коммерческую площадь, доход от аренды которой компенсирует большую часть эксплуатационных издержек судоходной компании.

**Ключевые слова:** грузовые и пассажирские перевозки, Московский бассейн, инновационная бизнес модель для рынка транспортных услуг, технико-эксплуатационные особенности нового концепта парома для многофункциональной грузопассажирской линии города Москвы

## **Multifunctional cargo and freight ferry line as a new business model, an innovative transport service and unique offer in the most sought-after segments of commercial realty in Moscow**

**Ekaterina V. Zaretskaya<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1116-5500>

**Leonid V. Sysoev<sup>1</sup>**

*Academy of water transport, Russian University of Transport (MIIT) Moscow, Russia*

**Abstract.** The reduction of the internal cargo water transport and almost full termination of water cargo transport in the city of Moscow in favour of passenger, mostly recreational connections press to search new transport und technological solutions, which are compliant to modern demands of freight owners and passengers. The article analyzes the needs of the transport market if the Moscow region and propose to consider the concept of a multifunctional freight and passenger ferry, which propose a new technological solution for integration of the river in the freight and passenger logistic of the city. Along with the non-standard packing of the ferry the most important highlight of his work is a new model of profit making. The ferry line goes through the city center und this turns his two decks and the

hold in profitable commercial spaces, the profit from which can compensate the most part of operation costs of the shipping company.

**Keywords:** cargo and passenger transport in Moscow basin, an innovative business model for the cargo transport market, technical and operating highlights of the new ferry concept for multifunctional cargo and passenger line in the city of Moscow

### **Введение**

Произошедшие за последние десятилетия изменения структуры грузов вместе с невозможностью соответствовать требованиям современного города обусловили факт практически полного исключения внутреннего водного транспорта из грузоперевозок в черте города Москвы. В то же время развивающаяся автодорожная сеть не всегда успевает за растущими нуждами столицы, а увеличение количества автомобилей негативно влияет на экологию и качество жизни её жителей. Всё это вместе с существующим положительным опытом интеграции рек в грузовую и пассажирскую логистику современных городов обуславливает актуальность исследований и набирающее популярность направление по разработке мультимодальных городских транспортных систем.

Все современные мегаполисы, а в особенности столицы, объединяет большая востребованность земли под застройку и, как следствие, постепенное вытеснение промышленных предприятий, портов и железнодорожных дворов, логистических и складских центров сначала из исторического центра и наиболее престижных районов, а затем и за черту города. В то же время рост числа горожан обуславливает значительный спрос на разнообразные товары, а ещё важнейшим показателем качества жизни современного мегаполиса является транспортная мобильность его жителей. Москва не является исключением - на дорогой столичной земле возводятся дорогостоящие квадратные метры коммерческой и жилой недвижимости. Пандемия 2020 года дала сильнейший импульс и без того растущей электронной торговле, сделав дефицитной складскую площадь и увеличив количество автомашин, осуществляющих доставку.

Целью данного исследования является оценка перспективы использования реки для грузовых и пассажирских перевозок на качественно новом уровне, для чего рассматривается новая концепция и уникальные коммерческие условия эксплуатации грузопассажирского парома. Объектом исследования являются транспортно-логистические потребности города Москвы, а предметом – адекватное им транспортно-технологическое решение.

Значительное внимание уделяется исследованию существующей и перспективной грузовой базы Московского бассейна, а также требуемому уровню транспортного обслуживания жителей мегаполиса с учётом особенности московской логистики. Приводятся примеры исторических и современных решений использования реки для разнообразных транспортных, торговых, туристических и прочих нужд города. Рассматривается новая модель получения дохода от работы судна в черте города, в основе которой лежит оплата полезной или, что более уместно для данной модели, коммерческой площади судна, по аналогии с работой на условиях люмпсум. В этой связи приводится краткий обзор тех сегментов коммерческой недвижимости, которые могли бы быть представлены с учётом конструкции судна, а также основные технико-эксплуатационные характеристики с учётом предполагаемого маршрута и коммерческий потенциал рассматриваемого концепта. Приводятся некоторые направления развития данной концепции для пригородных и межрегиональных маршрутов, и даётся оценка ожидаемых результатов от организации работы многофункциональной грузопассажирской паромной линии.

### **Краткий обзор грузоперевозок Московского бассейна**

Традиционно внутренний водный транспорт в силу низкой удельной себестоимости перевозок эффективно используется для доставки массовых грузов на значительные расстояния, что и обуславливает его востребованность в этом сегменте. По этой же причине, являясь неотъемлемой составной частью Московского транспортного узла, он, прежде всего, ориентирован на работу в межрегиональном сообщении.

Московский бассейн на территории Центрального Федерального округа, включающего наиболее густонаселённые и промышленно развитые области, формирует внутренние речные грузопотоки, объём которых, показав в 2018 году 22% рост до 8 166,8 тыс. т., за сложный для всех отраслей 2020 год существенно не изменился<sup>7,8</sup>. При этом маршруты грузовых перевозок распределены достаточно равномерно. Примерно одинаковое количество грузов поступает в Московский регион с южного и северного направлений, но практически отсутствует исходящий грузопоток, что создаёт сложности для оптимальной работы флота, снижая её эффективность.

Общий грузооборот Московского бассейна, в том числе в корреспонденции с другими бассейнами за 2020 год составил 22,6 млн. тонн<sup>7</sup>. Такой объём, безусловно, является незначительной долей входящего грузопотока Москвы, которая только продовольствия потребляет более 30 тыс. тонн в сутки [1]. Кроме того, мегаполис нуждается в завозе большого объёма минеральных строительных материалов (МСМ), необходимых для обеспечения масштабных строительных работ. Основной объём грузов, ввозимых по реке, составляют строительные материалы (95%), остальные приходятся на негабаритные грузы, металлолом, уголь, зерно и продукты перемолла, пиломатериалы, генгрузы и пр., перевозимые в основном в межбассейновом сообщении.

Не стал исключением и 2020 год, из общего объёма перевозимых грузов большая часть пришлась на минерально-строительные материалы (щебень, песок, песчано-гравийные смеси и т.д.) – более 18,5 млн. тонн. На нефтепродукты пришлось 1,6 млн. тонн, на промышленное сырьё более 2 млн. тонн, на зерно 144 тыс. тонн, на лес 155 тыс. тонн, на минеральные удобрения 11,6 тыс. тонн, на уголь и прочие грузы соответственно 1350 и 97 тыс. тонн.<sup>7</sup>

Важнейшей особенностью, формирующей транспортно-логистические потребности Москвы, является то, что основную часть её грузооборота составляют транзитные перевозки. Практически все формирующиеся на территории Европейской части России международные и внутренние транспортные коридоры имеют начальную или промежуточную точку Московский транспортный узел, через который проходит до 60% внешнеторгового оборота России. Таким образом, значительная часть грузопотоков ориентирована не столько на столичные, сколько на федеральные нужды, «образуя на территории Московского региона всероссийский транспортный терминал» [1].

---

<sup>7</sup> В акватории Московского бассейна ВВП завершилась навигация-2020/ официальный сайт Федерального агентства Морского и Речного транспорта (Росморречфлот) [Электронный ресурс] URL <http://morflot.gov.ru/lenta/n4961.html>

<sup>8</sup> Обзор перевозок грузов и пассажиров внутренним водным транспортом России за 2019, ОАО «Морцентр ТЭК», Москва 2020

Несмотря на то, что Единая глубоководная система превратила Москву в «Порт пяти морей», связав её через порты Белого, Балтийского, Каспийского, Чёрного и Азовского морей со странами ближнего и дальнего зарубежья, основная доля грузопотоков, в том числе и в корреспонденции с морскими линиями, перевозится железнодорожным и автомобильным транспортом. В тоже время объёмы перевозок грузов в морском сообщении последние пять лет показывают непрерывный рост, который 2020 году составил 30%.<sup>9</sup> За 2020 год он вырос по всей номенклатуре (за исключением нефтеналивных грузов) и всем направлениям, составив 24,6 млн. тонн<sup>10</sup> при доле участия внутренних водных путей как в доставке грузов в морские порты, так и их вывозе не превышающем 1%.<sup>11</sup> Особенный интерес для Московского региона представляет увеличение таких внешнеторговых грузов, проходящих через морские порты, как контейнеры, зерно, металлолом.

Из портов так же, как и из железнодорожных грузовых дворов, массовые грузы доставляются конечным потребителям автомобильным транспортом. Генеральные же грузы попадают к конечным потребителям на торговые площадки Москвы или следуют дальше в регионы через логистические и распределительные центры также автомобильным транспортом.

Произошедшие за последние десятилетия изменения структуры грузов, их географии, вместе с невозможностью соответствовать требованиям грузооператоров и грузовладельцев, обусловили факт практически полного исключения внутреннего водного транспорта из грузоперевозок в черте Москвы. В то же время развивающаяся автодорожная сеть не всегда успевает за растущими нуждами города, а Москва–река, не задействованная на полную пропускную способность, которая по различным оценкам составляет порядка 32 млн. тонн<sup>5</sup>, формирует значительный грузовой потенциал внутреннего водного транспорта, не говоря уже об экологической составляющей.

### **Особенность московской транспортной логистики**

Сегодня Москва стремительно меняется, она перестаёт быть похожей на индустриальный город, преобразовываясь в мегаполис с функциональными зонами для работы, проживания, отдыха. Территории промышленных зон города, куда работников раньше возил спецтранспорт, преобразуются в новые жилые кварталы, торгово-развлекательные и спортивные комплексы, современные многофункциональные промышленно-логистические центры. Вблизи них открываются станции метро, транспортно-пересадочные узлы, строятся многочисленные развязки.

В эту концепцию не вписываются значительные площади железнодорожных грузовых дворов и портов, обветшавшие промышленные причалы. Наличие морально и физически изношенной транспортной инфраструктуры в черте города не находит эффективного использования и уродует городские пейзажи, препятствуя рекреационному использованию реки горожанами. Вследствие этого необходимо находить технологические решения, отвечающие требованиям современного города и

<sup>9</sup> Статистика Росстат, Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] URL - <https://rosstat.gov.ru>, свободный (дата обращения 28.03.2021)

<sup>10</sup> Грузооборот морских портов России за 12 месяцев 2020 года, [Электронный ресурс] URL - <https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-12-mesyacev-2020-goda>, свободный (дата обращения 20.03.2021)

<sup>11</sup> Доклады, отчеты, обзоры, статистическая информация, Официальный сайт Федерального агентства Морского и Речного транспорта (Росморречфлот) [Электронный ресурс] URL <http://morflot.gov.ru/> свободный (дата обращения 28.03.2021)

интегрирующие реку во внутригородские и пригородные грузовые перевозки. В противном случае придётся признать целесообразность отказа от её использования для грузоперевозок, оставив только пассажирское сообщение с акцентом на рекреационную нишу.

Для того чтобы найти оптимальное решение, необходим анализ структуры и географии внутренней транспортной логистики Московского региона. Причём рассматривать внутреннюю московскую логистику необходимо в корреляции с внешней, отдельно выделив функции Москвы как федерального перегрузочного центра.

В настоящее время основным заказчиком транспортных услуг в Московском регионе является активно развивающийся логистический рынок, включающий хранение, перевозку, таможенную, упаковку, укрупнение и разукрупнение грузовых единиц, планирование и оптимизацию поставок, а также множество других сервисов.

Москва сегодня является крупнейшей торговой площадкой с оборотом около 30 трлн. рублей и размером порядка 15,8 млн. кв. м., из которых за прошедший 2020 год было введено в эксплуатацию ещё 592 тыс. кв. м. складских объектов[2]. В городе работают многочисленные коммерческие предприятия, ежедневно заполняющие эти торговые площади товарами и готовые круглосуточно осуществить доставку нужного заказа клиенту в указанное место. Поэтому внутренняя логистика региона связана с множеством ритмичных поставок, осуществляемых в соответствии с разработанными транспортно-логистическими цепочками доставки товаров потребителям, к крупным торговым центрам, гипермаркетам, к соответствующим областным логистическим паркам и центрам. При этом все перевозки сейчас осуществляются автомобильным транспортом.

Кроме того, примерно на 60% Москва потребляет импортные товары, поступающие из-за рубежа. Поэтому в логистическую схему включаются таможенные посты и склад временного хранения грузов, которые и производят таможенное оформление импорта в столичный регион. Это десятки тысяч фур ежемесячно. Сегодня основными пользователями складских площадей столичного региона, формирующими географию перевозок, являются торговые предприятия: их доля 47%, включая интернет-ритейлеров и дистрибьютеров. Этот сегмент является сильно растущим, в том числе за счёт Интернет-торговли, выступающей сегодня драйвером спроса на логистические услуги, формирующий спрос на строительство более технологичных и усовершенствованных складских объектов. Онлайн-торговля в 2020 году стала лидером спроса, на неё пришлось 43% от общего объёма сделок по аренде площадей – это самый высокий показатель за все время существования рынка [2].

Основными тенденциями транспортно-логистического рынка Московского региона сегодня являются:

- постепенное преобразование большей части имеющихся складов, логистических центров и товарных баз Москвы, расположенных в промышленных зонах города, на грузовых дворах железной дороги и даже в спальных районах Москвы для хранения личных вещей, формируя новый для столицы рынок;
- рост спроса на качественные складские площади с наличием развитой транспортной инфраструктурой со стороны федерального онлайн- и офлайн-ритейла, а также склады «последней мили» (Ozon (163 тыс. кв. м), Wildberries (120 тыс. кв. м), «ВсеИнструменты.ру») (чуть более 115 тыс. кв. м). [2].
- рост числа онлайн-ритейлеров среди клиентов 3PL-операторов, которые требуют услугу фулфилмента или логистики под ключ и активная интеграция в этот сегмент банковского сектора, в том числе посредством развития собственных цифровых платформ;

- преобразование городской индустриальной недвижимости в кластеры и логистические парки, развитие складов городского формата и повышенное внимание к стратегии выбора локаций;
- перенос логистических распределительных центров за МКАД из-за дорогостоящей земли в столице и невозможности в черте города построить качественные современные склады, а также определённых ограничений по доставке грузов автотранспортом с высокой тоннажностью;
- наличие наиболее востребованных производственно-складских площадей, расположенных в 15-ти километровой зоне от МКАД на всех направлениях;
- высокий спрос на складские площади со стороны логистических компаний, особенно на южном направлении (где уже было построено порядка 50 % всего объёма складских площадей (PNK Group, распределительного центра компании Auchan, СК «Борисовский» и других проектов)), и севере региона (здесь разместилось чуть менее 17 % нового предложения складских площадей)[2].

Разумеется, такие значительные и продолжающиеся расти объёмы различных товаров, перевозимые автотранспортом, не могут не создавать проблем столичному региону. По информации Аналитического центра "Яндекс", по улично-дорожной сети города Москва в часы пик одновременно движутся более 1 млн. автомобилей со средней скоростью в дневное время 24 км/ч. При этом, когда число транспортных средств достигает 1,5 млн., движение значительно затрудняется.<sup>12</sup>

В Москве ежедневно образуются 800 автопробок, 1400 машин задерживаются в каждой из них, средняя продолжительность каждой пробки составляет 1 час 26 минут. А за месяц, в среднем, московский водитель теряет до 12.5 часов впустую, из-за загруженности улиц. И всё это несмотря на то, что давно построено третье транспортное кольцо и функционируют транспортные хорды к МКАД. И хотя въезд большегрузного транспорта в центр города ограничен, с каждым годом транспортная ситуация только ухудшается.<sup>13</sup>

Увеличение количества личных автомобилей и грузового коммерческого автотранспорта традиционно связывают с экологическими проблемами, вытекающими из тысяч кубометров сжигаемого топлива, а также с увеличением ДТП и проблемами с парковочными местами.<sup>12</sup>

### **Давно забытые «товаропассажирские» линии и рынки на воде опять актуальны**

В Москве постоянно проживает 12,7 млн. человек и ещё каждый год регистрируют примерно 2,5 млн. из других стран. В 2019 году столицу посетили 25 млн. туристов.<sup>13</sup> К сожалению, люди не только отдыхают: Москва – это деловой и культурный центр, город, который никогда не спит, всегда в движении, всегда в работе. Поэтому организация городского пассажирского сообщения наряду с грузоперевозками остаётся актуальной задачей, осложняемой ужесточающимися требованиями к экологии и уровню комфорта [3,4].

В Москве умеют ценить время, надо везде успеть и просто тратить его на поездку здесь очень дорого. Современные пассажиры уже привыкли не терять время на ожидание, с лёгкостью пересеживаются с одного вида транспорта на другой, узнают об оптимальных маршрутах и оплачивают проезд через мобильные приложения. Устойчивая связь и интернет, возможность делать покупки и перекусывать на ходу

<sup>12</sup> Власти Москвы прокомментировали исследование "Яндекса" о пробках// Интерфакс, 2017[Электронный ресурс] <https://www.interfax.ru/moscow/589225> (дата обращения 28.03.2021)

<sup>13</sup> Статистика Росстат, Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] URL - <https://rosstat.gov.ru>, (дата обращения 28.03.2021)

сегодня воспринимаются как обычные сервисы. Однако работа по повышению качества транспортных услуг не прекращается. Современным горожанам приходится успевать во множество мест и возможность совместить занятия фитнесом, получение услуг парикмахера, деловую или личную встречу, обучение, бытовых услуг и пр. с поездкой, в полной мере отвечает запросу современного города.

В этой связи, безусловно, перевозчик, сумевший подарить своим пассажирам дополнительное время, помогая им попасть к месту назначения к заранее известному часу, решая по пути свои ежедневные задачи, будет востребован.

В разное время рассматривались различные варианты включения водной артерии в наземные пассажирские маршруты как публичного перевозчика в тесной интеграции с наземными видами транспорта и метро. Возможно ли сегодня предложить транспортный продукт, соответствующий всем современным запросам и действующим тенденциям? Существуют ли технологические возможности для интеграции водных путей Московского региона в обозначенные логистические схемы доставки грузов и перевозки пассажиров? В европейских столицах, имеющих судоходные реки, стараются максимально вовлечь их в городской транспортный комплекс с целью разгрузки автотрасс, прежде всего в черте города, и особенно в его центре. Показательным является опыт Парижа, где доставка товаров в магазины продуктовой сети осуществляется с реки [4]. Предварительная проработка показала, что в Москве может быть реализован похожий проект.

Город может получить уникальную транспортную услугу, которая позволит его жителям и гостям перемещаться вместе с личным автомобилем в комфортных условиях, совмещая поездку с привычными ежедневными делами по символической цене. Причём, городу для этого не придётся выплачивать никаких дотаций, так как рассматриваемый проект предусматривает получение основного дохода, компенсирующего эксплуатационные издержки не за счёт платы за перевозку грузов и пассажиров.

Качественно новый уровень транспортного обслуживания может стать возможным в случае организации круглогодичной многофункциональной грузопассажирской паромной линии. За основу взята современная концепция морских паромов, хотя история торговли тесно связана и зависит не только от морского, но и от речного судоходства. Здесь уместно вспомнить традиционные южноазиатские рынки на реке, ставшие отдельной достопримечательностью современных Таиланда, Вьетнама, Китая, а также Индии и других стран. Они так хорошо известны «своей визуальной привлекательностью, что в 2012 году компания «IKEA» позаимствовала стилистику для создания выставки «плавающий ночной рынок» на северном лондонском канале «Риджентс».

Также привлекательными остаются идеи долго и успешно работавших ещё в позапрошлом веке на европейских, американских, а позже на российских реках «товаропассажирских» судов разного уровня комфорта, которые перевозили грузы и пассажиров в городском, пригородном и межрегиональном сообщении, концентрируя на борту широчайший перечень услуг. Сегодня популярны исторические реконструкции, музеи на воде, а также различные модификации грузопассажирских линий, реализуемые в разных странах на новом техническом уровне.

### **Улучшение качества транспортного обслуживания и уникальное предложение в особенно дефицитных сегментах рынка коммерческой недвижимости города Москвы**

Для современной Москвы в настоящее время разрабатывается концепт двухпалубного судна с горизонтальной загрузкой, предназначенного для перевозки легкового и грузового автотранспорта, а также имеющего трюмные помещения значительной площади, приспособленные для наполнения необходимыми горожанам товарами и услугами. Таким образом, это уже не только транспортное средство, а в

зависимости от наполнения, гибридный коммерческий центр, включающий складские парковочные, гостиничные, офисные и торговые помещения, передвигающийся через весь город со скоростью 15 км в час. Уникальная возможность водного транспорта перемещать тысячи квадратных метров коммерческой площади разного назначения через центр города обеспечивает ей значительную проходимость потенциальных покупателей и пользователей услуг, повышая эффективность её использования, а следовательно, и привлекательность для московских коммерсантов.

В условиях возрастающей конкурентной борьбы, усугубившейся пандемией, бизнес ищет новые площадки для расширения своего влияния на потребительском рынке. Новые формы продаж товаров и услуг, а особенно оптимизирующие издержки, всегда востребованы, поскольку позволяют расширить целевую аудиторию и повысить эффективность работы. По словам экспертов «Knight Frank», «2020 год совершенно точно войдёт в историю рынка торговой недвижимости не только как год небывалого кризиса, вызванного не столько экономическими и политическими факторами, сколько эпидемиологической обстановкой в мире, но и как переломное время для старых бизнес-моделей и подходов к развитию рынка торговой недвижимости».<sup>14</sup>

Не останавливаясь на деталях московского рынка стрит-ритейла, в контексте исследуемого вопроса необходимо отметить, что «несмотря на непростой для торговли год, в 2020 году появилось 294 новых оператора, что только на 25% ниже показателя предыдущего года. В структуре открытий с долей 49% по-прежнему лидируют операторы общественного питания, а также супермаркеты, специализированные магазины и представители сегмента «красота и здоровье»».<sup>8</sup>

Максимальные базовые ставки аренды продолжают удерживать помещения в зоне фуд-корта, предприятия общественного питания и «островной» торговли в действующих проектах с высокой посещаемостью. В зависимости от места размещения стоимость аренды таких площадей может достигать 120 тыс. руб. за кв. м в год. Также следует отметить, что оказываемое до 2020 года заметное влияние активно развивающейся индустрии общественного питания (в общей структуре арендаторов доля кафе и ресторанов, фуд-холлов и фуд-кортв выросла с 32% в 2016 году до 42% в 2019 году) сохраняется.<sup>8</sup> Этот сегмент продолжает активно развиваться, реализуя новые концепции общепита, в том числе и ставший уже популярным проект «Рэдиссон» ресторанов на реке[5,6].

Также эксперты отмечают, что «лидером в структуре инвестиций в коммерческую недвижимость России в 2020 году стал сегмент площадок под девелопмент – 41% от общего объёма (29% 2019 году). Офисная недвижимость заняла второе место с 26% (33% в 2019 году), а складская – третье, ее доля увеличилась за год с 2% до 25%. Таким образом, место торговой недвижимости в тройке лидеров в 2021 году займёт складской сегмент, который стал бенефициаром коронакризиса и получил мощный толчок к развитию»<sup>14</sup>. Таким образом, сегодня меняется психология как бизнеса, так и потребителя. Наряду с желанием сэкономить, у людей осталось желание выделиться из общей массы, а река и возможность перемещение по ней с автомобилем традиционно воспринимаются как престижный сегмент. Рынок во многом диктует ценообразование, что влечёт за собой поиск новых форм ведения бизнеса. Например, в сегменте офисной недвижимости набирают популярность «карвокинг» и система «hot desk», ориентированные на сотрудников, активно работающих удалённо, на объектах, выезжающих в командировки и не требующих постоянных рабочих мест. В

---

<sup>14</sup> Рынок складов Итоги III квартала 2020 года на складском рынке Московского региона// [zdanie.info](https://zdanie.info), [Электронный ресурс] URL <https://zdanie.info/2393/2421/news/14495> свободный (дата обращения 28.03.2021)

сегменте девелопмента рассматривается перспектива внедрения популярного в Америке и Европе формата стрип-моллов [7,8]. Всё это по предварительным оценкам делает аренду на водном транспорте абсолютно конкурентоспособным и перспективным направлением, и даже при скромных ставках (40-45 т.р./м2/год) такая форма дохода способна окупить большую часть эксплуатационных расходов судоходной компании.

### **Новый многофункциональный грузопассажирский паром**

Разрабатываемый специально для рассмотренной бизнес-модели концепт нового парома может иметь различные модификации. Вся площадь главной палубы и значительную площадь второй предполагается отдать под перевозку автотранспорта; здесь также может быть небольшой склад со стеллажами, возможно, каюты, фитнес-клуб или конференц-зал. Помещение трюма займут магазины (showroom), салон красоты, возможно, игровая комната для детей, на солнечной палубе - небольшой фудкор. Разработка концепции наполнения является темой отдельного исследования и задачей, решаемой на основе тщательного изучения и прогноза рынка коммерческой недвижимости, а также определения ценового сегмента и потребностей инвесторов.

В независимости от того, как будет распределена площадь между различными направлениями, разнообразие наполнения позволит горожанам и туристам передвигаться по городу в комфортных условиях, получая услуги и впечатления или занимаясь самыми разными ежедневными привычными делами. Паром, перемещая пассажиров вместе с личным транспортом и грузовыми автомобилями по городу, сможет разгрузить дорожную сеть [9]. Как уже отмечалось выше в условиях пандемии и ставшими уже обычными требованиями к безопасной дистанции, такая услуга приобретает особенную актуальность.

Товары, предназначенные для поставки в торговые центры и любые другие грузы, доставляемые по маршруту, совпадающему с маршрутом паромной линии, загружаются в автомобили, превращая их в идеальную укрупнённую транспортную единицу. Часть своего маршрута автомобиль может преодолевать самостоятельно, затем он заезжает на паром, который везёт его через весь город. Часть груза, например, посылки для дальнейшей курьерской доставки могут быть выгружены на склад парома. Время поездки от Северного речного порта через деловой и исторический центры города, районы плотной застройки (Нагатино Марьино, Братеево, Печатники, Капотня) до причала Курьяново составляет 3-4 часа.

На маршруте должно быть несколько коротких остановок для пассажиров и несколько - с возможностью съезда автотранспорта. В любом максимально приближенном к месту доставки или удобной транспортной развязке месте автомобиль съезжает на пристань и продолжает движение. Также этот участок реки хорошо интегрируется в существующую схему работы наземного транспорта, развивающуюся в координации со станциями метрополитена, а также станциями МЦК, МЦД и пригородных электричек и прекрасно дополнит рассматриваемые пассажирские речные линии.

В настоящее время возможность принять суда с горизонтальной загрузкой существует в южной части города Москвы в районе Капотня (около бывшего яхт-клуба «Круиз») с выездом в ЮЗАО города, а также в районе Нагатинского затона с выездом в ЮАО города Москвы. В северной части города – Серебряный бор в районе «Поместье парка» и Берегоукрепление Химкинское-2 – район в 200 метрах от причала «Захарово».

Для того чтобы приспособить причалы, обустроить необходимую береговую инфраструктуру и обеспечить требуемый уровень глубин нужно внести соответствующие изменения в программу развития транспортной инфраструктуры города Москвы. Подъездные дороги, позволяющие осуществить выезд транспорта из судна и его заезд обратно, электрификация причала, обустройство заправочных колонок для судов и береговых гидрантов для подачи питьевой воды, организация пунктов сдачи сточных вод и твёрдых бытовых отходов являются минимальными требованиями для работы такой линии.

### **Заключение**

Такая технология не нарушает сложившиеся хозяйственные связи и логистические цепи поставки, не перераспределяет грузовую базу между видами транспорта, а интегрируется в них. Наличие такой услуги расширяет транспортные возможности, создаёт вариативность, способствуя сохранной доставке груза от двери до двери, обеспечивает участие водного транспорта в городских грузоперевозках без использования громоздкой специализированной погрузочной техники и площадей для накопления груза, несоответствующих реализуемой концепции развития города с красивыми благоустроенными набережными.

Предположительно такое судно сможет одновременно перевозить 30 фур или до 50 грузовиков меньших габаритов вместе с водителями, которые смогут отдохнуть, сделать покупки, продолжая движение со скоростью автомобильного потока в часы пик.

Логистические компании и крупные, имеющие собственные склады ритейлеры, смогут включать паромы в маршруты доставки, осуществляемой на постоянной основе между складами и магазинами, тяготеющими к маршруту линии. Это позволит им сократить расход топлива и износ автотранспортных средств, расходы на проезд по центру города, повысит ритмичность и предсказуемость поставки. Плата за перевозку автомобилей может быть так же, как и в случае с пассажирами и легковыми машинами, символической, особенно если места для перевозки автомобилей выкупать заранее на продолжительный период. Рассматриваемая технология формирует абсолютно новый сегмент транспортно-логистического рынка, максимально отвечающий требованиям Московского региона.

Среди наиболее значимых объектов коммерческой и складской инфраструктуры, тяготеющих к водному маршруту, можно выделить: Торговые Центры «Европейский», «Афимолл», «Смоленский пассаж», «Акрополь», ГУМ, «Пассаж», «Охотный ряд», «Аркадия», «Фили Град», «Ривьера», «Парк Мечты», «Бум», «Марьинский пассаж», «Мариэль», магазины сетей «X5» «Пятёрочка», «Магнит», «Перекрёсток», Логистические комплексы ЗИЛ (392 га), Курьяново (382,7 га), «склады сети 24».

Таким образом, наличие на рассматриваемом маршруте торгово-развлекательных центров, предприятий общественного питания, сетевых продуктовых торговых площадок с одной стороны, а с другой складских и логистических центров, промышленных причалов и мест пересечения с ТТК и МКАД создаёт отличные предпосылки для разгрузки центра города от многочисленного грузового транспорта, а также обеспечения необходимой проходимости торговым площадям.

Работа линии не решит всех транспортных проблем города, но может повысить степень комфорта передвижения грузов и пассажиров, а также поездки на автомобиле. Кроме того, это может быть интересно туристическим компаниям, так как внутренние водные пути традиционно являются одним из объектов привлекающих туристов. Включение парома в маршрут автобусного тура за 3-4 часа создаст незабываемые впечатления о Москве и поможет оптимизировать расходы и время, совместив отдых, в том числе и с размещением в каюты, с питанием, покупками и осмотром достопримечательностей города. Это соответствует концепции

развития столицы как туристического центра, создавая новый объект туристического притяжения, как для групповых, так и для индивидуальных, в том числе деловых туристов, ведь сегодня индивидуальность и самостоятельность в туризме приобретают всё большую актуальность.

Развивающаяся инфраструктура города Москвы, платёжеспособность жителей и гостей города являются привлекательными для активных и амбициозных судовладельцев, находящихся в постоянном поиске новых конкурентоспособных решений и маршрутов, формирующих на транспортном рынке региона новые уникальные предложения.

Водители грузового и легкового транспорта или пешеходы могут включать многофункциональные паромные линии в свои планы и маршруты заранее или ситуативно из-за затруднения передвижения с использованием других видов транспорта. Специальные сервисы в виде мобильных приложений с необходимой информацией о расписании линии, рекомендуемые оптимальные с точки зрения пользователя включение в свой маршрут водного участка, и осуществляющие бронирование и ряд других сопутствующих услуг помогут сделать этот вариант передвижения по городу востребованным и привычным. Таким образом, в удобном для себя месте можно будет заехать на паром, чтобы избежать дорожных заторов, дать отдохнуть водителю и пассажирам или получить один или несколько из предлагаемых сервисов, не задерживаясь, оплатить проезд посредством карты «Тройка» или через мобильное приложение, а затем, продолжить путь уже на другом конце города.

Важно помнить, что пассажирские перевозки являются социально значимыми. В этой связи ключевым аспектом накатных технологий является возможность перевозки автотранспорта, который самостоятельно заезжает на борт, затрачивая минимальное время, что важно для маломобильных граждан в контексте Государственной программы Российской Федерации «Доступная среда».

Рассматриваемый городской маршрут может работать как в корреспонденции с автотранспортом, так и с аналогичными паромными линиями, которые целесообразно организовать в навигационный период в пригородном и в перспективе - межрегиональном режиме. Например, на южном направлении до порта Коломна, с перспективой продления до причалов в Рязани и Нижнем Новгороде, а на северном – до причалов в Дмитрове и далее на Волгу. Как уже отмечалось, именно эти направления являются наиболее востребованными, здесь расположены Распределительные Центры сетей «Перекрёсток» (Софьино) и «Магнит» (Коломна, Дмитров), Логистические парки PNK group, стремительно растут транспортно-логистические центры посылочной торговли.

С окончанием навигации городская линия могла бы продолжить работу в корреспонденции не только с автомобильным, но и с железнодорожным транспортом, например, через Павелецкий, Ховринский, развивающийся как крупный логистический центр, грузовые дворы. Кроме того, можно предусмотреть возможность использование таких судов в межнавигационный период в качестве парковок, мотелей, небольших складов и мест общепита. Также, в случае чрезвычайных обстоятельств, возможно использовать их как источник электроснабжения.

Важнейшее преимущество водного транспорта - грузовместимость - не только даёт возможность комфортно сочетать перевозку легкового и грузового автотранспорта, грузов и пассажиров, но и позволяет предложить такую услугу по доступным ценам, совместив в одной точке множество сервисов. Такая модель способна не просто интегрировать его в транспортно-логистические схемы на качественно новом уровне, но и сделать незаменимым участником коммерческой и деловой жизни города, оригинальным и ёмким объектом туристической инфраструктуры.

Разработка концепта многофункционального паррома является важнейшим доказательством возможности использования водного транспорта на качественно новом уровне, в полной мере отвечающем потребностям столицы. Но для того, чтобы дать старт представленной концепции её необходимо рассматривать как транспортно-логистическую систему, которая как любая система, безусловно, обладает синергическим эффектом. В этой связи отдельно следует рассмотреть вопрос наполнения коммерческих площадей, распределив их между сегментами бизнеса с учётом потенциальной востребованности, доходности и влияния на систему.

Также предстоит обосновать оптимальные с точки зрения участников системы её технологические и экономические параметры, например такие, как требования к береговой инфраструктуре, технико-эксплуатационные характеристики паррома, график его движения, инвестиционные и эксплуатационные издержки. Необходимо оценить расходы и риски всех участников системы и сопоставить их с предполагаемыми доходами и экономическими эффектами. Важно рассмотреть город как значимого участника системы и выгодоприобретателя основных и сопутствующих эффектов от её работы. Но даже по предварительным оценкам видно, что успешная реализация такого проекта будет не только на пользу транспортному комплексу Московского региона, но и даст нужные импульсы для развития внутреннего водного транспорта на новом технологическом уровне, способствуя его постепенному вовлечению в уже значимую по объёму перевозку высокотарифицированных грузов.

#### Список литературы

1. Блинкин М. Грузовые дворы Москвы: текущее положение и перспективы развития / Институт экономики транспорта и транспортной политики Москва, 2017
2. Загоруйко М. Логистика Москвы // Аналитические материалы Knight Frank, [Электронный ресурс] URL: <https://cre.ru/players/person/zagoruiko-maksim> (дата обращения 28.03.2021)
3. А.А. Федянин, А.А. Грунин, О.И. Карасев и др. Индекс развития транспортного комплекса Аналитический доклад. — М., 2020. — 116 с.
4. Carsea, A., Goodman, A., Macketta, R.L., Panterc, J., Ogilviec, D. The Factors Influencing Car Use in a Cycle-friendly City: the Case of Cambridge // Journal of Transport Geography. — 2013. — Volume 28. — pp. 67–74.
5. Исаева А.А., Зарецкая Е.В. 3.Б. Амирова 3.Б. Оценка потенциала внутренних водных путей как важнейшей части мультимодальных пассажирских транспортных схем // Бюллетень транспортной информации» № 5 (287), 2019, С.3
6. Зарецкая Е.В., Исаева А.А., Жаворонков Н.А. Перспективы развития недоиспользованного транспортного и туристического потенциала внутренних водных путей за счёт новых мультимодальных технологических решений // Вестник ВГАВТ, № 59, 2019 г. С120
7. Stevenson, M., Rueda, S., Nieuwenhuijsen, M. Changing the Urban Design of Cities for Health: The Superblock Model // Environment International. — 2020. — Volume 134. — Article 105132. — pp. 1–13.
8. Dong, Bo & Christiansen, Marielle & Fagerholt, Kjetil & Bektaş, Tolga, 2020. "Combined maritime fleet deployment and inventory management with port visit flexibility in roll-on roll-off shipping," Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Elsevier, vol. 140(C).
9. Зарецкая Е.В., Митрошин С.Г., Жаворонков Н.А. Транспортно - технологические мультимодальные системы с участием внутреннего водного транспорта как одного из ключевых интегрирующих элементов // Вестник ВГАВТ -2018 № 55, - С. 124-218.
10. J. R. Hansen, K. Fagerholt, F. Meisel, J. G. Rakke /Planning interrelated voyages with separation requirements in roll-on roll-off shipping/ Computer Science/ EURO J. Transp. Logist 2019
11. Redman, L., Friman, M., Gärling, T., Hartig, T. Quality Attributes of Public Transport That Attract Car Users: A Research Review // Transport Policy. — 2013. — Volume 25. — pp. 119–127.

12. Егоров Г. В., Ильницкий И. А., Тонюк В. И. и др. Новые суда и паромы для обеспечения линейных перевозок пассажиров по водным коммуникациям // Вестн. Одес. нац. мор. ун-та. 2016. Вып. 3 (49). С. 45–69. №6 (73) 2017
13. Rietveld, P. Six Reasons Why Supply Oriented Indicators Systematically Overestimate Service Quality in Public Transport // *Transport Reviews*. — 2005. — Volume 25, Issue 3. — pp. 319–328.
14. Егоров Г. В., Егоров А. Г. Суда и паромы для обеспечения линейных перевозок пассажиров по водным коммуникациям России // *Морская Биржа*. 2016. № 4 (58). С. 26–5.
15. Maierov, Nikolaj Nikolaevich. "Methodological principles of the organization of the marine passenger transport network." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies 2* (2018): 28–37.
16. Mulder, Judith, and Rommert Dekker. "Methods for strategic liner shipping network design." *European Journal of Operational Research 235.2* (2014): 367–377.

### References

1. Blinkin M. *Gruzovye dvory Moskvy: tekushchee polozhenie i perspektivy razvitiya* / Institut ekonomiki transporta i transportnoj politiki Moskva, 2017
2. Zagorujko M. *Logistika Moskvy* // *Analiticheskie materialy Knight Frank*, available-<https://cre.ru/players/person/zagoruyko-maksim> (accessed 28.03.2021)
3. A.A. Fedyanin, A.A. Grunin, O.I. Karasev i dr. *Indeks razvitiya transportnogo kompleksa Analiticheskij doklad*. — M., 2020. — 116 p.
4. Carsea, A., Goodman, A., Macketta, R.L., Panterc, J., Ogilviec, D. *The Factors Influencing Car Use in a Cycle-friendly City: the Case of Cambridge* // *Journal of Transport Geography*. — 2013. — Volume 28. — pp. 67–74.
5. Isaeva A.A., Zareckaya E.V. Z.B. Amirova Z.B. *Ocenka potentsiala vnutrennih vodnyh putej kak vazhnejshchey chasti mul'timodal'nyh passazhirskih transportnyh skhem* // *Byulleten' transportnoj informacii* № 5 (287), 2019, p.3
6. Zaretkaya E.V., Isaeva A.A., ZHavoronkov N.A. *Perspektivy razvitiya nedoispol'zovannogo transportnogo i turistscheskogo potentsiala vnutrennih vodnyh putej za schyot novyh mul'timodal'nyh tekhnologicheskikh reshenij* // *Vestnik VGAVT*, № 59, 2019 p120
7. Stevenson, M., Rueda, S., Nieuwenhuijsen, M. *Changing the Urban Design of Cities for Health: The Superblock Model* // *Environment International*. — 2020. — Volume 134. — Article 105132. — pp. 1–13.
8. Dong, Bo & Christiansen, Marielle & Fagerholt, Kjetil & Bektaş, Tolga, 2020. "Combined maritime fleet deployment and inventory management with port visit flexibility in roll-on roll-off shipping," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier, vol. 140(C).
9. Zaretkaya E.V., Mitroshin S.G., ZHavoronkov N.A. *Transportno - tekhnologicheskie mul'timodal'nye sistemy s uchastiem vnutrennego vodnogo transporta kak odnogo iz klyuchevykh integriruyushchih elementov* // *Vestnik VGAVT* -2018 № 55, - p. 124-218.
10. J. R. Hansen, K. Fagerholt, F. Meisel, J. G. Rakke /*Planning interrelated voyages with separation requirements in roll-on roll-off shipping/ Computer Science/ EURO J. Transp. Logist 2019*
11. Redman, L., Friman, M., Gärling, T., Hartig, T. *Quality Attributes of Public Transport That Attract Car Users: A Research Review* // *Transport Policy*. — 2013. — Volume 25. — pp. 119–127.
12. Егоров Г. В., Il'nickij I. A., Tonyuk V. I. i dr. *Novye suda i paromy dlya obespecheniya linejnyh perevozok passazhirov po vodnym kommunikacijam* // *Vestn. Odes. nac. mor. un-ta*. 2016. Vyp. 3 (49). S. 45–69. №6 (73) 2017
13. Rietveld, P. Six Reasons Why Supply Oriented Indicators Systematically Overestimate Service Quality in Public Transport // *Transport Reviews*. — 2005. — Volume 25, Issue 3. — pp. 319–328.
14. Егоров Г. В., Егоров А. Г. *Suda i paromy dlya obespecheniya linejnyh perevozok passazhirov po vodnym kommunikacijam Rossii* // *Morskaya Birzha*. 2016. № 4 (58). p. 26–5.
15. Maierov, Nikolaj Nikolaevich. "Methodological principles of the organization of the marine passenger transport network." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies 2* (2018): 28–37.
16. Mulder, Judith, and Rommert Dekker. "Methods for strategic liner shipping network design." *European Journal of Operational Research 235.2* (2014): 367–377.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Зарецкая Екатерина Владимировна**, к.э.н., доцент кафедры эксплуатации водного транспорта Академии водного транспорта Российского университета транспорта (АВТ ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)), 117105, г. Москва, ул. Новоданиловская набережная, 2 к.1. e-mail: zarekaterina@yandex.ru

**Ekaterina V. Zaretskaya**, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of operation of water transport, Academy of water transport, Russian University of Transport 117105, Moscow, Novodanilovskaya embankment 2, bld.1, e-mail: zarekaterina@yandex.ru

**Сысоев Леонид Владимирович**, доцент, доцент кафедры судостроения и судоремонта Академии Водного транспорта Российского университета транспорта ((АВТ) ФГБОУ ВО «РУТ»), 117105, г. Москва, ул. Новоданиловская набережная, 2 к.1. e-mail: leo3654533@yandex.ru

**Leonid V. Sysoev**, Associate Professor, Associate Professor of the Department of shipbuilding and ship repair, Academy of water transport, Russian University of Transport (МИТ) 117105, Moscow, Novodanilovskaya embankment 2, bld.1, leo3654533@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 05.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 05.04.2021; published online 15.06.2021

УДК 656.621.2

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.193>

## **Эффективность проектов организации пассажирских перевозок на водном транспорте**

**В.М. Иванов<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0195-934X>

**Д.А. Репина<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5737-237X>

**А.В. Мосинцев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** Практика обоснования проектов организации пассажирских перевозок как в России, так и за рубежом свидетельствует, что данные проекты малорентабельны или убыточны с позиции финансового результата. Как правило, в силу своей социальной значимости проекты такого рода не позволяют устанавливать на готовый продукт цены, обеспечивающие превышение получаемых доходов над величиной вкладываемых средств. Вместе с тем, как в России, так и за рубежом проекты организации пассажирских перевозок необходимы, поскольку их реализация обеспечивает мобильность, транспортную доступность и прочие составляющие, характеризующие высокое качество жизни людей. Поэтому при обосновании проектов организации пассажирских перевозок акцент в части их эффективности чаще всего смещается с определения прямых эффектов (дополнительные доходы, экономия расходов, прибыль) на получение косвенных эффектов, суть которых сводится к монетизации тех результатов проектов, которые не попадают в сферу прямых эффектов, т.е. выражении в денежной форме отдельных преимуществ проектов, отражающих различного рода выгоды для внешних и внутренних участников проекта, будущих владельцев его результатов и прочих заинтересованных лиц, называемых в проектном управлении стейкхолдерами. В зависимости от круга лиц, заинтересованных в проекте, находится и отношение органов государственной власти, без финансового участия которых сегодня практически невозможно реализовать ни один проект по организации пассажирских перевозок. В статье рассмотрен подход к обоснованию эффективности проектов организации пассажирских перевозок на водном транспорте, ориентированный на выявление косвенных эффектов; на конкретных примерах показаны возможные диапазоны рассчитываемых эффектов применительно к практике работы предприятий водного пассажирского транспорта.

**Ключевые слова:** внутренний водный транспорт, пассажирские перевозки, прямой эффект, косвенный эффект, эффект сопутствующего характера, эффект сравнительных преимуществ, экология, экономия времени, монетизация выгод.

## **Efficiency of projects for the organization of passenger transportation by water transport**

**Valery M. Ivanov<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0195-934X>

**Daria A. Repina<sup>1</sup>**

ORCID ID) <https://orcid.org/0000-0002-5737-237X>

**Alexey V. Mosintsev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The practice of substantiating projects for organizing passenger transportation both in Russia and abroad shows that these projects are unprofitable in terms of financial results. As a rule, due to their social significance, such projects do not allow setting prices for the finished product, ensuring that the received income exceeds the amount of invested funds. At the same time, both in Russia and abroad, projects for organizing passenger transportation are necessary, since their implementation ensures mobility, transport accessibility and other components that characterize the high quality of life of people. Therefore, when justifying projects for organizing passenger transportation, the emphasis in terms of their efficiency is most often shifted from determining direct effects (additional income, cost savings, profit) to obtaining indirect effects, the essence of which boils down to monetizing those results of projects that do not fall into the sphere of direct effects, i.e., in monetary terms, individual benefits of projects, reflecting various benefits for external and internal project participants, future owners of its results and other stakeholders in project management. The attitude of state authorities also depends on the circle of people interested in the project. Without state authorities' financial participation it is practically impossible to implement any project on the organization of passenger transportation today. The article discusses an approach to substantiating the effectiveness of projects for organizing passenger transportation in water transport, focused on identifying indirect effects, with specific examples showing the possible ranges of calculated effects in relation to the practice of water passenger transport enterprises.

**Keywords:** inland waterway transport, passenger transport, direct effect, indirect effect, concomitant effect, comparative advantage effect, ecology, time saving, benefit monetization.

### **Введение**

В большинстве стран мира в основе современного развития лежит тезис относительно его устойчивости. Устойчивое развитие представляет собой концепцию развития общества, направленную на удовлетворение текущих потребностей человечества без ущерба для последующих поколений. Переход к устойчивому развитию Российской Федерации – «...это повышение уровня и качества жизни населения на основе научно-технического прогресса, динамичного развития экономики и социальной сферы при сохранении воспроизводственного потенциала природного комплекса страны как части биосферы Земли, а также технологического потенциала в интересах нынешнего и будущих поколений» [1].

По образному определению малайзийских ученых, «Общественный транспорт является воротами к устойчивой системе доступности» [2]. При этом отмечается, что существует ряд вопросов, связанных с услугами общественного транспорта, таких как ограниченные возможности транспортных систем, низкое качество транспортных услуг, высокая стоимость транспортной инфраструктуры и т.п.

Развитие региональных транспортных систем длительное время шло преимущественно с учетом географических и экономических особенностей регионов. Например, поскольку Япония расположена на островах, в этой стране хорошо развит морской транспорт. В свою очередь, Китай и Россия имеют большие территории, поэтому здесь важную роль играет железнодорожный транспорт. В большинстве стран Европы высокая плотность населения, и здесь, как результат, преобладает автомобильный транспорт.

Вместе с тем, последние 20 лет характеризуются кардинальным пересмотром сложившихся транспортных коммуникаций. Это связано с изменением представлений общества относительно роли отдельных видов транспорта в условиях изменяющейся внешней среды. Длительное время мировой тенденцией было акцентирование на развитии автомобильного и воздушного видов транспорта, которые к настоящему времени по протяженности путей сообщения вышли на ведущие места (см. рис. 1). Автомобильный транспорт вышел в лидеры по протяженности путей сообщения в середине 20 века в результате таких факторов конкурентного преимущества, как доступность, скорость, гибкость использования. Помимо того, что автомобильный

транспорт является лидером по протяженности путей сообщения, он также занимает первое место в объеме пассажирских перевозок – 82 % мирового объема.

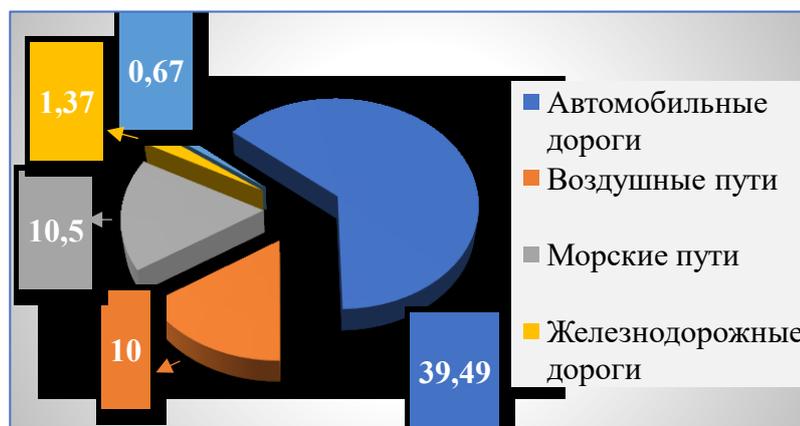


Рис. 1. Протяженность путей сообщения, км. Источник: составлено авторами на основе [3]  
 Fig. 1. Length of communication lines, km. Source: compiled by the authors based on [3]

Воздушный транспорт является относительно молодым и ориентирован в первую очередь на перевозку пассажиров. Прирост числа перевезенных воздушным транспортом пассажиров в мире за период с 2015 по 2019 годы составил 39,4%. Основное конкурентное преимущество данного вида транспорта – высокая скорость перевозочного процесса.

Устойчивое развитие общества предполагает сосредоточение усилий в трех областях: экономической, социальной и экологической [4]. И если в части экономической и социальной составляющей автомобильный и воздушный виды транспорта имеют несомненные преимущества, то в части экологии ситуация совершенно другая. Согласно проведенным исследованиям [5-7] среди всех видов транспорта именно автомобильные и воздушные виды транспорта являются основными источниками выбросов парниковых газов. Учитывая, что транспортный сектор определяет примерно четверть всех выбросов парниковых газов в Европе [8], развитие данных видов транспорта в перспективе представляется проблематичным.

В Белой книге по развитию транспорта в Европе в качестве одного из предложений по развитию общества с использованием «зеленых технологий» (технологий экологической направленности) предлагается перевод части объемов перевозок грузов на такие виды транспорта, как водный, электрический, использующий нетрадиционные виды энергии (солнечную, ветровую и т.п.). Однако такого рода проекты весьма дороги и, как правило, неэффективны с позиции прямых эффектов, в первую очередь прибыли. Поэтому к настоящему времени в развитых странах мира научная мысль в области транспортных технологий все более обращает внимание на выявление косвенных (чаще всего -нетранспортных) эффектов, которые в совокупности прямыми эффектами могли бы более полно отразить эффективность транспортных проектов. Это особенно важно для проектов организации пассажирских перевозок, поскольку, как было сказано ранее, они, как правило, носят социальный характер.

Второе и пятое места по протяженности путей сообщения занимают водные виды транспорта: морской и внутренний водный. Морской транспорт является лидером по грузовым перевозкам в мире, поскольку на него приходится более 60% мирового грузооборота. Однако в части пассажирских перевозок роль морского транспорта постепенно снижается. Еще в начале двадцатого века каждый год морской транспорт перевозил до 3 миллионов пассажиров, но к началу двадцать первого века количество

пассажиры сократилось. Достаточно сказать, что за период с 2015 по 2019 годы среднегодовые темпы прироста числа перевезенных пассажиров здесь составили - 37,5%.

Развитие внутреннего водного транспорта обусловлено в первую очередь географическими факторами: наличием рек и озер, пригодных для судоходства, благоприятным климатом (например, в США, где навигация длится в среднем 330 дней). Общая протяженность внутренних водных путей в мире составляет порядка 670 тысяч километров, из них более 50% приходится на Китай, Россию, Бразилию, США и Индонезию (см. табл. 1).

Таблица 1

**Протяженность внутренних водных путей**

№	Страна	Протяженность речной сети 2020 год, тыс. км*	Процентное содержание в общем объеме
1	Китай	126,30	18,85%
2	Россия	102,00	15,22%
3	Бразилия	50,00	7,46%
4	США	41,01	6,12%
5	Индонезия	21,58	3,22%
Итого по 5 странам:		341	50,88%
Протяженность речной сети по всему миру:		670	100,00%

\*Источник [10]

Мировыми лидерами по объему пассажирских перевозок речным транспортом являются: Китай, Индия, США и Германия.

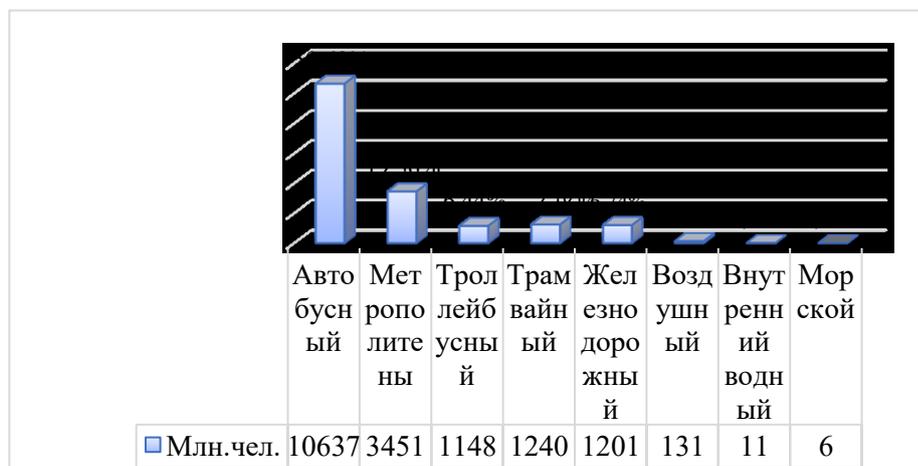


Рис. 2. Перевозки пассажиров видами транспорта в России в 2019 году. Источник: составлено авторами на основе [12]

Fig. 2. Transportation of passengers by means of transport in Russia in 2019. Source: compiled by the authors based on [12]

В России водные виды транспорта по количеству перевезенных пассажиров в рамках национальной транспортной системы занимают последние места (рис.2). И это при том, что протяженность внутренних водных путей в большинстве регионов сопоставима с протяженностью автомобильных и железнодорожных путей [11].

На заседании Президиума Государственного совета по развитию внутренних водных путей, состоявшемся в августе 2016 года, Президент Российской Федерации Владимир Путин подчеркнул, что вопрос развития внутренних водных путей является чрезвычайно важным для всей страны. Тем не менее ситуация с водным пассажирским транспортом в нашей стране за период с 2016 по 2019 годы практически не изменилась [13].

Нет никаких сомнений в том, что необходимо разработать и реализовать меры по поддержке и восстановлению речного транспорта. Однако при этом следует выяснить конкурентные преимущества и недостатки водных пассажирских перевозок [13-15].

### Результаты

Россия обладает уникальным комплексом водных коммуникаций, но международные сравнения показывают, что российский водный транспорт используется сегодня в недостаточной степени несмотря на то, что по сравнению с другими видами транспорта имеет ряд конкурентных преимуществ по следующим позициям:

- низкая энергоэффективность (расход дизельного топлива внутренним водным транспортом на каждые 100 тонно-километров меньше, чем для других видов транспорта - железнодорожного или автомобильного [16]);
- безопасность (относительно низкая аварийность на данном виде транспорта). Аварии на речном транспорте в 178 раз ниже, чем на автомобильном, и в 13 раз ниже, чем на железнодорожном) [12];
- экологичность (при эксплуатации внутреннего водного транспорта выбросы вредных веществ в атмосферу в расчете на один тонно-километр в 5 раз ниже, чем при эксплуатации автомобильного транспорта, а по сравнению с использованием железных дорог – в 2 раза ниже) [16];
- низкие инфраструктурные издержки по сравнению с инфраструктурными издержками других видов транспорта [11,12];
- безальтернативность в ряде регионов Крайнего Севера, Дальнего Востока, Сибири.
- Вместе с тем, водному транспорту присущи и определенные недостатки:
- относительно низкая скорость движения водоизмещающих судов, которая не позволяет в полной мере конкурировать наравне с автомобильным и железнодорожным транспортом;
- недостаточное количество и большой возраст имеющихся судов, большинство из которых построены в период 1950-1980 гг. Существующий пассажирский флот в большинстве своем морально и технически устарел (см.рис.3).

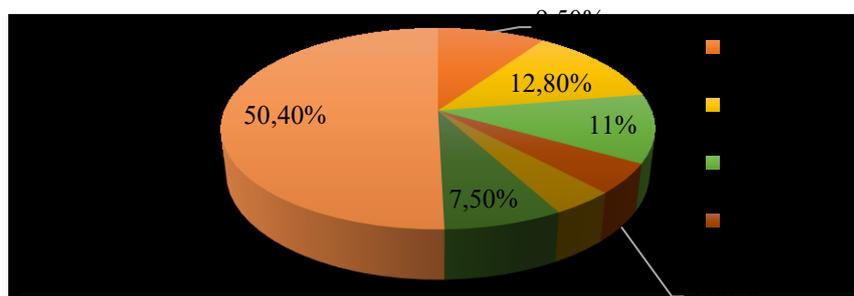


Рис. 3. Возрастная структура речных и озерных пассажирских судов России в 2019 году.

Источник. Составлено авторами на основе [12]

Fig. 3. Age structure of river and lake passenger ships in Russia in 2019. A source. Compiled by the authors based on [12]

- инфраструктура внутренних водных путей также находится на критически низком для безопасного судоходства уровне. Процессы физического и морального старения инфраструктуры опережают темпы ремонтных и восстановительных работ;
- слабое экономическое положение судоходных компаний. Компаниям не хватает средств на строительство, обновление инфраструктуры внутренних водных путей и речного флота, так как здесь необходимы чрезмерно высокие финансовые затраты;
- высокие и непредсказуемые цены на топливо сильно сказываются на повышенной себестоимости услуг, предоставляемых скоростными судами типа СПК (судна на подводных крыльях) и СВП (судна на воздушных подушках), поскольку для высокоскоростных судов характерно высокое энергопотребление;
- ограниченный период речной навигации, особенно в северной и восточной частях страны (в среднем 145–150 дней в году: с мая по октябрь, что приводит к снижению рентабельности использования речного транспорта);
- недостаток глубин для прохождения судов с осадкой, позволяющей эксплуатацию больших круизных судов (из 102 тыс. км. судоходных путей – 50 тыс. км. с гарантированными габаритами). Данное обстоятельство сдерживает развитие оптимальных речных маршрутов.

Существующее положение внутреннего водного транспорта обусловлено слабой относительно других видов транспорта поддержкой, в первую очередь, со стороны муниципалитетов, на которые сегодня приходится основной акцент в организации и финансировании социальных пассажирских перевозок.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать вывод, что проблемы, связанные с развитием водного пассажирского транспорта, известны давно, но до сих пор практически ничего не делается для развития пассажирских перевозок водным транспортом. На наш взгляд здесь есть как объективные, так и субъективные причины. В большинстве своем они кроются в оценке эффективности (результативности) предлагаемых транспортных проектов с участием внутреннего водного транспорта.

Проекты развития транспорта, как известно [17], взаимосвязаны с широким спектром отраслей экономики, в результате чего эффекты от транспортных проектов получают не только пассажиры и грузовладельцы. Например, ускорение пригородного сообщения и вовлечение новых населенных пунктов в границы агломераций дает эффект для компаний за счет географического расширения рынка труда и сбыта. Если удаленный район города или региона стал «ближе» к центру, где «кипит жизнь», то это приводит к росту вовлеченности населения в экономику, создает новые стимулы для развития, например, за счет приезда туда новых жителей с более высоким уровнем образования и потребительскими стандартами. Таким образом, при рассмотрении транспортных проектов необходимо учитывать не только прямые, но и косвенные эффекты, причем последние применительно к перевозкам пассажиров имеют часто большую значимость, нежели прямые.

Значительное время в России при принятии решений в части развития пассажирского транспорта ориентировались на минимизацию государственных расходов на транспортную инфраструктуру – так называемых прямых экономических эффектах. Однако в первую очередь зарубежная практика оценки проектов развития транспортной инфраструктуры показала, что более дешевый проект с позиции прямых эффектов может оказаться для общества менее выгодным, чем более затратный, но более востребованный со стороны населения и бизнеса проект, имеющий дополнительный косвенный эффект. Иными словами, далеко не всегда прямая экономия расходов или получение дополнительных доходов должны быть

основным критерием для выбора того или иного варианта проекта. Чаще всего, чем больше людей и компаний будут охвачены позитивными изменениями в транспортном сообщении (сокращение времени в пути, сокращение затрат, повышение надежности и безопасности перевозок и так далее), тем больше косвенные эффекты для экономики одного или группы регионов. И наоборот, при прочих равных условиях для развития регионов страны менее ценны те проекты, бенефициаром которых является одна конкретная компания. Также менее ценны и проекты, направленные на узкий сегмент перевозок, например, прямые авиаперевозки пассажиров только на 1–2 курорта. Такие проекты несут в себе большие риски того, что результаты инвестиционных процессов окажутся неэффективными и для них лучше ограничить государственную поддержку.

Особенностью проектов организации пассажирских перевозок является тот факт, что они, как правило, социально значимы, поэтому в отличие от проектов организации грузовых перевозок имеют ценовые ограничения в части стоимости конечного продукта – транспортных услуг. В связи с данным обстоятельством здесь на первое место выходят косвенные эффекты.

Говоря о косвенных эффектах, можно выделить среди них две группы: эффекты сопутствующего характера и эффекты сравнительных преимуществ. К первой группе можно отнести результаты реализации проектов, имеющих экономические последствия не только в сфере транспортных услуг, но и в смежных отраслях экономики.

В качестве примера сопутствующего эффекта рассмотрим внедрение речного транспорта в систему обслуживания туристических центров. Развитие туристических центров относится к первоочередным задачам Стратегии социально-экономического развития Нижегородской области на период до 2035 года. В 2020 году были организованы первые рейсы судна на подводных крыльях типа «Валдай 45Р» по маршруту Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород [18]. На наш взгляд, целесообразно рассмотрение варианта ежедневной перевозки двух групп туристов из Нижнего Новгорода в Городец при нахождении их в Городце в течение 3 часов с последующей доставкой в Нижний Новгород. Организацию работы СПК «Валдай 45Р» на туристическом маршруте предполагается организовать по шаттл-принципу (от англ. Shuttle — челнок). При этом первый обратный рейс (Городец – Нижний Новгород) и третий прямой рейс (Нижний Новгород – Городец) будут порожними.

Работа туристической линии целесообразна в период с 01 мая по 10 октября. Протяженность маршрута в одном направлении 54 км. Время движения в одном направлении 0,9 часа. Время посадки (высадки) – по 15 минут. Таким образом, с учетом посадки–высадки туристов продолжительность рейса в одном направлении составит до 1,4 часов. Необходимо за день организовать 6 рейсов СПК «Валдай 45Р» (3 круговых рейса), но как было сказано ранее, количество рейсов с пассажирами на борту составит 4 (2 круговых рейса).

Результаты расчетов показали, что при ежедневной организации двух отправок туристов по маршруту Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород в течение эксплуатационного периода (163 суток) с учетом межнавигационных расходов общая величина расходов по СПК «Валдай 45Р» за год составит 11,2 млн. рублей

С учетом специфики перевозок туристов на скоростных судах целесообразно принять стоимость путевки на предлагаемом маршруте Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород с использованием СПК «Валдай 45Р» в размере: взрослый билет – 1000 рублей, детский билет 800 рублей. Приняв в качестве среднего значения 25% процентов детских билетов за рейс, получим среднюю стоимость путевки в размере 950 руб/чел.

Ожидаемые финансово-экономические результаты работы туристического маршрута при разном количестве туристов в группе приведены в табл.2.

Таблица 2

**Результаты финансово–экономических расчетов для туристического маршрута Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород с использованием СПК «Валдай 45Р»**

№ п/п	Показатели	Значение показателей при размере туристической группы, чел.			
		30	35	40	45
1	Перевезено туристов за год, чел.	9780	11410	13040	14670
2	Выручка за круговой рейс с туристами, тыс.руб.	28,50	33,25	38,00	42,75
3	Число круговых рейсов с туристами за навигацию, ед.	326	326	326	326
4	Доходы от перевозок за навигацию, млн.руб.	9,29	10,84	12,39	13,94
5	Расходы за год, млн.руб.	11,20	11,20	11,20	11,20
6	Прибыль (убыток), млн.руб.	- 1,91	- 0,36	1,19	2,74

Графическая интерпретация данных табл. 3 показывает, что при размере туристической группы до 36 человек маршрут убыточен (рис. 4а).

При оценке финансово–экономических результатов организации предлагаемого маршрута можно указать на высокую вероятность получения дополнительных доходов от экскурсионного обслуживания в г.Городец, приобретения сувенирной продукции в расположенном там музейно–туристическом комплексе «Город мастеров» и организации быстрого питания. Приняв в расчетах величину среднего чека экскурсанта в Городце в размере 950 рублей (450 рублей посещение музеев, 250 рублей сувенирная продукция и 250 рублей питание), 80% желающих потратить свои средства на досуг в этом городе и рентабельность продаж услуг в размере 25%, получим новый график (рис.4б), из которого видно, что при маршрут принесет прибыль уже при 31 человеке в группе.

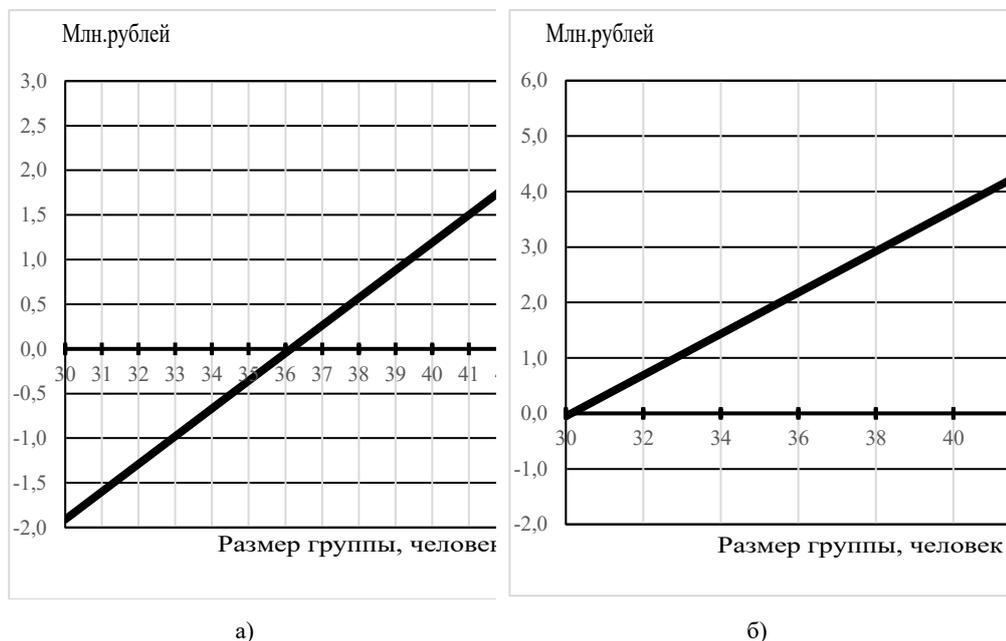


Рис.4. Прибыль при организации туристического маршрута.  
Fig. 4 Profit from organizing a tourist route.

При использовании на туристической линии Нижний Новгород–Городец–Нижний Новгород двух судов объем перевозок туристов может быть доведен как минимум до 25 тыс. человек за год что, очевидно, положительно скажется на итоговом финансовом результате.

Вариативность оценки эффектов сравнительных преимуществ достаточно полно характеризует Постановление Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 года № 1512 «Об утверждении методики оценки социально–экономических эффектов от проектов строительства (реконструкции) и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, планируемых к реализации с привлечением средств федерального бюджета, а также с предоставлением государственных гарантий Российской Федерации и налоговых льгот» [19]. Согласно данной методике, социально–экономический эффект в результате реализации транспортных проектов может быть получен за счет:

- прироста валовой добавленной стоимости;
- налоговых и иных обязательных платежей в бюджеты бюджетной системы Российской Федерации;
- монетизированного эффекта от экономии времени в пути пассажиров и грузов;
- монетизированного эффекта в результате повышения безопасности перевозок пассажиров и грузов;
- монетизированного агломерационного эффекта;
- монетизированного эффекта в результате прироста выпуска товаров (работ, услуг) вследствие ликвидации инфраструктурных ограничений;
- прироста валового внутреннего продукта Российской Федерации;
- бюджетных эффектов.

В качестве примера рассмотрим монетизированный эффект от экономии времени в пути пассажиров и грузов на социальном маршруте Нижний Новгород – Городец при частичной замене автомобильного транспорта водным. Согласно имеющимся данным, время в пути на автобусе из Нижнего Новгорода в Городец занимает в среднем 2 ,17 часа (130 минут), а время в пути на СПК «Валдай 45Р» 0,9 часа (54 минуты), т.е. экономия времени одного пассажира при движении в одном направлении составляет 1,27 час. При расчете эффекта также была принята во внимание следующая информация (см. табл. 3).

*Таблица 3*

**Информация для расчета монетизированного эффекта экономии времени пассажиров в пути на маршруте Нижний Новгород – Городец (данные 2020 года)**

Наименование показателя, единица измерения	Обозначение	Значение показателя
Среднемесячная номинальная заработная плата работников в Нижегородской области за 2020 г. руб.	ЗП <sub>ср</sub>	36 174,60 рублей. (данные Росстата)
Индекс потребительских цен в 2020 г.	И <sub>пц</sub>	105,8 %. (данные Минэкономразвития России)
Прогнозное количество отправленных за один рейс пассажиров при реализации проекта, человек	ПС <sub>рейс</sub>	38
Прогнозное количество персонала, приходящихся на один рейс, при реализации проекта, человек	ПР <sub>рейс</sub>	2
Экономия времени в пути транспортных средств за рейс при реализации проекта, часа	ЭВ <sub>тс</sub>	1,27
Коэффициент использования пассажирами экономии	К <sub>пас</sub>	0,45

времени для осуществления экономической деятельности		
Коэффициент использования персоналом экономии времени для осуществления экономической деятельности	$K_{перс}$	1
Число рейсов в день, ед.	$Ч_{рейс}$	4
Продолжительность навигации, дней	$T_{нав}$	200
Среднее число дней в одном месяце, дней	$D_{мес}$	30,5
Продолжительность рабочего дня, часы	$C$	8

В соответствии с [12] при расчете монетизированного эффекта экономии времени пассажиров в пути были использованы следующие зависимости:

1. Высвобождение времени пассажиров при реализации проекта за год, человеко-месяцев:

$$ВВ_{пас} = \frac{ПР_{рейс} \times ЭВ_{тс} \times K_{пас} \times Ч_{рейс} \times T_{нав}}{D_{мес} \times C}$$

$$ВВ_{пас} = 38 \times 1,27 \times 0,45 \times 4 \times 200 / 30,5 / 8 = 71,20 \text{ человеко-месяцев.}$$

2. Высвобождение времени персонала, осуществляющего эксплуатацию транспортных средств, при реализации проекта за год, человеко-месяцев:

$$ВВ_{пер} = \frac{ПР_{рейс} \times ЭВ_{тс} \times K_{перс} \times Ч_{рейс} \times T_{нав}}{D_{мес} \times C}$$

$$ВВ_{пер} = 2 \times 1,27 \times 1 \times 4 \times 200 / 30,5 / 8 = 8,33 \text{ человеко-месяцев.}$$

3. Годовой монетизированный эффект экономии времени в пути, рублей:

$$МЭ_{вр} = (ВВ_{пас} + ВВ_{перс}) \times ЗП_{ср} \times (1 + \frac{И_{пп}}{100})$$

$$МЭ_{вр} = (71,20 + 8,33) \times 36\,174,60 \times (1 + 5,8/100) = 3\,043\,830 \text{ рублей.}$$

Результаты расчетов показали, что при ежедневном выполнении 4 рейсов (2 круговых рейса) монетизированный эффект от экономии времени в пути следования пассажиров по маршруту Нижний Новгород – Городец на СПК «Валдай 45Р» вместо автобусов за год составит более 3 млн.рублей.

К сожалению, в указанной выше методике не рассматриваются эффекты экологического типа, например, влияние транспорта на окружающую среду и изменение климата. Вместе с тем, согласно принципам «зеленой экономики», именно этот вид эффекта считается наиболее важным в странах Европы при принятии решения о переключении перевозок пассажиров с автомобильного на более экологически чистые виды транспорта, в первую очередь, на водный. Поэтому авторы статьи использовали рекомендации, приведенные в работе «Транспортная инфраструктура и экономический рост», где экологический эффект в результате замены одного вида транспорта на другой рассмотрен подробно - его суть сводится к стоимостной оценке вреда выбросов от транспортных средств [3]. Формула расчета экономического эффекта от замены одного вида транспорта (транспортного средства) другим выглядит следующим образом:

$$\Delta_3 = \sum_i^n \Delta L_i \times k_i, \text{ где:}$$

$i$  – индекс вида транспорта (транспортного средства),  $i=1, n$ ,

$n$  – число транспортных средств;  
 $\Delta L_i$  – изменение пробега вида транспорта (транспортного средства) в км;  
 $k_i$  – стоимостная оценка экономического ущерба от использования  $i$ -го вида транспорта (транспортного средства) из расчета на 1 км пробега, руб/км.

В расчетах было учтено следующее:

1. В настоящее время на перевозках из Нижнего Новгорода в Городец и обратно используются два вида транспортных средств: автомобили типа ПАЗ пассажироместимостью 25 человек, работающие на маршруте 509 по расписанию, предусматривающему ежедневно семь отправок из Нижнего Новгорода и двух отправок в пятницу, субботу и воскресенье, и автомобили типа «Газель» пассажироместимостью 17 человек, работающие на маршруте 1507 по расписанию, предусматривающему ежедневно 14 отправок из Нижнего Новгорода.

2. В предлагаемом варианте проекта организации перевозок часть пассажиров будет обслужена водным транспортом (суда типа «Валдай») с двумя ежедневными отправлениями из Нижнего Новгорода и, соответственно, из Городца.

3. В расчетах число пассажиров в транспортных средствах принято:

Легковой автомобиль – 3 чел., Паз – 25 чел., Газель – 15 чел., Валдай – 38 чел.

4. Стоимостная оценка экологического ущерба на 1 км пробега принята по материалам [20].

В табл. 4 приведен расчет экологического эффекта на маршруте Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород в результате частичной замены автомобильного транспорта водным в течение периода навигации продолжительностью 200 суток.

Таблица 4

Расчет экологического эффекта на маршруте Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород

Тип транспортного средства	Стоимостная оценка экологического ущерба на 1 км пробега транспортного средства, руб/км	Число пассажиров в транспортном средстве	Размер экологического ущерба на 1 пассажиро-километр, руб/пкм	Число перевезенных пассажиров за сутки, чел	Расстояние, км	Пассажиро-километров за сутки, пкм	Размер экологического ущерба, руб/ сутки	Размер экологического ущерба за период навигации, тыс. руб
Существующий вариант перевозок на маршруте Нижний Новгород–Городец– Нижний Новгород								
Легковой автомобиль	1,5	3	0,5	50	70	3500	1750	350,0
Междугородний автобус малой вместимости	4	17	0,235	380	70	26600	6259	1251,8
Всего:				430				1601,8
Предлагаемый вариант перевозок на маршруте Нижний Новгород–Городец– Нижний Новгород								
Легковой автомобиль	1,5	3	0,5	40	70	2800	1400	280,0

Междугородний автобус малой вместимости	4	17	0,235	230	70	16100	3788	757,6
Водный транспорт "Валдай"	1	38	0,026	160	54	8640	227	45,4
Всего:				430				1083,0

Из приведенных расчетов следует, что экологический эффект за счет перевода части пассажиров на водный за период эксплуатации 200 суток составит 1601,8 - 1083,0=518,8 тыс. руб.

### **Заключение**

В настоящее время конкурентоспособность экономики любого региона зависит от степени развития транспортной инфраструктуры. Мировая практика показывает, что наличие развитой транспортной инфраструктуры способствует достижению экономического роста. При этом акцент делается экологические виды транспорта, включая внутренний водный.

В России к настоящему времени пассажирский внутренний водный транспорт почти полностью потерял свое прежнее значение. По данным официальной статистики за 2019 год перевозки внутренним водным транспортом составили всего 0,06% от общего объема пассажирских перевозок в стране. Нынешнее положение пассажирского внутреннего водного транспорта связано с рядом причин, к которым относятся:

- относительно низкая скорость движения водоизмещающих судов;
- недостаточное количество, техническая отсталость и высокий возраст имеющихся пассажирских судов;
- несоответствие в ряде регионов состояния водных путей требованиям современного флота;
- слабое экономическое положение судоходных компаний;
- значительная энергоёмкость современных скоростных судов;
- высокие и очень волатильные цены на топливо;
- активное развитие наземных видов транспорта;
- ограниченный период речной навигации;
- отсутствие взаимодействия с другими видами транспорта на основе мультимодальности.

Вместе с тем услуги водного транспорта в Российской Федерации могут предоставляться на территории 60 субъектов страны. Поэтому авторами статьи была предпринята попытка экономического обоснования развития водного пассажирского транспорта на основе выявления эффектов, связанных с его деятельностью.

В качестве примера сопутствующего (прямого) эффекта рассматривалось внедрение речного транспорта в систему обслуживания туристических центров. Был рассмотрен вариант организации пассажирских речных перевозок на судне с подводными крыльями типа «Валдай 45Р» по маршруту Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород. Расчеты показали, что при ежедневной организации двух туристических отправок по маршруту Нижний Новгород – Городец – Нижний Новгород в течение эксплуатационного периода (163 дня), при средней численности группы 37 и более туристов, будет достигнут положительный финансовый результат. Помимо прибыли от перевозок на данном туристическом маршруте весьма высока вероятность получения дополнительного дохода как от экскурсионного обслуживания туристов в г. Городец, так и от приобретения сувенирной продукции в расположенном там музейно-туристическом комплексе «Город мастеров». За год такой доход в Городце может составить до 13,5 млн. рублей, что в итоге приведет к сокращению периода окупаемости инвестиций в туристический проект.

Примеры косвенных эффектов сравнительных преимуществ в статье представлены на основе учета экологической составляющей работы транспортного сектора и экономии времени в пути пассажиров при реализации инфраструктурного проекта. При проведении расчетов был рассмотрен тот же маршрут, что и при выявлении сопутствующего эффекта, а именно Нижний Новгород – Городец- Нижний Новгород, но уже не как туристический, а как социальный. Выполненные авторами расчеты показали, что экологический эффект от перевода части пассажиров с автомобильного транспорта на внутренний водный составит более 500 тысяч рублей, а эффект в результате экономии времени в пути пассажиров при реализации инфраструктурного проекта - более 3 млн. рублей.

Таким образом, резюмируя итоги выполненного исследования, можно сделать вывод о том, что при выявлении возможных косвенных эффектов ситуация с развитием водного транспорта может быть значительно улучшена. Авторы статьи считают, что необходима разработка концепции развития водного пассажирского транспорта с учетом всех возможных эффектов от его эксплуатации.

#### Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.04.1996 г. № 440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» [Электронный ресурс]- URL: <http://government.ru/docs/all/17992/> (дата обращения: 02.02.2020).
2. Bachok, S. Passenger's Aspiration towards Sustainable Public/ S.Bachok, M.M. Osman, Z.Ponrahono // Transportation System: Kerian District, Perak, Malaysia // Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 153.-2014. p. 553 – 565.
3. Лавриненко П.А. Транспортная инфраструктура и экономический рост / П.А. Лавриненко, П.А. Чистяков и др., – Москва: Перо, 2019. – 142 с.
4. Korczak, J. The concept of sustainable development of public passenger transport in Koszalin/ J.Korczak, K.Kijewska, K. //Transportation Research Procedia Vol 16.- 2016.-p. 217 – 226
5. Aparicio, A. Exploring the sustainability challenges of long-distance passenger trends in Europe// Transportation Research Procedia Vol 13.- 2016.-p. 90 – 99.
6. Vilarinho A. Challenges and opportunities for the development of river logistics as a sustainable alternative: a systematic review/ A.Vilarinho, L.Bartocci Liboni, J.Siegler // Transportation Research Procedia, Volume 39, 2019, p. 576-586.
7. Settey, T. Transport and International Bus Transport in the Slovak Republic/ T.Settey, J.Gnap // Transportation Research Procedia, Vol 44.-2020.- p. 129–136.
8. Siskos, P. Energy and fleet modelling within the TRIMODE integrated transport model framework for Europe/ P.Siskos, P.Capros, G.Zazias, D.Fiorello, K.Noekel // Transportation Research Procedia Vol 37.-2019.- p. 369–376.
9. European Commission (2011). White Paper on transport - Roadmap to a single European transport area - Towards a competitive and resource-efficient transport system. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011 - 28 p.
10. Список стран по длине водных путей. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA\\_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD\\_%D0%BF%D0%BE\\_%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5\\_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B5%D0%B9](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD_%D0%BF%D0%BE_%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B5%D0%B9) (дата обращения: 10.04.2021).
11. Иванов, М.В. Развитие транспортной инфраструктуры региона: факторы, направления, инструментарий оценки. Автореферат диссертации на соиск. уч.степ. канд. экон. наук по спец. 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством» (региональная экономика). Воронеж. – 2016. - 24 с.
12. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень январь-декабрь 2019 года: Министерство транспорта РФ. – Москва, 2020. – 67 с.
13. Заседание президиума Госсовета по вопросу развития внутренних водных путей. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.kremlin.ru/events/state-council/52713> (дата обращения: 02.02.2020).
14. Репина, Д.А. Водные пассажирские перевозки: проблемы и пути развития / Д.А. Репина, В.М. Иванов // Актуальные вопросы экономики: сборник статей III Международной научно-практической конференции – Пенза: Наука и Просвещение, 2020. – с. 229 – 232.

15. Вопросы развития пассажирских перевозок внутренним водным транспортом // Законодательное собрание Нижегородской области. – 2019. [Электронный ресурс] - URL: <https://www.zsno.ru/press-service/news/53611/> (дата обращения: 06.09.2020).
16. Gołębiowski C. Inland Water Transport in Poland // *Transportation Research Procedia*, Volume 14, 2016, p. 223-232.
17. Moschouli, E. Factors affecting the cost performance of transport infrastructure projects/ E.Moschouli, R.M.Socipto, T.Vanelslander, K.Verhoest// *European Journal of Transport and Infrastructure Research (EJTIR)*. Issue 18(4).- 2018.- p. 535-554.
18. «Валдай 45Р» превзошел ожидания создателей. [Электронный ресурс] - URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/valday\\_45r\\_prevzoshel\\_ozhidaniya\\_sozdateley.html](https://www.korabel.ru/news/comments/valday_45r_prevzoshel_ozhidaniya_sozdateley.html) (дата обращения: 06.12.2020).
19. Об утверждении методики оценки социально-экономических эффектов от проектов строительства (реконструкции) и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, планируемых к реализации с привлечением средств федерального бюджета, а также с предоставлением государственных гарантий Российской Федерации и налоговых льгот: постановление Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 года. – № 1512 [Электронный ресурс] - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_339334/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_339334/) (дата обращения: 06.02.2021).
20. Update of the Handbook on External Costs of Transport. Report for the European Commission: DG MOVE / Ricardo-AEA/R/ ED57769 Issue Number 1 8th January 2014. – 139 p.

### References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 440 of 01.04.1996 «On the Concept of the Transition of the Russian Federation to sustainable Development» <<http://government.ru/docs/all/17992/>>.
2. Bachok, S. , Osman, M. M. , Ponrahono, Z. Passenger's Aspiration towards Sustainable Public/ Bachok, S. , Osman, M. M. , Ponrahono, Z. // *Transportation System: Kerian District, Perak, Malaysia* // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 153.-2014. p. 553 – 565.
3. Lavrinenko P. A. Transport infrastructure and economic growth / P. A. Lavrinenko, P. A. Chistyakov et al., - Moscow: Pero, 2019. - 142 p.
4. Korczak, J., Kijewska, K. The concept of sustainable development of public passenger transport in Koszalin // *Transportation Research Procedia* Vol 16.- 2016.-p. 217 – 226
5. Aparicio, A. Exploring the sustainability challenges of long-distance passenger trends in Europe// *Transportation Research Procedia* Vol 13.- 2016.-p. 90 – 99.
6. Vilarinho A., Bartocci Liboni L., Siegler J. Challenges and opportunities for the development of river logistics as a sustainable alternative: a systematic review // *Transportation Research Procedia*, Volume 39, 2019, p. 576-586.
7. Settey, T., Gnap, J. Transport and International Bus Transport in the Slovak Republic// *Transportation Research Procedia*, Vol 44.-2020.- p. 129–136.
8. Siskos, P., Capros, P., Zazias, G., Fiorello, D., Noekel, K. Energy and fleet modelling within the TRIMODE integrated transport model framework for Europe // *Transportation Research Procedia* Vol 37.-2019.- p. 369–376.
9. European Commission (2011). White Paper on transport - Roadmap to a single European transport area - Towards a competitive and resource-efficient transport system. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011 - 28 p. ISBN 978-92-79-18270-9. DOI: 10.2832 / 30955.
10. List of countries by waterway length. <[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA\\_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD\\_%D0%BF%D0%BE\\_%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5\\_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B5%D0%B9](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD_%D0%BF%D0%BE_%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B5%D0%B9)>.
11. Ivanov, M. V. Development of transport infrastructure in the region: factors, directions, assessment tools. Abstract of the dissertation for the academic degree. Candidate of Economic Sciences in the specialty 08.00.05 - "Economy and management of the national economy" (regional economy). Voronezh. - 2016. - 24 p.
12. Transport of Russia. Information and Statistical Bulletin January-December 2019: Ministry of Transport of the Russian Federation. - Moscow, 2020. - 67 p.
13. Meeting of the Presidium of the State Council on the development of inland waterways. <<http://www.kremlin.ru/events/state-council/52713>>.

14. Repina, D. A. Water passenger transportation: problems and ways of development / D. A. Repin, V. M. Ivanov // Actual problems of Economics: a collection of articles of the III International scientific and practical conference – Penza: Science and the Enlightenment, 2020. – P. 229 – 232.
15. The development of passenger transport by inland waterways // Legislative Assembly of the Nizhny Novgorod region. – 2019. <<https://www.zsno.ru/press-service/news/53611/>>.
16. Gołębowski C. Inland Water Transport in Poland // Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016, p. 223-232.
17. Moschouli, E. Factors affecting the cost performance of transport infrastructure projects/ E. Moschouli, R.M. Soeipto, T. Vanelander, K. Verhoest // European Journal of Transport and Infrastructure Research (EJTIR). Issue 18(4).- 2018.- p. 535-554.
18. Valday 45R exceeded the expectations of its creators. <[https://www.korabel.ru/news/comments/valday\\_45r\\_prevzoshel\\_ozhidaniya\\_sozdateley.html](https://www.korabel.ru/news/comments/valday_45r_prevzoshel_ozhidaniya_sozdateley.html)>.
19. On approval of the methodology for assessing the socio-economic effects of construction (reconstruction) projects and operation of transport infrastructure facilities planned for implementation with the involvement of federal budget funds, as well as with the provision of state guarantees of the Russian Federation and tax incentives: Resolution of the Government of the Russian Federation of November 26, 2019. - No. 1512 <[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_339334/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_339334/)>.
20. Update of the Handbook on External Costs of Transport. Report for the European Commission: DG MOVE / Ricardo-AEA/R/ ED57769 Issue Number 1 8th January 2014. – 139 p.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Иванов Валерий Михайлович**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [i52nn@mail.ru](mailto:i52nn@mail.ru)

**Valery M. Ivanov**, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Department of Economics and management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

**Репина Дарья Александровна**, магистр экономики, экономист управления экономики и контрактных отношений, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [dariy\\_r@mail.ru](mailto:dariy_r@mail.ru)

**Daria A. Repina**, Master of Economics, Economist of the Department of Economics and Contract Relations, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

**Мосинцев Алексей Васильевич**, к.э.н., доцент кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [mosintsev33@yandex.ru](mailto:mosintsev33@yandex.ru)

**Alexey V. Mosintsev**, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of Economics and management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 23.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 23.04.2021; published online 15.06.2021

УДК 339.97

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.198>

## **Роль республики Казахстан в проекте «Один пояс и один путь»**

**Г.А. Искаков<sup>1</sup>**

**Ж.К. Кегенбеков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Казахстанско-Немецкий Университет (КНУ), г. Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** Идея проекта Нового Шелкового Пути (также инициатива Один пояс и один путь (Belt Road Initiative - BRI)) была предложена председателем Китайской Народной Республики Си Цзиньпинем осенью 2013 г. на публичных выступлениях в Казахстане (Экономический пояс Шелкового пути (ЭПШП)) и Малайзии (Морской Шелковый путь XXI века). Основной целью данного проекта является создание современной транспортной инфраструктуры в Евразии с целью оптимизации перевозок между Азией и Европой. С тех пор идет активное развитие данного проекта, включая области строительства и оптимизации транспортной инфраструктуры, интеграции проекта в экономику стран участниц, подписание различных соглашений по проекту между участниками, а также налаживание международных отношений между КНР и странами-участницами проекта ЭПШП. Данный проект можно назвать глобальным, и для Казахстана он является важным с экономической и политической точки зрения, т.к. географическое положение Казахстана предопределяет его значимость в области основных направлений для развития данного проекта. В связи с этим важно выявить причины определения Республики Казахстан как важного участника проекта, а также рассмотреть участие страны в построении и развитии данного проекта. В данной статье рассматривается проект Один пояс и один путь, участие Казахстана в данном проекте (экономика, политика и логистика) и потенциальные результаты его реализации для Казахстана.

**Ключевые слова:** Один пояс и один путь, Экономический пояс Шелкового пути, транспортная инфраструктура, геополитика.

## **Role of Kazakhstan in a Belt and Road Initiative project**

**Gabit A. Iskakov<sup>1</sup>**

**Zhandos K. Kegenbekov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Kazakh-German University (KNU), Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** The idea of the New Silk Road project (also Belt and Road Initiative – BRI) was first pitched in 2013 by the President of the People's Republic of China (PRC) Xi Jinping. This project contains the Silk Road Economic Belt as well as the 21st Century Maritime Silk Road. The main goal of this project is the creation a modern transport infrastructure in Eurasia, in order to optimize shipping of goods between Asia and Europe. Since then, this project has been in an active development that involves building and optimization of the transport infrastructure, integration of the project into the economy of the involved countries, signing agreements and deals between the countries and also improving the relationship between PRC and countries-participants of this project. Because this project is considered global and international for Eurasia, Kazakhstan views it as an important for the political and economical state of the country. The geographic position of the country makes it one of the most important participants of the project. This factor makes it important to identify other reasons behind this idea of Kazakhstan being an important destination of economical investment of PRC. Other important objectives are role and involvement of Kazakhstan in the development of the BRI project. This article reviews the Belt and Road Initiative project, how Kazakhstan is involved in this project and its role in it in the economical, political and logistical areas. The results of the implementation of the project is also present in this article.

**Keywords:** Belt and Road Initiative, Silk Road Economic Belt, transport infrastructure, geopolitics.

### **Проект «Один пояс и один путь»**

В проекте «Один пояс и один путь» заинтересованы многие страны евразийского континента. Суть данного проекта заключается в строительстве и организации целой системы в ряде евразийских государств в сферах транспорта, логистики, производства, финансов и т.д. Проект «Один пояс и один путь» основан на глобальном сотрудничестве между государствами и интеграции ряда областей экономики в общую систему. План данного проекта состоит в соединении крупных городов Китая со странами Центральной, Юго-Восточной и Южной Азии, Среднего Востока, Европы и Африки. Для Китайской Народной Республики проект «Один пояс и один путь» является платформой для укрепления сотрудничества и дружеских отношений с ключевыми партнерами страны.

В своем выступлении в сентябре 2013 г. в Назарбаев Университете в г. Астана (совр. Нур-Султан) перед преподавателями и студентами, председатель Китайской Народной Республики Си Цзиньпин выдвинул инициативу китайской стратегии «Экономический пояс Шелкового пути» [1]. Позже, в октябре того же года, председатель КНР Си Цзиньпин, выступая в парламенте Индонезии, изложил концепцию «Морского Шелкового Пути 21 века». Таким образом, была образована инициатива глобального Трансевразийского проекта КНР «Один пояс и один путь». Данный проект был вызван желанием КНР оптимизировать сухопутные транспортные потоки из Китая, развить внутренние районы страны на западе, осуществить интеграцию в мировую экономику и развить внешнеполитические отношения с Евразийскими странами. На данный момент КНР является одним из главных партнеров для развивающихся стран Центральной и Юго-Восточной Азии, и данный проект только укрепит уже исторически сложившееся сотрудничество данных государств не только политически, но также культурно и экономически.

«Один пояс и один путь» предполагает взаимовыгодное сотрудничество между всеми участниками проекта, что позволит создать единую систему, контролирующую весь процесс формирования и прохождения транспортных потоков на территории стран-участников данного глобального проекта. На данный момент в данном проекте заинтересованы многие евразийские страны; правительство КНР инвестирует в строительство транспортной инфраструктуры ее соседей, что способствует ускоренному развитию данного проекта.

Так, в апреле 2019 года в Пекине состоялся второй форум, посвященный проекту «Один пояс и один путь». На данный саммит прибыли многие главы государств Евразийского континента, в том числе и первый президент Республики Казахстан Нурсултан Назарбаев. Также в форуме принимали участие главы Российской Федерации, Республики Беларусь, Азербайджана, Грузии, Узбекистана, Пакистана, Италии, а также главы других евразийских государств. Представители Германии и Франции также приняли участие в данном съезде. Масштаб и значимость данного проекта подчеркивается заинтересованностью большого количества государств в будущем данной глобальной китайской программы. Во время второго форума в Пекине участники саммита заключили 283 соглашения на общую сумму в более \$64 млрд [2].

Суть концепции «Один пояс и один путь» заключается в “пяти связующих элементах” – политическое согласование, единая инфраструктурная сеть, беспрепятственные торговые связи, свободные валютно-финансовые потоки, дружба и взаимопонимание между народами [3]. На этой основе предполагается продвижение делового сотрудничества, способствование политическому взаимодоверию, экономической интеграции, культурной толерантности.

С политической точки зрения проект «Один пояс и один путь» несомненно, является выгодным как для КНР, так и для стран Европейского союза. В нынешней мировой политической обстановке Китай выступает гарантом стабильности и процветания, в связи с чем данный проект встречает сопротивление со стороны США и их союзников в Азии: Японии, Южной Кореи и Филиппин. Новая политика США по отношению к КНР, включая повышения пошлин на ввозимые в США товары китайского производства, вызывают контрмеры от Китайского правительства в виде ответного повышения пошлин на американские товары [4]. В этой ситуации данный проект Нового Шелкового пути поможет Китаю нарастить преимущества на евразийском рынке и вытеснить оттуда США и их стратегических партнеров.

### **Казахстан в проекте Нового Шелкового пути**

Географическое положение Казахстана является одним из ключевых факторов, повлиявших на определение направления, в котором страна движется в области экономики и политики. Находясь в самом центре Евразийского континента, Казахстан имеет большой потенциал для становления континентальным мостом между Европой и Азией, западом и востоком. Казахстан, находясь в среднеазиатском регионе, исторически имел связи с крупными евразийскими империями: Россией, Китаем и с ведущими странами Южной Азии и Ближнего Востока. Также, благодаря большой площади страны, общей границы с Китаем и Россией, а также благодаря доступу к Каспийскому морю, Казахстан на сегодняшний день является ведущим игроком в Центральной Азии.

Для Казахстана данный проект является выгодным как с экономической, так и с геополитической точки зрения. Не имея выхода к морю, наша страна должна наращивать сотрудничество с соседями – Россией, Китаем и Ираном, которые являются ведущими экономиками мира. Именно поэтому Казахстан столь заинтересован в проекте «Один пояс и один путь». На данный момент наша страна уже находится в Евразийском экономическом союзе. Китайская сторона также выразила интерес в сотрудничестве между уже существующими евразийскими проектами. Это позволит иметь менее затратный выход китайских товаров на рынок Евросоюза.

В связи с этим перед Казахстаном стоит цель максимальной оптимизации транспортной инфраструктуры страны. На данный момент через территорию Казахстана проходят несколько международных автомобильных, железнодорожных и трубопроводных коридоров (ТРАСЕКА, Западная Европа-Западный Китай). По программе Экономического пояса Шелкового пути планируется состыковка данных коридоров с магистралями и железными дорогами Китая. Казахстан фактически включил план Экономического пояса Шелкового пути в программу своей экономики. Для Казахстана это несомненно важнейший проект, который в долгосрочной перспективе позволит модернизировать экономику и политические отношения с соседними странами, а также стать главным транспортно-логистическим хабом Евразии.

Это потребует от Казахстана наличия современной транспортной инфраструктуры. Так, первый президент Республики Казахстан Нурсултан Назарбаев в своем послании народу Казахстана в 2018 году заявил, что разработка и улучшение транспортной инфраструктуры страны является одной из главных задач, стоящих перед нашей республикой [5].

Для Казахстана выделяется ряд преимуществ этой стратегии, к ним можно отнести:

- преимущество концепции развития. Подразумевается, что в отличие от российских и американских геополитических проектов, китайский открыт для большого количества стран и несет существенные выгоды;

- географическое преимущество, поскольку сам Казахстан в силу соседства нуждается в развитии транспортно-логистической инфраструктуры;
- преимущество традиций, так как Шелковый путь в силу исторических аналогий воспринимается руководством страны положительно;
- помощь стран Кавказского региона, которые также надеются на реализацию китайского проекта с их участием. Прежде всего, имеются в виду ожидания по «морской ветке» Экономического пояса Шелкового пути через порт Актау, с которым уже соединена качественная сухопутная инфраструктура, а также идет активное строительство веток для расширения возможностей.
- финансовое преимущество, за счет которого Китай сможет активно участвовать в транспортных проектах, вкладывая средства, тем самым закрепляя свою долю во владении. Здесь, собственно, важно даже не само наличие финансов, а создание ситуации, когда Казахстан будет зависеть от новых потоков финансирования.

### **Китайское участие в развитии проекта в Казахстане**

КНР активно инвестирует в экономику Казахстана и по-прежнему является главным стратегическим партнером страны, наряду с Российской Федерацией. В период с 2015 по 2018 годы были реализованы 12 совместных казахстанско-китайских проектов на общую сумму в \$3,8 млрд [4]. Китайская сторона заинтересована в реализации данного проекта в Казахстане. Отношения Казахстана и Китая носят стратегический характер, что подтверждено рядом соглашений: Совместной декларацией о развитии всестороннего стратегического партнерства между Китайской Народной республикой и Республикой Казахстан от 13 июня 2011 года и Совместной декларацией Китайской Народной Республики и Республики Казахстан о дальнейшем углублении всестороннего стратегического партнерства от 7 сентября 2013 года [6].

Страны поддерживают инициативы друг друга на всех международных площадках, в числе которых СБ ООН, ШОС, СВМДА. Казахстан первым поддержал инициативу китайского лидера по налаживанию Экономического пояса Шелкового пути, а также создание новых политических и экономических институтов взаимодействия и трансформации международного порядка. Казахстан одним из первых инициировал собственную национальную программу «Нурлы Жол» для стыковки ее с инициативой Экономического пояса Шелкового пути [7].

Строительство Экономического пояса Шелкового пути предполагается не только в транспортно-логистической отрасли, но и в несырьевых отраслях экономики. Главная задача этого проекта, заявляемая Китаем – организовать слияние региональных экономик на политическом и юридическом уровне.

Пассажирские перевозки также считаются важной отраслью для китайской стороны. Так, планируется создать железнодорожную инфраструктуру, позволяющую запускать пассажирские линии от г. Урумчи до городов Алматы, Бишкек, Нур-Султан [8]. В планах китайской стороны также запустить пассажирские поезда, соединяющие западные районы Российской Федерации с западными районами КНР.

Еще одно направление, которое также может поспособствовать расширению сотрудничества между Казахстаном и Китаем в рамках реализации проекта Экономического пояса Шелкового пути – крупные водные и экологические проекты, необходимость в которых ощущается как в Китае, так и в Центральноазиатском регионе. Кроме того, именно в области экологии открываются перспективы для создания механизма научно-технических достижений в производство. Здесь же в качестве отдельного направления можно говорить и о практической реализации идеи создания энергетического клуба, а в перспективе – формирования единого энергетического пространства в Азиатском регионе [6].

Помимо этого, идет активная работа по сопряжению «Одного пояса и одного пути» и Евразийского экономического союза, которая стартовала после подписания

«Совместного заявления от 8 мая 2015 года о сотрудничестве по сопряжению строительства Евразийского экономического союза и Экономического пояса проекта Шелкового пути [1].

Также с момента создания инициативы «Один пояс и один путь» стали выявляться различные недостатки и последствия данной инициативы. КНР обвиняют в попытке вовлечения стран-участников проекта в долговую зависимость от Китая. Правительство КНР инвестирует большие денежные суммы в экономику стран Средней и Юго-Восточной Азии, о чем обеспокоены западные эксперты, считающие, что Китай несомненно будет ожидать результаты от данных инвестиций. Так, под вопросом участие в проекте таких стран как Монголия, Кыргызстан, Таджикистан, Пакистан, Черногория, Лаос и Мьянма [8].

Зачастую проект подвергается критике в первую очередь за то, что он, как считают многие аналитики, направлен скорее на развитие экономики КНР и западных районов страны, нежели чем на всеобщую выгоду. Участие остальных стран необходимо Китаю, но для правительства Си Цзиньпина есть множество других путей. Отмечается, что уровень коррупции при заключении сделок по данному проекту все еще остается на высоком уровне. Так, проблеме коррупции посвятили отдельное выступление на втором форуме, посвященном проекту [3].

Внешняя и внутренняя политика Китайской Народной Республики также пошатнула ее репутацию, что может сказаться на будущем проекта. Так, от участия во втором форуме посвященном проекту «Один пояс и один путь» отказалась Турция, руководство которой негативно высказывалась о действиях Китая в Синцзяне. Представительство Польши также отказалось от участия в форуме, что было вызвано активностью китайского конгломерата Huawei, когда двое его сотрудников были арестованы в Польше по обвинению в шпионаже в пользу КНР [4]. Главный союзник КНР в Южной Азии Пакистан, также отмечает ухудшение отношений с Китаем.

Тем не менее, несмотря на критику проекта, страны-участники все еще возлагают большие надежды на «Один пояс и один путь». Премьер-министр Малайзии, который в прошлом критиковал проект, заявил, что проект «Один пояс и один путь» все еще остается платформой для сотрудничества между странами на Евразийском континенте [9]. Для многих стран Европы, Азии и Африки данный проект все еще остается значимым и необходимым.

### **Инфраструктура проекта на территории Казахстана**

Через территорию Казахстана проходят несколько маршрутов Нового Шелкового пути [10]. В частности, это:

- Центральный коридор Экономического пояса Шелкового пути: Ляньюньгань – Урумчи – Достык/Хоргос – Астана – Актобе – Казань – Москва – Минск – Брест. На данный момент данная сухопутная магистраль считается самой короткой магистралью, соединяющей Китай и Европу. Преимуществом данного коридора, помимо уменьшенного времени составов в пути, является прохождение большей части пути в одной транзитной зоне – Евразийском Экономическом союзе. Наличие современного перегрузочного пункта с большой пропускной способностью на границе Казахстана и Китая – станции Хоргос позволит уменьшить затрачиваемое время на перестановку вагонов на другую колею. Далее состав проходит через территорию Казахстана, России и Беларуси в одной таможенной зоне. Маршрут продолжается до перегрузочного пункта в городе Брест, на границе с Польшей, где состав переставляется на европейскую колею и попадает на европейский рынок. На данный момент этот маршрут рассматривается как самый оптимальный маршрут в проекте Нового Шелкового Пути;
- Южный коридор Экономического пояса Шелкового пути: Ляньюньгань – Урумчи – Хоргос – Алматы – Бишкек – Шымкент – Ташкент – Тегеран –

Стамбул. Данный маршрут позволяет соединить портовые города восточного Китая и города Средней Азии с последующим выходом к Черному морю. Данный маршрут считается более быстрым для прохождения составов с конечным пунктом в Черном и Средиземном море, по сравнению с традиционным маршрутом через Индийский океан и Суэцкий канал. Также данный путь расширит сотрудничество Ирана и Китая в сфере добычи и распределения энергоресурсов в регионе, что позволит обеспечить слаборазвитый запад Китая необходимыми сырьевыми ресурсами из Центральной Азии и энергетическими ресурсами из Ирана;

- проект ТРАСЕКА, который объединяет страны Центральной Азии, Закавказья и Восточной Европы планируется интегрировать в Экономический пояс Шелкового пути. Железнодорожная магистраль из Западного Китая, проходя через Хоргос, до Морского порта Актау на данный момент практически введена в эксплуатацию. Далее, в порту Актау составы перегружаются на суда, откуда они плывут в азербайджанский порт Баку. Из Баку состав движется к побережью Черного моря в Грузии. В портах Грузии (Батуми, Поти) суда плывут к турецким портам, откуда они далее могут направляться в Европу по скоростным магистралям, а также в украинские порты на Черном море; Проект ТРАСЕКА изначально встречал сопротивление России, так как шел в обход ее территории. Однако к проекту присоединились, помимо стран Закавказья и Центральной Азии, также, Молдавия, Украина, Монголия, Турция, Румыния, Болгария и Иран. Данный проект считается одним из крупнейших проектов в сфере взаимодействия видов транспорта. Высокие логистические издержки интермодальных перевозок по плану должны быть устранены путем использования одного провозного документа на всем пути маршрута.
- скоростная автомагистраль «Западная Европа – Западный Китай». Данный транспортный коридор проходит через территорию Казахстана, соединяя Санкт-Петербург на северо-западе и порт Ляньюньгань на востоке. Протяженность данной магистрали составляет 8445 км. Китайская часть дороги уже построена. Казахская часть готова к эксплуатации и ожидается ее открытие в начале 2020-х гг. Однако Российская сторона все еще не закончила свою часть пути, и ожидается запуск данной автомагистрали до 2030 года;
- также к прочим проектам и маршрутам можно отнести проект «Север-Юг», который выступает альтернативным маршрутом для прохождения грузов из Северной и Западной Европы в страны Южной Азии. В данном проекте принимают участие Россия, Казахстан, Азербайджан, Туркменистан и Иран. Суть его заключается в организации маршрута из Санкт-Петербурга до Тегерана и дальше к персидским портам в Индийском океане. Планируется активное использование Каспийских портов. Согласно плану, этот маршрут позволит значительно сократить время в пути, по сравнению с нынешним маршрутом, проходящим через Суэцкий канал [11].

Данные сухопутные маршруты являются принципиальными магистралями, соединяющими Евросоюз и высокоразвитые районы Китая [12]. Это связано с особенностями географического района Центральной Азии, политическими и экономическими составляющими стран данного региона, а также сокращение времени перевозки грузов в Евразии по направлению Восток-Запад и наоборот. Благодаря данным особенностям Казахстан является главной транзитной областью между Китаем и Европой, также благодаря стабильной политической ситуации в стране и партнерских отношениях Казахстана как с Китаем, так и с другими соседями (Россия, Закавказье, Центральная Азия). Возможность экономического сотрудничества и расширения на территории Казахстана, существующая

транспортная база и логистическая сеть в стране, также положительно влияют на развитие проекта «Один пояс и один путь» в Казахстане.

### **Заключение**

Проект «Один пояс и один путь» является глобальным экономическим и политическим проектом. В нем участвуют более 120 стран мира [13]. При этом Казахстану отводится важная роль в данной инициативе. Играя главную роль в проекте Экономического пояса Шелкового пути, Казахстан четко отслеживает вероятные положительные и отрицательные эффекты данного проекта для Республики Казахстан.

Главным положительным результатом реализации проекта «Один пояс и один путь» для Казахстана является превращение страны в крупный транспортно-логистический хаб на Евразийском континенте [14]. В рамках этого можно заявить, что все дороги ведут в Казахстан. Через территорию страны проходят три коридора Нового Шелкового пути, а также коридор ТРАСЕКА, маршрут проекта «Север-Юг». Уникальное географическое положение и разумная политика позволят Казахстану занять важную нишу в области международной логистики. Активное развитие транспортной инфраструктуры и способствование оптимизации технического обеспечения объектов инфраструктуры позволяет Казахстану встать на путь расширения экономики в мировом масштабе.

Несмотря на невозможность реализации подобного проекта без значительных рисков, Казахстан уверено чувствует себя в этой новой экономической реальности. Наша страна является ключевым участником данного проекта, положительные эффекты значительно перевешивают негативные, а возможность реализации огромного транзитного потенциала Казахстана позволяет считать проект «Один пояс и один путь» важнейшим проектом для современной истории Республики Казахстан [15].

### **Список литературы**

1. Экономический коридор Шелкового пути и Казахстан: состояние и перспективы. – Алматы: Исследовательский институт международного и регионального сотрудничества при Казахстанско-Немецком университете, 2015. – С. 89-92.
2. Итоги форума «Один пояс - один путь». [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.euronews.com/2019/04/27/belt-and-road-forum-2019> (дата обращения: 28.04.2021)
3. Главы десятков стран прибывают в Китай на форум «Один пояс – один путь». [Электронный ресурс]. — URL: <https://rus.azattyq.org/a/29902851.html> (дата обращения: 28.04.2021)
4. Торговая война США и Китая: Пекин ответил Трампу повышением пошлин. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.bbc.com/russian/news-48255036> (дата обращения: 13.05.2021)
5. Президент Республики Казахстан. Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана // Акorda. – 2018. – 5 октября. – С. 12-14.
6. Будут реализованы 55 казахстанско-китайских проектов на \$27 млрд. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.zakon.kz/4969716-budut-realizovany-55-kazahstansko.html> (дата обращения: 14.05.2021)
7. Исследование: Казахстан и Новый шёлковый путь. Важность единого видения на пути к новым возможностям. Алматы: РwC Казахстан, 2017. – С. 3-9.
8. Трансформация экономики Казахстана. – Астана: IndigoPrint, 2019. – С. 232-245.
9. Председатель КНР Си Цзиньпин. Совместное строительство “Экономического пояса Шелкового пути” // Пекин: Синьхуа. – 7 сентября 2013 г. – С. 21-24.
10. Инициатива «Один пояс и один путь»: состояние и перспективы. – Алматы: Исследовательский институт международного и регионального сотрудничества при Казахстанско-Немецком университете, 2018. – С. 183-191.
11. Мырзахметова А.М. Транзитный потенциал Казахстана в рамках ЕАЭС // Алматы: Вестник КазНУ. – 2015. – №1 – С. 43-46.
12. Один пояс, один путь»: уточнение пути и расширение пояса. [Электронный ресурс]. — URL: <https://eadaily.com/ru/news/2019/05/03/odin-poyas-odin-put-utochnenie-puti-i-rasshirenie-royuasa> (дата обращения: 03.05.2021)

13. Назарбаев Н.А. Программа «Стратегия Казахстан 2050» // Акорда. – 2015. – 16 января. – 8 с.
14. Транспортные коридоры Республики Казахстан. // Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан и Торгового представительства РК в РФ. – 2013. – 12 с.
15. Шахрат Нурышев. Казахстан и Китай: стратегическое партнерство и добрососедство // Дипломатия жаршысы. – 2018. – №3. – С. 107-108.

#### References

1. Jekonomicheskij koridor Shelkovogo puti i Kazahstan: sostojanie i perspektivy. – Almaty: Issledovatel'skij institut mezhdunarodnogo i regional'nogo sotrudnichestva pri Kazahstansko-Nemeckom universitete, 2015. – 132 p.
2. Itogi foruma «Odin pojas - odin put'». [Electronic resource]. — Available at: <https://ru.euronews.com/2019/04/27/belt-and-road-forum-2019> (date of access: 28.04.2021)
3. Glavy desjatkov stran pribyvajut v Kitaj na forum «Odin pojas – odin put'». [Electronic resource]. — Available at: <https://rus.azattyq.org/a/29902851.html> (date of access: 28.04.2021)
4. Torgovaja vojna SShA i Kitaja: Pekin otvetil Trampu povysheniem poshlin. [Electronic resource]. — Available at: <https://www.bbc.com/russian/news-48255036> (date of access: 13.05.2021)
5. Prezident Respubliki Kazahstan. Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan N.Nazarbaeva narodu Kazahstana // Akorda. – 2018. – october 5th. – 21 p.
6. Budut realizovany 55 kazahstansko-kitajskih proektov na \$27 mlrd. [Electronic resource]. — Available at: <https://www.zakon.kz/4969716-budut-realizovany-55-kazahstansko.html> (date of access: 14.05.2021)
7. Issledovanie: Kazahstan i Novyj shjolkovyj put'. Vazhnost' edinogo videnija na puti k novym vozmozhnostjam. Almaty: PwC Kazahstan, 2017. – 12 p.
8. Transformacija jekonomiki Kazahstana. – Astana: IndigoPrint, 2019. – 368 p.
9. Predsedatel' KNR Xi Jinping. Sovmestnoe stroitel'stvo “Jekonomicheskogo pojasa Shelkovogo puti” // Beijing: Xinhua. – september 7th 2013. – 34 p.
10. Inicijativa «Odin pojas i odin put'»: sostojanie i perspektivy. – Almaty: Issledovatel'skij institut mezhdunarodnogo i regional'nogo sotrudnichestva pri Kazahstansko-Nemeckom universitete, 2018. – 220 p.
11. Myrzahmetova A.M. Tranzitnyj potencial Kazahstana v ramkah EAS // Almaty: Vestnik KazNU. – 2015. – №1 – P. 43-46.
12. Odin pojas, odin put'»: utochnenie puti i rasshirenie pojasa. [Electronic resource]. — Available at: <https://eadaily.com/ru/news/2019/05/03/odin-poyas-odin-put-utochnenie-puti-i-rasshirenie-poyasa> (date of access: 03.05.2021)
13. Nazarbaev N.A. Programma «Strategija Kazahstan 2050» // Akorda. – 2015. – january 16th. – 8 p.
14. Transportnye koridory Respubliki Kazahstan. // Ministerstvo transporta i kommunikacij Respubliki Kazahstan i Torgovogo predstavitel'stva RK v RF. – 2013. – 12 p.
15. Shahrat Nuryshv. Kazahstan i Kitaj: strategicheskoe partnerstvo i dobrososedstvo // Diplomatiya zharshysy. – 2018. – №3. – P. 107-108.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Искаков Габит Аскарлович**, магистрант факультета инжиниринга и информационных технологий, Казахстанско-Немецкий Университет (КНУ), 050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 111, e-mail: [iskakov\\_g@rambler.ru](mailto:iskakov_g@rambler.ru)

**Gabit. A. Isakov**, graduate student of the Engineering & Information Technology Department, Kazakh-German University (KNU), 111, Pushkin st, Almaty, 050010, e-mail: [iskakov\\_g@rambler.ru](mailto:iskakov_g@rambler.ru)

**Кегенбеков Жандос Кадырханович**, Декан факультета инжиниринга и информационных технологий, к.т.н., доцент, Казахстанско-Немецкий Университет (КНУ), 050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 111, e-mail: [kegenbekov@dku.kz](mailto:kegenbekov@dku.kz)

**Zhandos K. Kegenbekov**, Dean of the Engineering & Information Technology Department, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazakh-German University (KNU), 111, Pushkin st, Almaty, 050010, e-mail: [kegenbekov@dku.kz](mailto:kegenbekov@dku.kz)

Статья поступила в редакцию 12.05.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 12.05.2021; published online 15.06.2021

УДК 656.62

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.195>

## **О конкурентоспособности внутреннего водного транспорта**

**В.И. Минеев<sup>1</sup>**

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

**М.В. Иванов<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9119-9232>

**О.В. Почекаева<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0400-0756>

**А.В.Новиков<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0194-4655>

**А.М. Озина<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1546-5997>

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** Важнейшим направлением развития транспортной системы страны является обеспечение баланса между видами транспорта. Об этом говорится в стратегических документах развития как транспортного комплекса Российской Федерации в целом, так и отдельных программных документах по видам транспорта. В первую очередь речь идет о существующих диспропорциях в темпах и масштабах развития различных видов транспорта. Особенно заметны последствия дисбаланса транспортной системы страны на внутреннем водном транспорте. На актуальность решения именно этой проблемы указано в «Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года». Анализ развития транспортного комплекса России за последние годы свидетельствует о том, что динамику перевозок грузов и пассажиров внутренним водным транспортом, начиная с 2014 года, можно охарактеризовать как стагнацию. Такому состоянию внутреннего водного транспорта во многом способствовали наличие лимитирующих участков на единой глубоководной системе, низкий уровень обновляемости флота, устаревшая инфраструктура и целый ряд других факторов. Выход из создавшегося положения для внутреннего водного транспорта видится в поиске путей повышения его конкурентоспособности на основе развития мультимодальных перевозок и включения его в логистические цепочки с железнодорожным и автомобильным транспортом, о чем свидетельствует опыт европейских стран.

**Ключевые слова:** внутренний водный транспорт, перевозки грузов, структура перевозок, обновление флота, инфраструктура, мультимодальные перевозки, зарубежный опыт.

## **On the competitiveness of inland waterway transport**

**Valery I Mineev<sup>1</sup>**

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

**Mikhail V. Ivanov<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9119-9232>

**Olga V. Pochekaeva<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0400-0756>

**Alexey V. Novikov<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0194-4655>

**Albina M. Ozina<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1546-5997>

*<sup>1</sup>Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The most important direction in the development of the country's transport system is to ensure a balance between modes of transport. This is stated in the strategic documents for the development of both the transport complex of the Russian Federation as a whole, and individual program documents for the modes of transport. First of all, we are talking about the existing imbalances in the pace and scale of development of various modes of transport. The consequences of the imbalance of the country's transport system in inland waterway transport are especially noticeable. The urgency of solving this particular problem is indicated in the «Strategy for the development of inland water transport of the Russian Federation for the period up to 2030». The analysis of the development of the transport complex in Russia in recent years indicates that the dynamics of the transportation of goods and passengers by inland water transport since 2014 can be characterized as stagnation. This state of inland waterway transport was largely facilitated by the presence of limiting areas on a single deep-water system, a low level of fleet renewal, outdated infrastructure and a number of other factors. The way out of this situation for inland waterway transport is seen in the search for ways to increase its competitiveness based on the development of multimodal transportation and its inclusion in logistics chains with rail and road transport, as evidenced by the experience of European countries.

**Keywords:** inland waterway transport, cargo transportation, transportation structure, fleet renewal, infrastructure, multimodal transportation, foreign experience.

### **Введение**

Несовершенство существующих механизмов сбалансированного использования различных видов транспорта при организации перевозок грузов и пассажиров вызывает определенные трудности с достижением целей и индикаторов их развития [1]. Транспортная система Российской Федерации в последние годы испытывает ряд проблем, связанных с ограничением пропускной способности автомобильных и железных дорог. В данной ситуации логичным было бы повышение уровня использования потенциала внутренних водных путей и, прежде всего, единой глубоководной системы, которая является составной частью международного транспортного коридора «Север-Юг». Последствиями активизации использования внутреннего водного транспорта могут стать снижение расходов на содержание автомобильной и железнодорожной составляющих транспортной инфраструктуры страны, уменьшение негативного воздействия транспорта на окружающую среду [2].

Вместе с тем грузоотправители не спешат воспользоваться услугами внутреннего водного транспорта, хотя в специальной литературе рассмотрено немало положительных примеров передачи транспортировки грузов с автомобильного и железнодорожного видов транспорта на водный [3-8]. В определенной степени это связано с «привыканием» клиентуры к существующей системе логистических цепочек, когда наработанные годами связи и контакты работают достаточно успешно. К этому можно добавить, что конкурирующие с водным прочие виды транспорта, имевшие в последние годы приоритеты развития, не стремятся к включению водного транспорта в мультимодальные логистические системы, даже если последнее позволит снизить стоимость транспортных издержек в конечной цене продукции. Следствием этого наряду с инфраструктурными и другими ограничениями, низкими темпами строительства новых судов, явилось, выпадение речных маршрутов из логистических цепей доставки грузов и пассажиров.

Для того, чтобы хотя бы приостановить процесс уменьшения доли водных перевозок в рамках транспортной системы страны необходим поиск конкурентных преимуществ отечественного внутреннего водного транспорта, поэтому авторы статьи и обратились к данной проблеме. При этом на данном этапе важно обозначить как существующие ограничения, так и причины, их вызвавшие с тем, чтобы в

дальнейшем можно было бы выявить пути повышения роли конкурентных преимуществ внутреннего водного транспорта как элемента транспортного комплекса страны.

### Результаты

На развитие транспортного комплекса России в последние двадцать лет существенное влияние оказывает состояние промышленного производства страны. Кроме того, снижение темпов роста мировой экономики в 2015 году, вызванное снижением темпов роста экономик Китая и Европы, способствовало возникновению кризисной ситуации в экономике России и, как следствие, к падению внешнеторгового оборота. Сложившаяся ситуация вызвала сокращение объемов перевозок, несмотря на снижение расходов на топливо, обусловленных дешевеющей нефтью [9].

2019 и особенно 2020 годы не были особенно удачными для транспортного комплекса России. Продолжающееся замедление экономического роста, неблагоприятная конъюнктура на мировых рынках привели к стагнации перевозок транспортом России впервые после кризисных явлений 2015 года. Наиболее пострадавшими от замедления роста объемов мировой торговли оказались морской и внутренний водный транспорт, падение объемов перевозок на которых составило 11,4% и 6,8% соответственно. Железнодорожные перевозки по итогам 2019 года практически не изменились к уровню 2018 года: рост экспортных перевозок был нивелирован падением внутренних объемов – в итоге снижение на 1,2%. И лишь автотранспорт по итогам 2019 года оказался в зоне роста: грузооборот вырос на 6,2%. Итоги 2020 года следует рассматривать несколько под другим углом зрения в связи с пандемией.

Вместе с тем необходимо отметить, что за последние двадцать лет грузооборот воздушного транспорта увеличился почти в 3 раза, грузооборот железнодорожного и автомобильного транспорта увеличились соответственно в 1,9 и 1,8 раза. Грузооборот же внутреннего водного транспорта снизился на 7%, морского – почти на 70% (рис. 1 и 2).

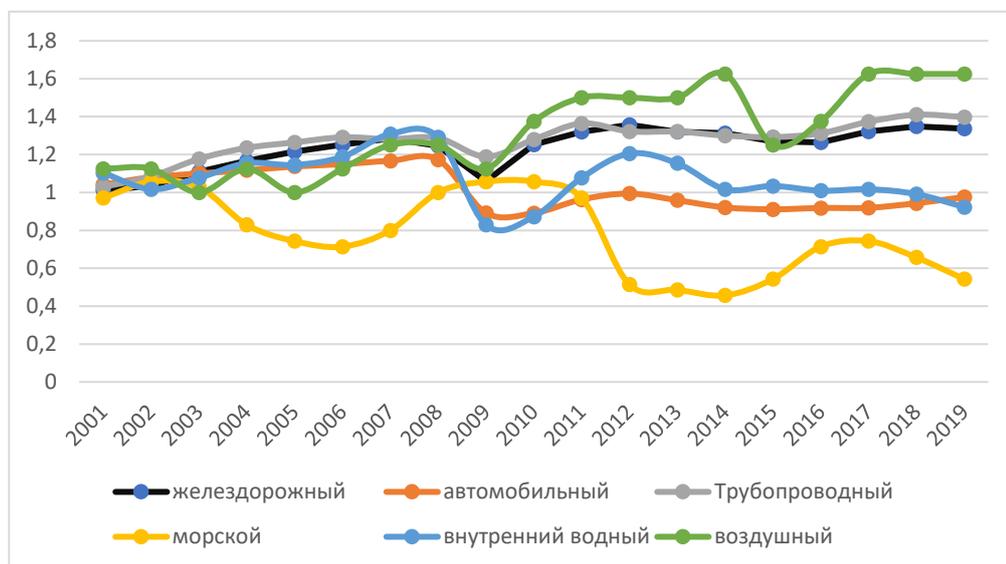


Рис. 1. Индексы изменения объема перевозок различными видами транспорта (2000 год =1). Источник: Построено по данным Росстата

Fig. 1. Indices of changes in the volume of traffic by various modes of transport (2000 = 1). Source: Based on Rosstat data

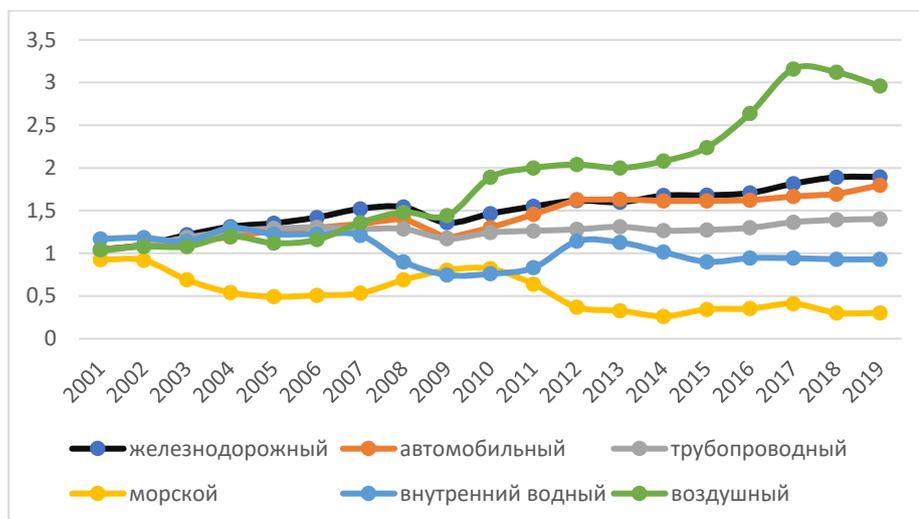


Рис. 2. Индексы изменения грузооборота различных видов транспорта (2000 год = 1).

Источник: Построено по данным Росстат

Fig. 2. Indices of changes in cargo turnover different types of transport (2000 = 1).

Source: Based on Rosstat data

Существенно нарастили среднюю дальность перевозок автомобильный (84,6%), воздушный (82,1%) и железнодорожный транспорт (41,9%).

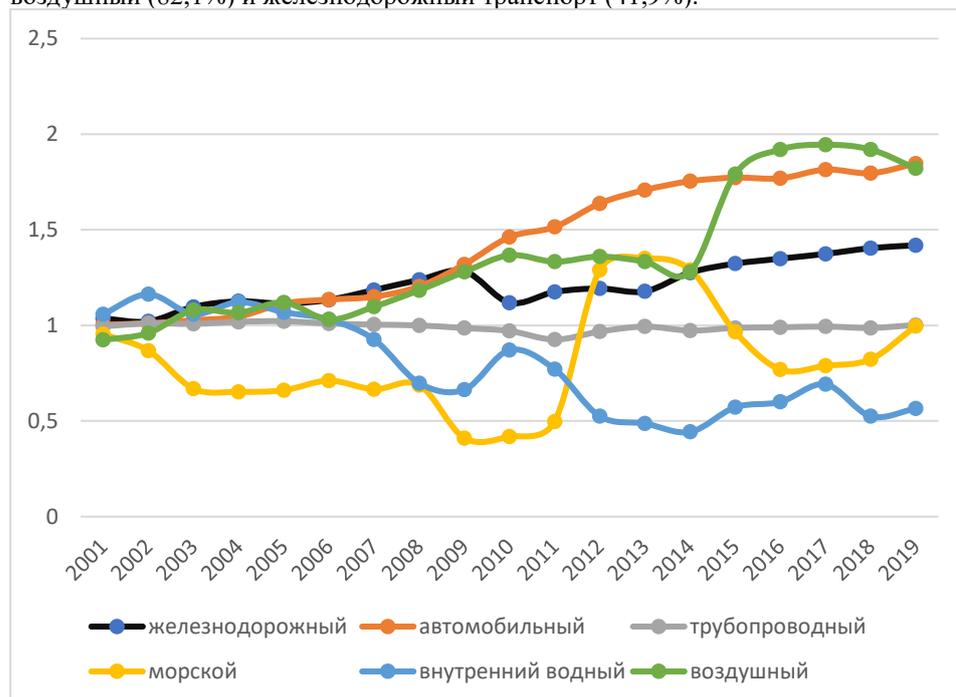


Рис. 3. Индексы изменения средней дальности перевозок различными видами транспорта. (2000 год = 1) Источник: Построено по данным Росстата

Fig. 3. Indices of changes in the average distance of transportation by various means of transport. (2000 = 1). Source: Based on Rosstat data

После существенного падения в 2010 году морской транспорт в конце рассматриваемого периода вернулся на позиции 2000 года со средней дальностью перевозок 3474 км. За рассматриваемый период средняя дальность перевозок внутренним водным транспортом снизилась на 43,5% и составила в 2019 году 343 км. (рис.3).

На внутреннем водном транспорте в последние 20 лет сложилась крайне негативная ситуация. На его долю сегодня приходится лишь около 1% грузооборота российского транспорта (Рис.4). В 2019 году объем перевозок внутренним водным транспортом продолжил снижаться еще более быстрыми темпами. По сравнению с результатами предыдущего года спад составил 6,9%, а общий объем перевезенных грузов сократился до 108 млн. тонн. Снижение объемов перевозок внутренним водным транспортом при общем росте объема перевозок транспортным комплексом России означает только одно – перераспределение объема перевозок с речного на другие виды транспорта.

На сегодняшний день мировой тенденцией является рост конкурентоспособности автомобильного транспорта [10-11]. Однако водный транспорт проигрывает конкуренцию и железнодорожному транспорту. Последний, нисколько не стесняясь в части обеспечения справедливых условий конкурентной борьбы, предоставляет грузоотправителям скидки к тарифам на перевозку грузов, осуществляемых параллельно внутренним водным путям. Кроме того, железная дорога под гарантии объемов перевозок в соглашениях с грузовладельцами вынуждает их уходить с реки. Итоги конкурентной борьбы представлены на рис.4.

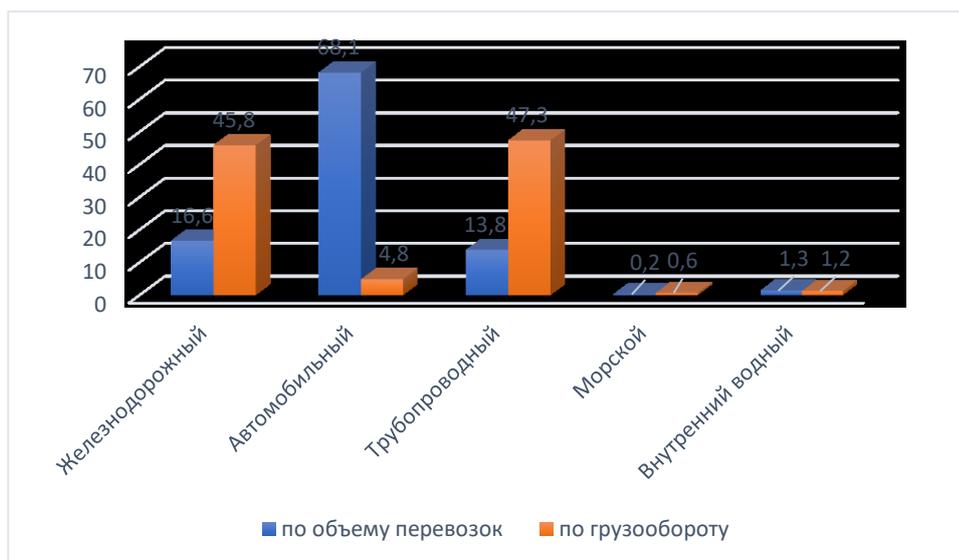


Рис. 4 Соотношения объемов транспортной работы по видам транспорта России в 2019 году, %

Источник: Росстат, Транспорт России 2020

Fig. 4 Ratios of the volume of transport work by modes of transport in Russia in 2019,%

Source: Rosstat, Transport of Russia 2020

Анализ изменения структуры перевозок грузов внутренним водным транспортом приведен на рис. 5 и рис. 6.

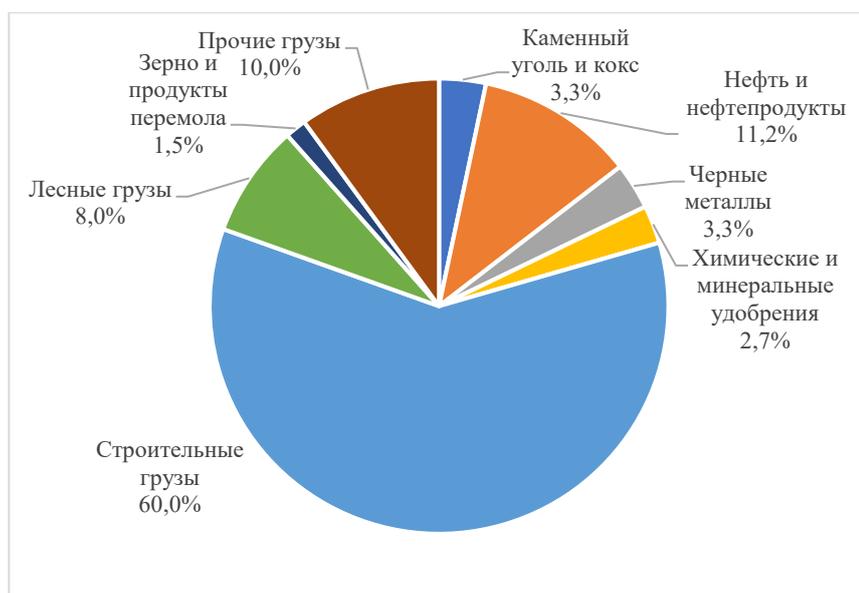


Рис.5. Структура перевозок грузов внутренним водным транспортом в 2000 г.

Источник: Росстат, Транспорт России 2020

Fig. 5. Structure of cargo transportation by inland water transport in 2000

Source: Rosstat, Transport of Russia 2020

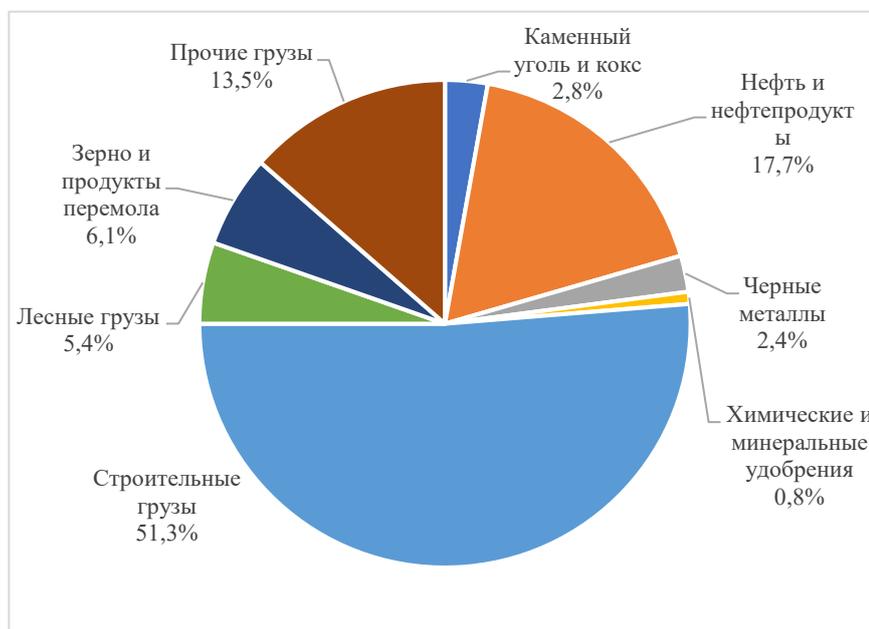


Рис. 6. Структура перевозок грузов внутренним водным транспортом в 2019 г.

Источник: Росстат, Транспорт России 2020

Fig. 6. Structure of cargo transportation by inland water transport in 2019

Source: Rosstat, Transport of Russia 2020

Из приведенных рисунков видно, что за последние годы на внутреннем водном транспорте произошло снижение в объеме перевозок доли таких грузов как каменный уголь, черные металлы, химические и минеральные удобрения, строительные и лесные грузы

Эффективность внутреннего водного транспорта во многом определяется состоянием его инфраструктуры [2,12-14]. Кроме того, что внутренний водный транспорт проигрывает конкуренцию в борьбе за грузопотоки, он проигрывает также конкуренцию на средства из бюджета на реализацию инфраструктурных объектов, о чем свидетельствуют данные комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года<sup>15</sup> (рис.7). И это еще не все: в обновленной версии указанного выше документа, презентация которого прошла в Минтрансе России, федеральный проект «Внутренние водные пути» был полностью исключен.

Кроме того, реализация проектов модернизации и строительства Багаевского и Нижегородского гидроузлов перенесена соответственно на 2025-2026 и 2029-2030 годы соответственно. В этом случае Единая глубоководная система России как минимум до 2030 года будет существовать с серьезными ограничениями глубин, потерями провозной способности флота, что приведет к снижению и так не очень высокой рентабельности судоходного бизнеса. Данные Росморречфлота свидетельствуют о том, что обеспеченность проходных осадок 3,1 м и более на городецких шлюзах № 15 и № 16 в навигацию 2014г. составила всего 3% продолжительности периода навигации, в остальной период осадка поддерживалась на уровне лишь 1,7 м. При этом потери грузопотока составили 2,7 млн. тонн. Недостаточные глубины на Городецком шлюзе приводят к тому, что грузы из Северной Европы на Каспий выполняются более длинным путем через Бискайский залив.

Отмеченные выше обстоятельства могут оказать определенное влияние на структуру обновляемого флота. То, что суда строить надо, ни у кого сомнения не вызывает. Вопрос в другом – а какой флот на перспективу строить: наливной или сухогрузный, самоходный или несамоходный? Анализ перевозок нефтеналивных грузов внутренним водным транспортом за последние 15 лет показал, что за период с 2005 по 2019 годы их объем снизился с 2,3 млн. тонн до 1,7 млн. тонн или на 26,1%. Объемы же перевозок сухогрузов из года в год растут и за указанный период увеличились на 82,1%. Вместе с тем исследования, выполненные ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» в 2018 году показали, что мощность подавляющего числа грузопотоков, тяготеющих к внутреннему водному транспорту, составляет менее 10 тыс. тонн в год – 56% от общего количества. 83% грузопотоков имеют мощность до 50 млн. тонн в год, и только 1,8% - свыше 500 тыс. тонн в год.

---

<sup>15</sup> Распоряжение Правительства РФ от 30 сентября 2018 г. № 2101-р «Об утверждении комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г»

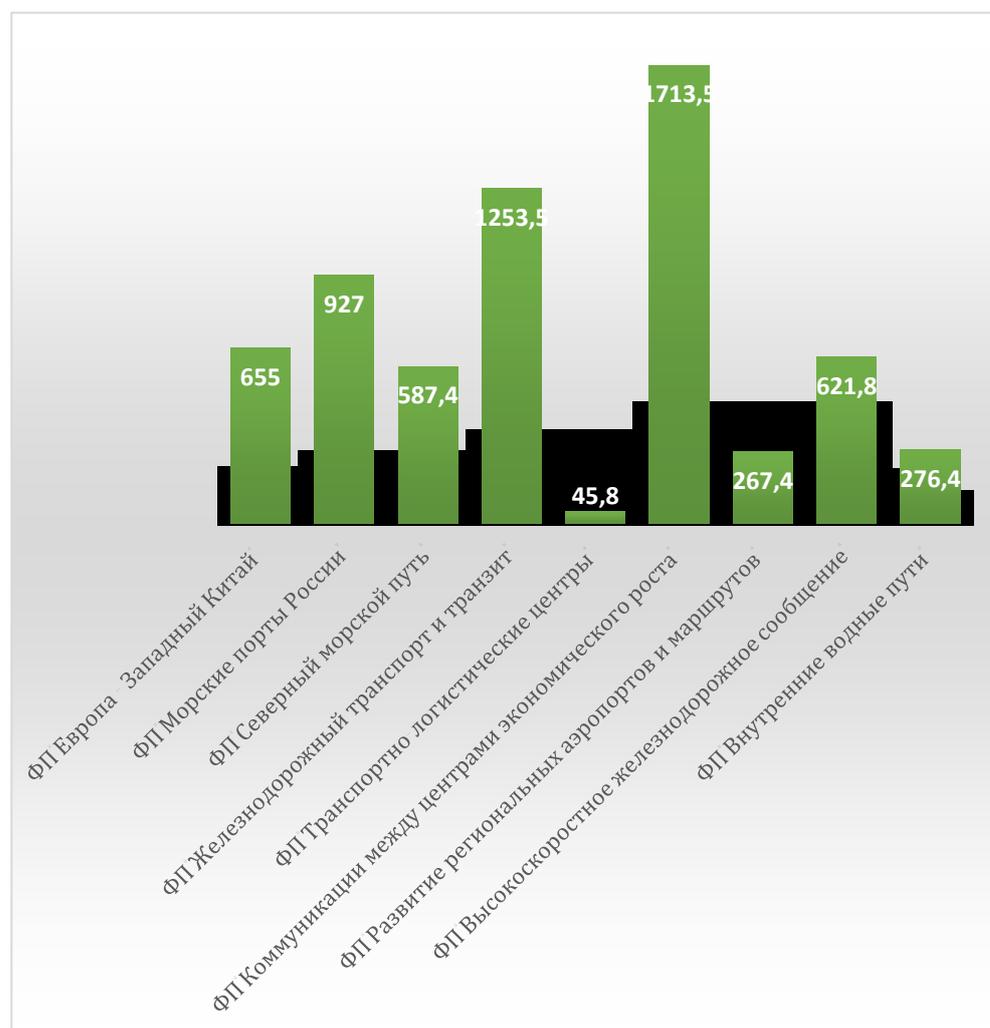


Рис. 7. Объемы финансирования федеральных проектов в 2019-2024 годах, млрд. руб.  
 Fig. 7. Funding volumes for federal projects in 2019-2024, billion rubles

На сегодняшний день доля нефтеналивных судов возрастом более 30 лет составляет 92,3%, а средний возраст этих судов достиг 36 лет. Ежегодное списание нефтеналивного флота в ближайшую перспективу составит порядка 50 судов. Не моложе и сухогрузные суда – их доля с возрастом более 30 лет составляет 92,2%. Средний возраст несамоходного флота приближается к 38 годам при ежегодном выводе из эксплуатации от 100 до 150 барж. При этом 90% буксиров-толкачей уже выработали свой ресурс и работают за пределами нормативных сроков.

В последнее время лизинговые программы сделали более доступным финансирование строительства флота. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что количество судовладельцев, имеющих на своем балансе *не более двух* самоходных судов, составляет 85%, несамоходных судов – 69%, толкачей-буксиров – 80%. В этих условиях есть риск невозврата лизинговых платежей. Сегодня с тем чтобы избежать дефолтов, необходимо выработать критерии для предоставления субсидий на строительство флота.

Изменения в структуре перевозок грузов внутренним водным транспортом и незначительные годовые мощности грузопотоков могут привести к тому, что

эффективность использования несамоходного флота (толкаемых составов) будет гораздо выше по сравнению с самоходными судами за счет возможности перевозок различных грузов в баржах состава, что приведет к изменению соотношения между самоходным и несамоходным флотом в судоходных компаниях. По данным Росстата на 2019 год удельный вес речных самоходных судов в общем их количестве ставил в России 69%. В тоже время, в бассейне р. Дунай основным ядром грузового флота являются толкаемые составы, удельный вес которых в общей грузоподъёмности увеличился с 30% в 1970 году до 70% в 2009 году. По данным на 2008 год американский внутренний водный транспорт включал в себя 31238 барж и 2789 толкачей. Около 66% составляли сухогрузные баржи, 19% – баржи площадки и 15% – нефтеналивные баржи.

Не лучше обстоят дела и с состоянием речных портов. За период с 2009 года по 2016 год общее количество причалов снизилось на 13%. Средний возраст портовых сооружений составляет более 40 лет, а кранового оборудования – 30 лет. Перевозки в смешанном железнодорожно-водном сообщении на ЕГС практически не выполняются из-за отсутствия необходимой инфраструктуры в портах.

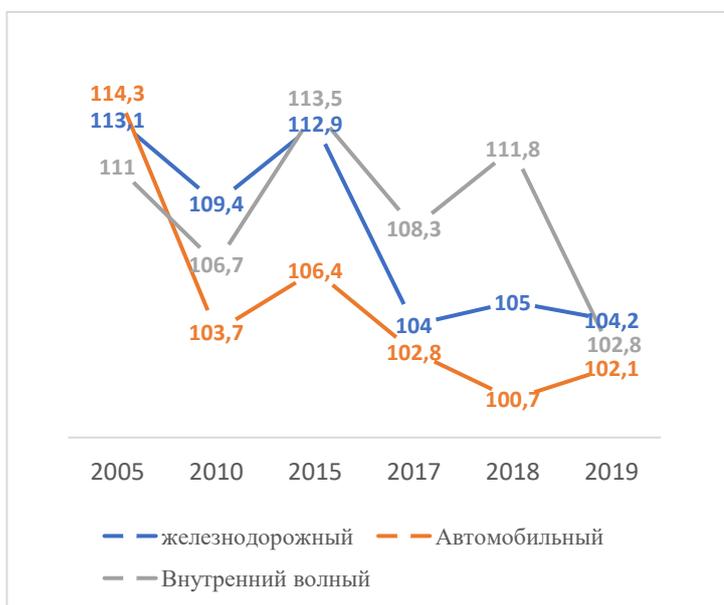


Рис. 8. Индексы тарифов на услуги транспорта  
Fig. 8. Transport Tariff Indices

Определяющее влияние на распределение грузопотоков между видами транспорта оказывает уровень применяемых на них тарифов. Анализ показал (рис.8), что за последние десять лет самый низкий рост тарифов приходится на автомобильный транспорт. Внутренний водный транспорт показал наименьшие темпы снижения прироста тарифов на перевозках. Однако необходимо отметить, что на железнодорожном транспорте наибольший рост тарифов произошёл на перевозках грузов 2 и 3 классов. В то же время на внутреннем водном транспорте рост тарифов наблюдался на перевозках грузов, тяготеющих к перевозкам на речном транспорте. По принятой на железной дороге классификации эти грузы относятся к первому классу.

Такое изменение уровня тарифов на отдельных видах транспорта и привело к перераспределению грузопотоков в сторону автотранспорта, а грузопотоки внутреннего водного транспорта ушли на железную дорогу. Для возврата

грузопотоков на внутренний водный транспорт необходимо использовать систему гибких тарифов на перевозках.

Возврат грузопотоков на внутренний водный транспорт наряду с развитием инфраструктуры и обновлением флота имеет кардинальное значение для его дальнейшего развития. Основным направлением улучшения работы внутреннего водного транспорта является развитие мультимодальных перевозок с его участием. Включение речного транспорта в мультимодальные логистические цепочки с железнодорожным и автомобильным транспортом потребует дальнейшей оптимизации транспортной инфраструктуры, развития новых форм взаимодействия железнодорожного и морского транспорта, ускорения переработки грузов на стыках видов транспорта.

В странах Европейского союза с 90-х годов прошлого столетия получила развитие политика стимулирования мультимодального транспорта [15-20]. При этом долговременные планы ЕС включали в себя модернизацию транспортной инфраструктуры, регулирование интермодальных перевозок с целью их увеличения за счет внутреннего водного и железнодорожного транспорта, регулирование наземного транспорта с целью стимулирования модальных сдвигов. Несмотря на позитивное развитие, переключение грузопотоков на более экологичные виды транспорта в Европе, согласно данным Евростата, происходит темпами ниже, чем предполагалось и показатели, установленные в Белой Книге по транспорту в 2011 г. не будут достигнуты к 2030 г.<sup>16</sup> В частности, предполагалось к 2020 году переключить 30% грузов с автомобильного транспорта с пробегом более 300 км на железнодорожный или внутренний водный транспорт и более 50% - к 2050 году. Однако по данным [21] около 60% всех грузовых перевозок свыше 300 км приходится на автотранспорт. Переломить эту тенденцию предполагается путем создания и развития соответствующей инфраструктуры для интермодального транспорта, подъема уровня услуг и конкурентоспособности интермодального транспорта.

### **Заключение**

Потеря конкурентоспособности внутреннего водного транспорта в последние годы явилась результатом инфраструктурных ограничений на Единой глубоководной системе европейской части России [22], низкими темпами обновления речного флота и неготовности речных портов к мультимодальным перевозкам. В то же время в этот период более интенсивно развивались конкурирующие наземные виды транспорта. Здесь необходимо отметить, что из общей протяженности автомобильных дорог регионального и муниципального значения 58,5% не отвечает нормативным требованиям, а в Северо-Западном и Приволжском федеральных округах этот показатель превышает 60%. В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года отмечается также, что около 40% территории страны не обеспечены сетью автомобильных дорог. Все это, в конце концов, привело к увеличению нагрузки на дорожную сеть и значительному снижению пропускной способности наиболее загруженных направлений автомобильных дорог.

Увеличение объемов грузовых перевозок железнодорожным транспортом привело к повышению уровня грузонапряженности на один километр эксплуатационной длины железных дорог, которая в 2017 году составила 27,2 млн.ткм/км. Данное обстоятельство способствовало увеличению нагрузки на железнодорожную инфраструктуру, росту ее износа, снижению пропускной способности наиболее загруженных участков железных дорог и уровня безопасности функционирования данного вида транспорта.

Включение речного транспорта в мультимодальные логистические цепочки с железнодорожным и автомобильным транспортом будет способствовать

<sup>16</sup> 2016-transport-and-mobility Отчет Statistics Netherlands.

сбалансированному развитию различных видов транспорта, снижению стоимости доставки грузов и снижению экологического ущерба окружающей среде. Вместе с тем повышение совместимости отдельных видов транспорта невозможно без дальнейшего развития сети речных портов, портовой инфраструктуры, ликвидации лимитирующих участков, строительства нового флота, средств связи и информации.

#### Список литературы

1. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. № 327-р.
2. Зайцев, А.А. Транспортная инфраструктура для мультимодальных перевозок в Северо-Западном федеральном округе // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2012 – [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnaya-infrastruktura-dlya-multimodalnyh-perevozok-v-severo-zapadnom-federalnom-okruge> (дата обращения 10.04.2021).
3. Vilarinho, A. Challenges and opportunities for the development of river logistics as a sustainable alternative: a systematic review/ A.Vilarinho, L. Bartocci Liboni, J.Siegler// Transportation Research Procedia, Volume 39, 2019, p. 576-586.
4. Montwił A. Inland ports in the urban logistics system. Case studies// Transportation Research Procedia, Volume 39, 2019, p.333-340.
5. Wiegmans, B. Inland port performance: a statistical analysis of Dutch inland ports/ B.Wiegmans, P.Witte, T.Spit // Transportation Research Procedia, Volume 8, 2015, p.145-154.
6. Gołębiowski C. Inland Water Transport in Poland // Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016, p. 223-232.
7. Wiśnicki, B. Determinants of River Ports Development Into Logistics Trimodal Nodes, Illustrated by the Ports of the Lower Vistula River/ B.Wiśnicki//Transportation Research Procedia. Volume 16. - 2016.-p. 576-586.
8. Nyrkov, A. Some Methods of Increasing the Efficiency of River Transport System/ A.Nyrkov, A.Shnurenko, S.Sokolov, S.Chernyi, V.Korotkov // Procedia Engineering. Volume 178.-2017.-p.543-550.
9. Рынок грузоперевозок внутреннем водным транспортом. Текущая ситуация и прогноз. [Электронный ресурс] – URL: <https://marketing.rbc.ru/research/35362/>(дата обращения 10.04.2021).
10. Федоров, Л. Транспортная логистика / Л.Федоров, В.Персианов, И.Мухаметдинов– М: Издательство: КноРус, 2016 г. – 310 с.
11. Kiel, J. The Impact of Transport Investments on Competitiveness/ J.Kiel, R.Smith, B. Ubbels // Transportation Research Procedia 2014 Volume 1, Issue 1 p.77-88.
12. H-j, Y. Competitiveness of Asian Container Terminals // The Asian Journal of Shipping and Logistics, Volume 26, Number 2, 2010. pp. 225-246.
13. Kurosaki, F. Comparison of Three Models for Introducing Competition in Rail Freight Transport/ F.Kurosaki, M.Singh // Transportation Research Procedia 2016 Volume 14 p.2820-2829
14. Purwanto, J. Impact of Transport Infrastructure on International Competitiveness of Europe /World Conference on Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 July 2016 Impact of Transport Infrastructure on International Competitiveness of Europe/ J.Purwanto, C.Heyndrickx, J.Kiel et al. //Transportation Research Procedia 8 June 2017 Volume 25 (Cover date: 2017) p. 2877-2888
15. European Commission (2011). White Paper on transport - Roadmap to a single European transport area - Towards a competitive and resource-efficient transport system. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011 - 28 p. ISBN 978-92-79-18270-9.DOI: 10.2832 / 30955.
16. Овсяникова Ю.А. К вопросу повышения эффективности мультимодальных перевозок на примере ФМСГ-отрасли // Вестник МАДИ, 2013 (3-94), с.96-101
17. He, Z. Robustness assessment of multimodal freight transport networks/Z.He, K.Navneet, W.van Dam, P.V.Mieghem//Reliability Engineering & System Safety Volume 207, 2021, 107315
18. Wiśnicki, B. Determinants of River Ports Development Into Logistics Trimodal Nodes, Illustrated by the Ports of the Lower Vistula River//Transportation Research Procedia. Volume 16. -2016.-p. 576-586.
19. Giusti, R. Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues/ R.Giusti, D.Manerba, G.Bruno, R.Tadei//Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. Volume 129.-September 2019.-p.92-110.

20. Wiegmans, B. Intermodal Inland Waterway Transport: Modelling Conditions Influencing Its Cost Competitiveness/ B. Wiegmans, R. Konings // *The Asian Journal of Shipping and Logistics* June 2015 Volume 31, Issue 2 p.273-294
21. COM (2017) 648 final – SWD (2017) 363 final; Impact Assessment: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 92/106/EEC on the establishment of common rules for certain types of combined transport of goods between Member States. Brussels, 8.11.2017. – 25 p.
22. О реализации проектов по повышению пропускной способности внутренних водных путей на среднесрочную перспективу. М. Мудрова, канд. техн. наук, заведующий отделом АО «ЦНИИМФ». [Электронный ресурс] – URL: <http://cniimf.ru/press-tsentr/publikatsii/626/> (дата обращения 14.04.2021).

### References

1. Strategy for the development of inland waterway transport of the Russian Federation for the period up to 2030, approved by the order of the Government of the Russian Federation dated February 29, 2016 No. 327-r
2. Zaitsev, A.A. Transport infrastructure for multimodal transportation in the North-West Federal District // *Bulletin of the State University of Marine and River Fleet named after V.I. Admiral S.O. Makarova*, 2012 <<https://cyberleninka.ru/article/n/transportnaya-infrastruktura-dlya-multimodalnyh-perevozok-v-severo-zapadnom-federalnom-okruge>>.
3. Vilarinho A., Bartocci Liboni L., Siegler J. Challenges and opportunities for the development of river logistics as a sustainable alternative: a systematic review // *Transportation Research Procedia*, Volume 39, 2019, pp. 576-586.
4. Montwił A. Inland ports in the urban logistics system. Case studies // *Transportation Research Procedia*, Volume 39, 2019, pp. 333-340.
5. Wiegmans B., Witte P., Spit T. Inland port performance: a statistical analysis of Dutch inland ports // *Transportation Research Procedia*, Volume 8, 2015, pp. 145-154.
6. Gołębiowski C. Inland Water Transport in Poland // *Transportation Research Procedia*, Volume 14, 2016, pp. 223-232.
7. Wiśnicki, B. Determinants of River Ports Development Into Logistics Trimodal Nodes, Illustrated by the Ports of the Lower Vistula River / B. Wiśnicki // *Transportation Research Procedia*. Volume 16. -2016.-p. 576-586.
8. Nyrkov, A. Some Methods of Increasing the Efficiency of River Transport System / A. Nyrkov, A. Shnurenko, S. Sokolov, S. Chernyi, V. Korotkov // *Procedia Engineering*. Volume 178. -2017.-p.543-550.
9. The market of cargo transportation by inland water transport. Current situation and forecast. <<https://marketing.rbc.ru/research/35362/>>.
10. Fedorov L., Persianov V., Mukhametdinov I. *Transport logistics* - M: Publisher: KnoRus, 2016 - 310 p.
11. Kiel J., Smith R., Ubbels B. The Impact of Transport Investments on Competitiveness // *Transportation Research Procedia* 2014 Volume 1, Issue 1 p.77-88.
12. H-j Y. Competitiveness of Asian Container Terminals // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Volume 26, Number 2, 2010, pp. 225-246.
13. Kurosaki F., Singh M. Comparison of Three Models for Introducing Competition in Rail Freight Transport // *Transportation Research Procedia* 2016 Volume 14 p.2820-2829
14. Purwanto J., Heyndrickx C., Kiel J. et al. Impact of Transport Infrastructure on International Competitiveness of Europe / World Conference on Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 July 2016 Impact of Transport Infrastructure on International Competitiveness of Europe // *Transportation Research Procedia* 8 June 2017 Volume 25 (Cover date: 2017) p. 2877-2888
15. European Commission (2011). White Paper on transport - Roadmap to a single European transport area - Towards a competitive and resource-efficient transport system. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011 - 28 p. ISBN 978-92-79-18270-9 DOI: 10.2832 / 30955.
16. Ovsiyanikova, Yu.A. On the issue of increasing the efficiency of multimodal transportation on the example of the FMCG industry // *Bulletin of MADI*, 2013 (3-94), pp. 96-101
17. He Z., Navneet K., van Dam W., Mieghem P.V. Robustness assessment of multimodal freight transport networks // *Reliability Engineering & System Safety* Volume 207, 2021, 107315

18. Wiśnicki, B. Determinants of River Ports Development Into Logistics Trimodal Nodes, Illustrated by the Ports of the Lower Vistula River / B. Wiśnicki // *Transportation Research Procedia*. Volume 16. -2016.-p. 576-586.
19. Giusti, R. Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues / R. Giusti, D. Manerba, G. Bruno, R. Tadei // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Volume 129. -September 2019.-p.92-110.
20. Wiegman B., Konings R. Intermodal Inland Waterway Transport: Modeling Conditions Influencing Its Cost Competitiveness // *The Asian Journal of Shipping and Logistics* June 2015 Volume 31, Issue 2 p.273-294
21. COM (2017) 648 final – SWD (2017) 363 final; Impact Assessment: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 92/106/EEC on the establishment of common rules for certain types of combined transport of goods between Member States. Brussels, 8.11.2017. – 25 p.
22. On the implementation of projects to increase the throughput of inland waterways in the medium term. M. Mudrova, Cand. tech. Sci., Head of Department, JSC "TsNIIMF" <<http://cniimf.ru/press-tsentr/publikatsii/626/>>.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Минеев Валерий Иванович**, д.э.н., профессор, советник при ректорате, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: mineev.vi@vsuwt.ru

**Valery I. Mineev**, Doctor of Economics, Professor, Counselor at the university administration, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951,

**Иванов Михаил Валерьевич**, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: ivanov@vsawt.com

**Mikhail V. Ivanov**, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of Economics and management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951,

**Почекаева Ольга Вадимовна**, 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: pochekaeva@vsawt.com

**Olga V. Pochekaeva**, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951,

**Новиков Алексей Васильевич**, 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: alex1959.nn@gmail.com

**Alexey V. Novikov**, Ph.D. in Technical Science, Associate Professor of the Department of Economics and management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951.

**Озина Альбина Михайловна**, д.э.н., профессор, научный сотрудник, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: al.ozina@mail.ru

**Albina M. Ozina**, Doctor of Economics, Professor, Researcher, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951,

Статья поступила в редакцию 26.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 26.04.2021; published online 15.06.2021

УДК 656.62:330.4

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.194>

## **Декомпозиционный подход к выбору назначений судам при календарном планировании работы речного флота**

**А.Ю. Платов<sup>1</sup>**

**Ю.И. Платов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Нижегородский архитектурно-строительный университет, г. Н.Новгород, Россия*

<sup>2</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Н.Новгород, Россия*

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме выбора назначения речных грузовых судов при оперативном планировании и регулировании работы флота. Обоснована неприменимость прежних подходов к календарному планированию из-за изменившихся экономических отношений и организационных возможностей судоходных предприятий. Предложена двухступенчатая схема решения задачи назначений. Первая ступень сводится к формированию динамической базовой схемы работы флота, с помощью которой отсекаются невозможные или заведомо неэффективные варианты назначений в текущий плановый период (декада, месяц и т.д.). Использование базовой схемы позволяет разделить сложную комбинаторную задачу определения назначений на две более простых. На второй стадии проводится отбор вариантов из множества, заданного в базовой схеме, на основе имитационного моделирования. Применение имитационной модели позволяет учесть все влияющие на работу флота факторы, в особенности меняющиеся условия плавания, индивидуальные различия между судами, а также динамический характер транспортного процесса.

**Ключевые слова:** речные суда, работа флота, календарное планирование, имитационное моделирование, декомпозиция комбинаторной задачи, базовая схема использования флота, назначение судов, непрерывное планирование.

## **Decompositional approach to the choice of appointments for vessels in the calendar planning of river fleet operations**

**Alexander J. Platov<sup>1</sup>**

**Juri I. Platov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The article is devoted to the problem of choosing the application of river cargo vessels in the operational planning and regulation of the fleet. The article substantiates the inapplicability of the previous approaches to calendar planning due to the changed economic relations and organizational capabilities of shipping companies. A two-stage scheme for solving the assignment problem is proposed. The first stage is reduced to the formation of a dynamic basic scheme of the fleet, with the help of which impossible or obviously inefficient options for applications in the current planning period (decade, month, etc.) are cut off. Using the basic scheme allows you to divide the complex combinatorial task of determining assignments into two simpler ones. At the second stage, the selection of options from the set specified in the basic scheme is carried out on the basis of simulation modeling. The use of the simulation model allows us to take into account all the factors that affect the operation of the fleet, in particular the changing navigation conditions, individual differences between vessels, as well as the dynamic nature of the transport process.

**Keywords:** river vessels, fleet operation, calendar planning, simulation, combinatorial problem decomposition, basic fleet usage scheme, ship assignment, continuous planning

### **Введение**

В XXI веке повышение эффективности управления невозможно без использования информационных технологий (ИТ). Одной из важнейших функций управления на речном транспорте является планирование работы флота. В условиях информатизации это планирование, как обосновано в исследованиях [1], целесообразно осуществлять в рамках непрерывного календарного планирования работы флота (НПРФ). В [1] показано, что в качестве основного инструмента НПРФ предпочтительно использовать имитационное моделирование работы флота (ИМ). Применение ИМ для решения различных задач по управлению работой флота широко освещено в зарубежной литературе [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Однако усилия американских и европейских разработчиков ИМ направлены на аналитические, исследовательские задачи, а также на задачи регулирования судопропуска через систему шлюзов.

Принятие решений по выбору назначений судам при использовании ИМ является центральным моментом планирования работы флота и непростой задачей. Сложность заключается в формализации технологических схем принятия решений, применяемых на практике, которые представляют собой многошаговый и многоплановый процесс, не содержащий свода жёстких правил и оставляющий место для творческой деятельности лицу, принимающему решения (ЛПР). Более того, ЛПР может содействовать повышению эффективности назначений судам, что вообще невозможно реализовать в алгоритмах.

Вследствие этого алгоритм выбора всегда является эвристическим, уникальным и зависит от критериев и характера решаемых задач, а также от модели экономики на уровне страны. Поэтому ранее предложенные алгоритмы выбора назначения судам, например, в работах [11,12, 13], предназначенные для разных уровней планирования, невозможно использовать в современных условиях. Главной задачей в тех условиях было согласование провозной способности флота и пропускной способности причалов, а критерием – минимизация простоев судов. Решение такой задачи было направлено не только на снижение расходов, но и на повышение производительности работы флота. Эта задача в разной степени была реализуемой при централизованном управлении и согласованном взаимодействии небольшого числа пароходств на единой методической основе в разных бассейнах.

Напротив, в настоящее время в условиях конкуренции между многими судоходными предприятиями (СП) взаимодействие последних сведено к минимуму, так как в технологическом процессе перевозок грузов участвуют многие субъекты, в том числе причалы, как общего пользования, так и принадлежащие отдельным грузовладельцам или зафрахтованными ими (морские накопители). При этом технологии планирования перевозок грузов и работы флота определяются законодательством РФ и в большей степени грузовладельцами во взаимодействии с СП. В частности, формирование графиков подачи судов под погрузку производится для разных периодов навигации, чаще на месяц и декаду, по объявленным грузовладельцами датам и партиям отправок грузов. В некоторых случаях согласовываются и графики прибытия груженых судов. Поэтому при выработке решений по назначению судам снизилась возможность их оптимизации и повысилась вариантность алгоритмизации их относительно разных взаимоотношений СП и грузовладельцев.

В данной статье в рамках единого подхода излагается один из вариантов выбора назначения судам применительно к современным условиям организации работы флота и перевозок грузов. Главным инструментарием является интегрирующая имитационная модель, описанная в [1] и позволяющая реализовывать многократно

НПРФ, исходя из потребности адекватности расчета планов и технологии для разных периодов.

#### **Этапы планирования и их задачи**

Для навигационного периода (а при необходимости и месячного) целью планирования является определение потребности в ресурсах (судов, эксплуатационных расходов, топлива и др.). При этом выбору назначений судам предшествует расстановка судов по участкам работы [1], а сам выбор производится исходя из допущения равномерного отправления грузов. При этом неравномерность и неопределенность при определении потребности в ресурсах учитываются соответствующими резервами.

Для краткосрочных периодов окончательный выбор назначений является многоэтапным процессом, осуществляемым как минимум два этапа: при формировании графика подачи судов в пункты погрузки и после его согласования с грузовладельцами. Целью первого этапа является проверка возможности полного или частичного отправления заявленных объемов грузов имеющимися ресурсами флота. Такая проверка может осуществляться повторно после привлечения дополнительных судов или их вывода при излишках тоннажа. На втором этапе формируется окончательный график подачи судов в пункты погрузки, а также прогноз прибытия в пункты выгрузки. На основании этого прогноза формируются при необходимости и графики подачи судов в пункты погрузки.

Таким образом, эвристический алгоритм выбора назначений судам, кроме дислокации судов на начало периода, их ввода в эксплуатацию и вывода на холодный отстой в плановом периоде должен учитывать план отправления грузов и их освоение.

#### **Динамическая базовая схема использования флота**

Учет приведенной выше информации и условий её использования является сложной задачей формализации и поэтому она разделяется на ряд более простых, т.е. требуется декомпозиция общей задачи назначений.

Такая декомпозиция осуществляется, в первую очередь, на основе динамической базовой схемы использования флота (ДБС), учитывающей текущие экономические и эксплуатационные условия работы флота и перевозок. ДБС формируется каждый раз в начале расчётов, когда задаются план отправления грузов, наличие судов, а также и условия плавания (изменение глубин судового хода, скорости течений) и продолжительности времени технологических операций. Порядок формирования ДБС представляет собой перебор всех направлений грузоперевозок, которые можно получить из плана перевозок грузов. При этом определяется оптимальное сочетание грузопотоков для сокращения порожних пробегов, а также производится отбор возможных судов для освоения этих грузопотоков с учетом совместимости перевозки груза в одном судне.

Необходимо отметить, что замысел по использованию базовой схемы, изложенный в работах [14,15,], сходен с предлагаемым в данной статье в идее декомпозиции задачи планирования, но принципиально отличается как по назначению, содержанию информации, а также и автоматизации формирования схемы при изменениях состава флота и условий плавания. В этих работах предлагалось использовать статическую базовую схему для расстановки флота по участкам работы на навигационный период, которая не учитывала вышеупомянутые изменения.

Для определения возможности эксплуатации судов на рассматриваемом участке используется перечень дополнительных условий, в первую очередь, соответствие судна району плавания и габаритам пути и др. Если все условия согласно этому перечню выполняются, то рассматриваемое судно может быть задействовано на

перевозках по освоению рассматриваемого грузопотока (грузопотоков), и это судно попадает в ДБС. В целом ДБС описывается как совокупность трёх информационных структур: списка рабочего ядра флота, списка грузовых потоков и списка схем сочетания.

Рабочее ядро флота – это список судов, для которых известно время ввода в эксплуатацию  $t_{\text{ввод}}$  и вывода из эксплуатации  $t_{\text{вывод}}$ :

$$\{v\}_{\text{раб}} = \{v, t_{\text{ввод}}, t_{\text{вывод}}\} \quad (1)$$

где  $v$  – характеристики судна (состава).

Список грузовых потоков – это список, который можно представить в виде следующего выражения:

$$\{f\} = \{g, G, p_{\text{нач}}, p_{\text{кон}}, c, t_{\text{нач}}, t_{\text{кон}}, \{s\}\} \quad (2)$$

где  $g$  – характеристики груза,  $G$  – объем перевозок, тыс.т;  $p_{\text{нач}}$  и  $p_{\text{кон}}$  – пункты отправления и назначения;  $c$  – цепочка водных путей,  $t_{\text{нач}}$  и  $t_{\text{кон}}$  – период предъявления груза,  $\{s\}$  – список схем сочетаний.

Цепочка водных путей представляет собой массив характеристик элементарных участков водного пути от  $p_{\text{нач}}$  до  $p_{\text{кон}}$ . Эти характеристики включают в себя протяжённости элементарных участков, их глубины, скорости течений, стеснённости фарватера, а также средние температуры воздуха и воды. Цепочки водных путей строятся по алгоритму, описанному в работе [1]. Эти характеристики необходимы для нормирования скорости и расхода топлива судов и составов.

Список схем сочетания – это список, который можно представить в виде следующего выражения:

$$\{s\} = \{\{v\}, t_{\text{нач}}, t_{\text{кон}}, f_{\text{пр}}, f_{\text{об}}\}, \quad (3)$$

где  $\{v\}$  - множество судов, которые могут участвовать в движении по данному сочетанию,  $f_{\text{пр}}$  и  $f_{\text{об}}$  – прямой и обратный «грузовые потоки» из списка грузовых потоков.

### **Общий алгоритм построения базовой схемы**

Формально построение базовой схемы означает формирование двух списков: «грузовых потоков» и «схем сочетания».

Список «грузовых потоков» получается напрямую из плана, представленного в виде корреспонденции перевозок.

Для вычисления списка схем сочетаний используется следующий двухэтапный алгоритм, на входе которого используется рабочее ядро флота, цепочка водных путей, список грузовых потоков.

На первом этапе производится сортировка списка «грузовых потоков» по убыванию протяжённости маршрута от  $p_{\text{нач}}$  и  $p_{\text{кон}}$ . После этого осуществляется попарный перебор сортированного списка грузовых потоков, где на каждом шаге проверяются следующие условия сочетания.

Если протяжённость цепочки  $c$  первого в паре потока больше удвоенной протяжённости цепочки второго потока, то переходим к следующей паре.

Если периоды предъявления груза в первом и втором грузовых потоках не пересекаются, то переходим к следующей паре.

Если начальный пункт первого грузового потока совпадает с конечным пунктом второго, то образуется новое сочетание, а данные потоки более не рассматриваются. И так далее. В результате получается список сочетаний с множествами  $\{v\}$ .

На втором этапе производится определение множества  $\{v\}$  для каждого элемента списка  $\{s\}$ . Для этого осуществляется попарный перебор списка судов рабочего ядра и списка сочетаний, в котором определяется возможность назначений судна на данное

сочетание направлений. При этом проверяются: соответствие класса судна разряду участка водного пути согласно Российскому Речному Регистру и пригодность использования судов для перевозки определенных грузов, в том числе с учетом совместимости их перевозки.

### Алгоритм назначений судов

После построения базовой схемы производится определение назначений судам на заданный период планирования  $T_3$ . Переменное значение  $T_3$  позволяет гибче реагировать на изменения эксплуатационной обстановки, не ограничиваясь каким-то фиксированным циклом планирования (например, декадным).

Процесс построения назначений может быть схематически изображён так, как на рис.1.

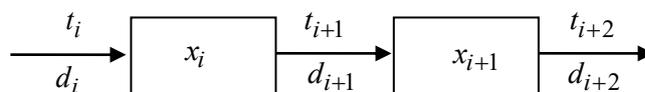


Рис.1. Схема расчёта назначений в процессе НПРФ

Принятие решения  $x_i$  по назначению основано на использовании текущей дислокации  $d_i$ , а также списка грузовых потоков  $\{f\}$ , списка схем сочетания  $\{s\}$ , множества судов  $\{v\}$  и моментов «окон» отправления грузов в каждый момент времени  $t_i$ , когда принимается решение. Если не происходит больших отклонений от плана, то время между  $t_i$  и  $t_{i+1}$  равно периоду планирования  $T_3$ .

Дислокация  $d_i$  обновляется при необходимости на начало  $T_3$  и содержит следующие данные по каждому судну: координаты на графе водных путей, состояние судна (в грузу, порожнем), род груза, находящегося или находившегося в судне (в порожнем состоянии), и текущая операция.

Управление  $x_i$  представляет собой совокупность судов, грузопотоков, на которые назначается каждое судно, пунктов отправления, а также плановых продолжительностей всех операций и ожиданий в течение рейса.

В функциональной форме процесс расчёта назначений можно представить в виде

$$d_{i+1} = f_d(x_i, d_i); t_{i+1} = f_t(x_i, d_i); x_{i+1} = f_x(x_i, d_i), \quad (4)$$

где  $f_d, f_t, f_x$  – операторы, выполняемые с помощью ИМ.

На каждом шаге всегда осуществляется проверки прибытия судов независимо от их состояния. Если прибытие судов прогнозируется позже  $T_3$ , то такие суда не рассматриваются в заданном плановом периоде.

На первом этапе каждого шага выполняется прогноз прибытия порожних и груженых судов, отраженных в дислокации и имеющих назначения. Для всех порожних судов находятся моменты отправления грузов, указанных в графике и совпадающих с моментами прибытия судов с заданными допусками раннего и позднего прибытия. Затем в процессе работы ИМ определяются загрузка судов, продолжительность всех операций и моменты отправления груженого судна в пункт соответствующих плановым отправкам и их прибытие, корректируются график отправки грузов и общий объем планируемого груза на заданный период. На этом же этапе аналогично для всех груженых судов определяются продолжительность всех операций и моменты отправления уже порожних судов.

На втором этапе определяются все возможные назначения, в том числе и вновь вводимых судов. Назначения определяются по списку схем сочетаний  $\{s\}$ , а, следовательно, автоматически определяются пункты назначения для освоения

обратных грузовых потоков, строятся цепочки водных путей по каждому назначению, и исключаются все встречные порожние пробеги судов. На основе назначений находится прогноз прибытия порожних судов в пункты назначения, которые просматриваются последовательно по определенному установленному порядку.

Наиболее целесообразный порядок рассмотрения пунктов с позиций максимального согласования моментов отправления груза и прибытий судов осуществляется с первого пункта с меньшим объёмом отправления к пункту с большим объёмом. Далее по каждому пункту погрузки, моменты прибытий сравниваются с моментами, указанными в графике отправления грузов. Из всех возможных судов выбираются те суда, у которых моменты прибытия максимально приближены к моментам, указанным в графике отправления грузов как в прямом, так и обратном направлениях. Из нескольких претендентов на одну отправку выбирается одно судно с минимальным порожним пробегом. Производится «зануление» как выбранного судна из всех других назначений, так и всех судов – претендентов в этом пункте. Затем, как и на первом этапе, корректируются график отправки грузов и общий объем планируемого груза за заданный период, формируется промежуточная дислокация флота для следующего шага. По окончании формирования дислокации, осуществляется переход к последующему шагу до тех пор, пока не заканчивается заданный период.

При окончании назначений возможно возникновение различных ситуаций, требующих дополнительного согласования: не освоены все заявки и имеются не назначенные суда; освоены все заявки и имеются не назначенные суда; не освоены все заявки и не имеется судов без назначений.

В первой ситуации в приоритетном порядке осуществляется назначение судов и освоение заявок, если это возможно: а) с более ранним прибытием и экономией расходов на топливо за счет увеличения ходового времени и более позднего прибытия; б) передислокации совместимых судов на другие схемы, из-за чего возникают затраты на передислокацию за счет увеличения порожнего пробега судов (возможно и встречного).

Вторая и третья ситуации регулируются для последующих этапов моделирования путем корректировки специалистом первоначальной дислокации судов и ядра флота. Такое регулирование осуществляется путем изменения моментов ввода и вывода судов (в том числе выводом на холодный отстой и вводом из холодного отстоя, изменение сроков аренды судов и т.д.), согласования с грузовладельцами плана отправления в целом и графика отправления. С учетом этого пересчитывается динамическая базовая схема.

В результате наличия нескольких вариантов функционирования ИМ формируется план работы флота как совокупность планов работы каждого отдельного судна со всеми моментами начала и окончания технологических операций. На этой основе формируются необходимые показатели перевозок и работы флота.

### **Заключение**

Описанный алгоритм определения назначений судов позволяет выполнять календарное планирование работы речного грузового флота с максимальной степенью соответствия реальному транспортному процессу. Использование имитационной модели обеспечивает учёт всех влияющих факторов, не учитываемых при обычном способе планирования, таких как меняющиеся условия плавания, индивидуальные различия между судами, динамический характер транспортного процесса. Введение базовой схемы позволяет разделить сложную комбинаторную задачу определения назначений на две более простых.

При формировании назначений учёт пропускных способностей причалов возможен на внешнем уровне управления при пересчете динамической базовой схемы и составлении первоначальных графиков подачи судов под погрузку, что безусловно

снижает адекватность, которая компенсируется возможностью многократных пересчетов календарного плана.

Реализация такого способа планирования требует достаточно высокого уровня автоматизации управления работой флота. Наибольший эффект от подобного планирования может быть получен при функционировании отраслевой централизованной системы отображения дислокации судов и состояния причалов, объемов перевозок грузов и т.д.

#### Список литературы

1. Платов А.Ю. Методы оперативного планирования работы речного грузового флота в современных условиях. Н.Новгород: ВГАВТ, 2009. 155 с.
2. Linying Chen, Junmin Mou, Han Ligteringen. Simulation of Traffic Capacity of Inland Waterway Network. International Workshop on Next Generation Nautical Traffic Models. Delft, The Netherlands. 2013. URL: [https://www.researchgate.net/publication/324543642\\_Simulation\\_of\\_Traffic\\_Capacity\\_of\\_Inland\\_Waterway\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/324543642_Simulation_of_Traffic_Capacity_of_Inland_Waterway_Network).
3. Fischer N., Treiber M., Söhngen B. Modeling and simulating traffic flow on inland waterways. PIANC World Congress San Francisco, USA 2014 URL: <https://mtreiber.de/publications/FischerTreiberSoehngenPIANC2014.pdf>
4. Kreis D., Sturgill R.E., Howell B.K., Van Dyke C.W., Voss D.S. Waterway Operational Model & Simulation Along the Ohio River. University of Kentucky, Kentucky Transportation Center. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.13023/KTC.RR.2014.13>.
5. Gimbel J. H. Waterway Systems Simulation: Volume II—WATSIM: A Waterway Transport Simulator. Report TTSC 7109, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971, pp. 197.
6. Hayward J. C. Waterway Systems Simulation: Volume IV—LOKSIM: A Multiple Chamber Lock Simulation Model. Report TTSC 7111, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971. - 93 pp.
7. Herendeen J.Jr., Staadeker P.J. Waterway Systems Simulation: Volume VI — Application of System Simulation Models. Ohio River Navigation Study. Report TTSC 7113, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.
8. Hinnenthal J., Harries S. A Systematic Study on Posing and Solving the Problem of Pareto Optimal Ship Routing. 3rd International Conference on Computer Applications and Information Technology in Maritime Industries (COMPIT 2004). Sigüenza, Spain, 2004. P. 27-35.
9. Rea J.C., Nowading D.C. Waterway Systems Simulation: Volume V—Simulation of Multiple Channel Deep Draft Navigation Systems. Report TTSC 7112, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.
10. Waterway Analysis Model (WAM). User Manual. Shallow Draft Version, NESP Reports. Huntington, West Virginia, 2007.
11. Ширяев Е.В. К вопросу разработки алгоритма расчёта декадного плана работы флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1967. Вып. 84. С. 22-32.
12. Платов Ю.И. Алгоритм выбора назначений судам при оперативном регулировании работы флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1983. Вып. 195. С. 3-10.
13. Бутов А.С., Кока Н.Г. Имитационное моделирование работы флота на ЭВМ. М.: Транспорт, 1987. 111 с.
14. Рыжов Л. М., Пьяных С.М., Пигалова Н.В. Метод разработки базовой схемы графика движения флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1975. Вып. 146. С. 70-75.
15. Золотов В.В., Иванов В.М. Алгоритм автоматизированного формирования базовой схемы освоения плановых грузопотоков // Труды ГИИВТ, Горький, 1980. Вып. 173, ч. 1. С. 66-71.

#### References

1. Platov A.YU. Metody operativnogo planirovaniya raboty rechnogo gruzovogo flota v sovremennykh usloviyakh [Methods of operational planning of the river cargo fleet in modern conditions]. N.Novgorod: VGAVT, 2009. pp. 155. (In Russ)
2. Linying Chen, Junmin Mou, Han Ligteringen. Simulation of Traffic Capacity of Inland Waterway Network. International Workshop on Next Generation Nautical Traffic Models. Delft, The Netherlands. 2013. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/324543642\\_Simulation\\_of\\_Traffic\\_Capacity\\_of\\_Inland\\_Waterway\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/324543642_Simulation_of_Traffic_Capacity_of_Inland_Waterway_Network).

3. Fischer N., Treiber M., Söhngen B. Modeling and simulating traffic flow on inland waterways. PIANC World Congress San Francisco, USA 2014 URL: <https://mtreiber.de/publications/FischerTreiberSoehngenPIANC2014.pdf>
4. Kreis D., Sturgill R.E., Howell B.K., Van Dyke C.W., Voss D.S. Waterway Operational Model & Simulation Along the Ohio River. University of Kentucky, Kentucky Transportation Center. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.13023/KTC.RR.2014.13>.
5. Gimbel J. H. Waterway Systems Simulation: Volume II—WATSIM: A Waterway Transport Simulator. Report TTSC 7109, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971, pp. 197.
6. Hayward J. C. Waterway Systems Simulation: Volume IV—LOKSIM: A Multiple Chamber Lock Simulation Model. Report TTSC 7111, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971. - 93 pp.
7. Herendeen J.Jr., Staadeker P.J. Waterway Systems Simulation: Volume VI — Application of System Simulation Models. Ohio River Navigation Study. Report TTSC 7113, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.
8. Hinnenthal J., Harries S. A Systematic Study on Posing and Solving the Problem of Pareto Optimal Ship Routing. 3rd International Conference on Computer Applications and Information Technology in Maritime Industries (COMPIT 2004). Siguensa, Spain, 2004. P. 27-35.
9. Rea J.C., Nowading D.C. Waterway Systems Simulation: Volume V—Simulation of Multiple Channel Deep Draft Navigation Systems. Report TTSC 7112, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.
10. Waterway Analysis Model (WAM). User Manual. Shallow Draft Version, NESP Reports. Huntington, West Virginia, 2007.
11. Shiryaev E.V. K voprosu razrabotki algoritma rascheta dekadnogo plana raboty flota [On the issue of developing an algorithm for calculating the decadal fleet work plan] Trudy GIIVT. Gor'kii, 1967. Vyp. 84. pp. 22-32. (In Russ)
12. Platov YU.I. Algoritm vybora naznacheniya sudam pri operativnom regulirovanii raboty flota [The algorithm for selecting assignments for ships in the operational regulation of the fleet] Trudy GIIVT. Gor'kii, 1983. Vyp. 195. pp. 3-10. (In Russ)
13. Butov A.S. Imitatsionnoe modelirovanie raboty flota na EHVM [Simulation of fleet operation on a computer] M.: Transport, 1987. 111 p. (In Russ)
14. Ryzhov L. M., P'yanykh S.M., Pigalova N.V. Metod razrabotki bazovoi skhemy grafi-ka dvizheniya flota [Method for developing the basic scheme of the fleet movement schedule] Trudy GIIVT. Gor'kii, 1975. Vyp. 146. pp. 70-75. (In Russ)
15. Zolotov V.V., Ivanov V.M. Algoritm avtomatizirovannogo formirovaniya bazovoi skhemy osvoeniya planovykh gruzopotokov [Algorithm of automated formation of the basic scheme of development of planned cargo flows] Trudy GIIVT, Gor'kii, 1980. Vyp. 173, ch. 1. pp. 66-71. (In Russ)

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Платов Александр Юрьевич**, д.т.н., доцент, зав. кафедрой прикладной информатики и статистики, Нижегородский архитектурно-строительный университет (ФГОУ ВО «ННГАСУ»), 603950, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65, e-mail: [platofff@mail.ru](mailto:platofff@mail.ru)

**Alexander J. Platov**, Dr. Sci. Tech, head of Applied Informatics and Statistic Chair, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 603950, Nizhny Novgorod, P'yinskaya st., 65

**Платов Юрий Иванович**, д.т.н., проф., профессор кафедры управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [platov1@yandex.ru](mailto:platov1@yandex.ru)

**Juri I. Platov**, Dr. Sci. Tech, professor of Transport Management Chair, Volga State University of Water Transport, 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

Статья поступила в редакцию 22.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 22.04.2021; published online 15.06.2021

УДК 336.1

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.186>

## **Цифровая трансформация межведомственного взаимодействия как инструмент совершенствования государственного проектного управления**

**Н.В. Пумбрасова<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9644-1721>

**Е.В. Упадышева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация:** В статье рассмотрено государственное проектное управление, отмечена ограниченность его применения на региональном и муниципальном уровнях. В большинстве муниципальных образований сформированы муниципальные проектные офисы, однако работа ведется исключительно в рамках реализации национальных проектов и носит больше формальный характер, нежели практический. Существует сложность восприятия новых подходов в управлении. Несмотря на активное повсеместное внедрение цифровизации в муниципальных образованиях в последние годы наблюдается тенденция увеличения информационной закрытости органов власти и ведомственных структур друг от друга. Существующая система межведомственного электронного взаимодействия ориентирована в настоящее время в основном на получение органами власти необходимой информации в целях предоставления физическим и юридическим лицам государственных и муниципальных услуг. В сфере же государственного и муниципального проектного менеджмента существует определенный информационный вакуум, препятствующий различным участникам проектного управления эффективно выполнять свои функции в процессе реализации проекта. В качестве решения указанной проблемы предлагается заложить в основу совершенствования системы проектного управления единую цифровую платформу межведомственного электронного взаимодействия, объединяющую сведения как о гражданах на базе портала государственных и муниципальных услуг, так и о хозяйствующих субъектах (юридических лицах и индивидуальных предпринимателях), а также объектах недвижимости, аккумулируемых на базе портала Федеральной налоговой службы Российской Федерации, что позволит органам государственной власти и местного самоуправления получать полную информацию, необходимую для корректного принятия управленческих решений, в том числе в сфере проектного менеджмента.

**Ключевые слова:** проектный менеджмент, государственное и муниципальное управление, цифровизация проектного управления, цифровая платформа межведомственного взаимодействия.

## **Digital transformation of interdepartmental interaction as a tool for improving state project management**

**Natalya V. Pumbrasova<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9644-1721>

**Elena V. Upadysheva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The article considers the state project management, and notes the limitations of its application at the regional and municipal levels. Most municipalities have formed municipal project offices, but the work is carried out exclusively within the framework of the implementation of national projects and is more formal than practical. There is a complexity

of perception of new approaches in management. Despite the active widespread introduction of digitalization in municipalities in recent years, there has been a tendency to increase the information closeness of government bodies and departmental structures from each other. The existing system of interdepartmental electronic interaction is currently being focused mainly on obtaining the necessary information by the authorities in order to provide individuals and legal entities with state and municipal services. In the field of state and municipal project management, there is a certain information vacuum that prevents various project management participants from effectively performing their functions in the project implementation process. As a solution to this problem, it is proposed to lay the basis for improving the project management system a single digital platform for interdepartmental electronic interaction, combining information about both citizens on the basis of the portal of state and municipal services, and about economic entities (legal entities and individual entrepreneurs), as well as real estate objects accumulated on the basis of the portal of the Federal Tax Service of the Russian Federation, which will allow state authorities and local governments to receive complete information, necessary for the correct management decision - making, as well as in the field of project management.

**Keywords:** project management, state and municipal management, digitalization of project management, digital platform for interagency interaction.

### **Введение**

Достижение целей и выполнение стратегических задач, обозначенных в Указах Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», в современных условиях становится невозможным без масштабного внедрения системы проектного управления с применением новейших цифровых технологий, значимость которых для развития экономики на современном этапе неоспорима и активно обсуждается российскими учеными [1, с.53].

XXI век, как известно, считается веком высоких цифровых технологий, веком четвертой промышленной революции, что также активно изучается и внедряется в практическое применение иностранными учеными [2], [3], [4].

Развитие экономики страны непременно связано с выбором органами власти направлений и скорости структурных и институциональных преобразований, а также с обязательным условием готовности инвестирования в регионы с учетом уровня и особенностей их развития [5, с.314]. При этом бюджетные инвестиции выступают основой успешной реализации национальных проектов, поскольку внебюджетные источники финансирования изначально требуют большей экономической стабильности и уровня развития государства [6, с.51].

Основополагающие принципы мышления инвесторов, применяемые при проектном подходе к управлению инвестициями, активно изучаются зарубежными экономистами с конца XX – начала XXI века [7], в том числе в части рисков инвестирования в российскую экономику [8].

Проектное управление является сравнительно новым подходом в государственном управлении, оно направлено в первую очередь на достижение целей по развитию страны в целом и отдельных регионов, и как новая форма управления должна опираться на современные высокотехнологичные инструменты.

Однако следует отметить, что несмотря на широкое пропагандирование применения высоких технологий во всем мире, в том числе и в нашей стране, государственный сектор (в части государственного и муниципального управления) несколько отстает от указанных нарастающих тенденций в науке и промышленном производстве. И то, что касается проектного управления в государственном секторе, также только начинает вставать на рельсы цифровизации. Процесс цифровой трансформации госсектора в современных условиях является крайне необходимым

как в сфере предоставления государственных и муниципальных услуг, так и в сфере проектного менеджмента, что особенно важно для принятия положительных решений об инвестировании в бюджетные проекты частных инвесторов, как отечественных, так и иностранных [9], [10], [11], [12].

Опыт подобного преобразования государственной политики в зарубежных странах приведен в научных работах иностранных ученых [13], [14].

Практика внедрения проектного управления в российском государственном и муниципальном секторе показывает, что даже в условиях цифровизации экономики следует учитывать, что уровень подготовленности различных территорий к институциональным преобразованиям процессов инвестирования в части перехода от процессного к проектному менеджменту (к проектному стилю мышления) довольно разный.

На федеральном уровне проектное управление в органах власти успешно внедрено и активно используется, в том числе в сфере государственно-частного партнерства, где существует понимание и власти, и бизнеса, какой уникальный продукт необходимо получить в результате реализации проекта, поскольку финансовый ресурс на федеральном уровне более масштабен, доступен, возможно законодательное регулирование условий осуществления деятельности инвестором, да и риски реализации проекта просчитываются более тщательно и грамотно (научно обоснованно).

В регионах РФ сформированы региональные проектные офисы, рабочие группы по отдельным направлениям, разработана нормативная документация. Однако применение механизмов проектного управления ограничивается в большинстве регионов лишь реализацией региональных проектов в рамках национальных, предусматривающих в основном исключительно бюджетное финансирование без привлечения частных инвесторов к реализации крупных проектов, несмотря на то, что возможность внебюджетного финансирования предусмотрена в паспорте каждого национального и регионального проекта. Такая ситуация складывается вследствие неготовности частных инвесторов вкладывать свой капитал в крупные проекты, тем более социальной направленности, что обусловлено, в первую очередь, такими факторами, как несовершенство инвестиционного законодательства (отсутствие законодательного закрепления и широкой практики применения государственных гарантий по покрытию убытков инвестора в случае неудачного результата реализации проекта) и низкой доступностью кредитных ресурсов, необходимых для инвестирования в крупный проект (недоступность долгосрочного инвестиционного кредитования) [15, с.172].

### **Материалы и методы**

На муниципальном уровне в небольших городах и районах проектное управление активно внедряется с 2019 года. В большинстве муниципальных образований сформированы муниципальные проектные офисы, однако работа ведется исключительно в рамках реализации национальных проектов и носит больше формальный характер, нежели практический. Существует некая сложность восприятия новых подходов в управлении (в части внедрения именно проектного управления). Процессная деятельность по содержанию социальных объектов, коммунальной и транспортной инфраструктуры, повторяющаяся из года в год и не требующая специальной оценки возможных рисков, куда более понятна на местах, нежели управление проектами, тем более не имеющими аналогов на конкретной территории.

К тому же, большинство мероприятий и инвестиционных проектов в муниципальных образованиях реализуется в рамках государственных программ, не имеющих непосредственного отношения к национальным проектам (финансирование по национальным проектам осуществляется с использованием специальных

бюджетных кодов), и, соответственно, не воспринимается муниципальной властью как стимул для активизации работы муниципального проектного офиса.

Тем не менее, работа по участию в национальных проектах ведется во многих муниципальных образованиях, что говорит о начале активности муниципалитетов в сфере проектного управления и является предпосылкой для формирования единой информационной базы, необходимой органам государственной и муниципальной власти как для самого процесса управления проектной деятельностью с участием бюджетных средств, так и для обмена опытом и положительными практиками реализации проектов между субъектами Российской Федерации и муниципальными образованиями.

Активность муниципалитетов по участию в национальных проектах на примере Нижегородской области представлена на рис. 1.

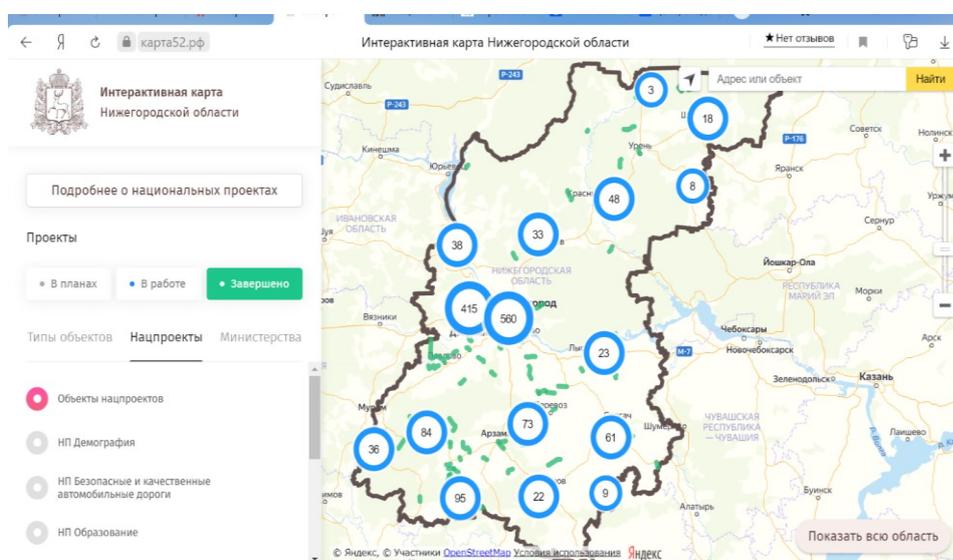


Рис. 1. Интерактивная карта реализации национальных проектов на территории Нижегородской области<sup>17</sup>

Fig. 1. Interactive map of the implementation of national projects in the Nizhny Novgorod region<sup>17</sup>

Российскими учеными в настоящий момент активно исследуются различные аспекты цифровизации проектного управления в государственном секторе, которая позволит оптимизировать процессы предоставления государственных услуг в плане повышения удобства для граждан как потребителей государственных и муниципальных услуг, а также скорости обработки запросов и получения результатов [16, с.3].

В статье Островской Н.В., Барыкина С.Е., Буровой А.Ю. «Цифровизация проектного менеджмента в государственном и муниципальном управлении России» [17, с.209-210], [18] подробно расписан механизм внедрения проектного управления в условиях цифровизации, описаны ключевые проблемы, связанные с отсутствием единого методологического подхода цифровизации системы проектного управления, однако не обозначено в качестве первоочередной проблемы, препятствующей эффективному функционированию цифровой платформы в государственном и муниципальном секторе, **отсутствие открытого информационного**

<sup>17</sup> Интернет-ресурс <https://strategy.government-nnov.ru/ru-RU/national-projects>

**межведомственного взаимодействия** на единой цифровой платформе. Авторы данной статьи уже поднимали проблему недостаточного развития системы проектного управления на региональном и муниципальном уровне по причине отсутствия отлаженной системы межведомственного взаимодействия (VIII МНПК «Управленческие науки в современном мире» ноябрь, 2020 г., доклад Пумбрасова Н.В., Упадышева Е.В. «Внедрение системы проектного менеджмента в государственном и муниципальном управлении. Системный подход в цифровой трансформации»).

Несмотря на активное повсеместное внедрение цифровизации в муниципальных образованиях, с 2017 года наблюдается тенденция увеличения информационной закрытости органов власти и ведомственных структур друг от друга. Так, территориальные органы Росстата прекратили безвозмездное предоставление информации в разрезе муниципальных образований и тем более в разрезе отчитывающихся хозяйствующих субъектов, что делает невозможным проведение качественного анализа социально-экономической ситуации на конкретной территории. Данные налоговых органов и Пенсионного фонда России также ежегодно становятся всё менее доступными для органов власти местного уровня. Та же тенденция характерна и для взаимодействия с органами ЗАГС и миграционной службы, в связи с чем становится невозможным оперативный анализ демографической ситуации на территории муниципальных образований. Все данные, аккумулирующиеся в перечисленных ведомственных структурах, в обобщенном виде направляются в соответствующие федеральные управления, которые размещают в открытых информационных ресурсах аналитику лишь в целом по стране, в лучшем случае – в разрезе регионов. Муниципалитеты же, являясь источниками исходной информации, в итоге не обладают полной картиной сведений, собираемых на их территории, что и приводит либо к дублированию сбора информации на местах (что резко снижает эффективность работы органов местного самоуправления), либо к принятию некорректных управленческих решений на основе неполной информации о решаемой проблеме, что негативно сказывается в том числе на качестве проектного менеджмента на местах.

Примером цифровой платформы межведомственного электронного взаимодействия, может выступить система электронного межведомственного взаимодействия (СМЭВ), разработанная и внедренная в соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 27 июля 2010 года № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг».

Упрощенная модель информационного обмена в рамках СМЭВ выглядит следующим образом (более подробная информация представлена в Методических рекомендациях по разработке электронных сервисов и применению технологии электронной подписи при межведомственном электронном взаимодействии<sup>18</sup>):

---

<sup>18</sup> Интернет-ресурс <https://smev.gosuslugi.ru/portal/>

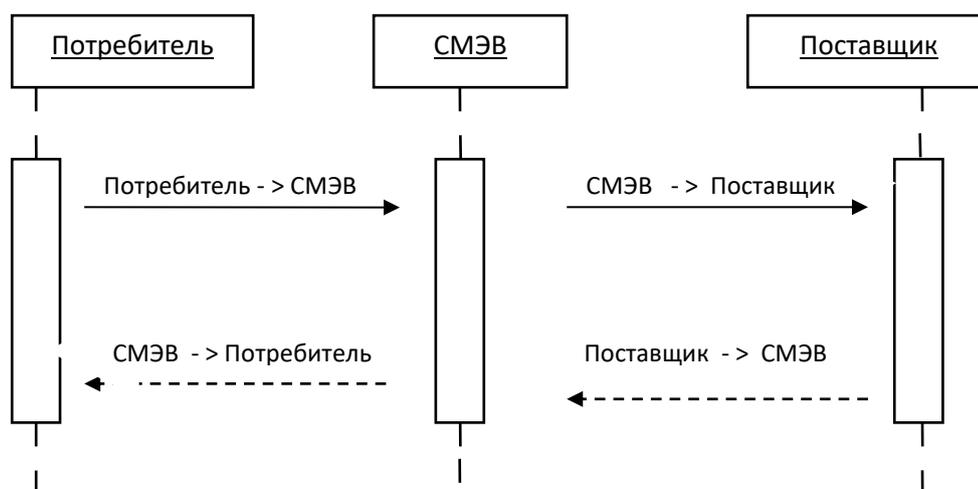


Рис. 2. Упрощенная модель информационного обмена участников СМЭВ  
 Fig. 2. Simplified model of information exchange of SIEI participants

Однако на практике полноценного информационного обмена между органами власти не происходит ввиду наличия ограничений, наложенных законодательством, таких как запрет предоставления персональных данных и т.п., что в итоге приводит к невозможности принятия корректных управленческих решений и качественного предоставления государственных и муниципальных услуг. Поэтому в данной сфере в условиях цифровизации также необходимо обеспечить полноценный информационный обмен между органами власти всех уровней и ведомствами без законодательных ограничений.

Так и в проектном управлении, в целях оперативного принятия правильных управленческих решений и построения оптимальной модели взаимодействия с участниками проекта заказчику и координатору проекта необходимо обладать объективной исходной информацией из различных структур и ведомств, что в свою очередь позволит просчитать возможные риски при реализации проекта и разработать варианты их минимизации, а для этого необходимо создание **единой цифровой платформы межведомственного взаимодействия в рамках осуществления проектного менеджмента.**

### Результаты

Таким образом, мы предлагаем заложить в основу совершенствования проектного управления в государственном и муниципальном секторе **единую цифровую платформу межведомственного электронного взаимодействия**, объединяющую сведения как о гражданах на базе портала государственных и муниципальных услуг, так и о хозяйствующих субъектах (юридических лицах и индивидуальных предпринимателях), а также объектах недвижимости, аккумулируемых на базе портала Федеральной налоговой службы Российской Федерации. По мнению авторов, только таким образом будет обеспечен системный подход в цифровой трансформации государственного и муниципального управления, в том числе проектного менеджмента.

Авторами статьи предлагается вариант разработки новой интегрированной платформы, взаимосвязанной с существующей системой межведомственного взаимодействия, но усовершенствованной и ориентированной не только на информационную обработку предоставления государственных и муниципальных услуг гражданам и хозяйствующим субъектам, но и на формирование и эффективное

использование единой базы данных об объектах недвижимости, хозяйствующих субъектах и гражданах (в рамках действующего законодательства) в целях осуществления органами власти деятельности по развитию подведомственной территории, в том числе в рамках проектного управления. При этом в целях качественного улучшения процесса государственного и муниципального управления данная система должна предусматривать накопление базы данных положительных практик проектного управления.

Целью разработки и внедрения единой цифровой платформы межведомственного электронного взаимодействия является повышение информационной открытости органов власти в процессе межведомственного взаимодействия, а также обеспечение оперативного обмена информацией по интересующим вопросам, в том числе в рамках проектной деятельности.

Внедрение платформы позволит решить ряд функциональных задач:

1) обеспечение беспрепятственного доступа участников межведомственного взаимодействия, в том числе участников проектной деятельности, к необходимым информационным базам,

2) сокращение времени на обработку запросов,

3) минимизация рисков получения и использования недостоверной информации,

4) накопление базы данных положительных практик реализации проектов и предоставления государственных услуг в целях обеспечения возможности обмена опытом между различными участниками межведомственного взаимодействия.

Исходя из вышеизложенного следует, что функциональное назначение единой цифровой платформы состоит в первую очередь в решении назревшей проблемы недостаточности достоверной информации, необходимой для грамотной организации проектного менеджмента в государственном и муниципальном секторе.

По мнению ученых-экономистов, подобная проблема нехватки достоверных учетных данных актуальна и для программно-целевого бюджетирования в рамках реализации функций проектного управления подведомственной территорией. «Организация системы учетно-аналитического обеспечения, способствующей разработке эффективных и своевременных управленческих решений, — это одна из важных проблем, с которыми предстоит столкнуться в рамках проектного подхода в программно-целевом бюджетировании» [19, с.61].

В связи с законодательным закреплением в Российской Федерации с 1 января 2021 года институциональных основ инициативного бюджетирования<sup>19</sup>, большие обороты набирает механизм реализации проектного управления на местах с финансовым и нефинансовым участием граждан в реализации инициативных проектов, требующих бюджетного софинансирования. Таким образом, в соответствии с законодательством об инициативном бюджетировании, граждане становятся активными участниками распределения бюджетных средств в рамках проектной деятельности.

В связи с этим необходимо отметить, что построение единой цифровой платформы межведомственного электронного взаимодействия в рамках проектного менеджмента должно основываться в том числе на данных портала государственных и муниципальных услуг, так как в проектной деятельности необходима информация обо всех участниках реализации проекта, в том числе и о гражданах – инициаторах соответствующего проекта.

В процессе углубления работы над выявленной проблемой, сбора сведений о практиках внедрения проектного управления на нижних уровнях бюджетной системы, авторы данной статьи приводят усовершенствованную схему построения единой цифровой платформы межведомственного электронного взаимодействия в рамках

---

<sup>19</sup> Федеральный закон от 20.07.2020 г. № 236-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»».

проектного менеджмента, по сравнению с озвученной на конференции (VIII МНПК «Управленческие науки в современном мире» ноябрь, 2020 г., доклад Пумбрасова Н.В., Упадышева Е.В. «Внедрение системы проектного менеджмента в государственном и муниципальном управлении. системный подход в цифровой трансформации»). В новой нижеследующей схеме авторы обозначили не процессы управления, оказания услуг, а первостепенность участников единой цифровой платформы межведомственного электронного взаимодействия, использующих лучшие практики и единые стандарты для организации единой цифровой платформы межведомственного электронного взаимодействия.

Структура построения предлагаемой единой цифровой платформы электронного межведомственного взаимодействия в сфере государственного и муниципального управления, по мнению авторов статьи, может выглядеть следующим образом (рис. 3):



Рис. 3. Структура построения единой цифровой платформы электронного межведомственного взаимодействия в сфере государственного и муниципального управления

Fig. 3. The structure of building a single digital platform for electronic interdepartmental interaction in the field of state and municipal administration

Таким образом, предлагаемая модель механизма функционирования единой цифровой платформы межведомственного электронного взаимодействия органов государственной власти и местного самоуправления позволит не только усовершенствовать систему проектного управления в государственном и

муниципальном секторе, но и упорядочить систему предоставления государственных и муниципальных услуг на разных территориях, сформировав единый стандарт и обеспечив доступ к полной информации об участниках процесса, необходимой для повышения качества предоставляемых услуг.

Организация межведомственного взаимодействия по предложенной схеме позволит качественно улучшить процесс проектного менеджмента в государственном (муниципальном) секторе, сократив при этом затраты времени сотрудников органов власти - участников проектной деятельности на поиск нужной информации, в том числе - проверку ее подлинности и достоверности, обеспечить информационный обмен положительными практиками между различными ведомствами и территориями, а также сформировать единые для различных территорий стандарты предоставления государственных и муниципальных услуг, обеспечивая тем самым повышение открытости органов власти для населения, рост доверия населения к власти и, как следствие, рост заинтересованности граждан в решении вопросов местного значения путем реализации проектов инициативного бюджетирования, когда инициаторами проектов выступают сами граждане.

### **Обсуждение**

Неотъемлемой составляющей процесса управления, в частности, проектного управления, должен быть мониторинг реализации проекта. В условиях цифровой трансформации экономики появляются новые технологические возможности для осуществления такого мониторинга.

Так, в Нижегородской области действенным инструментом мониторинга реализации национальных проектов и проектов в рамках государственных программ на сегодняшний день выступает цифровая платформа АИС «Управление проектной деятельностью», которая позволяет региональному проектному офису и региональному руководству своевременно отслеживать степень выполнения проектов в муниципалитетах, выявлять возникновение проблем и принимать меры по их решению.

В этой связи следует отметить, что для понимания на местном уровне важности выполняемой работы в рамках проектного управления и скорейшего включения в процесс также необходим системный подход в цифровизации проектного управления - от куратора и координатора проекта до конкретного исполнителя. В частности, считаем необходимым для повышения качества выполняемых работ в рамках нацпроектов (а именно, предотвращения получения тендеров недобросовестными подрядчиками, фирмами-однодневками, организациями, занимающимися исключительно передачей работ в субподряд и т.д.) предусмотреть возможность включения в контракт по выполнению работ в рамках национального (регионального, муниципального) проекта или госпрограммы пункта, обязывающего подрядчика, выходящего на электронную торговую площадку, быть зарегистрированным пользователем цифровой платформы АИС «Управление проектной деятельностью», которую также необходимо интегрировать с предлагаемой авторами единой системой межведомственного электронного взаимодействия. Данное требование к потенциальным подрядчикам необходимо для проведения анализа опыта работы подрядчика заинтересованными пользователями.

### **Выводы**

Внедрение модернизированной интегрированной системы межведомственного взаимодействия во всех регионах страны позволит решить проблему необходимости более планомерного развития территорий и относительного выравнивания уровня технологического и экономического развития различных территорий (регионов)

между собой, что отмечено учеными как необходимый элемент преобразования государственной политики в целях обеспечения регионального развития [20, с.95-96].

Современными учеными в настоящее время изучается опыт внедрения инновационных систем в частных (корпоративных) компаниях в целях применения в широкой практике, в том числе в сфере государственного и муниципального управления [21, с.785-786].

Предлагаемая авторами статьи идея о необходимости создания единой интегрированной СМЭВ по хозяйствующим субъектам, активам (объектам недвижимости) и гражданам позволит сектору государственного и муниципального управления более взвешенно оценивать существующую ситуацию на конкретной территории и принимать наиболее эффективные управленческие решения, в том числе в сфере проектного менеджмента.

#### Список литературы

1. Погодина Т.В. Особенности технологического развития России в условиях формирования цифровой экономики. Экономика и управление, № 2/2018, с. 52 – 57.
2. Томас А. Стюарт. Интеллектуальный капитал. Новый источник богатства организаций = Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations. М.: «Поколение». 2007. 368 с.
3. WIPO Intellectual Property Handbook: Policy, Law and Use. WIPO publication; no.489(E). Женева: Всемирная организация интеллектуальной собственности. 2004. 488 с.
4. Шваб, Клаус. Четвертая промышленная революция / Клаус Шваб: [перевод с английского], - Москва: Эксмо, 2016 – 208 с. – (Библиотека Сбербанка. Т. 63).
5. Алиханова Т.М. Структурные особенности формирования концепции устойчивого развития региона. // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 5А. С. 312-318.
6. Аландаров Р.А. Роль бюджетных инвестиций федерального бюджета в обеспечении социально-экономического развития России в 2019-2021 годах. Экономика. Налоги. Право. 2019;12(3):48-58. DOI: 10.26794/1999-849X-2019-12-3-48-58.
7. Osborn A. Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving. Buffalo, N.Y.: Creative Education Foundation, 2001.
8. Nagaev S., Woergoetter A. Regional Risk Rating in Russia. Vienna: Bank Austria, 1995.
9. Фрайлингер К., Фишер Й. Управление изменениями в организации. / Пер. с нем. Н.П. Береговой, И.А. Сергеевой. - М.: - Книгописная палата, 2002. – 264 с.
10. Хаммер М., Чампи Д. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе. , 2007. – 288 с.
11. Granstrand, O. Corporate Innovation Systems A Comparative Study of Multi-Technology Corporations in Japan, Sweden and the USA. / O. Granstrand.– Chalmers University of Technology, 2000 – 112 p.
12. Report «The Transformative Economic Impact of Digital Technology 2015» [Электронный ресурс]. URL: [https://unctad.org/meetings/en/Presentation/ecn162015p09\\_Katz\\_en.pdf](https://unctad.org/meetings/en/Presentation/ecn162015p09_Katz_en.pdf) (дата обращения: 21.08.2019).
13. OECD (2016), OECD Regions at a Glance 2016, OECD Publishing, Paris. [http://dx.doi.org/10.1787/reg\\_glance-2016-en](http://dx.doi.org/10.1787/reg_glance-2016-en).
14. Пол Леблан, Председатель RDPC на Совещании министров, 2013. – URL: <http://www.oecd.org/regional/ministerial/>.
15. Муртазалиев Ш.А. Ключевые проблемы реализуемых в России схем проектного финансирования. // Экономика и бизнес: теория и практика - №1 2019, с. 171 – 173.
16. Пумбрасова Н.В., Кононова О.Г. Совершенствование исполнения бюджетов по доходам и расходам органами федерального казначейства // Труды конгресса «Великие реки», Выпуск 9, 2020, ISBN 978-5-901722-63-3, с.1-5.
17. Островская Н.В., Барыкин С.Е., Бурова А.Ю. (2020). Цифровизация проектного менеджмента в государственном и муниципальном управлении России // Стратегические решения и риск-менеджмент. Т. 11. № 2. С. 206–215. DOI: 10.17747/2618-947X2020-2-206-215.
18. Nikiforova V.D., AchbaL.V., Nikiforov A.A., Kovalenko A.V. (2020). Dialectics of the processes of digitization of the socio-economic system. Lecture notes in networks and systems. P. 1120–1143.
19. Мастеров А.И. Экономический анализ инвестиционных проектов как инструмент повышения эффективности бюджетной политики // Экономика и управление, № 5/2017, с.60 - 67.

20. Биткина И.В., Красюкова Н.Л. Преобразование государственной политики регионального развития в России и странах мира // Экономика и предпринимательство, № 9 (ч.2), 2017 г., с. 94 – 98.
21. Ващенко Р.Р. Корпоративная инновационная система в цифровой экономике: опыт российских компаний // Экономика и предпринимательство, № 6, 2019 г., с. 785 – 789.

#### References

1. Pogodina T. V. Features of the technological development of Russia in the conditions of the formation of the digital economy. Economics and Management, No. 2/2018, pp. 52-57.
2. Thomas A. Stewart. Intellectual capital. New source of riches organizations = Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations. M.: "Generation". 2007. 368 p.
3. WIPO Intellectual Property Handbook: Policy, Law and Use. WIPO publication; no.489(E). Geneva: World Intellectual Property Organization.2004. 488 p.
4. Schwab, Klaus. The Fourth Industrial Revolution / Klaus Schwab: [translated from English], - Moscow: Eksmo, 2016-208 p. – (Sberbank Library, vol. 63).
5. Alikhanov T. M. Structural features of the formation of the concept of sustainable development of the region. // Economy: yesterday, today, tomorrow. 2019. Volume 9. No. 5A. pp. 312-318.
6. Alandarov R. A. The role of budget investments of the federal budget in ensuring the socio-economic development of Russia in 2019-2021. Economy. Taxes. Right. 2019;12(3):48-58. DOI: 10.26794/1999-849X 2019-12-3-48-58.
7. Osborn A. Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving. Buffalo, N.Y.: Creative Education Foundation, 2001.
8. Nagaev S., Woergoetter A. Regional Risk Rating in Russia. Vienna: Bank Austria, 1995.
9. Freilinger K., Fischer J. Managing changes in the organization. / Per. s nem. N. P. Beregovoy, I. A. Sergeeva. - M.: - Knigopisnaya palata, 2002 – - 264 p.
10. Hammer M., Champi D. Reengineering of the corporation. Manifesto of the revolution in business. , 2007 – - 288 p.
11. Granstrand, O. Corporate Innovation Systems A Comparative Study of Multi-Technology Corporations in Japan, Sweden and the USA. / O. Granstrand. – Chalmers University of Technology, 2000-112 p.
12. Report "The Transformative Economic Impact of Digital Technology 2015" [Electronic resource]. URL: [https://unctad.org/meetings/en/Presentation/ecn162015p0\\_9\\_Katz\\_en.pdf](https://unctad.org/meetings/en/Presentation/ecn162015p0_9_Katz_en.pdf) (accessed 21.08.2019).
13. OECD (2016), OECD Regions at a Glance 2016, OECD Publishing, Paris. [http://dx.doi.org/10.1787/reg\\_glance-2016-en](http://dx.doi.org/10.1787/reg_glance-2016-en).
14. Paul Leblanc, Chairman of the RDPC at the Ministerial Meeting, 2013. - Access mode: <http://www.oecd.org/regional/ministerial/>.
15. Murtazaliev Sh. A. Key problems of project financing schemes implemented in Russia. // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika-No. 1, 2019, pp. 171-173.
16. Pumbrasova N. V., Kononova O. G. Sovershenstvovanie obyazheniya budgets po revenue and expenditure bodies of the Federal Treasury/ / Proceedings of the Congress "Great Rivers", Issue 9, 2020, ISBN 978-5-901722-63-3, pp. 1-5.
17. Ostrovskaya N. V., Barykin S. E., Burova A. Yu. (2020). Digitalization of project management in the state and municipal administration of Russia // Strategic decisions and risk management, vol. 11, no. 2, pp. 206-215. DOI: 10.17747/2618-947X2020-2-206-215.
18. Nikiforova V. D., Achba L. V., Nikiforov A. A., Kovalenko A. V. (2020). Dialectics of the processes of digitization of the socio-economic system. Lecture notes in networks and systems. p. 1120-1143.
19. Masters A. I. Economic analysis of investment projects as a tool for improving the efficiency of budget policy // Economics and Management, No. 5/2017, pp. 60-67.
20. Bitkina I. V., Krasnyukova N. L. Transformation of the state policy of regional development in Russia and the countries of the world // Economics and Entrepreneurship, No. 9 (part 2), 2017, pp. 94-98.
21. Vashchenko R. R. Corporate innovation system in the digital economy: the experience of Russian companies // Economics and Entrepreneurship, No. 6, 2019, pp. 785-789.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Пумбрасова Наталья Владимировна**,  
к.э.н., доцент, доцент кафедры  
бухгалтерского учета, анализа и финансов,  
Волжский государственный университет  
водного транспорта» (ФГБОУ ВО  
«ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород,  
ул. Нестерова, 5, e-mail: target75@mail.ru

**Natalya V. Pumbrasova**, Ph.D. in Economic  
Science, Associate Professor of the Department of  
accounting, analysis and Finance, Volga State  
University of Water Transport, 5, Nesterov st,  
Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:  
target75@mail.ru

**Упадышева Елена Владимировна**,  
аспирант кафедры бухгалтерского учета,  
анализа и финансов, Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951,  
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-  
mail: upadysheva@bk.ru

**Elena V. Upadysheva**, postgraduate of the  
Department of accounting, analysis and Finance,  
Volga State University of Water Transport, 5,  
Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:  
upadysheva@bk.ru

Статья поступила в редакцию 29.11.2020; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 29.11.2020; published online 15.06.2021

УДК 338.45

DOI: 10.37890/jwt.vi67.196

## **Лизинг как эффективный инструмент повышения инвестиционной активности в судостроении**

**О.Л. Трухинова<sup>1,2</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3423-9058>

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>2</sup>*Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия*

**Аннотация.** В статье основное внимание уделяется рынку долгосрочного лизинга судов, который фактически является рынком альтернативного финансирования для отрасли. Целью исследования было дать обзор состояния российского рынка лизинга в сфере судостроения в текущих экономических условиях и показать положительные аспекты применения данного финансового инструмента как средства повышения активности участников инвестиционного процесса в судостроительной промышленности, направленной на ускорение обновления гражданского флота и восстановление отрасли после кризиса. Рассматриваются проблемные вопросы, возникающие в практике лизинговой деятельности в отрасли. Применение лизинга в российском судостроении поддерживается государством с помощью действующей программы, обеспечивающей льготные условия лизинговых сделок по строительству судов. В статье рассматриваются условия, результаты и перспективы реализации государственной программы лизинга гражданского судостроения.

**Ключевые слова:** судостроение, водный транспорт, инвестиционный процесс, инвестиционный проект, финансовые инструменты, финансовая аренда, лизинг, лизинговые платежи, источники финансирования, государственная поддержка.

## **Leasing as an effective tool of increasing investment activity in shipbuilding**

**Olga L. Trukhinova<sup>1,2</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3423-9058>

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia*

**Abstract.** The article focuses on the long-term ship leasing market, which is in fact an alternative financing market for the industry. The aim of the study was to provide an overview of the state of the Russian leasing market in the field of shipbuilding in the current economic conditions and to show the positive aspects of using this financial instrument as a means of increasing the activity of participants in the investment process in the shipbuilding industry, aimed at accelerating the renewal of the civilian fleet and recovering the industry after the crisis. The problematic issues arising in the practice of leasing activities in the industry are considered. The use of leasing in Russian shipbuilding is supported by the state with the help of an existing program that provides preferential terms for leasing transactions for shipbuilding. The article examines the conditions, results and prospects for the implementation of the state program of civil shipbuilding leasing.

**Keywords:** shipbuilding, water transport, investment process, investment project, financial instruments, financial lease, leasing, lease payments, sources of financing, government support.

### **Введение**

В процессе развития водного транспорта России на текущий момент наиболее актуальной задачей является строительство нового флота в связи с резким снижением отечественного судостроительного производства в 1990-е годы и связанным с этим явлением лавинообразного выбытия устаревших судов. При этом решение задачи требует стимулирования инвестиционной активности потенциальных заказчиков флота, что вызывает необходимость применения эффективных финансовых механизмов поддержки строительства новых судов, одним из которых является лизинг.

### **Цель и задачи**

Цель – рассмотреть лизинг как перспективный источник финансирования судоходства, проанализировать текущее состояние и выделить проблемы, возникающие в этом секторе. Более глубокое понимание долгосрочного лизинга как финансового источника и условий судового финансирования помогает использовать его и разрабатывать наилучшую возможную структуру капитала для судоходного проекта и компании в целом.

Задачи:

- 1) дать оценку опыта применения финансового механизма лизинга с позиции инвестирования в судостроении;
- 2) рассмотреть преимущества лизинговой схемы долгосрочного финансирования инвестиционных судостроительных проектов в современных условиях хозяйствования как фактора повышения инвестиционной активности отрасли.

### **Материалы и методы**

В работе использованы информационные источники в виде нормативных документов, научных статей российских и зарубежных авторов, материалов научных и практических конференций, публикаций и обзоров по отраслевой тематике, экспертных мнений и др.

Методами исследования являются: системный анализ (в том числе методология функционального моделирования), кейс-анализ, контент-анализ, методы экономического анализа и обработки статистических данных.

### **Результаты**

Как показывает мировая практика, меры поддержки отрасли судостроения со стороны государства являются решающим фактором для ее существования и успешного функционирования [1]. Несмотря на то, что в сфере судостроения действует международное соглашение Agreement Respecting Normal Competitive Conditions («Соглашение о нормальных условиях конкуренции»), которое ограничивает государственные субсидии и запрещает прямое финансирование судостроения со стороны государства (аналогичные правила установлены регламентом ВТО), многие ведущие страны отступают от этих правил и осуществляют активную помощь судостроительным предприятиям [2, 3]. В связи с указанными ограничениями возрастает роль лизинга как формы государственной поддержки финансирования судостроения.

Перед транспортной отраслью России стоит важнейшая задача по обновлению выбывающего флота, в связи с чем встает проблема его финансирования [4]. По

данным статистики за 2019 год половина пассажирских судов в стране эксплуатируется более 30 лет, то есть сверх нормативного срока службы, а доля сухогрузных и наливных судов такого же возраста составляет 92%<sup>20</sup>. По оценкам Росморречфлота, до 2030 года потребуется не менее 900 новых судов.

Особенностью инвестиционной деятельности в сфере судостроения является длительный производственный цикл, медленная окупаемость вложенных средств (в частности, по пассажирским судам срок окупаемости более 25 лет, по грузовым более 12 лет) [5]. Кроме того, судостроение относится к низкомаржинальным производствам и стабильный уровень прибыли может получать только при серийном строительстве, что невозможно без соответствующего финансового обеспечения.

Многие зарубежные авторы отмечают специфику отрасли водного транспорта, оказывающую значительное влияние на судостроение [6, 7, 8, 9, 10]. Важной характеристикой и ключевой особенностью судоходной отрасли является ее высокая цикличность, что проявляется на мировом рынке грузоперевозок и влияет на стратегии инвестирования судовладельцев. Эта цикличность особенно очевидна в традиционных, менее специализированных секторах сухогрузов и танкерных перевозок. Ставки фрахта изменчивы из-за изменений в основных параметрах спроса и предложения в отрасли. Волатильность фрахтовых ставок оказывает прямое влияние на транспортные активы, стоимость которых подчиняется циклической схеме, аналогичной стоимости фрахтовых ставок [10].

Еще одна важная характеристика и ключевая особенность судоходной отрасли – это высокая капиталоемкость. Приобретение, владение и управление транспортными активами требует очень больших капиталовложений. Как отмечают Кавуссанос М.Г., Висвикис И.Д., Алексопулос И. [10], обеспечение значимого присутствия на рынке перевозок (критической массы) в судоходстве обычно включает формирование флота из не менее 7–10 судов, и в зависимости от конкретного сектора судоходства это требует значительных инвестиций. В результате цикличности отрасли и ее капиталоемкости для участников отрасли и владельцев капитала очень важно определить, является ли благоприятной рыночная конъюнктура и подходят ли сроки для инвестиций в судоходство.

Отмеченные особенности накладывают отпечаток на организацию инвестиционного процесса. В данных условиях лизинг чаще всего является наиболее приемлемой формой финансирования, позволяющей удовлетворить интересы заказчика и других участников инвестиционного процесса.

В мировой практике широко используется механизм финансовой аренды (лизинга) для создания новых судов различных модификаций. Исследованию теоретических и практических аспектов организации лизинга посвящены работы Эззела Дж. Р. и Вора П. П. [11], Брик И.Е., Фунг В.К. и Субрахманьям М. [12], Леви Х. и Сарнат М. [13]. Авторы раскрывают возможности лизинга и указывают на положительную мотивацию компаний к применению лизинговых механизмов в виде налоговых преимуществ и снижению рисков долгосрочного финансирования. Использование лизинга в судостроении отражено в исследованиях [14, 15]. В частности, Сан-Мигель Дж. Г., Шэнк Дж. К. и Саммерс Д. Е. дают обзор применения лизинга в военном судостроении [14] Клаузиус П. освещает особенности рынка лизинга судов как альтернативного инструмента финансирования для отрасли [15].

В самом общем определении «лизинг» – это процесс, с помощью которого одна сторона получает в пользование основные средства, за которые она должна периодически уплачивать договорные арендные (лизинговые) платежи владельцу основных средств. Сторона, получающая право на использование актива, называется арендатором, а сторона, обеспечивающая использование актива, называется арендодателем.

---

<sup>20</sup> Транспорт в России. 2020: Стат.сб./Росстат. – М., 2020. – 108 с.

Финансовая аренда судов – это сочетание финансовой индустрии и судоходства, своего рода модель финансовой аренды, предметом которой является судно. Этот режим финансирования разделяет право использования и владения судном. Судовладелец получает право собственности на судно посредством покупки судна, а фрахтователь имеет право использовать судно на основании договора аренды.

С одной стороны, лизинговая модель финансирования судов снижает нагрузку на оборотный капитал судоходных предприятий и давление на производственный капитал судостроительных предприятий. С другой стороны, это создает хорошие инвестиционные возможности для инвесторов, что является беспроблемной моделью финансирования. В настоящее время широко используемые модели финансовой аренды судов включают прямую финансовую аренду, послепродажную финансовую аренду и аренду с использованием заемных средств [7, 16].

Кроме того, чтобы обеспечить рентабельность инвестиций в судоходство, не менее важно развить понимание различных финансовых источников капитала, доступных в отрасли, а также методов и стратегий, которые можно использовать для управления бизнес-рисками. Риски, с которыми сталкиваются судостроительные предприятия – это неизбежные или неконтролируемые систематические риски, включая политический риск, макроэкономический риск, рыночный риск, риск обменного курса и т.д. Существуют также несистематические риски, которые могут контролироваться и регулироваться, включая риски корпоративного управления, корпоративные финансовые риски, технические риски и т.д. Вопросам возникновения рисков в судостроении и управления ими в условиях неопределенности внешней среды посвящены труды Ван Л.К. [9], Леви Х. и Сарнат М. [13], Лю Л.Дж. [16], Диксит А. и Пиндик Р. [17].

Арендодатели сталкиваются с тремя широкими рисками: кредитным, имущественным и финансовым, которые необходимо решать соответствующим образом. Перспективным направлением решения этой задачи является системный подход к управлению рисками. Как полагает Щепетова С.Е., с помощью выстраивания в соответствии с системной парадигмой информационного контура управления, гибко реагирующего на внешние воздействия, достигается минимизация рисков [18]. Судостроительным предприятиям и судоходным компаниям следует повышать свою осведомленность о системном управлении рисками, понимать и пробовать различные модели финансирования для судостроения, запускаемых государством или финансовым рынком.

Мотивация для заключения лизинговой сделки может быть основана на одном или нескольких факторах, включая управление денежными средствами, диверсификацию финансирования, затраты, учет и снижение риска технологического устаревания. По сравнению с операторами судов, профиль риска и доходности лизингового бизнеса более привлекателен, и арендодатели обычно могут добиться более высокого финансового рычага на рынках долговых обязательств, что может повысить доходность капитала (ROE) до привлекательного уровня. Сделки по аренде судов могут быть структурированы в нескольких формах, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. При ценообразовании в сделках по аренде арендодатели обычно ориентируются на целевую доходность проекта, доходность капитала и доходность денежных средств. Предполагаемая остаточная стоимость актива по истечении срока аренды оказывает значительное влияние на ценообразование и принятие решения по финансированию.

Использование лизинговой схемы финансирования целесообразно использовать в процессе обоснования инвестиционного выбора с учетом интересов основных участников инвестиционного процесса с помощью системных механизмов их взаимодействия в едином информационном пространстве [19].

Поскольку кредит и лизинг могут являться альтернативными источниками инвестиционных средств, вопрос выбора формы финансирования является актуальной

проблемой в процессе планирования инвестиций. Этой проблеме уделяли внимание Кан С. и Лонг М.С. [20], Делооф М. и Вершуерен И. [21], Марстон Ф. и Харрис Р. [22]. Авторы приходят к выводу, что во многих случаях лизинг дает больше преимуществ для инвесторов, чем локально применяемое банковское кредитование.

Недавний финансовый кризис и кризис в сфере судоходства поставили перед отраслью серьезные проблемы. Общее финансирование судов сократилось, и европейские банки, как правило, проводят ужесточение политики в отношении финансирования судостроения, поскольку 40 крупнейших мировых банков сокращают инвестиции в судостроительную отрасль [7]. Банковские кредиторы стали очень избирательно оценивать новые кредиты, и громкие дефолты компаний, таких как Sanko, Korea Line, Berlian Laju Tanker, Armada и Britannia Bulk, а также комплексная реструктуризация Torm, CSAV и CMA CGM пролили свет на риск возникновения рискованных обязательств [8, 15].

Российский лизинговый рынок представлен различными по масштабам деятельности компаниями. Ряд лизинговых компаний занимаются финансированием судостроения. Необходимо отметить некоторый спад рынка лизинга в стране за 2020 год в связи с последствиями пандемии, которая оказала отрицательное влияние на транспорт, в том числе на судоходные компании [23]. Одним из факторов развития отечественного лизинга является предоставление льготных условий только при участии российских лизинговых компаний. В таблице 1 представлены данные за 2020 год крупнейших лизинговых компаний России по объему нового бизнеса (стоимости имущества, являющегося предметом лизинга, переданного клиентам, без учета НДС), а также компаний, осуществляющих лизинг морских и речных судов. Лидером по масштабу деятельности является Государственная транспортная лизинговая компания, объем нового бизнеса которой составляет в целом 176,9 млрд руб., а по лизингу судов 76,8 млрд руб.

*Таблица 1*

**Распределение лизинговых компаний России по объему нового бизнеса (стоимости имущества) и по сегменту морских и речных судов за 2020 г.**

Место по объему нового бизнеса	Наименование лизинговой компании	Объем нового бизнеса, млн руб.	Место по сегменту судов морских и речных	Наименование лизинговой компании	Суда морские и речные, млн. руб.
1	Государственная транспортная лизинговая компания	176 881	1	Государственная транспортная лизинговая компания	76 755
2	«СБЕРБАНК ЛИЗИНГ»	137 870	2	«ПСБ Лизинг»	2 894
3	«ВТБ Лизинг»	120 072	3	«Газпромбанк Лизинг»	2 158
4	«Газпромбанк Лизинг»	99 984	4	«ВТБ Лизинг»	1 543
5	«ЛК «Европлан»	91 918	5	«ИКС-Лизинг»	870
6	«Альфа-Лизинг»	71 653	6	Универсальная лизинговая компания	667
7	«Балтийский лизинг»	65 190	7	«Альфа-Лизинг»	589
8	«Снменс Финанс»	58 368	8	«МАШПРОМЛИЗИНГ»	459
9	«РЕСО-Лизинг»	56 279	9	«Балтийский лизинг»	185
10	«ПСБ Лизинг»	36 333	10	«Пионер-Лизинг»	60

*Составлено автором по данным рейтингового агентства «Эксперт РА».*

Лизинговые компании участвуют в государственной Программе лизинга морских и речных гражданских судов до 2030 года (далее – Программе лизинга), в рамках которой с 2008 года государством было выделено 27 млрд руб. и построено 82 судна.

Реализация Программы позволила:

- увеличить количество потенциальных заказчиков на отечественных верфях за счет комплексного предложения: «судно плюс финансовый продукт»;
- обеспечить загрузку судостроительных предприятий с неустойчивым финансовым положением;
- стимулировать решение вопросов импортозамещения;
- увеличить спрос на отечественную продукцию судостроения, в том числе за счет формирования канала продаж и активной работы с потенциальными заказчиками.

Важное значение имеет применение механизмов поддержки финансирования судостроения в виде субсидий со стороны государства на покрытие части лизинговых и кредитных платежей<sup>21</sup> [24]. За 2009-2019 годы было выделено 12 млрд руб. из бюджета в виде таких субсидий. В настоящее время субсидируются проценты по лизингу для 120 судов, на эти цели выделяется ежегодно 3,8 млрд руб. Также предусмотрены льготные условия по лизингу судов, включая первоначальный взнос, которые будут финансироваться в размере 5 млрд руб. ежегодно в 2021 и 2022 году<sup>22</sup>.

Общая схема лизинга в судостроении (рис. 1) построена в нотации функционального моделирования IDEF0, что позволяет проследить взаимоотношения участников договора лизинга и их функции в инвестиционном процессе по строительству судна. Основные функции лизинговой компании с позиции обеспечения инвестиционного процесса заключаются в финансировании заводостроителя в рамках договора лизинга и передаче объекта лизингополучателю для дальнейшей эксплуатации.

На рис. 2 отражен процесс реализации Программы лизинга. Особенностью данной лизинговой схемы является участие государства со стороны Минпромторга России, Бюджета РФ и государственной компании АО «Объединенная судостроительная корпорация» (далее – АО «ОСК»). Бюджетные средства передаются в форме вноса в уставный капитал АО «ОСК» для докапитализации уставного капитала этой компании, а также в дальнейшем и уставного капитала лизинговой компании. Это позволяет обеспечить льготные условия финансирования для участников договора лизинга.

После заключения договора лизинга лизингополучатель оплачивает аванс в размере от 0 до 15% от контрактной стоимости судна (с учетом НДС). Лизинговая компания изыскивает средства для финансирования контракта в виде заемных средств в коммерческом банке, а также бюджетных средств по программе лизинга. Лизингодатель производит оплату судостроительному предприятию за строительство объекта лизинга и по его окончании получает от завода готовое судно. Затем объект передается лизингополучателю в лизинг, с уплатой лизинговых платежей в течение срока договора. Лизинговая компания по окончании срока лизинга возвращает заемные средства.

Преимуществом данной лизинговой схемы является государственная поддержка не в виде прямого финансирования, а в форме льготных условий лизинга, что позволяет осуществлять дорогостоящие судостроительные инвестиционные проекты.

---

<sup>21</sup> Постановление Правительства РФ от 22 мая 2008 г. N 383 "Об утверждении Правил предоставления субсидий российским организациям на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях и в государственной корпорации развития "ВЭБ.РФ" в 2009 - 2023 годах, а также на уплату лизинговых платежей по договорам лизинга, заключенным в 2009 - 2023 годах с российскими лизинговыми компаниями на приобретение гражданских судов".

<sup>22</sup> Аналитический отчет для Минпромторга России «Развитие гражданского судостроения в России — 2019 год». - Санкт-Петербург: Информационно-аналитическое агентство «Порт-Ньюс». 2020. 60 с.

При этом предусматриваются следующие общие условия лизингового финансирования гражданского судостроения:

1. Распределение авансовых платежей в период строительства судна.
2. Процентные каникулы на период строительства для средств, выделяемых в рамках Программы лизинга (оплата начисленных во время строительства процентов равными долями в период лизинга).
3. Начало оплаты лизинговых платежей лизингополучателем производится с момента передачи судна в лизинг.
4. Привлечение коммерческого финансирования в проект в объеме до 50% от контрактной стоимости судна.
5. Маржа лизинговой компании в части имеющихся в ее распоряжении и направляемых в лизинговые проекты средств по Программе лизинга составляет 1%.

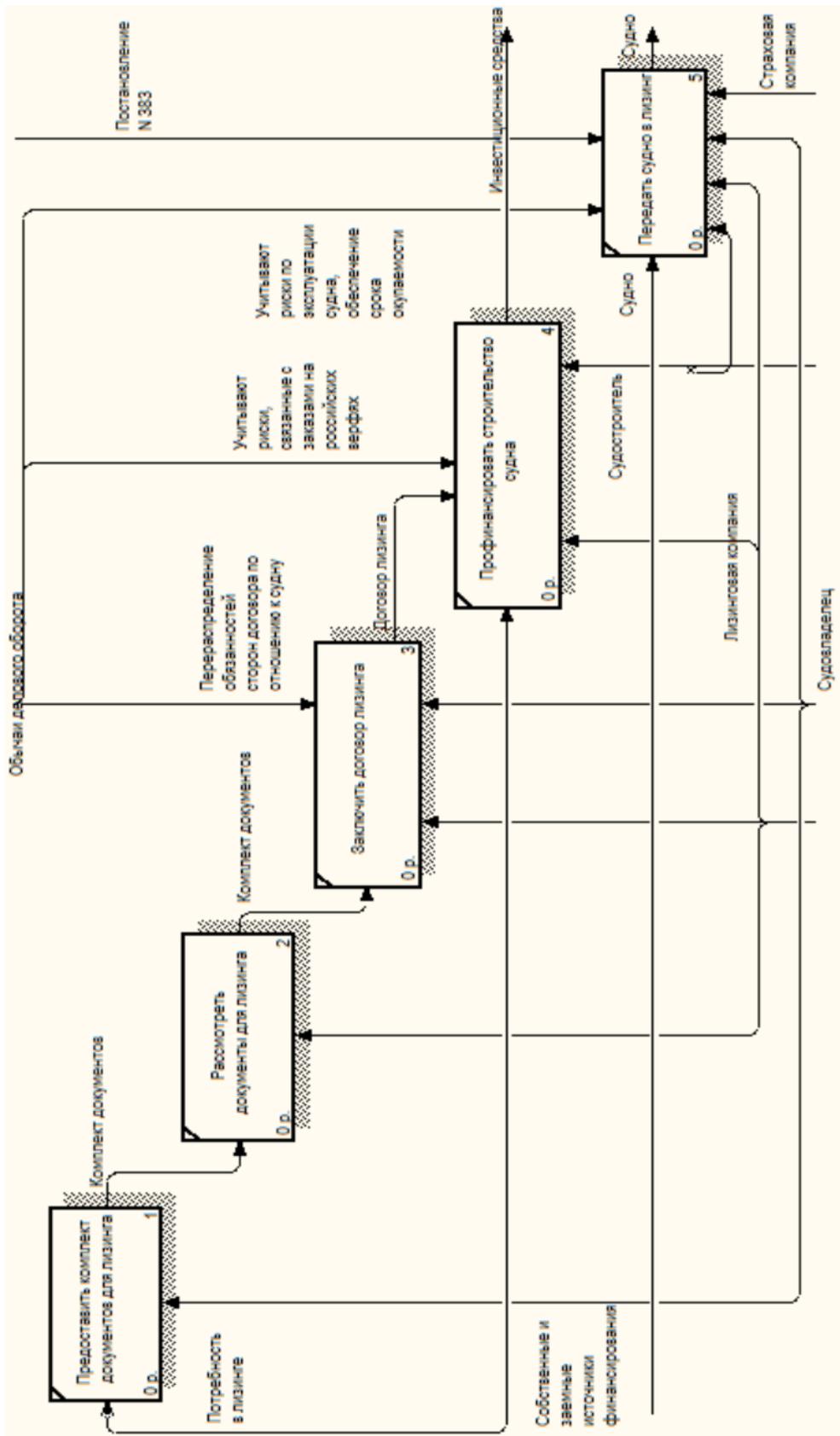


Рис. 1. Общая схема лизинга в судостроении в нотации функционального моделирования IDEF0. Составлено автором.



Рис. 2. Реализация Программы лизинга морских и речных гражданских судов в РФ.

Составлено автором по данным лизинговой компании «Машпромлизинг».

Fig. 2. Implementation of the Program for the leasing of sea and river civil vessels in the Russian Federation. Compiled by the author based on the data of the leasing company «Mashpromleasing».

Вместе с тем, действуют дополнительные условия реализации инвестиционного проекта при строительстве определенных типов судов – грузовых, рыбопромысловых или пассажирских, которые показаны в таблице 2 (составлено автором).

Таблица 2

**Требования к лизинговым проектам гражданского судостроения**

Условия	Строительство грузовых и рыбопромысловых судов	Строительство пассажирских судов
1. Срок предоставления финансирования	до 15 лет	15 лет (для круизных судов – 18 лет)
2. Цена финансирования в части программных средств	устанавливается условиями предоставления бюджетных денежных средств, оговоренными в договоре участия РФ в собственности субъекта инвестиций или в другом документе, определяющем данные условия, а в отсутствии таковых – 2/3 ключевой ставки ЦБ РФ, включая 1 % маржи лизинговой компании	устанавливается условиями предоставления бюджетных денежных средств, оговоренными в договоре участия РФ в собственности субъекта инвестиций или в другом документе, определяющем данные условия, а в отсутствии таковых – 2,5% годовых (для круизных судов – 0,1 ключевой ставки ЦБ РФ плюс до 0,7% годовых маржи лизинговой компании)
3. Участие собственными средствами лизингополучателя	0 -15% от стоимости судна	0 -15% от стоимости судна

- Основные ограничения и допущения при реализации Программы лизинга:
- срок строительства судов - 1 год (круизных пассажирских - 2 года);
  - срок финансирования 15 лет с учетом срока строительства;
  - средства федерального бюджета поступают в соответствии с графиком поступления бюджетных средств и в том же году направляются на строительство судов;
  - возвратные средства, полученные с лизинговых платежей, сразу направляются на реализацию новых лизинговых проектов, включая возвратные средства от реализованных ранее проектов;
  - с целью повышения эффективности использования программных (бюджетных и возвратных) средств при строительстве судов (за исключением пассажирских и круизных судов) на 1 рубль программных средств привлекается 1 рубль из внебюджетных источников.

В результате реализации Программы лизинга (рис. 3) предусматривается повышение эффективности вложенных бюджетных средств: на 1 рубль – 2,68 рублей из внебюджетных источников.

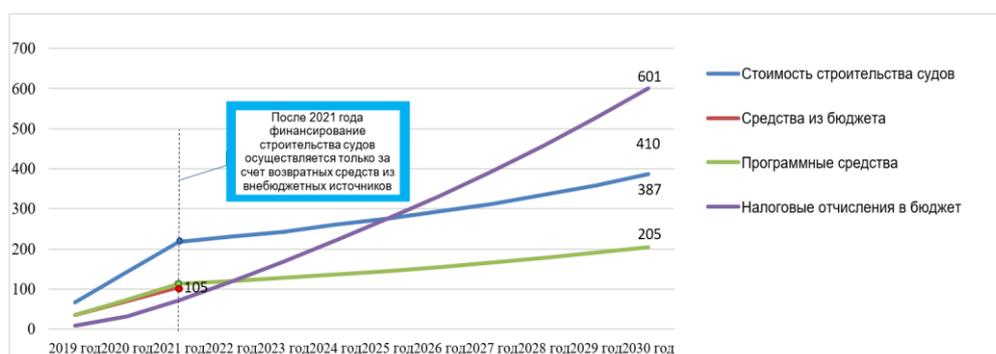


Рис. 3. Объемы бюджетных средств и стоимость судов нарастающим итогом с 2019 по 2030 годы (млрд.руб.).

Источник: данные лизинговой компании «Машпромлизинг».

Fig. 3. The volume of budgetary funds and the cost of vessels on an accrual basis from 2019 to 2030 (billion rubles).

Source: data of the leasing company «Mashpromleasing».

С 2021 года финансирование строительства судов осуществляется только за счет возвратных средств из внебюджетных источников. Налоговый эффект (выплаты в бюджет РФ) должен составить за весь срок реализации программы 601 млрд руб.

### Заключение

Состояние российского лизингового рынка в сегменте судостроения показывает достаточно стабильные результаты несмотря на некоторое его снижение в 2020 году по сравнению с предыдущим годом, что объясняется объективными причинами. Лизинг гражданского судостроения развивается во многом благодаря усилиям государства путем создания благоприятных условий для участников лизинговых отношений. Условия лизинга привлекают инвесторов и позволяют осуществлять новые инвестиционные проекты по строительству судов различных видов, что особенно актуально в связи с необходимостью срочного обновления флота. Таким образом, в статье показано, что лизинг является эффективным средством активизации инвестиционной деятельности в судостроении.

**Список литературы**

1. Трухинова О.Л. Государственная поддержка внутреннего водного транспорта в условиях кризиса. В сборнике: Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек. Труды международного научно-промышленного форума. 2016. С. 128.
2. Попадюк Т.Г., Шепелин М.А. Зарубежный опыт финансирования строительства круизных лайнеров // Наука, образование и культура. 2017. Т. 2. № 5 (20). С. 18-21.
3. Зудинова К.Ю. Судостроительная промышленность РФ: основные проблемы и пути их преодоления после вступления во всемирную торговую организацию // Бизнес. Образование. Право. 2015. № 2 (31). С. 256-259.
4. Трухинова О.Л. Судостроительная промышленность: проблемы финансирования строительства нового флота / В сборнике: Труды 19-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2018". Труды международного научно-промышленного форума. Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов. 2018.
5. Трухинова О.Л. Инвестиционный процесс в судостроении как объект системного управления. Мягкие измерения и вычисления. 2018. № 4 (5). С. 62-70.
6. Thanopoulou H. (1996). Anticyclical investment strategies in shipping: The Greek case. In D. Hensher and J. King (Eds.) *World Transport Research* (Vol. 4, pp. 209-220). Oxford: Elsevier.
7. Xionghui W. (2018). Research on Financing Methods of China's Shipbuilding *Theoretical Economics Letters*, 08 (14), 3116-3140 – 2018. <https://doi.org/10.4236/tel.2018.814194>.
8. Laurent D., Cenk Y. (2019). Ship finance practices in major shipbuilding economies. August 2019. <https://doi.org/10.1787/e0448fd0-en>
9. Wang L.X. (2012) Research on Risk Evaluation and Control of Ship Finance Leasing. Chongqing Jiaotong University, Chongqing.
10. Kavussanos M.G., Visvikis I.D., Alexopoulos I. (2017). Managing Financial Resources in Shipping. *WMU Studies in Maritime Affairs book series (WMUSTUD, vol. 4)*. Vol. 4 , 153-175 - октябрь 2017 г. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62365-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62365-8_7)
11. Ezzell J.R. & Vora P.P. (2001). Leasing versus purchasing: Direct evidence on a corporation's motivations for leasing and consequences of leasing. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 41, 33-47.
12. Brick I.E., Fung W.K., & Subrahmanyam M. (1987). Leasing and financial intermediation: Comparative tax advantages. *Financial Management*, 55-59 (Spring).
13. Levy H. and Sarnat M. (2013) Leasing, Borrowing and Financial Risk. *Financial Management*, 8, 47-49.
14. San Miguel J.G., Shank J.K. and Summers D.E. (2008), Leasing as a strategic financing option: the navy's maritime prepositioned ships experience, *Journal of Public Procurement*, Vol. 8 No. 2, pp. 149-173. <https://doi.org/10.1108/JOPP-08-02-2008-B001>
15. Clausius P. (2015) Ship Leasing. In: Schinas O., Grau C., Johns M. (eds) *HSBA Handbook on Ship Finance*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-43410-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43410-9_14)
16. Liu L.J. (2015) The Analysis of Risk Control on Ship Financial Leasing. Dalian Maritime University, Dalian.
17. Dixit A. & Pindyck R. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.
18. Щепетова С.Е. Синтез гибких социально-экономических систем: моделирование информационного контура управления Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. Т. 1. С. 632-636.
19. Щепетова С.Е., Трухинова О.Л. Формирование системных механизмов взаимодействия участников инвестиционного процесса с учетом неопределенности / Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. Т. 2. С. 321-324.
20. Kang S. & Long M.S. (2001). The fixed payment financing decision: To borrow or lease. *Review of Financial Economics*, 10, 41-55.
21. Deloof M., & Verschuere I. (1999). Are leases and debt substitutes? Evidence from Belgian firms. *Financial Management*, 91-95.
22. Marston F. & Harris R.S. (1988). Substitutability of leases and debt in corporate capital structures. *Journal of Accounting, Auditing and Finance*, 147-169 (Spring).
23. Капранова Л.Д. Инвестиции в лизинг: проблемы и перспективы развития лизинга в современной России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 39 – 66. <https://doi.org/10.24891/ni.17.1.39>

24. Трухинова О.Л. Финансовые инструменты поддержки судостроения / В сборнике: Актуальные проблемы управления. Сборник научных статей по итогам III Всероссийской научно-практической конференции. Редколлегия: С.Н. Яшина, Ю.С. Ширяевой. 2016. С. 282-288.

#### References

1. Trukhinova O. L. Gosudarstvennaya podderzhka vnutrennego vodnogo transporta v usloviyakh krizisa. [State support for inland waterway transport in times of crisis], *V sbornike: Problemy ispol'zovaniya i innovatsionnogo razvitiya vnutrennikh vodnykh putey v basseynakh velikikh rek. Trudy mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma. [In the collection: Problems of the use and innovative development of inland waterways in the basins of great rivers. Proceedings of the international scientific and industrial forum]*, 2016, p. 128.
2. Popadyuk T.G., Shepelin M.A. Zarubezhnyy opyt finansirovaniya stroitel'stva kruiznykh laynerov [Foreign experience in financing the construction of cruise liners], *Nauka, obrazovaniye i kul'tura [Science, education and culture]*, 2017, Vol. 2. nn. 5 (20). pp. 18-21.
3. Zudinova K.YU. Sudostroitel'naya promyshlennost' RF: osnovnyye problemy i puti ikh preodoleniya posle vstupleniya vo vseмирnuyu torgovuyu organizatsiyu [Shipbuilding industry of the Russian Federation: main problems and ways to overcome them after joining the World Trade Organization], *Biznes. Obrazovaniye. Pravo. [Business. Education. Right.]*, 2015, nn. 2 (31). pp. 256-259.
4. Trukhinova O.L. Sudostroitel'naya promyshlennost': problemy finansirovaniya stroitel'stva novogo flota [Shipbuilding industry: problems of financing the construction of a new fleet], *V sbornike: Trudy 19-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma "Velikiye reki-2018". Trudy mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma. Materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii proforskovo-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, spetsialistov i studentov. [In the collection: Proceedings of the 19th International Scientific and Industrial Forum "Great Rivers-2018". Proceedings of the international scientific and industrial forum. Materials of the scientific and methodological conference of the teaching staff, graduate students, specialists and students]*, 2018.
5. Trukhinova O.L. Investitsionnyy protsess v sudostroyenii kak ob"yekt sistemnogo upravleniya [The investment process in shipbuilding as an object of systemic management], *Myagkiye izmereniya i vychisleniya [Soft measurements and calculations]*, 2018, nn. 4 (5). pp. 62-70.
6. Thanopoulou H. (1996). Anticyclical investment strategies in shipping: The Greek case. In D. Hensher and J. King (Eds.) *World Transport Research* (Vol. 4, pp. 209-220). Oxford: Elsevier.
7. Xionghui W. (2018). Research on Financing Methods of China's Shipbuilding Theoretical Economics Letters, 08 (14), 3116-3140 – 2018. <https://doi.org/10.4236/tel.2018.814194>.
8. Laurent D., Cenk Y. (2019). Ship finance practices in major shipbuilding economies. August 2019. <https://doi.org/10.1787/e0448fd0-en>
9. Wang L.X. (2012) Research on Risk Evaluation and Control of Ship Finance Leasing. Chongqing Jiaotong University, Chongqing.
10. Kavassanos M.G., Visvikis I.D., Alexopoulos I. (2017). Managing Financial Resources in Shipping. *WMU Studies in Maritime Affairs book series (WMUSTUD, vol. 4). Vol. 4 , 153-175 - октябрь 2017 г.* [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62365-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62365-8_7)
11. Ezzell J.R. & Vora P.P. (2001). Leasing versus purchasing: Direct evidence on a corporation's motivations for leasing and consequences of leasing. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 41, 33-47.
12. Brick I.E., Fung W.K., & Subrahmanyam M. (1987). Leasing and financial intermediation: Comparative tax advantages. *Financial Management*, 55-59 (Spring).
13. Levy H. and Sarnat M. (2013) Leasing, Borrowing and Financial Risk. *Financial Management*, 8, 47-49.
14. San Miguel J.G., Shank J.K. and Summers D.E. (2008), Leasing as a strategic financing option: the navy's maritime prepositioned ships experience, *Journal of Public Procurement*, Vol. 8 No. 2, pp. 149-173. <https://doi.org/10.1108/JOPP-08-02-2008-B001>
15. Clausius P. (2015) Ship Leasing. In: Schinas O., Grau C., Johns M. (eds) *HSBA Handbook on Ship Finance*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-43410-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43410-9_14)
16. Liu L.J. (2015) The Analysis of Risk Control on Ship Financial Leasing. Dalian Maritime University, Dalian.
17. Dixit A. & Pindyck R. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.

18. Shchepetova S.Ye. Sintez gibkikh sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: modelirovaniye informatsionnogo kontura upravleniya [Synthesis of Flexible Socio-Economic Systems: Modeling the Control Information Loop], *Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam [International Conference on Soft Computing and Measurements]*, 2018, Vol. 1, pp. 632-636.
19. Shchepetova S.Ye., Trukhinova O.L. Formirovaniye sistemnykh mekhanizmov vzaimodeystviya uchastnikov investitsionnogo protsessa s uchetom neopredelennosti [Formation of systemic mechanisms of interaction between participants in the investment process taking into account uncertainty], *Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam [International Conference on Soft Computing and Measurements]*, 2018, Vol. 2. pp. 321-324.
20. Kang S. & Long M.S. (2001). The fixed payment financing decision: To borrow or lease. *Review of Financial Economics*, 10, 41-55.
21. Deloof M., & Verschueren I. (1999). Are leases and debt substitutes? Evidence from Belgian firms. *Financial Management*, 91-95.
22. Marston F. & Harris R.S. (1988). Substitutability of leases and debt in corporate capital structures. *Journal of Accounting, Auditing and Finance*, 147-169 (Spring).
23. Kapranova L.D. Investitsii v lizing: problemy i perspektivy razvitiya lizinga v sovremennoy Rossii [Investments in leasing: problems and prospects for the development of leasing in modern Russia], *Natsional'nyye interesy: priority i bezopasnost' [National interests: priorities and security]*, 2021, Vol. 17, nn. 1, pp. 39 – 66. <https://doi.org/10.24891/ni.17.1.39>
24. Trukhinova O.L. Finansovyye instrumenty podderzhki sudostroyeniya [Financial instruments to support shipbuilding], V sbornike: Aktual'nyye problemy upravleniya. Sbornik nauchnykh statey po itogam III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [In the collection: Actual problems of management. Collection of scientific articles on the results of the III All-Russian scientific-practical conference], 2016. pp. 282-288.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Трухинова Ольга Леонидовна**, к.э.н., доцент кафедры Бухгалтерского учета, анализа и финансов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5;

старший преподаватель кафедры Системный анализ в экономике, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ»), 125993 (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский просп., 49, e-mail: [truhinova@mail.ru](mailto:truhinova@mail.ru)

**Olga L. Trukhinova**, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Finance Volga State University of Water Transport (VSUWT), 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951;

Senior lecturer of the Department of System Analysis in Economics Financial University under the Government of the Russian Federation, 49, Leningradsky prospect, Moscow, Russia, 125993, e-mail: [truhinova@mail.ru](mailto:truhinova@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 11.05.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 11.05.2021; published online 15.06.2021

УДК 338.242; 338.512

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.200>

## **Выбор моделей управления затратами в условиях постпандемии**

**Р.Р. Якубов**

*Компания Строймеханика, Москва, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности управления затратами в условиях постпандемии. Во введении обосновывается актуальность исследования процесса управления затратами и проблемы выбора соответствующих управленческих моделей в условиях современной экономики, в том числе в условиях постпандемии. Указываются методы, примененные при проведении исследования управления затратами в условиях постпандемии. Определяется результат их практической реализации. В качестве результатов исследования определяется сущность затрат, описываются их виды. Кроме того, устанавливаются факторы, предопределяющие изменчивый характер затрат. Характеризуется процесс управления затратами. Рассматривается планирование как один из этапов управления затратами, а также ключевые аспекты бюджетирования как формы планирования. Определяются цели и задачи бюджетирования. Устанавливаются меры, обеспечивающие достижение цели комплексной системы снижения затрат. Описываются принципы и методы управления затратами. Определяются ключевые способы достижения конкурентных преимуществ в условиях постпандемии. Отмечаются негативные и позитивные последствия пандемии COVID-19, которые предопределяют способы управления затратами в постпандемийный период. На обсуждение выносятся обусловленные пандемией изменения в ведении бухгалтерского учета расходов, способствующие распространению resilience-подхода и новых бизнес-моделей и корпоративных моделей управления. В заключении делается вывод о возможностях выбора моделей управления затратами в условиях постпандемии.

**Ключевые слова:** затраты, управление, постпандемия, стратегическая устойчивость, бизнес-модели.

## **Selecting cost management models in post-pandemic settings**

**Roman R. Yakubov**

*Company Stroymechanika, Moscow, Russia*

**Abstract.** The article discusses the features of cost management in post-pandemic conditions. The introduction justifies the relevance of the study of the cost management process and the problem of choosing appropriate management models in the modern economy, including in post-pandemic conditions. The methods used in the post-pandemic cost management study are indicated. The result of their practical implementation is determined. As the results of the study, the essence of the costs is determined, their types are described. In addition, factors are established that determine the variability of costs. The cost management process is characterized. Planning is considered as one of the stages of cost management, as well as key aspects of budgeting as a form of planning. Budget objectives and objectives are defined. Measures are being established to achieve the goal of an integrated cost reduction system. The principles and methods of cost management are described. Key ways to achieve competitive advantage in post-pandemic settings are identified. There are negative and positive consequences of the COVID-19 pandemic, which determine how to manage costs in the post-pandemic period. The pandemic-driven changes

in the accounting of expenditures, which contribute to the spread of the motivation approach and new business models and corporate governance models, are being discussed. The conclusion concludes that it is possible to choose cost management models in post-pandemic settings.

**Keywords:** costs, management, postpandemia, strategic sustainability, business models.

### **Введение**

В условиях современного состояния экономики и ограниченности различного рода ресурсов значительную роль играет процесс управления затратами и проблема выбора соответствующих управленческих моделей. В каких бы условиях ни существовала организация, ее ключевая задача - обеспечить высокую эффективность своей деятельности, в том числе при помощи грамотно организованной системы управления затратами. В данном контексте смысловое содержание понятия управления затратами сводится к процедуре определения непосредственного экономического результата, который предполагает, что из полученных от реализации продукции доходов вычитаются затраты, понесенные в ходе производственно-сбытовых процессов. С одной стороны, популярной является тенденция активного внедрения различных методов управления затратами, с другой - управленческий процесс в отношении затрат характеризуется множеством проблем, касающихся методологических аспектов его реализации. Безусловно, это делает актуальным поиск способов совершенствования управления затратами, формирования комплексной управленческой системы, предполагающей использование прогрессивных методов управления затратами. Иначе говоря, проблема управления затратами требует ее рассмотрения с точки зрения ключевых аспектов менеджмента. Более того, современные постпандемийные экономические реалии показывают необходимость выбора перспективных моделей управления затратами, способных нивелировать негативные последствия пандемии, которые нанесли серьезный ущерб социально-экономическим системам всего мира.

### **Методы**

При проведении исследования управления затратами в условиях постпандемии были применены методы общенаучного и специального характера, среди которых можно выделить анализ, обобщение, а также экономико-статистические методы обработки исследуемой информации. Практическая реализация указанных методов позволила определить модели управления затратами в условиях постпандемии.

### **Результаты**

С экономической точки зрения затраты представляют собой расходы информационного, материального, природного, трудового, финансового и иного характера, которые имеют стоимостную оценку и осуществляются в целях обеспечения расширенных воспроизводственных процессов. Затраты могут быть постоянными или переменными. Исходя из названия очевидно, что постоянные затраты не меняются с течением времени, а переменные подвержены изменениям. Ключевым связующим фактором в подобном дифференцировании затрат выступает объем выпускаемой продукции. К постоянным затратам относят общие затраты, не зависящие от объемов выпускаемой продукции в том или ином промежутке времени. Это могут быть арендные платежи, расходы на инфраструктурное обслуживание, затраты, связанные с необходимостью выплаты материального вознаграждения трудовых ресурсов за выполняемую ими работу, с оплатой услуг коммунального характера, амортизационные отчисления. Основу переменных затрат образуют общие затраты, прямо зависящие от произведенной и реализованной в конкретный момент

времени продукции. Это могут быть транспортные расходы, расходы по оплате электроэнергии, топливных ресурсов, приобретении упаковочных материалов, тары и пр. [1, 2]. Иными словами, затраты измеряются зависимостью от производственно-сбытовых процессов, которые обуславливаются производственно-сбытовым потенциалом предприятия, что в совокупности и предопределяет переменность или постоянство затрат.

Стоит также заметить, что изменчивость затрат зависит от множества различных факторов, среди которых можно отметить то, как изменяется спрос на реализуемые товары и услуги. Если уровень продаж с устойчивым постоянством снижается, то возникает потребность в том, чтобы так или иначе снизить как можно больший объем расходов по всем категориям. Однако первостепенными среди них являются управленческие расходы, оплата аренды, расходы по содержанию устаревшего оборудования. Такие расходы в случае их ликвидации способствуют тому, что постоянные затраты снижаются. Существует и обратная сторона данного процесса, когда при повышенном спросе деятельность предприятия масштабируется в сторону увеличения, что само по себе способствует возрастанию абсолютно всех затрат, но преимущественно переменных расходов. В отношении постоянных затрат также можно сказать, что они в некоторой степени растут ввиду того, что амортизируются в стоимостном выражении новое оборудование и иные объекты оснащённости производства. Тем не менее, постоянные затраты растут не так быстро, как переменные. Это ведет к снижению себестоимости продукции и увеличению прибыли, извлечение которой из осуществляемой любым предприятием деятельности является одной из главных целей его функционирования. Причем для предприятия имеет большое значение не только величина получаемой прибыли, но и то, что и как воздействует на величину данного показателя.

Управление затратами, по сути, представляет собой подсистему системы управления предприятием. В то же время управленческий процесс в отношении затрат можно рассматривать как самостоятельную систему. Управление затратами предполагает реализацию соответствующих управленческих процессов, в том числе связанных с нормированием, планированием и составлением прогнозов затрат, которые может понести предприятие. Кроме того, требуется их учет и калькулирование в целях определения себестоимости продаж. Большую роль также играют аналитические, контрольные мероприятия, позволяющие впоследствии регулировать производственно-сбытовую деятельность предприятий в режиме реального времени. Велико также значение информационной составляющей, позволяющей эффективно управлять затратами.

Управляя затратами предприятия, субъекты управления должны ответить на несколько ключевых вопросов: «Где должны быть осуществлены затраты?», «Когда должны быть осуществлены затраты?», «Каковы объемы необходимых затрат?», «Нужны ли дополнительные источники финансовых ресурсов?», «Что нужно для высокого уровня отдачи затрачиваемых ресурсов?». Отсюда становится понятным, что цель управления затратами - достичь экономии ресурсов, тем самым снизив уровень затрат и максимизировав их отдачу [3].

Планирование затрат лежит в основе финансового планирования, одной из форм которого выступает процесс бюджетирования. Причем бюджетирование является не просто формой финансового планирования, а важнейшим инструментом оперативного уровня в управлении затратами предприятия, посредством применения которого реализуется комплексный процесс анализа, планирования и контроля исполнения его плановых финансовых показателей. Именно благодаря бюджетированию становится возможным составление финансового плана предприятия, отражающего движение тех или иных ресурсов и планируемые результаты их использования. Бюджетирование в широком смысле этого понятия представляет собой форму финансового планирования, которая позволяет

осуществлять организацию, планирование, анализ и контроль финансовой деятельности организации в будущем, что впоследствии оформляется системой бюджетов. В более узком же смысле бюджетирование рассматривается как управленческая технология разработки и исполнения бюджетов предприятия с целью реализации стратегии его развития [4].

Цель бюджетирования на предприятии сводится в первую очередь к тому, чтобы обеспечить его деятельность необходимыми по объему и структуре денежными ресурсами, а также повысить эффективность его деятельности за счет детального планирования и контроля затрат, осуществляемых на всех уровнях управления от различных видов деятельности. Из цели бюджетирования вытекают его задачи. К числу основных задач бюджетирования можно отнести обеспечение текущего планирования, а также координацию, кооперацию и коммуникации организационных подразделений; обоснование необходимости тех или иных затрат, которые должна понести организация; формирование основы для оценивания и контролирования планов организации. Результаты бюджетирования служат обоснованной базой для дальнейшего стратегического прогнозирования и планирования. Бюджетирование ориентирует руководителей всех подразделений организации на достижение задач, поставленных центрами финансовой ответственности. Реализация бюджетирования позволяет оптимизировать и наиболее эффективно использовать ограниченные финансовые ресурсы, которые имеются в распоряжении организации.

Системе мероприятий по снижению уровня затрат предприятия следует базироваться на общей концепции, которая должна иметь мобильный характер, подразумевающий возможность ее корректировки на основе учета всех факторов внешнего и внутреннего воздействия. Она должна быть комплексной, учитывающей абсолютно все факторы, в той или иной мере влияющие на уровень снижения производственно-сбытовых затрат. Специфика деятельности предприятия, его стратегические ориентиры предопределяют то, что в себя будет включать комплексная система снижения затрат. В целом меры, обеспечивающие достижение указанной цели, можно систематизировать графически (рис. 1).

Однако только лишь планируя и реализуя указанные на рисунке 1 меры, невозможно глобально нивелировать негативные для предприятия последствия неэффективного управления затратами, хоть эти меры в частных случаях эффективны.

Учитывая иерархический порядок принятия управленческих решений в отношении затрат, требуется эффективное координирование всех аспектов реализуемой деятельности по оптимизированию уровня затрат. В этой связи необходимо наличие в организационной структуре предприятия контроллинговой системы, которая будет учитывать условия внешней среды и в зависимости от них реализовывать управление затратами с помощью определенных методов. В целом комплексная система снижения затрат предполагает осуществление системных направлений деятельности по снижению затрат.

В российских организациях управление затратами базируется на соблюдении ряда принципиальных положений. Во-первых, изначально затраты нормируются. Во-вторых, они фиксируются документально каждый месяц в соответствии с нормативами, что позволяет оперативно определять их отклонения от норм. В-третьих, определяются субъекты, являющиеся инициаторами этих отклонений. В рамках финансового учета затрат применяется одна из двух главных систем: директ-костинг или стандарт-кост. Кроме того, часто используются методы целевого формирования затрат; метод формирования затрат, базирующийся на процессном подходе; методы, учитывающие стадии жизненного цикла (ЖЦ) продукции; управление затратами, ориентированное на обеспечение качества продукции; сравнительные методы на базе эталона; стратегические методы управления затратами [5, 6].



Рис. 1. Меры комплексной системы снижения затрат  
 Fig. 1. Integrated cost reduction measures

Методы целевого формирования затрат акцентируют внимание на ожидаемой объектовой стоимости, которая формируется в ходе производства продукции. В зависимости от того уровня продаж, который спрогнозирован, осуществляется планирование налоговых выплат, скидок, предпочтительного уровня прибыли. В итоге происходит снижение целевой цены, становится возможным определить размеры целевых издержек. Такие издержки не всегда благоприятны для организации, но в определенных рыночных условиях она способна их нести.

Метод формирования затрат, базирующийся на процессном подходе, предполагает, что затраты дифференцируются в зависимости от конкретных процедур, видов реализуемой деятельности и т.п. В результате косвенные расходы становятся более «прозрачными» с точки зрения выявления причин, по которым эти расходы возникли, а калькуляционные процессы становятся более точными.

Методы, учитывающие стадии ЖЦ продукции, характеризуются постадийным сокращением расходов. Затраты постепенно снижаются в разрезе каждого отдельного этапа ЖЦ. Причем большая часть сокращения происходит именно на этапе, который предшествует производственным процессам. Наиболее сильное влияние затрат проявляется на стадии, когда продукция конструируется и в дальнейшем разрабатывается. Указанный метод создает возможности для учета различных событийных явлений, которые могут повлиять на уровень затрат.

Управление затратами, ориентированное на обеспечение качества продукции, предполагает реализацию мероприятий предупреждающего характера, позволяющих ликвидировать возможные сценарии уменьшения затрат, которое впоследствии может снизить уровень качества продукции за счет пересмотра ее конструкционного или технологического строения.

Сравнительные методы на базе эталона предполагают, что затраты регулярно сравниваются с аналогичными затратами конкурентов. Проводимый при этом анализ рынка и конкурентов позволяет эффективно формировать организации конкурентные преимущества. При этом ключевые способы достижения конкурентных преимуществ сводятся к следующему (рис. 2).

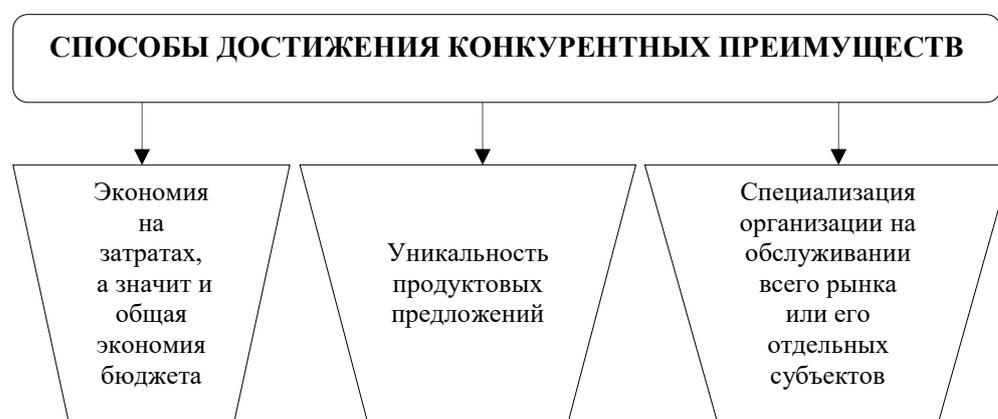


Рис. 2. Ключевые способы достижения конкурентных преимуществ  
Fig. 2. Key Ways to Achieve Competitive Advantage

Стратегические методы управления затратами базируются на проведении аналитических операций в отношении цепочек ценностей. Помимо этого, осуществляются мероприятия по формированию стратегической позиции организации, выявляются факторы, от которых зависит величина затрат. Иными словами, процесс управления затратами определяется стратегическими ориентирами организации.

Каждая организация разрабатывает свою собственную уникальную стратегию, на которую влияет множество внешних факторов. То, насколько неопределенна внешняя среда функционирования организации, обуславливает характеристики, присущие мировой системе управления затратами. Причем одновременно в организации может действовать несколько стратегий. Главным фактором современной внешней среды, который оказал и оказывает значительное негативное влияние на экономические системы всех стран мира, является пандемия COVID-19. Она не только отрицательно повлияла практически на все аспекты социально-экономической жизни, но и способствовала ее трансформации в новое, еще неизведанное состояние [7].

Пандемия способствовала ускорению уже зародившихся кризисных явлений. Кроме того, она показала значительный рост крупнейших технологических компаний

в сравнении с компаниями сферы финансов, энергетики. Это говорит о смещении полюсов роста в сторону новых инновационных направлений. Быстрота подобных процессов объясняется ускоренным развитием информационно-коммуникационных технологий. Их развитие подталкивает людей совершенствовать свои аналитические навыки. В результате открываются возможности для обработки, чтения и распространения больших массивов информации [8, 9].

В целом все минусы пандемии можно обобщить следующим образом. Во-первых, потребительские доходы значительно снижаются в то время, как снижаются и расходы потребителей. Это происходит не только из-за сокращения денежного обращения, но и из-за боязни потребителей, вызываемой неопределенностью будущего. Итогом всех этих процессов становится платежеспособный шок. Во-вторых, пандемия привела к нарушению крупных производственно-сбытовых цепочек, объединяющих товарные потоки, проходящие через Европу, Китай и США. Как результат: промышленное производство спало или вовсе остановилось, а масштабы экспортирования и импортирования сократились. В-третьих, пандемийные кризисные явления способствовали усилению безработицы, что очевидно: низкий спрос ведет к низкому предложению и снижению доходной части бюджетов предприятий, в результате чего заработные платы работников сокращаются, а сами работники увольняются. В-четвертых, темпы промышленного роста в пандемию сдерживаются за счет ряда факторов, связанных со снижением спроса, ограниченностью предложения, недостаточным количеством рабочей силы и вынужденным закрытием производства. В-пятых, в наибольшей степени от пандемии пострадали все ключевые отрасли промышленного производства: от производства автомобилей и самолетов, добывающего производства до электроники [10].

Кроме того, можно выделить еще ряд факторов, которые прямо воздействуют на производство и бизнес. Так, компания Nielsen провела опрос среди представителей бизнес-сообщества и попыталась выяснить, каким же образом может измениться рынок FMCG из-за пандемии COVID-19 (рис. 3, 4).

Большинство респондентов среди негативных факторов пандемии в качестве ключевого отметили процессы девальвации рубля. Кроме того, более 50 % респондентов опасаются появления проблем в отношении платежной дисциплины. Более 40% опрошенных уверены в будущем низком спросе на производимую и реализуемую ими продукцию. Около 80% FMCG-ритейлеров в качестве ключевой краткосрочной и долгосрочной проблемы видят возможное снижение трафика покупателей, а также девальвацию рубля. С точки зрения ритейлеров возможная проблематичность платежной дисциплины повлияет на их бизнес в меньшей мере, чем трафик и девальвация рубля [11].

Наиболее подверженными негативному воздействию последствий пандемии являются малые и средние предприятия. Как в России, так и за рубежом именно эти экономические субъекты являются ключевыми игроками рынка, которые наиболее уязвимы по отношению к национальным и глобальным экономическим изменениям. Несмотря на часто оказываемую со стороны государства поддержку такие предприятия не всегда имеют возможности для того, чтобы выжить в динамичном экономическом мире. Кроме того, не все предприятия могут получить необходимую помощь в полном объеме. В этой связи основные крупномасштабные угрозы для них в пандемийных условиях сводятся к финансовой неустойчивости, пониженному спросу, рискам временной или постоянной потери сотрудников и т.п. [12, 13].

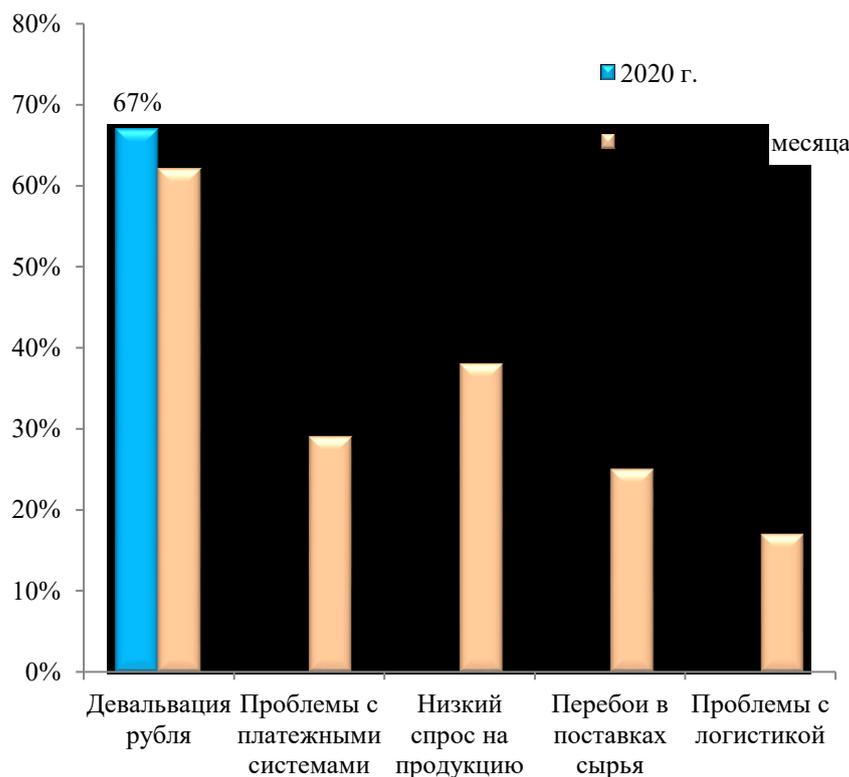


Рис. 3. Факторы, прямо воздействующие на производство и бизнес, по мнению FMCG-производителей [11]

Fig. 3. Factors directly affecting production and business, according to FMCG manufacturers [11]

### Обсуждение

Стоит заметить, что пандемия COVID-19 внесла изменения и в ведение бухгалтерского учета в отношении расходов экономических субъектов. В процессе борьбы с последствиями пандемии и необходимостью выживания в условиях постпандемии все экономические субъекты наряду с государством вынуждены нести дополнительные затраты. В частности, прочие расходы отныне включают в себя расходы на борьбу с распространением COVID-19. Во-первых, это расходы на выплату заработной платы работникам, а также соответствующие социальные выплаты в период их нерабочих дней, установленных государством в рамках обеспечения благополучия населения с санитарно-эпидемиологической точки зрения. Во-вторых, возмещение простоя ввиду остановки хозяйственной деятельности во время локдауна. В-третьих, оплата штрафов, материальное возмещение по искам в случае нарушения законодательных актов РФ в сфере борьбы с COVID-19, невыполнения соответствующих предписаний. В-четвертых, невозмещенные командировочные расходы. В-пятых, расходы по проведению благотворительных мероприятий, ориентированных на недопущение распространения нового коронавируса инфекции. К таким мероприятиям можно отнести и денежную поддержку пострадавших от COVID-19, и денежную помощь медицинским организациям и учреждениям в приобретении спецоборудования и т.п. [14, 15].

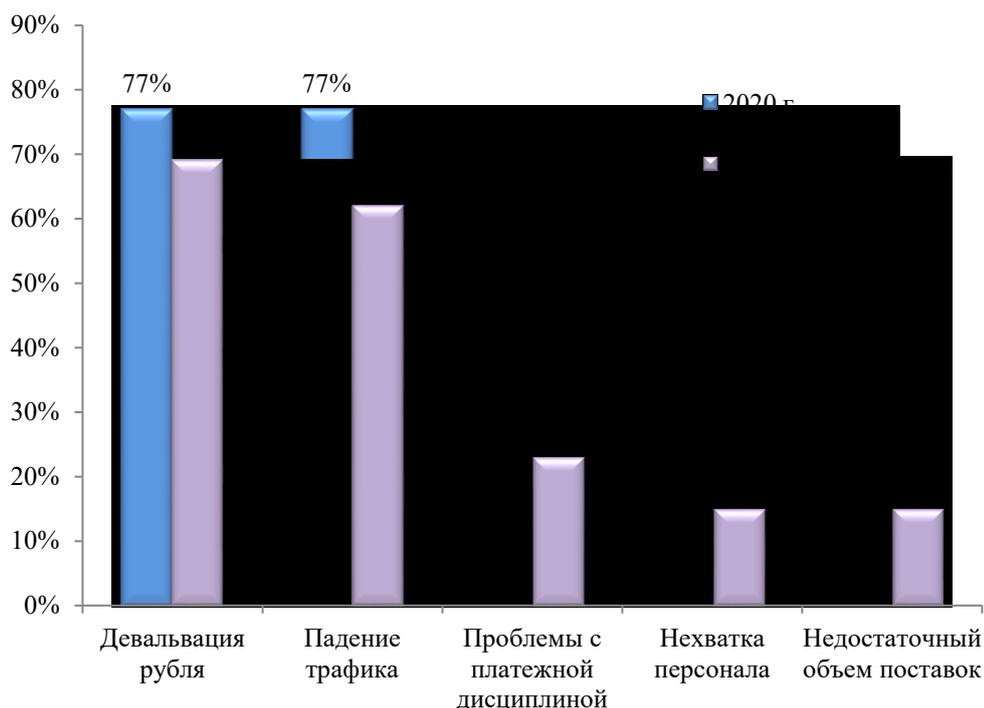


Рис 4. - Факторы, прямо воздействующие на производство и бизнес, по мнению FMCG-ритейлеров [11]

Fig. 4. Factors directly affecting production and business, according to FMCG retailers [11]

В условиях распространения COVID-19 за рубежом стал популярным так называемый resilience-подход, акцентирующий внимание на обеспечении стратегической устойчивости или адаптируемости экономики. Этот подход предусматривает необходимость максимально возможной экономии на издержках в целях концентрирования ресурсов технологического, управленческого и финансового характера для их последующего использования в трансформации всей деятельности предприятия, на всех этапах его ЖЦ. По мнению экспертов консалтинговой компании Boston Consulting Group, применение подобного подхода не только создает заделы для эффективного преодоления кризисных явлений, но и формирует базу для реализации глобального Disrupt, кардинально меняющего все сложившиеся социально-экономические порядки. Причем внедрение данной концепции значительно ускорилось именно в период коронавирусной пандемии.

Кроме того, пандемия привела к появлению новых бизнес-моделей и корпоративных моделей управления. В частности, наблюдается стремительное развитие интернет-торговли, сервисов быстрой доставки, в основе которых лежат цифровизованные на высоком уровне цепочки поставок. Примерами могут служить интернет-магазины Amazon или Alibaba. Также активно развиваются и технологические маркетплейсы, платформы, такие как Microsoft и Zoom. Становятся популярными модели распределенного производства, предполагающие мгновенное совершенствование применяемых технологий в зависимости от изменений в спросе. Кроме того, именно в период пандемии ускорилось и внедрение новых цифровых технологий, которые основаны на прямом взаимодействии с конечными потребителями. В первую очередь это касается краудсорсинга, технологий 3D-печати и т.п.

Помимо всего прочего наблюдается и цифровая трансформация традиционных правовых институтов. Это связано с появляющимися новыми цифровыми бизнес-структурами в виде цифровых корпораций и предприятий. Актуальной стала тенденция перехода к универсальным стандартам ESG, которые регулируют корпоративное управление с точки зрения учета экологических и социальных факторов и достижения качественного уровня корпоративного управленческого процесса.

### **Выводы**

Итак, выбор моделей управления затратами в условиях постпандемии зависит от множества внешних факторов, вызванных распространением новой коронавирусной инфекции. Кроме того, он определяется и применяемыми моделями корпоративного управления. Современные реалии свидетельствуют о необходимости трансформации всей системы управления экономическими процессами, в том числе и системы управления затратами ввиду их значимости в процессе преодоления кризисных явлений в условиях постпандемии.

### **Список литературы**

1. Трубочкина, М. И. Управление затратами предприятия: учебное пособие / М. И. Трубочкина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 319 с.
2. Aničić, D. Cost management concept and project evaluation methods / D. Aničić, J. Aničić // *Journal of Process Management New Technologies*. – 2019. – № 7 (4). – Pp. 54-59.
3. Henri J. F., Boiral O., J Roy M. Strategic cost management and performance: The case of environmental costs // *The British Accounting Review*. 2016. Vol. 48(2). Pp. 269-282.
4. Groth, J. C., Kinney M. Cost Management and Value Creation // *Management Decision*. 1994. Vol. 32 (4). Pp. 52-57.
5. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: учебник / Г. В. Савицкая. – 6-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 378 с.
6. Abbasi G., Al-Mharmah H. Project Management by the Public Sector in a Developing Country // *International Journal of Project Management*. 2000. Vol. 18(2). Pp. 105-109.
7. Successes in operating and business models during the COVID-19 crisis // WEF, Report. 2020. URL: <http://www.weforum.org/reports/> (accessed 01.04.2021).
8. Карцхия, А. А. Перспективные корпоративные модели и критерии развития в период постпандемии / А. А. Карцхия // *Мониторинг правоприменения*. – 2020. – № 3 (36). – С. 73-80.
9. Enshassi A. Site Organisation and Supervision in Housing Project in the Gaza Strip // *The International Journal of Project Management*. 1997. Vol. 15 (2). Pp. 93-99.
10. Дайджест. Воздействие пандемии COVID-19 на промышленность и экологию // *Счетная Палата Российской Федерации* : [сайт]. – URL: <https://ach.gov.ru/upload/pdf/Covid-19-prom.pdf> (дата обращения 01.04.2021).
11. Nielsen: Как COVID-19 изменит рынок FMCG? // *Retail.ru* : [сайт]. – 2020. – URL: <https://www.retail.ru/articles/nielsen-kak-covid-19-izmenit-rynok-fmcg/> (дата обращения 01.04.2021).
12. Зайцева, А. О. Анализ влияния пандемии COVID-19 на малый и средний бизнес России / А.О. Зайцева, А.Н. Кокина, Е.В. Печерица // *Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. – 2020. – Том 15. – № 3. – С. 1459-1465.
13. Taylor, G., Xu, R. Consequences of Real Earnings Management on Subsequent Operating Performance // *Research in Accounting Regulations*. 2010. Vol. 22. No. 1. Pp. 128-132.
14. Семенихин, В. Особенности бухгалтерского учета при пандемии // *Финансовая газета* : [сайт]. – 2021. – URL: <https://fingazeta.ru/ekonomika/russia/469252> (дата обращения 01.04.2021).
15. Yang, M. L., Chuah K. B., Rao Tummala V. M., Chen E. H. Project Management Practices in Pudong // *The International Journal of Project Management*. 1997. Vol. 15 (5). Pp. 313-319.

### **References**

1. Trubochkina, M. I. Upravlenie zatratami predpriyatiya: uchebnoe posobie / M. I. Trubochkina. – 2-e izd., ispr. i dop. – Moskva: INFRA-M, 2020. – 319 s.

2. Aničić, D. Cost management concept and project evaluation methods / D. Aničić, J. Aničić // Journal of Process Management New Technologies. – 2019. – № 7 (4). – Pp. 54-59.
3. Henri J. F., Boiral O., J Roy M. Strategic cost management and performance: The case of environmental costs // The British Accounting Review. 2016. Vol. 48(2). Pp. 269-282.
4. Groth, J. C., Kinney M. Cost Management and Value Creation // Management Decision. 1994. Vol. 32 (4). Pp. 52-57.
5. Savitskaya, G. V. Analiz khozyaistvennoi deyatelnosti predpriyatiya: uchebnik / G. V. Savitskaya. – 6-e izd., ispr. i dop. – Moskva: INFRA-M, 2020. – 378 s.
6. Abbasi G., Al-Mharmah H. Project Management by the Public Sector in a Developing Country // International Journal of Project Management. 2000. Vol. 18(2). Pp. 105-109.
7. Successes in operating and business models during the COVID-19 crisis // WEF, Report. 2020. URL: <http://www.weforum.org/reports/> (accessed 01.04.2021).
8. Kartskhya, A. A. Perspektivnye korporativnye modeli i kriterii razvitiya v period postpandemii / A. A. Kartskhya // Monitoring pravoprimeneniya. – 2020. – № 3 (36). – S. 73-80.
9. Enshassi A. Site Organisation and Supervision in Housing Project in the Gaza Strip // The International Journal of Project Management. 1997. Vol. 15 (2). Pp. 93-99.
10. Daidzhest. Vozdeistvie pandemii COVID-19 na promyshlennost' i ehkologiyu // Schetnaya Palata Rossiiskoi Federatsii : [sait]. – URL: <https://ach.gov.ru/upload/pdf/Covid-19-prom.pdf> (data obrashcheniya 01.04.2021).
11. Nielsen: Kak COVID-19 izmenit rynek FMCG? // Retail.ru : [sait]. – 2020. – URL: <https://www.retail.ru/articles/nielsen-kak-covid-19-izmenit-rynok-fmcg/> (data obrashcheniya 01.04.2021).
12. Zaitseva, A. O. Analiz vliyaniya pandemii COVID-19 na maliy i sredniy biznes Rossii / A.O. Zaitseva, A.N. Kokina, E.V. Pecheritsa // Zdorov'e - osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya. – 2020. – Tom 15. – № 3. – S. 1459-1465.
13. Taylor, G., Xu, R. Consequences of Real Earnings Management on Subsequent Operating Performance // Research in Accounting Regulations. 2010. Vol. 22. No. 1. Pp. 128-132.
14. Semenikhin, V. Osobennosti bukhgalterskogo ucheta pri pandemii // Finansovaya gazeta : [sait]. – 2021. – URL: <https://fingazeta.ru/ekonomika/russia/469252> (data obrashcheniya 01.04.2021).
15. Yang, M. L., Chuah K. B., Rao Tummala V. M., Chen E. H. Project Management Practices in Pudong // The International Journal of Project Management. 1997. Vol. 15 (5). Pp. 313-319.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Якубов Роман Равильевич**, коммерческий директор «Компания Строймеханика», консультант по продажам, 142111, г.Москва, поселок Знамя Октября, с/п Рязановское, Рязановское шоссе, вл. 21, e-mail: yakubovr@mail.ru

**Roman R. Yakubov**, Commercial Director «Company Stroymechanika», sales consultant, 21 estate, Ryazanovskoe shosse, s/p Ryazanovskoe, Znamya Oktyabrya village, Moscow, 142111, e-mail: yakubovr@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 10.04.2021; published online 15.06.2021

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА,  
СУДОВОЖДЕНИЕ  
И БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА**

**OPERATION OF WATER TRANSPORT, NAVIGATION AND  
SAFETY OF NAVIGATION**

УДК 656.62; 629.122

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.187>

**Прогнозирование эффективной мощности речных грузовых судов на стадии эксплуатационно-технического обоснования**

**О.Ю. Васильева**

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

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме прогнозирования эффективной мощности судна на стадии эксплуатационно-технического обоснования. Представлен анализ существующих методов расчета эффективной мощности: основанных на теории судовых тяговых расчетов, на основе регрессий Л.И. Фомкинского, на использовании адмиралтейского коэффициента. Обозначены проблемы, возникающие при использовании рассмотренных методов на стадии обоснования судна. Приведены результаты расчетов эффективной мощности и оценка полученных результатов для выборки судов, позволяющие сделать выводы о возможном использовании существующих методов. Предложен метод расчета прогнозной мощности судна с использованием зависимости между критериями гидродинамического подобия, которые позволяют учитывать, как опытные данные, так и физику явлений. Показано, что предложенный метод, при его использовании на стадии эксплуатационно-технического обоснования, имеет более высокую точность по сравнению с рассмотренными методами расчета эффективной мощности.

**Ключевые слова:** речные суда, эксплуатационно-техническое обоснование, прогнозирование эффективной мощности, тяговые расчеты, сопротивление воды, коэффициенты взаимодействия, коэффициенты нагрузки, адмиралтейский коэффициент, пересчет с прототипа, критерии гидродинамического подобия.

**Brake power prediction at the feasibility study of inland ships design**

**Oksana Y. Vasileva**

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

**Abstract.** The article is devoted to the problem of predicting the effective power of the vessel at the stage of operational and technical justification. An analysis of the existing methods for calculating the effective power is presented: based on the theory of ship thrust calculations, on the basis of L.I. Fomkinsky, on the use of the Admiralty coefficient. The problems arising when using the considered methods at the stage of vessel justification are identified. The results of calculations of the effective power and an assessment of the results obtained for a sample of vessels are presented, allowing conclusions to be drawn about the possible use of existing methods. A method is proposed for calculating the predicted power of a vessel using the relationship between the criteria of hydrodynamic similarity, which allow taking into account both experimental data and the physics of phenomena. It is shown that the proposed method, when used at the stage of operational and technical justification,

has a higher accuracy in comparison with the considered methods for calculating the effective power.

**Keywords:** inland ships, operational and technical justification, brake power prediction, thrust calculations, water resistance, interaction coefficients, loading coefficients, admiralty coefficient, the type ships method, dimensionless quantities.

### Введение

Одной из центральных задач, решаемых в процессе эксплуатационно-технического обоснования, является оценка потребляемой мощности при движении судна с заданной скоростью. В общем виде эту задачу сводится к вычислению функции эффективной мощности главных двигателей:

$$N_e = f(v, X), \quad (1)$$

где  $v$  – скорость судна, м/с;  $X$  — набор технических параметров судна.

Специфика вычислений на стадии эксплуатационно-технического обоснования состоит в том, что в расчёт принимаются лишь некоторые технические параметры, в основном имеющие эксплуатационное значение. Важнейшими из них являются грузоподъемность, скорость, дальность плавания. Такие параметры, как число лопастей гребного винта, частота вращения вала ГД, вес дельных вещей и другие определяются уже в процессе проектирования судна. Следовательно, построение функции (1) на базе современных методов вычислительной гидродинамики на ранних этапах проектирования практически нецелесообразно, поэтому представляет интерес использование упрощённых методов оценки ходкости судов, основанных на аппроксимациях эмпирических данных.

### Методы расчета мощности судна

Как можно видеть по отечественным [1, 2, 3, 4, 5] и зарубежным [6, 7, 8, 9, 10, 11] публикациям, в целом методы расчёта ходкости сложились уже в 50-х годах и до настоящего времени принципиально не изменились. Следует отметить, что зарубежные авторы [12, 13, 14, 15, 17] в основном уделяют внимание морским судам.

Принцип расчета эффективной мощности на основе теории тяговых расчетов следующий. Необходимо вычислить сопротивление судна ( $R$ ), затем вычислить эффективную мощность ( $N_e$ ). Искомые величины можно описать уравнениями (2):

$$\begin{aligned} R(v) &= z(1 - t)P_p(n, v(1 - \psi)), \\ \eta_n N_e &= z2\pi n M_p(n, v(1 - \psi)), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $z$  – количество движителей;  $t$  – коэффициент засасывания;  $P_p$  – упор винта, кН;  $n$  – частота вращения винта, 1/с;  $\psi$  – коэффициент попутного потока;  $\eta_n$  – к.п.д. передачи.

Будем далее называть описанную схему прямым методом расчёта эффективной мощности судна.

На наш взгляд, прямой метод не вполне отвечает специфике эксплуатационно-технического обоснования, так как требует знания параметров гребного винта, которые можно найти, решив задачу оптимизации с рядом параметров: числа лопастей, дискового отношения, шага, а также параметров насадки, если таковая предусмотрена. Эта задача оказывается встроенной в более общую задачу определения технических, эксплуатационных и экономических показателей при работе нового судна в определённых условиях плавания. Это говорит о несоответствии уровней абстракции математических моделей, при котором искомыми

в задаче эксплуатационного обоснования оказываются технические параметры, не имеющие эксплуатационного значения.

Можно было бы ожидать, что большая сложность прямого метода компенсируется его повышенной точностью при прогнозировании мощности. Однако это не так.

Как отмечалось в [18], существуют большие погрешности при вычислении сопротивления. Погрешность при вычислении коэффициентов взаимодействия движителей с корпусом судна неизвестна, но есть основания считать, что она тоже может быть значительной. В частности, в [19] было показано, что существующие методы расчёта этих коэффициентов дают расхождение в значениях коэффициента засасывания более 20%.

В 1972 г. Л.И. Фомкинским в [2] был предложен упрощённый метод, специально предназначенный для эксплуатационно-технического обоснования и основанный на регрессионной зависимости вида:

$$\sigma_N^{1/3} = a\sigma_p^{1/2} + b, \quad (3)$$

где  $\sigma_N$  - коэффициент нагрузки по мощности;  $\sigma_p$  - коэффициент нагрузки по упору;  $a$  и  $b$  - коэффициенты, полученные с помощью метода наименьших квадратов. Коэффициенты  $a$  и  $b$  в (3) имеют различные значения для различных гребных винтов.

На основе уравнений движения и зависимости (3) были получены следующие соотношения, позволяющие прогнозировать скорость и мощность проектируемого судна:

$$v = \frac{\sqrt[3]{\frac{N_p}{\rho F_p}}}{b(1 - \psi) + a\sqrt{\frac{\sigma_e}{1 - t}}}, \quad (4)$$

$$N_p = \frac{\rho F_p}{2} \left[ b(1 - \psi) + a\sqrt{\frac{\sigma_e}{1 - t}} \right]^3 \cdot v^3, \quad (5)$$

где  $N_p$  - мощность на валу гребного винта, кВт;  $\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $F_p$  - гидравлическое сечение гребного винта, м<sup>2</sup>;  $\psi$  - коэффициент попутного потока;  $\sigma_e$  - коэффициент нагрузки по полезной тяге;  $t$  - коэффициент засасывания.

Коэффициент нагрузки по полезной тяге для винта рассчитывается по формуле:

$$\sigma_e = \frac{R}{\frac{\rho}{2} \chi F_p v^2}, \quad (6)$$

где  $R$  - сопротивление воды движению судна, кН;  $\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\chi$  - число винтов (двигателей);  $F_p$  - гидравлическое сечение гребного винта, м<sup>2</sup>;  $v$  - скорость судна, м/с.

Данный метод был ориентирован на уменьшение объёма вычислений при тяговых расчётах, что было актуально во время его создания. В настоящее время алгоритм выбора коэффициентов регрессии скорее неудобен, чем практичен, так как уже с 1975 г. существуют аппроксимации кривых действий гребных винтов [20], позволяющие производить все необходимые вычисления с помощью вычислительной техники.

Однако, метод Л.И. Фомкинского представляет интерес, так как позволяет исключить задачу подбора оптимальных параметров гребного винта за счёт перехода к усреднённым коэффициентам  $a$  и  $b$  в регрессии (3).

Тем не менее, в методе Л.И. Фомкинского, так же, как и в методе прямого расчёта, остаётся неизвестной погрешность при вычислении коэффициентов взаимодействия.

Наиболее известным и применяемым с 1836 г. упрощённым методом прогнозирования является метод, основанный на использовании адмиралтейских коэффициентов. В его основе лежит пересчёт адмиралтейского коэффициента с близкого прототипа.

Мощность энергетической установки в первом приближении можно определить по формуле (7), содержащей адмиралтейский коэффициент, который является комплексной характеристикой пропульсивных качеств судна:

$$N_e = \frac{D^{2/3} v^3}{C}, \quad (7)$$

где  $D$  – водоизмещение судна, т;  $v$  – скорость, км/ч;  $C$  – адмиралтейский коэффициент, который вычисляется по известному прототипу.

Одним из современных вариантов такого пересчёта, специально разработанного для судов внутреннего плавания, является метод, описанный в [4].

Адмиралтейский коэффициент проектируемого судна автор вычисляет с использованием формулы, полученной из отношения выражений для вычисления адмиралтейского коэффициента на основе безразмерных коэффициентов сопротивления воды для проектируемого судна и прототипа.

Пересчёт с близкого прототипа в принципе позволяет решить проблемы погрешности сопротивления, но достоверность результатов полностью зависит от параметров судна-прототипа, однако в литературе не описаны критерии выбора прототипа.

### **Результаты и обсуждение**

Для выяснения того, как влияют вышеобозначенные проблемы методов на прогнозирование потребляемой мощности, были выполнены расчёты, которые описаны ниже.

Расчеты проводились для набора из 56 судов, созданного на основе наборов из [21, 22]. Для получения набора была проведена работа по отбору необходимых для расчета мощности параметров судов из [21, 22]. С учетом современных тенденций судостроения, были отобраны полные суда ( $\delta \geq 0,8$ ). Данные были сведены в таблицу MS Excel, где и проводилась их дальнейшая обработка. Рассмотренные методы расчета мощности были реализованы программно в виде процедур на языке Visual Basic. Полученные с помощью расчетных методов значения мощности ГД сравнивались с экспериментальными данными, взятыми из [21, 22]. Степень взаимосвязи и точность полученных результатов оценивались посредством вычисления коэффициента корреляции и среднеквадратичного отклонения соответственно. Также была вычислена максимальная и средняя погрешность вычислений.

При использовании прямого метода расчёта мощности судна и метода Л.И. Фомкинского оказалось, что не все методы расчета сопротивления, описанные в [18], работают для всех судов, отобранных для эксперимента. Поэтому результаты, полученные для частичных выборок, далее не анализировались.

Для всех судов работает только метод А.Б. Карпова, разработанный до 1959 г. [23]. Учитывая «возраст» этого метода, можно предполагать, что он не обеспечивает достоверных результатов расчета.

На наш взгляд, это представляет проблему, которая требует своего решения. Несмотря на значительное развитие методов вычислительной гидродинамики, ни методы расчета сопротивления, ни традиционные модельные испытания не заменяют

эмпирических аппроксимаций функции сопротивления, позволяющих производить быстрые оценки сопротивления полных судов при различных условиях плавания.

Поэтому для расчётов наряду с методом А.Б. Карпова использовался также метод аппроксимации остаточного сопротивления (АОС), специально построенный для судов с полными обводами. В основе АОС лежит формула для расчета коэффициента остаточного сопротивления из метода А.Б. Карпова, но коэффициенты пересчитаны для выборки из полных судов. Оценки результатов расчетов приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Оценка результатов на основе прямого метода расчёта мощности**

Метод расчета сопротивления	Коэффициент корреляции	Среднеквадратичное отклонение	Мах ошибка, %	Ср. ошибка, %
Метод Карпова	0,94	244,54	63,59	32,38
Метод АОС	0,91	162,89	84,78	17,20

Как видно из табл. 1, 2 коэффициент корреляции достаточно хороший, однако точность результатов невысока.

Таблица 2

**Оценка результатов на основе метода Л.И. Фомкинского**

Метод расчета сопротивления	Коэффициент корреляции	Среднеквадратичное отклонение	Мах ошибка, %	Ср. ошибка, %
Метод Карпова	0,97	172,88	57,11	23,60
Метод АОС	0,95	169,45	83,00	23,36

На рис. 1, 2 приведены результаты расчета мощности при использовании прямого метода расчета и метода Л.И. Фомкинского при использовании аппроксимации остаточного сопротивления для полных судов.

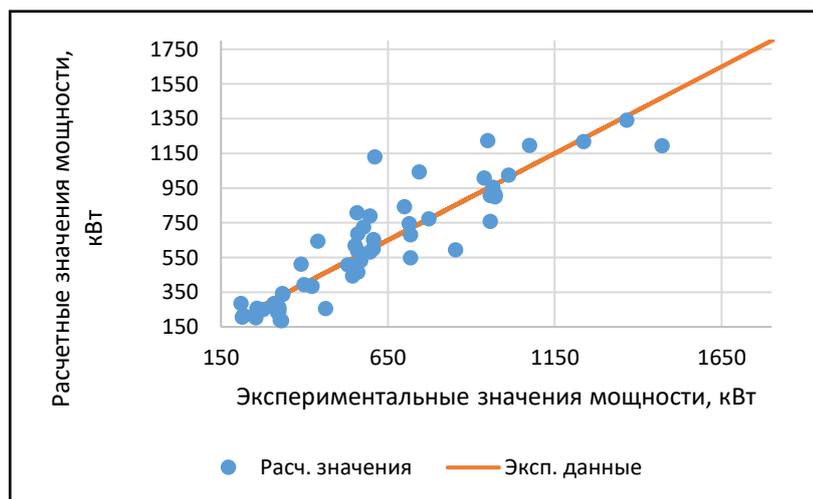


Рис. 1. Расчет мощности на основе прямого метода  
Fig. 1. Power calculation based on the direct method

Из рисунков видно, что расчет по методу Л.И. Фомкинского дает завышенные результаты.

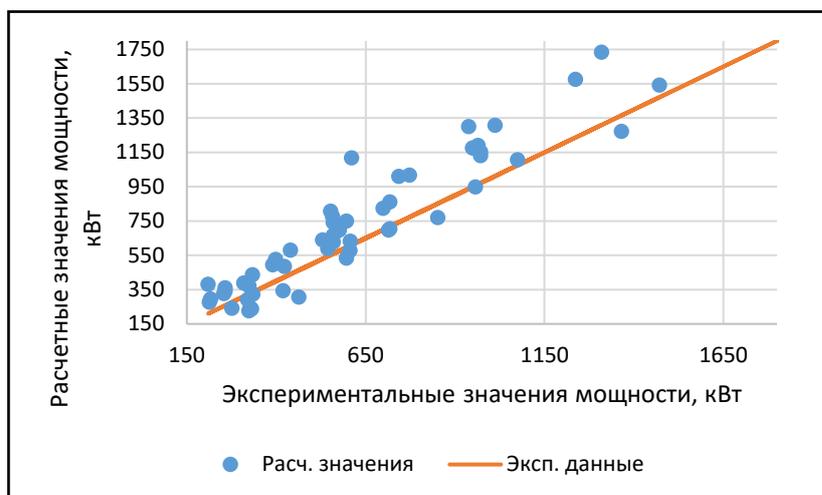


Рис. 2. Расчет мощности по методу Л.И. Фомкинского  
Fig. 2. Calculation of power by the method of L.I. Fomkinsky

Расчеты мощности с использованием адмиралтейского коэффициента проводились путем выбора различных проектов судов в качестве прототипа в соответствии с критериями:

- типовой проект (507Б);
- близкий по среднему значению  $L/B=6,96$  (P77);
- близкий по среднему значению  $V/T=5,36$  (585);
- близкий по среднему значению  $\delta = 0,844$  (414В);
- современное «сверхполное» судно  $\delta = 0,89$  (RSD44).

Оценка результатов расчета мощности при использовании разных прототипов представлена в табл. 3.

Таблица 3

**Оценка результатов при расчете мощности с использованием адмиралтейского коэффициента**

Прототип	Коэффициент корреляции	Среднеквадратичное отклонение, кВт	Мах ошибка, %	Ср. ошибка, %
507Б	0,95	199,42	60,70	28,58
P77	0,95	151,06	49,85	19,54
585	0,94	807,25	180,56	69,94
414В	0,94	956,97	207,99	86,15
RSD44	0,95	141,48	49,86	18,37

В ходе исследования расчет мощности проводился с использованием адмиралтейского коэффициента на основе выражения (7) и выражения из [4]. Можно отметить, что результаты расчетов отличаются незначительно (на сотые доли), поэтому оценка производилась для результатов, полученных на основе выражения (7).

Также для каждого судна выборки был произведен расчет мощности при условии выбора в качестве прототипа судна близкого по параметрам:  $L/B$ ,  $V/T$ ,  $\delta$ . Оценка результатов вычислений приведена в табл. 4 и позволяет сделать вывод, что использование такого критерия выбора прототипа также не дает удовлетворительных результатов.

Таблица 4

**Оценка результатов вычислений мощности при условии выбора прототипа близкого по одному из параметров**

	Параметры выбора прототипа		
	L/B	B/T	$\delta$
Ср. ошибка, %	46,43	44,08	46,62
Мах ошибка, %	114,32	86,028	82,442

- Анализируя результаты, полученные с использованием адмиралтейского коэффициента, можно сказать, что:
- любой из обозначенных критериев выбора судна-прототипа дает высокий коэффициент корреляции;
- наиболее точные результаты дает критерий выбора прототипа значению L/B, однако и здесь ошибка составляет 19.54%;
- коэффициент полноты ( $\delta$ ) на выбор прототипа не влияет (в выбранных в качестве прототипов судах варьируется в пределах 0,843÷0,891);
- критерий выбора прототипа по близким параметрам L/B, B/T,  $\delta$  обладает высокой погрешностью;
- ни один из выбранных критериев не обладает удовлетворительной точностью.

Проведенное исследование позволяет сделать следующий вывод. Прямое моделирование гидродинамической системы корпус-двигатель (КД) инженерными методами не обеспечивает в общем случае достаточной степени точности. Это связано как с погрешностями при расчёте сопротивления [18], так и с погрешностями при моделировании взаимодействия гребных винтов с корпусом судна.

В силу непрерывности всех гидродинамических функций, используемых при построении функции (1), можно ожидать хорошей точности при пересчёте с прототипа. Препятствиями на пути такого пересчёта являются, во-первых, отсутствие формального метода оценки близости прототипа и, во-вторых, отсутствие способа пересчёта при варьировании параметров судна, одновременно физически корректного и обеспечивающего удовлетворительную погрешность.

Для построения способа пересчёта представляется целесообразным использование аппроксимаций, основанных как на опытных данных, так и на учёте физики явлений. Первое призвано обеспечивать минимизацию погрешности, а второе – адекватность при варьировании параметров проектируемого судна. Рассмотрим, как можно построить такую аппроксимацию.

Введём два новых гидродинамических критерия подобия, аналогичных коэффициентам нагрузки гребных винтов:

$$s_p = \frac{R}{8\pi D^2 v^2}; \quad s_N = \frac{N_p}{8\pi D^2 v^3}, \quad (8)$$

где  $D$  – диаметр винта, м;  $R$  – сопротивление судна, кН;  $v$  – скорость, м/с;  $N_p$  – мощность на валу гребного винта, Вт.

Назовём их критериями гидродинамического подобия пропульсивного комплекса, понимая под последним систему корпус судна-двигатели-главные двигатели (КДД). Нетрудно видеть, что пропульсивный коэффициент  $\eta$  может быть выражен через эти коэффициенты следующим образом:

$$\eta = \frac{R \cdot v}{N_p} = \eta_H \eta_P = \frac{s_p}{s_N}, \quad (9)$$

где  $\eta_H \eta_P$  – к.п.д. влияния корпуса и винта соответственно.

Учитывая, что  $\eta_P = \sigma_P / \sigma_N$  и  $\eta_H = (1 - t) / (1 - \psi)$ , можем записать выражение:

$$\frac{s_p}{s_N} = \frac{(1-t) \sigma_p}{(1-\psi) \sigma_N} \tag{10}$$

Предположим, что между введёнными критериями существует зависимость, аналогичная (3):

$$s_N^{1/3} = a_0 + a_1 s_p^{1/2}, \tag{11}$$

причём, в отличие от (3), коэффициенты  $a_0$  и  $a_1$  являются постоянными для некоторой группы судов.

Фактически, зависимость (11) представляет собой специальную аппроксимацию пропульсивного коэффициента. Поскольку аппроксимация основана на критериях подобия, в случае её достаточной степени точности можно предполагать также и её физическую адекватность.

Заметим, что во всех вышеприведённых формулах, можно использовать  $N_e$  вместо  $N_p$ , если считать, что к.п.д. передачи меняется незначительно.

Для проверки зависимости (11) были обработаны данные из [21, 22]. При этом, если критерий  $s_N$  определяется непосредственно экспериментальными данными по выражению (8), то коэффициент нагрузки  $s_p$  приходится рассчитывать, используя некоторый метод расчёта сопротивления. Это означает, что коэффициенты в (11) являются зависимыми от метода расчёта сопротивления.

Как можно видеть из рис. 3, зависимость (11) подтверждается на экспериментальных данных.

Применяя эту зависимость, можно вычислить прогнозную мощность грузового судна.

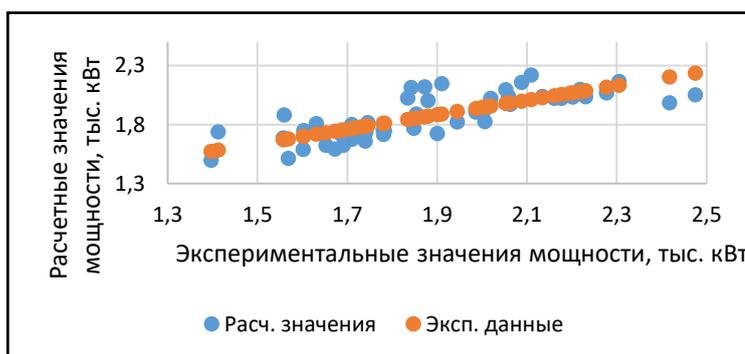


Рис. 3. – Расчет мощности по методу на основе критериев гидродинамического подобия пропульсивного комплекса

Fig. 3. - Calculation of power by the method based on the criteria of hydrodynamic similarity of the propulsion complex

В табл. 5 приведена оценка результатов расчета мощности на основе зависимости (11).

Таблица 5

**Оценка результатов расчета мощности методом на основе критериев гидродинамического подобия пропульсивного комплекса**

	Коэффициент корреляции	Среднеквадратичное отклонение, кВт	Мах ошибка, %	Ср. ошибка, %
Метод на основе критериев гидродинамического подобия пропульсивного комплекса	0,96	111,25	35,87	15,64

## Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что метод на основе критериев подобия пропульсивного комплекса обладает рядом преимуществ. Во-первых, достоверность результатов выше чем у рассмотренных ранее методов. Во-вторых, не используются коэффициенты взаимодействия, что позволяет повысить точность расчетов за счет исключения ошибки при их расчете по эмпирическим формулам. В-третьих, расчеты можно производить, не имея всех данных о параметрах гребного винта (дисковое, отношение, число лопастей, шаг винта, параметры насадки).

## Список литературы

1. Звонков В.В. Судовые тяговые расчёты (теория, расчёты, испытания). М.: Речной транспорт, 1956. 324 с.
2. Фомкинский Л.И. Методика тяговых расчётов при обосновании судов речного флота // Труды ЦНИИЭВТ. М., 1972. Вып. 86. 185 с.
3. Карпов А.Б. Расчёты сопротивления воды движению речных судов. Горький: ГПИ, 1971. 126 с.
4. Лесюков В.А. Теория и устройство судов внутреннего плавания. Учебник для вузов водн. трансп. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1982. 303 с.
5. Ашик В.В. Проектирование судов: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Судостроение, 1985. 320 с.
6. Molland Anthony F. Ship Resistance and Propulsion: practical estimation of ship propulsive power / Anthony F. Molland, Stephen R. Turnock, Dominic A. Hudson. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. P. 568.
7. Shneekluth H., Bertram V. Ship design for efficiency and economy. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998. P.226.
8. Papanikolaou A. Ship design. Methodologies of Preliminary Design. Heidelberg: Springer, 2014. P. 635. Reference: P. 620-621.
9. Kristensen H.O., Luetzen M. Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships / Technical University of Denmark. Report no. 04, May 2013.
10. Kleppesø K. Empirical prediction of resistance of fishing vessels / Master thesis in marine technology. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, 2015. P. 59.
11. Harvald Sv. Aa. Resistance and Propulsion of Ship. New York: John Wiley and Sons, 1983. P. 353.
12. Bertram V. Practical Ship Hydrodynamics. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000. P. 280.
13. Hollenbach, K.U. Estimating resistance and propulsion for single-screw and twin-screw ships // Ship Technology Research, 1998. Vol. 45. Part 2. P. 72–76.
14. Moody R. Preliminary power prediction during early design stages of a ship. Cape Town: School of Mechanical and Process Engineering at the Cape Technikon, 1996. P.230.
15. Holtrop J., Mennen G.G.J. A statistical power prediction method. International Shipbuilding Progress, 1978. Vol. 25. No. 290. P. 253–256.
16. Holtrop J., Mennen G.G.J. An approximate power prediction method. International Shipbuilding Progress, 1982. Vol. 29. No. 335. P. 166–170.
17. Holtrop J. A statistical re-analysis of resistance and propulsion data. International Shipbuilding Progress, 1984. Vol. 31. P. 272–276.
18. Платов А.Ю., Васильева О.Ю. Анализ применимости методов расчета коэффициента остаточного сопротивления для судов внутреннего плавания при эксплуатационно-экономическом обосновании новых судов // Вестник ВГАВТ, 2019. № 60. С. 193-201.
19. Платов А.Ю. Методы оперативного планирования работы речного грузового флота на основе оптимального нормирования ходовой операции: монография. Н.Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. 156 с.
20. Oosterveld M.W.C., van Oossanen P. Further computer-analysed data of the Wageningen B-screw series. International Shipbuilding Progress, 1975. Vol. 22. No. 251. P. 251–262.
21. Руководство по теплотехническому контролю серийных теплоходов. М.: Транспорт, 1980. 424 с.
22. Руководство по теплотехническому контролю серийных теплоходов / М-во реч. флота РСФСР, Топлив.-энерг. упр. - 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1986. 205 с.
23. Тихомиров Н.А. Ходкость судна. М.: Речной транспорт, 1959. 200 с.

### References

1. Zvonkov V.V. *Sudovye tyagovye raschety (teoriya, raschety, ispytaniya)*. M.: Rechnoy transport, 1956. 324 p.
2. Fomkinskiy L.I. *Metodika tyagovykh raschetov pri obosnovanii sudov rechnogo flota*. Trudy TsNIIIEVT. M., 1972. Vyp. 86. 185 p.
3. Karpov A.B. *Raschety soprotivleniya vody dvizheniyu rechnykh sudov*. Gor'kiy: GPI, 1971. 126 p.
4. Lesyukov V.A. *Teoriya i ustroystvo sudov vnutrennego plavaniya*. Uchebnik dlya vuzov vodn. transp. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Transport, 1982. 303 p.
5. Ashik V.V. *Proektirovanie sudov*: Uchebnik. 2-e izd., pererab. i dop. L.: Sudostroenie, 1985. 320 p.
6. Molland Anthony F., Turnock Stephen R., Hudson Dominic A. *Ship Resistance and Propulsion: practical estimation of ship propulsive power*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. p. 568.
7. Shneekluth H., Bertram V. *Ship design for efficiency and economy*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998. p. 226.
8. Papanikolaou A. *Ship design. Methodologies of Preliminary Design*. Heidelberg: Springer, 2014. P. 635. Reference: pp. 620-621.
9. Kristensen H.O., Luetzen M. *Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships*. Technical University of Denmark. Report no. 04, May 2013.
10. Kleppesø K. *Empirical prediction of resistance of fishing vessels* / Master thesis in marine technology. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, 2015. p. 59.
11. Harvald Sv. Aa. *Resistance and Propulsion of Ship*. New York: John Wiley and Sons, 1983. p. 353.
12. Bertram V. *Practical Ship Hydrodynamics*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000. p. 280.
13. Hollenbach, K.U. Estimating resistance and propulsion for single-screw and twin-screw ships. *Ship Technology Research*, 1998. Vol. 45. Part 2. pp. 72-76.
14. Moody R. *Preliminary power prediction during early design stages of a ship*. Cape Town: School of Mechanical and Process Engineering at the Cape Technikon, 1996. p.230.
15. Holtrop J., Mennen G.G.J. A statistical power prediction method. *International Shipbuilding Progress*, 1978. Vol. 25. No. 290. pp. 253-256.
16. Holtrop J., Mennen G.G.J. An approximate power prediction method. *International Shipbuilding Progress*, 1982. Vol. 29. No. 335. pp. 166-170.
17. Holtrop J. A statistical re-analysis of resistance and propulsion data. *International Shipbuilding Progress*, 1984. Vol. 31. pp. 272-276.
18. Platov A.Yu., Vasil'eva O.Yu. Analiz primenimosti metodov rascheta koeffitsienta ostatochnogo soprotivleniya dlya sudov vnutrennego plavaniya pri ekspluatatsionno-ekonomicheskom obosnovanii novykh sudov. *Vestnik VGAVT*, 2019. № 60. pp. 193-201.
19. Platov A.Yu. *Metody operativnogo planirovaniya raboty rechnogo gruzovogo flota na osnove optimal'nogo normirovaniya khodovoy operatsii: monografiya*. N.Novgorod: Izd-vo FGOU VPO «VGAVT», 2009. 156 p.
20. Oosterveld M.W.C., van Oossanen P. Further computer-analysed data of the Wageningen B-screw series. *International Shipbuilding Progress*, 1975. Vol. 22. No. 251. pp. 251-262.
21. *Rukovodstvo po teplotekhnicheskomu kontrolyu seriynykh teplokhodov*. M.: Transport, 1980. 424 p.
22. *Rukovodstvo po teplotekhnicheskomu kontrolyu seriynykh teplokhodov*. M-vo rech. flota RSFSR, Topliv.-energ. upr. - 3-e izd., pererab. i dop. M.: Transport, 1986. 205 p.
23. Tikhomirov N.A. *Khodkost' sudna*. M.: Rechnoy transport, 1959. 200 p.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Васильева Оксана Юрьевна**, аспирант кафедры Управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: vasilieva\_ox@mail.ru

**Oksana Y. Vasileva**, postgraduate of Transport Management Chair Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail:

Статья поступила в редакцию 20.02.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 20.02.2021; published online 15.06.2021

УДК 685

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.188>

## Системы управления курсом судна с переключаемыми регуляторами

А.А. Дыда<sup>1</sup>

Нгуен Ван Тхань<sup>1</sup>

К.Н. Чумакова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Морской Государственный университет имени адм. Г. И. Невельского,  
г. Владивосток, Россия*

**Аннотация.** Целью настоящей работы является исследование возможностей повышения качества процессов управления движением судна по курсу путем комбинирования отдельных типовых регуляторов. Из известных научных направлений, посвященных решаемой задаче, наиболее близким является теория систем с переменной структурой, в котором за счет переключений достигаются уникальные полезные свойства, которыми не обладают отдельные переключаемые структуры. Статья посвящена подходу к построению системы управления курсом судна, который основан на принципе переключения регуляторов во время переходного процесса. Это позволяет улучшить качество процессов управления в системе за счет использования особенностей отдельных регуляторов. В частности, применение принципа переключения позволило заметно повысить быстродействие системы в сравнении с системами без переключения и обеспечить желаемый монотонный характер процесса управления. Предложенный подход иллюстрируется на основе переключаемых П-регуляторов. Приводятся и обсуждаются результаты моделирования разработанной системы управления курсом судна.

**Ключевые слова:** управление курсом судна, переключаемый регулятор, процесс управления, математическая модель, компьютерное моделирование, монотонный процесс, переключение, быстродействие системы, системы с переменной структурой.

## Vessel heading control systems with switchable regulators

Alexander A. Dyda<sup>1</sup>

Nguyen Van Thanh<sup>1</sup>

Ksenya N., Chumakova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Maritime State University named after Admiral Nevelskoy, Vladivostok, Russia*

**Abstract.** The purpose of this work is to study the possibilities of improving the quality of the processes of controlling the movement of the vessel along the course by combining individual standard controllers. Among the known scientific directions devoted to the problem being solved, the closest is the theory of systems with variable structure, in which, due to switching, a unique useful property is achieved, which are not possessed by individual switched structures. The article is devoted to the approach to the construction of the ship course control system, which is based on the principle of switching regulators during the transient process. This makes it possible to improve the quality of control processes in the system by using the features of individual regulators, in particular, the application of the switching principle made it possible to significantly increase the speed of the system in comparison with systems without switching and ensure the desired monotonic nature of the control process. The proposed approach is illustrated based on switchable S-controllers. The results of modeling the developed ship course control system are presented and discussed.

**Keywords:** ship course control, switchable regulator, control process, mathematical model, computer simulation, monotonic process, switching, system speed, variable structure systems.

### Введение

В системах управления движением судна широкое практическое применение получили типовые линейные регуляторы. К их числу относятся пропорциональные (П), пропорционально-дифференциальные (ПД), пропорционально-интегральные (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы [4,13,16,21,25]. Естественно, что свое практическое применение получили и другие варианты линейных регуляторов, а также принципиально отличающиеся от линейных типы регуляторов, такие как адаптивные, робастные, нелинейные, нейросетевые и другие [5].

Типовым линейным регулятором систем управления движением судна, в частности, по курсу, присущи как определённые достоинства, так и недостатки [1,5,7,9,12,23,20,19,15,22,24]. Очевидным достоинством типовых линейных регуляторов является простота их технической реализации и алгоритма управления в сравнении с другими решениями [6]. Недостатки их связаны с особенностями работы систем, в частности, курсом судна в условиях действия ветро-волновых возмущений [2,3,11].

В настоящей работе исследуется возможность повышения качества систем управления курсом судна на основе принципа переключения регуляторов [18,17,14]. Предлагаемый подход иллюстрируется на примере простой системы управления курсом судна с переключаемыми П-регуляторами, и, очевидно, может быть распространён на другие виды систем управления и регуляторов.

### Применение принципа переключения регуляторов в системе управления

Рассмотрим простую систему управления курсом судна с П-регулятором (рис. 1) [8]. На структурной схеме использованы следующие обозначения:  $w_c(s)$  – передаточная функция судна по угловой скорости;  $w_p(s)$  – передаточная функция рулевой машины;  $F$  – нелинейный блок для учета ограничения угла поворота руля судна;  $K_p$  – коэффициент передачи П-регулятора.

Передаточные функции судна и рулевой машины соответственно имеют вид:

$$w_c(s) = \frac{K_c}{T_c s + 1} \tag{1}$$

$$w_p(s) = \frac{K_p}{T_p s + 1} \tag{2}$$

Первая из них соответствует так называемой модели Номото 1 порядка.

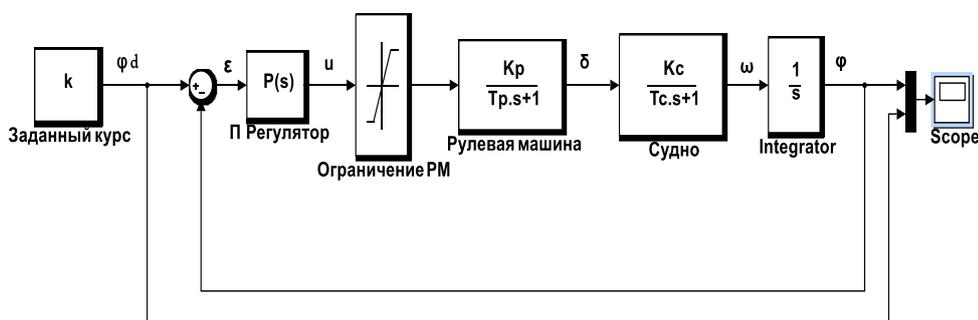


Рис. 1. Схема системы управления курсом судна с П-регулятором  
 Fig. 1. Diagram of a ship's course control system with a S-controller

На рис. 1 использованы следующие обозначения переменных:  $\varphi_d, \varphi$  – заданный курс судна и его фактическое значение соответственно;  $\omega$  – угловая скорость судна (скорость рысканья);  $\delta$  – угол перекадки руля;  $u$  – сигнал управления (выход регулятора);  $\varepsilon$  – сигнал ошибки (рассогласования).

Выберем конкретные параметры модели судна:  $K_c = 0,2$ ,  $T_c = 10$  с,  $K_p = 1$ ,  $T_c = 0,5$  с.,  $\varphi_z = 10^\circ$ . Ограничение рулевой машины:  $[-35^\circ, 35^\circ]$ .

Коэффициент передачи (усиления) П-регулятора при известных параметрах в (1) и (2) выбирается из условий устойчивости системы управления курсом судна (рис. 1).

Анализ показывает, что большим значением коэффициента усиления П-регулятора соответствуют переходные процессы, протекающие с высокой скоростью и имеющие сильно выраженный колебательный характер. Очевидно, что такой характер процессов управления в системе приводит к интенсивной работе рулевой машины, что нежелательно в связи с ускоренным износом ее механизмов.

На рисунках 2-3 приведены примеры процессов, протекающих в системе при большом коэффициенте передачи П-регулятора.

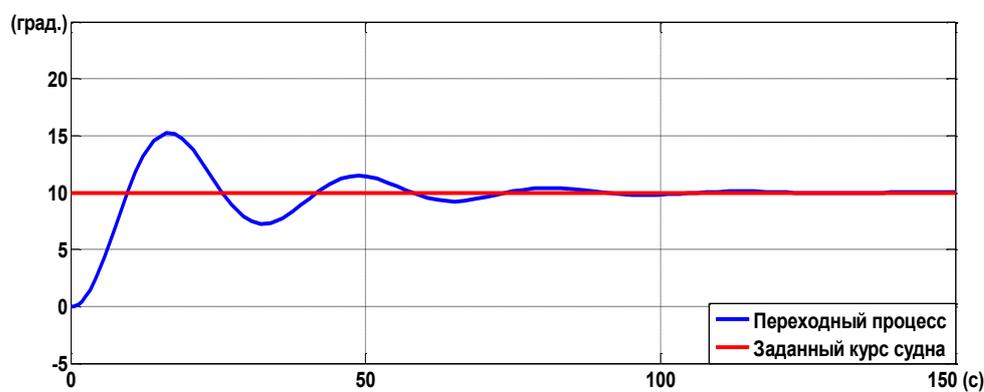


Рис. 2. Переходный процесс системы управления курсом судна с П регулятором при  $K_p = 2$   
 Fig. 2. Transient process of the ship's course control system with S regulator at  $K_p = 2$

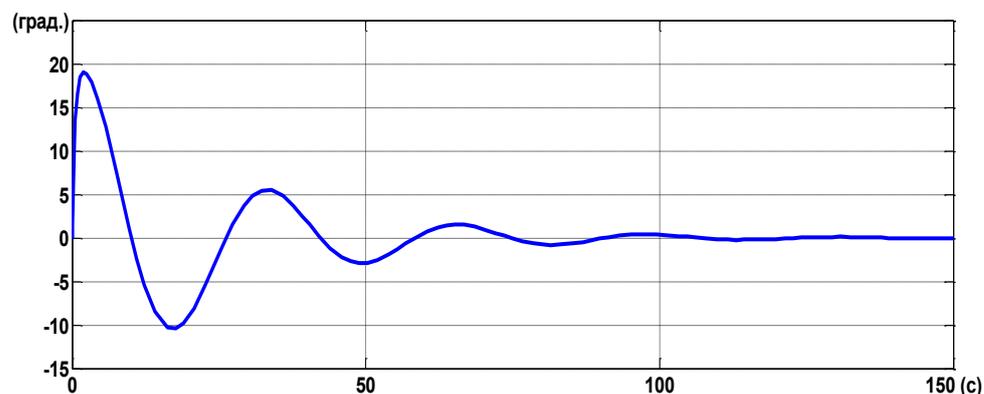


Рис. 3. Угол перекадки руля судна при  $K_p = 2$   
 Fig. 3. The angle of the ship's rudder shift at  $K_p = 2$

Для управления курсом судна желательным является монотонный характер переходного процесса, при котором обеспечивается плавность процесса управления, отсутствие перерегулирования и благоприятный режим работы рулевой машины. На основе математического моделирования системы управления курсом судна при

заданных параметрах был определен коэффициент передачи П-регулятора  $K_p=0,15$ , при котором процесс управления имел монотонный характер при максимальном быстродействии.

Результаты моделирования системы управления курсом судна при  $K_p=0,15$  приведены на рисунках 4-5.

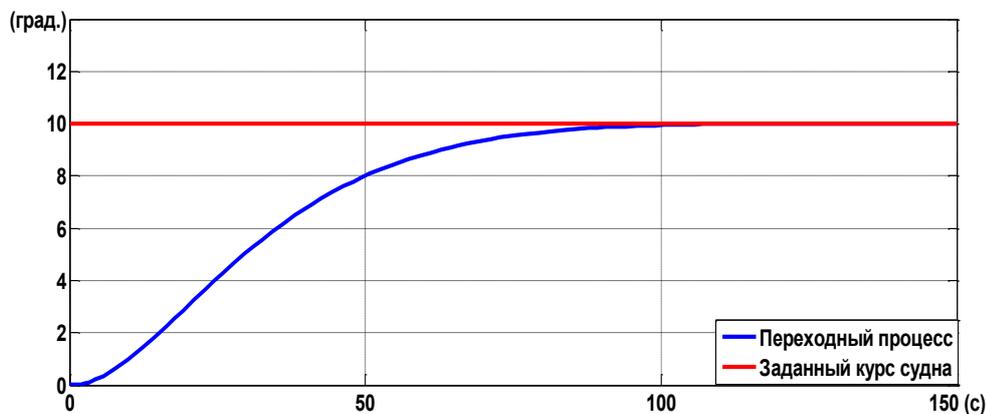


Рис. 4. Переходный процесс системы управления курсом судна с П регулятором при  $K_p = 0,15$

Fig. 4. Transient process of the ship's course control system with S controller at  $K_p = 0.15$

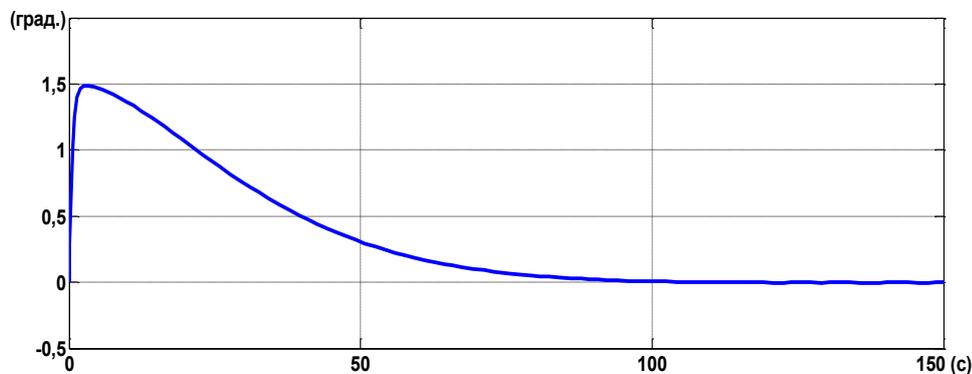


Рис. 5. Угол перекадки руля судна при  $K_p = 0,15$

Fig. 5. The angle of the ship's rudder shift at  $K_p = 0.15$

Рассмотрим теперь возможность объединения полезных свойств П-регуляторов с различными коэффициентами передачи для улучшения качества процессов в системе управления курсом судна.

На рис. 6 приведена схема системы управления курсом судна, в которой реализуется переключение коэффициента усиления П-регулятора. Такие регуляторы далее будем обозначать как  $\Pi_1/\Pi_2$ . Переключение выполняется с помощью

логических блоков при условии, что абсолютная величина сигнала рассогласования  $\varepsilon(t)$  становится меньше заданного уровня «с».

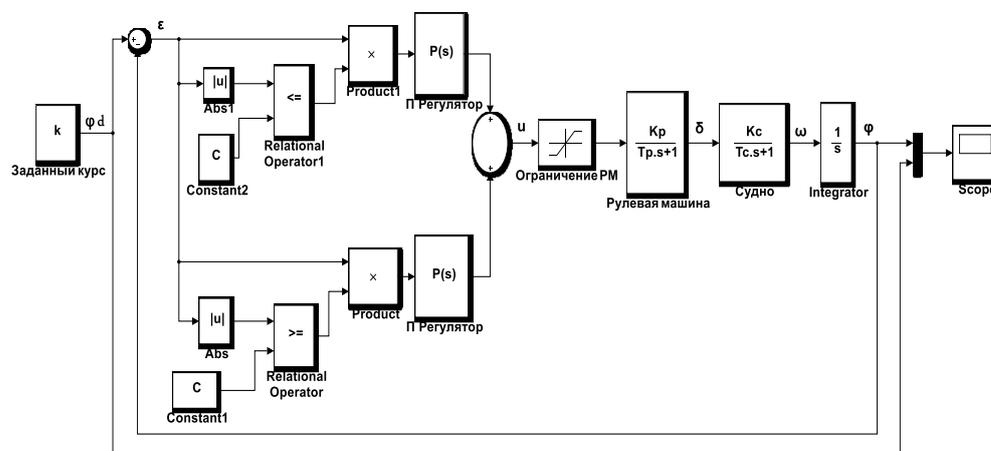


Рис. 6. Система управления курсом судна с переключаемыми П1/П2 регуляторами  
 Fig. 6. Vessel heading control system with switchable S1 / S2 controllers

Результаты математического моделирования системы управления курсом судна приведены на рисунках 7-8. Анализ полученных графиков показывает, что при коэффициенте передачи регулятора  $K_p = 2$ , переходный процесс на начальной фазе протекает с высокой скоростью и время первого достижения заданного курса равно почти 10с, перерегулирование достаточно велико и равно примерно 50% от требуемого значения, а время переходного процесса составляет около 70с. Максимальный угол перекладки руля  $19^\circ$ .

При коэффициенте передачи регулятора  $K_p=0,15$  время переходного процесса составляет примерно 74с и перерегулирование отсутствует. Максимальный угол перекладки руля  $1,5^\circ$ .

При использовании переключаемых П1/П2 регуляторов время переходного процесса составляет 39с, перерегулирование равно 2%. Максимальный угол перекладки руля  $19^\circ$ .

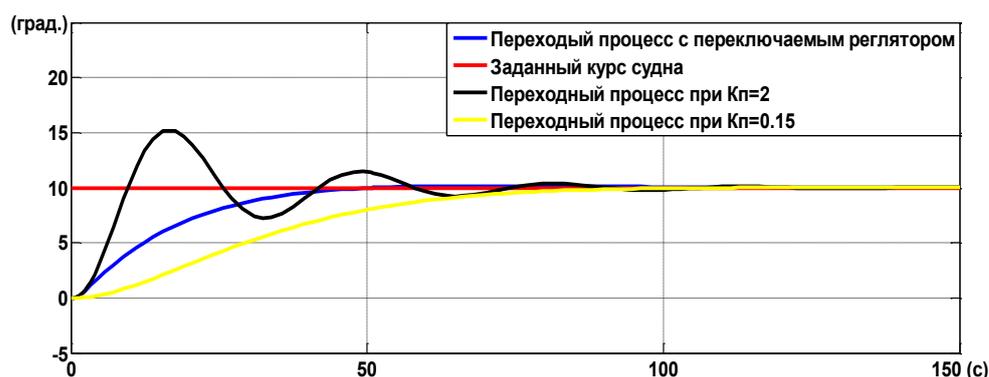


Рис. 7. Переходные процессы в системе управления курсом судна при различных регуляторах  
 Fig. 7. Transient processes in the ship's course control system with different controllers

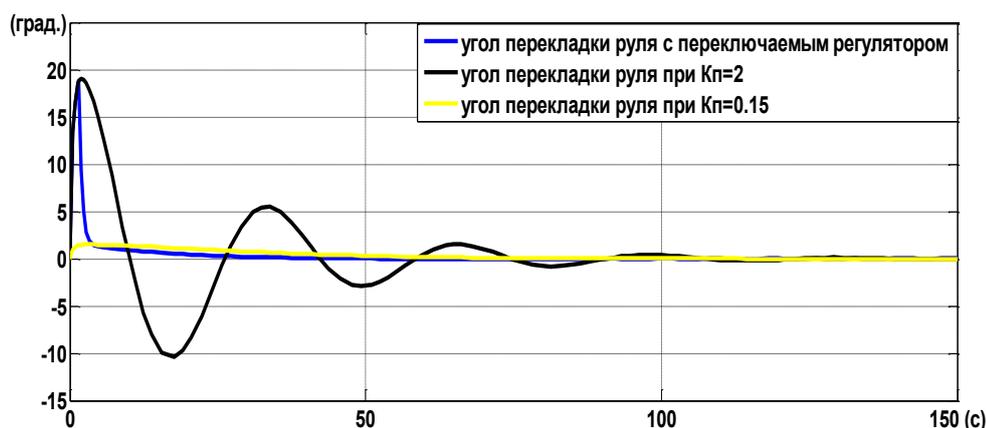


Рис. 8. Углы перекадки руля судна  
Fig. 8. Ship rudder angles

Анализ полученных графиков показывает, что применение П-регулятора с большим коэффициентом усиления позволяет обеспечить высокую скорость переходного процесса на его начальной фазе. На финальной стадии переходному процессу обеспечивается монотонный характер за счет переключения на П-регулятор с меньшим коэффициентом передачи.

Приведенные результаты моделирования показывают, что использование переключаемого П1/П2 регулятора в конкретном случае позволило уменьшить время переходного процесса в 1,8 раза в сравнении с П-регулятором при  $K_p=2$  и в 1,9 раза – для  $K_p = 0,15$ . При этом сохранился желаемый монотонный характер быстрого переходного процесса.

Анализ также показывает, что при использовании П1/П2-регулятора условия работы рулевой машины являются существенно более благоприятными в сравнении с системой, имеющей П-регулятор с большим коэффициентом передачи ( $K_p=2$ ).

Следует отметить, что на эффективность применения П1/П2-регуляторов заметное влияние оказывает нелинейный характер системы управления курсом судна, обусловленный ограничением угла перекадки руля, а также выбор константы «с», определяющие условия переключения в логическом блоке регулятора.

### Заключение

Таким образом, применение принципа переключения позволяет в значительной степени нейтрализовать недостатки, свойственные системам управления с фиксированным регулятором. В рассматриваемом случае к таким недостаткам относятся большое перерегулирование и существенная колебательность (для П-регулятора с высоким коэффициентом усиления), а также низкое быстродействие (для П-регулятора с малым коэффициентом усиления).

Построенная же система управления курсом судна сохраняет полезные свойства двух отдельных систем – высокое быстродействие и монотонность переходных процессов.

Исследованная система управления курсом судна с переключаемыми П-регуляторами может быть отнесена к классу систем с переменной структурой, обладающих рядом уникальных свойств [10]. Представляется целесообразным дальнейшее изучение систем управления с переключаемыми типовым и другими регуляторами, в том числе, с учетом влияния внешней водной среды на движения судна.

**Список литературы**

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория автоматического управления [Текст]/ В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
2. Вагущенко, Л.Л. Системы автоматического управления движением судна [Текст]/ Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал. – Одесса: Латстар, 2002. – 310 с.
3. Дёмин С.И., Жуков Е.И., Кубачев Н.А. Управление судном: Учеб. Для вузов. – М.: Транспорт, 1991. – 359 с.
4. Денисенко В. ПИД – регуляторы: принципы построения и модификации, часть 1 /Денисенко В. // СТА Современные Технологии Автоматизации. – 2006. – №4. – С. 66 – 74
5. Емельянов С.В. Системы автоматического управления с переменной структурой [Текст]/ С.В. Емельянов. – М.: Наука, 1967. – 336 с.
6. Изерман Р. Цифровые системы управления. — М.: Мир, 1984. — 541 с.
7. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 400 с.
8. Сирота А.А. Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование в Matlab: учеб. пособие. – СПб.: БХВ - Петербург, 2016. – 384 с.: ил. – (Учебное пособие).
9. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
10. Уткин В.И. Скользящие режимы с переменной структурой [Текст]/ В.И. Уткин. – М.: Наука, 1974. – 272 с.
11. Шарлай Г.Н. Управление морским судном: учебное пособие/ Г.Н.Шарлай. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – 543с.
12. Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design, and technology // IEEE Trans. on Control Systems Technology. July 2005. Vol. 13. No. 4. P. 559-576.
13. Astrom K.J., Hagglund T. Advanced PID control. — ISA (The Instrumentation, Systems, and Automation Society), 2006. — 460 p.
14. Hodel A.S., Hall C.E. Variable\_ structure PID control to prevent integrator windup // IEEE Trans. on Industrial Electronics. 2001. Vol. 48. No. 2. P. 442-451.
15. Jing\_Chung Shen, Huann\_Keng Chiang. PID tuning rules for second order systems // Control Conference, 2004 (5th Asian), 20-23 July 2004. Vol. 1. P. 472-477.
16. Karimi A., Garcia D., Longchamp R. PID controller tuning using Bode’s integrals // IEEE Trans. on Control Systems Technology. Nov. 2003. Vol. 11. No. 6. P. 812-821.
17. Keel L.H., Rego J.I., Bhattacharyya S.P. A new approach to digital PID controller design // IEEE Trans. on Automatic Control. April 2003. Vol. 48. No. 4. P. 687-692.
18. Li Y., Ang K.H., Chong G.C.Y. Patents, Software, and Hardware for PID control: an overview and analysis of the current art // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. P. 42-54.
19. Moradi M.H. New techniques for PID controller design // Proceedings of 2003 IEEE Conference on Control Applications (CCA 2003), 23\_25 June 2003. Vol. 2. P. 903-908.
20. Obika M., Yamamoto T. An evolutionary design of robust PID controllers // Mechatronics and Automation, 2005 IEEE International Conference, 29 July\_ 1 Aug. 2005. Vol. 1. P. 101-106.
21. Oviedo J.J.E., Boelen T., van Overschee P. Robust advanced PID control (RaPID): PID tuning based on engineering specifications // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. Vol. 26. Issue 1. P. 15-19.
22. Silva G.J., Datta A., Bhattacharyya S.P. New results on the synthesis Of PID controllers // IEEE Trans. on Automatic Control. Feb. 2002. Vol. 47. No. 2. P. 241-252.
23. Silva G.J., Datta A., Bhattacharyya S.P. On the stability and controller robustness of some popular PID tuning rules // IEEE Trans. on Automatic Control. Sept. 2003. Vol. 48. No. 9. P. 1638-1641.
24. Skoczowski S., Domek S., Pietruszewicz K., Broel Plater B. A method for improving the robustness of PID control // IEEE Trans. on Industrial Electronics. Dec. 2005. Vol. 52. No. 6. P. 1669\_1676.
25. Takao K., Yamamoto T., Hinamoto T. Design of a memory\_based selftiming PID controller // 43rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2004), 14\_17 Dec. 2004. Vol. 2. P. 1598-1603.

### References

1. Besekersky V.A., Popov E.P. Theory of automatic control [Text] / V.A. Besekersky, E.P. Popov. - SPb. : Professiya, 2007. -- 752 p.
2. Vagushchenko, L.L. Systems of automatic control of vessel movement [Text] / LL. Vagushchenko, N.N. Tsymbal. - Odessa: Latstar, 2002. -- 310 p.
3. Demin S.I., Zhukov E.I., Kubachev N.A. Ship management: Proc. For universities. - M. : Transport, 1991. -- 359 p.
4. Denisenko V. PID - controllers: principles of construction and modification, part 1 / Denisenko V. // STA Modern Automation Technologies. - 2006. - No. 4. - P. 66 - 74
5. Emelyanov S.V. Automatic control systems with variable structure [Text] / S.V. Emelyanov. - Moscow: Nauka, 1967. -- 336 p.
6. Iserman R. Digital control systems. - M.: Mir, 1984. -- 541 p.
7. Rotach V.Ya. Automatic control theory. - M.: Publishing house MEI, 2004. -- 400 p.
8. Orphan A.A. Methods and algorithms for data analysis and their modeling in Matlab: textbook. allowance. - SPb. : BHV - Petersburg, 2016. -- 384 p. : ill. - (Tutorial).
9. Handbook on the theory of automatic control / Ed. A.A. Krasovskiy. - M.: Nauka, 1987. -- 712 p.
10. Utkin V.I. Sliding modes with variable structure [Text] / V.I. Utkin. - Moscow: Nauka, 1974. -- 272 p.
11. Sharlai G.N. Management of a sea vessel: a study guide / G.N. Sharlay. - Vladivostok: Mor. state un-t, 2011. - 543p.
12. Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design, and technology // IEEE Trans. on Control Systems Technology. July 2005. Vol. 13. No. 4. P. 559-576.
13. Astrom K.J., Hagglund T. Advanced PID control. — ISA (The Instrumentation, Systems, and Automation Society), 2006. — 460 p.
14. Hodel A.S., Hall C.E. Variable structure PID control to prevent integrator windup // IEEE Trans. on Industrial Electronics. 2001. Vol. 48. No. 2. P. 442-451.
15. Jing\_Chung Shen, Huann\_Keng Chiang. PID tuning rules for second order systems // Control Conference, 2004 (5th Asian), 20-23 July 2004. Vol. 1. P. 472-477.
16. Karimi A., Garcia D., Longchamp R. PID controller tuning using Bode's integrals // IEEE Trans. on Control Systems Technology. Nov. 2003. Vol. 11. No. 6. P. 812-821.
17. Keel L.H., Rego J.I., Bhattacharyya S.P. A new approach to digital PID controller design // IEEE Trans. on Automatic Control. April 2003. Vol. 48. No. 4. P. 687-692.
18. Li Y., Ang K.H., Chong G.C.Y. Patents, Software, and Hardware for PID control: an overview and analysis of the current art // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. P. 42-54.
19. Moradi M.H. New techniques for PID controller design // Proceedings of 2003 IEEE Conference on Control Applications (CCA 2003), 23\_25 June 2003. Vol. 2. P. 903-908.
20. Obika M., Yamamoto T. An evolutionary design of robust PID controllers // Mechatronics and Automation, 2005 IEEE International Conference, 29 July\_1 Aug. 2005. Vol. 1. P. 101-106.
21. Oviedo J.J.E., Boelen T., van Overschee P. Robust advanced PID control (RaPID): PID tuning based on engineering specifications // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. Vol. 26. Issue 1. P. 15-19.
22. Silva G.J., Datta A., Bhattacharyya S.P. New results on the synthesis Of PID controllers // IEEE Trans. on Automatic Control. Feb. 2002. Vol. 47. No. 2. P. 241-252.
23. Silva G.J., Datta A., Bhattacharyya S.P. On the stability and controller robustness of some popular PID tuning rules // IEEE Trans. on Automatic Control. Sept. 2003. Vol. 48. No. 9. P. 1638-1641.
24. Skoczowski S., Domek S., Pietruszewicz K., Broel\_Plater B. A method for improving the robustness of PID control // IEEE Trans. on Industrial Electronics. Dec. 2005. Vol. 52. No. 6. P. 1669\_1676.
25. Takao K., Yamamoto T., Hinamoto T. Design of a memory\_based selftuning PID controller // 43rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2004), 14\_17 Dec. 2004. Vol. 2. P. 1598-1603.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Дыда Александр Александрович**, д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматических и информационных систем, «Морской Государственный университет им. адм. Г. И. Невельского» (ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г. И. Невельского»), 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50-а,

**Alexander A. Dyda**, Doctor in Engineering Science, Professor of the Department of Automatic and Information Systems, Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, 50-a, st. Verkhneportovaya, Vladivostok, 690059, e-mail: adyda@mail.ru

**Нгуен Ван Тхань**, аспирант, «Морской Государственный университет им. адм. Г. И. Невельского» (ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г. И. Невельского»), 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50-а, e-mail: Thanhnv.hvhq@gmail.com

**Nguyen Van Thanh**, graduate student, Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, 50-a, st. Verkhneportovaya, Vladivostok, 690059, e-mail: Thanhnv.hvhq@gmail.com

**Чумакова Ксения Николаевна**, аспирант, «Морской Государственный университет им. адм. Г. И. Невельского» (ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г. И. Невельского»), 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50-а, e-mail: ksushechka\_1991@mail.ru

**Ksenya N. Chumakova**, graduate student, Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, 50-a, st. Verkhneportovaya, Vladivostok, 690059, e-mail: ksushechka\_1991@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.02.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 19.02.2021; published online 15.06.2021

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.199>  
УДК 656.62.052.4:[629/12:532.5]

## **Анализ методик определения значений скоростей обтекания корпуса судна встречным потоком при заходе в камеру шлюза**

**Е.В. Зубкова<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7212-0165>

**А.Н. Клементьев<sup>1</sup>**

**В.А. Ундалов<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3510-4523>

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** Цель работы – провести сравнение результатов расчётов скоростей потока обтекания корпуса судна при его заходе в камеру шлюза по различным методикам. В статье представлены математические зависимости, полученные различными авторами в ходе проведенных ими исследований в зависимости от коэффициента стеснения камеры шлюза корпусом судна. Сделана попытка определения влияния высоты волны, возникающей перед форштевнем в процессе захода создающей уклон поверхности воды и влияние этого фактора на скорость обтекающего потока. Установлено, что значения скоростей обтекающего потока, рассчитанные по различным методикам, имеют расхождения, а сами методики не позволяют определять скорость обтекающего потока при заходе крупнотоннажных судов в камеру шлюза предельно малой ширины. Авторами предложена простая методика расчета скорости обтекания для случаев больших значений коэффициента стеснения с использованием вспомогательного графика.

**Ключевые слова:** коэффициент стеснения, статический запас воды под днищем судна, высота поперечной волны перед форштевнем судна, скорость обтекающего потока.

## **Analysis of methods determining the value of the flow's speed when entering the lock chamber**

**Evgenia V. Zubkova<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7212-0165>

**Alexander N. Klementev<sup>1</sup>**

**Vasilii A. Undalov<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3510-4523>

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The purpose of this work is to compare the results of calculating the velocities of the flow around the ship's hull when it enters the lock chamber using various methods. The article presents the mathematical dependences obtained by various authors in the course of their research depending on the coefficient of constraint of the lock chamber by the ship's hull. An attempt to determine the influence of the height of the wave that arises in front of the stem in the process of entry which creates a slope of the water surface and the effect of this factor on the speed of the flowing stream is made. It was found that the values of the flow velocities calculated by various methods have discrepancies. And the methods themselves do not allow determining the speed of the flow around when large-tonnage vessels enter the lock chamber of an extremely small width. The authors proposed a simple

technique for calculating the flow velocity for cases of large values of the constraint coefficient using an auxiliary graph.

**Keywords:** constriction coefficient, static water reserve under the bottom of the vessel, shear wave height in front of the bow of the vessel, flow velocity.

### **Введение**

Анализ теоретических, экспериментальных и натуральных исследований показывает, что гидродинамические явления, возникающие в камерах шлюзов при проводке судов, аналогичны явлениям при движении судов в условиях ограниченного фарватера. Однако, следует учитывать, что на процесс проводки существенное влияние оказывает замкнутый объем жидкости в тупиковой области камеры. Под воздействием судна происходит вытеснение воды из камеры при вводе. При стеснении корпусом судна камеры шлюза более 50% расход потоков обтекания оказывается меньше объема вытесняемой судном жидкости. При этом перед форштевнем судна наблюдается подъем уровня воды. Вытесняемой судном жидкости сообщается кинетическая энергия, которая трансформируется в энергию потоков обтекания и потенциальную энергию объема воды в тупиковой области камеры. Часть энергии жидкости рассеивается на трение. Теоретических и экспериментальных данных о нестационарных процессах, обусловленных зонами отрыва при обтекании судовых профилей, в литературе встречается достаточно мало. Имеющиеся сведения и исследования обтекания потоком различных по форме тел позволяют сделать только качественную оценку нестационарных гидродинамических процессов, возникающих при обтекании корпуса судна. Возникает необходимость провести сравнение результатов расчётов скоростей потока обтекания корпуса судна при его заходе в камеру шлюза по различным методикам, а также определения влияния высоты волны, возникающей перед форштевнем в процессе захода, создающей уклон поверхности воды и влияние этого фактора на скорость обтекающего потока[9].

### **Анализ теоретических методов расчетов**

Авторами работ [1-3] сформулирована задача о вводе судна в камеру шлюза. В постановке учитывается поршневой эффект судна, который рассматривается авторами как работа, производимая судном при движении в камере по типу своеобразной гидравлической машины, подводящей энергию жидкости и содействующей выжиманию ее из тупиковой области.

В общем случае, согласно закону сохранения массы, масса воды, протекающая через обтекания вдоль бортов судна можно воспользоваться уравнением неустановившегося безнапорного течения.

Если рассматривать область камеры шлюза перед форштевнем судна и область, стесненную корпусом судна, то для определения скорости воды, протекающей вдоль корпуса судна можно использовать уравнение Бернулли:

$$P + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = const \quad (1)$$

Если рассматривать горизонтальное движение без учета изменения уровня воды, (т.е.  $h = const$ ), то уравнение Бернулли можно записать следующим образом:

$$\frac{F}{\Omega_{\otimes}} + P_a + \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\rho v_2^2}{2} + P_a \quad (2)$$

где  $P_a$  – атмосферное давление;

$v_1$  – скорость движения судна;

$v_2$  – скорость обтекающего потока;

$F$  – упор винтов.

Из уравнения неразрывности следует:

$$\Omega_{\otimes} v_1 = S_2 v_2 \quad (3)$$

Где

$\Omega_k$  – площадь водного сечения камеры шлюза;

$\Omega_{\otimes}$  – площадь погруженной части мидельшпангоута судна;

Решая совместно уравнения (2) и (3), получим:

$$\frac{F}{\Omega_{\otimes}} + \frac{\rho S_2^2 v_2^2}{2 \Omega_{\otimes}^2} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (4)$$

Отсюда:

$$v^2 = \sqrt{\frac{2F\Omega_{\otimes}}{\rho(\Omega_{\otimes}^2 - S_2^2)}} \quad (5)$$

Результаты модельных и натурных испытаний [1-3] показывают, что в момент входа в камеру шлюза, ввиду резкого сужения потока обтекания, наблюдается максимальное повышение уровня воды перед судном, возникает поперечная волна, что дополнительно увеличивает сопротивление воды и оказывает влияние на скорость движения судна.

Чем большую скорость имеет судно перед заходом в камеру шлюза и чем больше стеснение миделем судна живого сечения камеры шлюза, тем больше перепад уровней, больше сопротивление воды движению судна, скорость обтекания и динамическая просадка.

Причем на увеличение скорости, кроме сужения потока, влияет еще уклон, возникающий вследствие подъема уровня перед форштевнем (носовая волна) и опускания уровня из-за возникающего дифферента на корму.

В силу небольших значений скоростей судна можно полагать движение воды потенциальным. В таких течениях вращение частиц в среднем отсутствуют, т.е. все движение воды сводится к поступательному и деформационному.

Тогда скоростной характер течения можно представить в виде:

$$V = V_o + S_v dl \quad (6)$$

где  $S_v dl$  – скорость, называемая деформационным движением.

#### **Данные модельных испытаний**

В Московском филиале ЛИВТа были проведены обширные модельные гидравлические исследования проводки судов в шлюзах для ББК, ВБВП, ВДСК к др. [2]. Большим достоинством этих исследований является то, что модель судна двигалась в камере своим ходом своим ходом (под действием винтовых движителей), а формирование водной поверхности определялась по 14 волномерам, установленным вдоль продольной стены камеры шлюза (рис1).

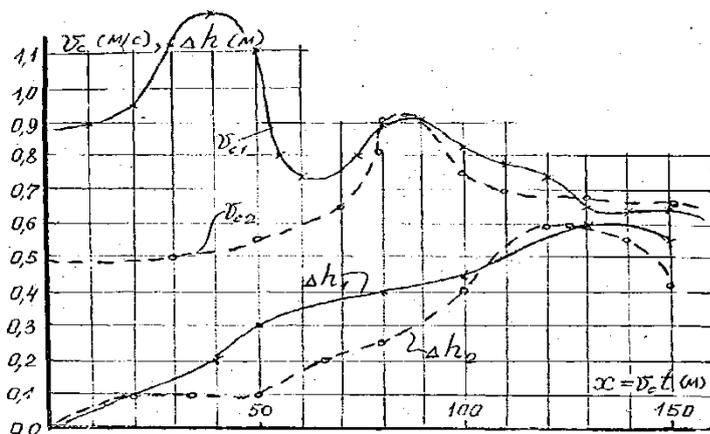


Рис.1 Изменения скорости судна и уровней воды при заходе в камеру шлюза  
 Fig. 1 Changes in vessel speed and water levels when entering the lock chamber

На рис. 1 представлены случаи ввода судна в камеру шлюза. Для случая –  $V_{c1}$  средняя скорость движения  $V_{cp} = 0,86\text{ м/с}$ , для случая –  $V_{c2}$  средняя скорость движения  $V_{cp} = 0,61\text{ м/с}$ . Но максимальная величина колебания уровней воды в камере оказалась равной для этого случая характерно плавное уменьшение скорости движения судна и относительно плавное повышение уровня воды в камере с уклоном свободной поверхности воды в сторону судна.

Однако следует отметить, что приведенные данные получены для соотношения  $H/T = 1,33$  (величина статического запаса воды под днищем судна при этом – в пределах 0,8-1,0 м)

Авторы статьи [1] предлагают для расчетов средних значений скоростей потока, обтекающего корпус судна при заходе в шлюз, воспользоваться формулой Шези:

$$V_{\text{пот}} = V_c + 1,1V_g \tag{7}$$

где  $V_c$  – скорость судна;

$V_g = C_o V R J$  – скорость воды, обусловленная уклоном воды.

$C_o = \frac{1}{n_{\text{пр}}^{1/6}}$  – коэффициент сопротивления Шези;

$n_{\text{пр}}$  – приведенный коэффициент шероховатости стенок;

$R_c = \frac{\Omega_k - \Omega_{\otimes}}{w_k + w_c}$  гидравлический радиус,

$\Omega_k$  – площадь водного сечения камеры шлюза;

$\Omega_{\otimes}$  – площадь погруженной части мидельшпангоута судна;

$(w_k + w_c)$  – суммарный смоченный периметр камеры шлюза и судна;

$J = \text{tg} f$  – уклон водной поверхности;

$f$  – угол дифферента судна.

Уклон поверхности воды при заходе в шлюз определяется высотой волны, образующейся перед форштевнем судна. При этом полагалось, что уклон свободной поверхности воды соответствует уклону (дифференту судна).

Натурные наблюдения показывают, что при движении судна в камере дифферентные углы, как правило, не превышают 30' (т. е.  $J = 0.008$ ).

В работе [2] рекомендовано определять подъем уровня воды в камере шлюза при заходе судна по выражению:

$$\Delta H = 0,24 V_{\text{пот}}^{2,2} \tag{8}$$

Следует заметить, что данная зависимость в явном виде не учитывает степень стеснения.

В работе [3] С. С. Кирьяков величину скорости обтекающего потока в зависимости от уклона определял по формуле:

$$V_{\text{пот}} = \frac{\Omega_k V_c}{\Omega_k - \Omega_{\otimes} - \Delta H B_k} \quad (9)$$

Совместное решение уравнений (8) и (9) позволяет получить зависимость для определения потока обтекания с учетом стесненности камеры шлюза корпусом судна и скорости заходящего судна, в виде:

$$V_{\text{пот}} = \left( \frac{V_c \Omega_{\otimes}}{0,24 B_k (\Omega_k - \Omega_{\otimes})} \right)^{0,31} \quad (10)$$

Результаты значений скорости обтекающего потока по формуле (10) для случаев входа судна типа «Волго-Дон» при различной осадке в камеру шлюза шириной  $B_k = 18\text{м}$  и глубиной  $H_k = 3,9\text{м}$  приведены в табл.1.

С учетом полученных значений скоростей обтекания теперь можно определить величину подъема уровня воды перед форштевнем заходящего в шлюз судна по формуле (8).

В работе [5] авторами представлена графическая зависимость для определения максимального повышения уровня воды в виде функции от степени стеснения камеры шлюза корпусом судна и скорости захода, полученная с учётом натурных наблюдений (рис.2).

Сравнительный анализ результатов показывает качественную сходимость результатов, полученных по зависимости (8) и по рис. 2.

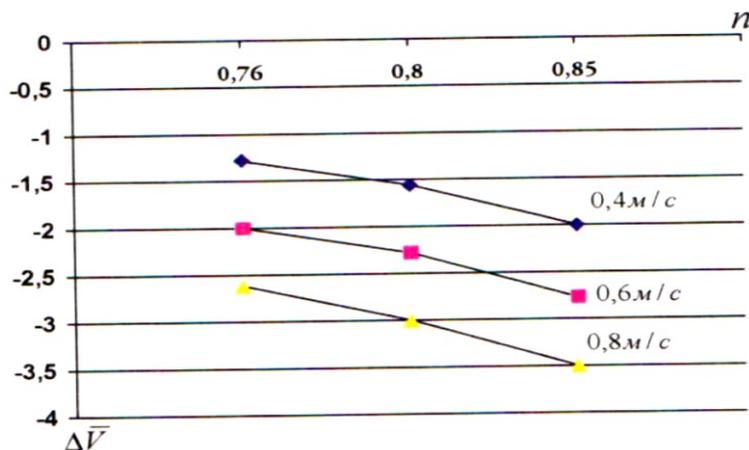


Рис.2. Графическая зависимость для определения максимального повышения уровня воды в виде функции от степени стеснения камеры шлюза корпусом судна и скорости захода, полученная с учётом натурных наблюдений

Fig. 2. Graphical dependence for determining the maximum increase in the water level as a function of the degree of restriction of the lock chamber by the ship's hull and the speed of entry, obtained taking into account field observations

В нормативном документе [4] средняя скорость потока обтекания относительно судна определяется по формуле:

$$v_1 = Fr_1 \sqrt{g \frac{\Omega}{B}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\alpha} \cos \frac{\pi + \phi}{3} \sqrt{g \frac{\Omega}{B}} \quad (11)$$

где  $\alpha = Fr^2 + 2(1 - k)$ ;  $\phi = \arccos \frac{3\sqrt{3}Fr}{\sqrt{\alpha^3}}$ .

Значение  $Fr_1$  в формуле (11) можно определить по графику на рис.3 при известном коэффициенте стеснения  $k$  и скорости движения судна.

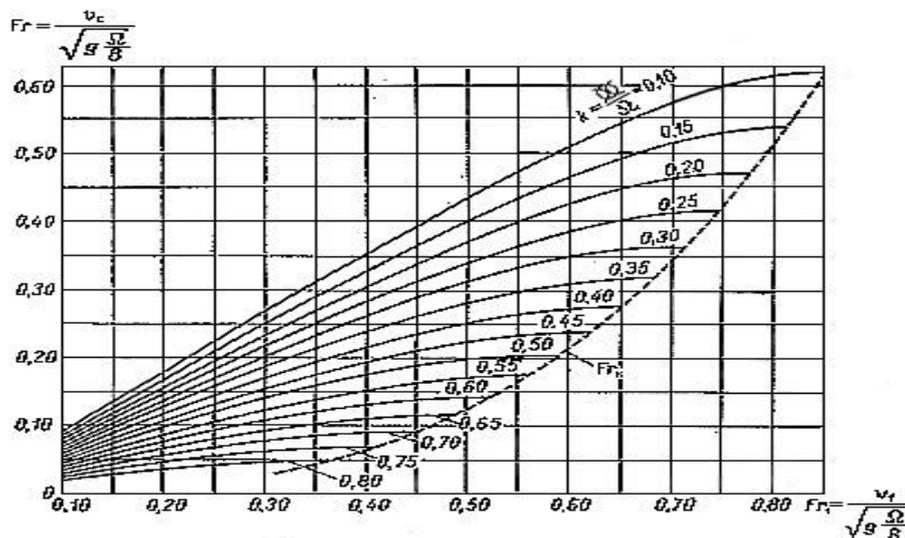


Рис.3. График для определения критической скорости движения судна и скорости потока обтекания относительно судна  
 Fig. 3. Graph for determining the critical speed of movement the vessel and the flow rate of the flow relative to the vessel

Средняя скорость потока обтекания относительно шлюза равна:

$$v_6 = v_1 - v_c \tag{12}$$

где  $v_c$  - скорость движения судна, м/сек.

Однако следует отметить, что при значениях коэффициента стеснения более 0,8 вспомогательным графиком пользоваться нельзя.

В табл.1 приведены расчетные значения скоростей обтекания, полученные по вышеприведенным методикам для случая захода т/х «Волго-Дон» в камеру шлюза при больших значениях коэффициента стеснения.

Таблица 1

Значения скоростей обтекания потока

$k$	$v_c, \text{ м/с}$	(5)	(7)	(10)	(11)
0,82	0,4	0,46	0,54	0,76	-
	0,6	0,65	0,74	0,87	-
	0,8	0,98	0,94	0,95	-
0,77	0,4	0,48	0,53	0,70	1,3
	0,6	0,68	0,73	0,80	-
	0,8	0,86	0,93	0,88	-
0,73	0,4	0,57	0,52	0,65	1,6
	0,6	0,73	0,72	0,74	-
	0,8	0,79	0,92	0,80	-

### **Выводы**

Анализ результатов расчетов показывает, что значения скоростей обтекания, полученные по приведенным методикам, имеют некоторые различия между собой, что требует дополнительного исследования.

С учетом того, что натурные эксперименты требуют больших материальных затрат, а лабораторные исследования не позволяют качественно определить совместное влияние различных факторов, сопровождающих процесс захода судна в камеру шлюза и оказывающих влияние на динамическую картину обтекающего потока [15], наиболее предпочтительным в настоящее время можно считать математическое моделирование процесса. Кинематическую и динамическую структуру обтекающего потока можно получить путем численного решения уравнений Навье-Стокса с дополнением их граничными условиями [9,11].

### **Список литературы**

1. Мелконян Г.И., Дорофеев В.В. Гидравлическое исследование процесса ввода судна в шлюз/ Тр. ЛИВТ, 1971г., ч.1, с.33-43
2. Зернов Д.А., Кирьяков С.С. Пропуск крупнотоннажных судов через шлюзы ББК.- «Речной транспорт». 1967, №5.
3. Кирьяков С.С. Исследование дополнительных осадок и скоростей при входе и выходе судов в шлюзах.//Диссертация на соискание степ. к.т. н. ЛИВТ/-Л.:1971.- 245 с.
4. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. СНиП 2.06.01-86.с.29
5. Васянин А. Д., Клементьев А. Н. Исследование и моделирование особенностей процесса захода судна в камеру шлюза./ Вестник ВГАВТ, 2009.-Вып.26,с.31-34
6. Временные строительные нормы. Указания по проектированию судоходных каналов. Пр. Минречфлота РСФСРВСН 3-70. Утв.01.01.1972г.
7. Результаты лабораторных исследований движения судна в сверхограниченных фарватерах / В.И. Похабов. – Текст : непосредственный //Сборник научных трудов МИИВТа. Серия: «Повышение надежности механического оборудования судоходных гидротехнических сооружений». –1996. – №10. –С.139-159.7.
8. Экспериментальные лабораторные исследования ввода и вывода судов в камерах судопропускных сооружений / С.С. Кирьяков, В.И. Похабов, С.Ю. Третьяк. – Текст: непосредственный //Сборник научных трудов МИИВТа. Серия: «Эксплуатация водных путей и гидротехнических сооружений. –1992. – №11. –С.42-69.
9. Harlow, F.H. Numerical calculation of time – dependent viscous incompressible flows of fluid with free surface / F.H. Harlow, J. E. Welch, //-Phys, Fluids, 1982, №8 pp.2182-2187
10. Helm K. Einfluss der verschiedenenFlachwasser profile auf Wielsndand Vorieb von BinnenshiftenmitRechnungsbeispiele fur die Bind wasserstrasze der klasse IV «Hansa» Zentralorgan fur Schifffahrt. Schiff hafen. Hamburg. Nr. II. 1965.
11. Rodi, W. Influence of buoyancy and rotation on equations for turbulent length scale /Rodi, W. //Proc.2nd Symp. on Turbulent Shear Flows- 1979, v. 1 pp. 25-31
12. Tothill I. T.Ships in rectricted channels. A correlation of more tests, field measurements and theory, Ottava, 1966.
13. Schale E. Stromungsmessungen in einem Stillwassercanal trap formigen Querschnitts. «Schiff und Hafen». H 5,1968,20
14. FuehrerM. Der Einflussderortlichen Stromungsverhaltnisse Umgedungvon Schifftenauf diewechselbeziehungenzwischen Schiffon Kanal. «SchriftenzelneWasserundGrundbau». H., II Berlin. 1964.
15. Windsor I. Hydraulic assistance on the Welland schip. Waterways and Harbjrs Div. Proc. Civil Engrs. No.1, 1968, p. 94

### **References**

1. Melkonyan G.I., Dorofeev V.V. Hydraulic study of the process of entering a ship into the lock / Tr. LIVT, 1971, part 1, pp. 33-43
2. Zernov D.A., Kiryakov S.S. Passage of large-tonnage vessels through the BBC locks // River transport, 1967, No. 5.

3. Kiryakov S.S. Investigation of additional drafts and speeds at the entrance and exit of ships in locks. // Dissertation for the step. Ph. D. n. LIVT /L.: 1971. 245 p.
4. Hydraulic structures. The main provisions of the design. Building Code 2.06.01/86.p.29
5. Vasyanin A. D., Klement'ev A. N. Research and modeling of the peculiarities of the process of entering the lock chamber // Bulletin of VSAWT, 2009. Issue 26, pp.31-34.
6. Temporary building codes. Guidelines for the design of shipping channels. Etc. Ministry of River Fleet of the RSFSR Building Norms 3-70. Approved 01.01.1972.
7. Rezultaty laboratornyh issledovaniy dvizheniya sudna v sverhgranichennyh farvaterah / V.I. Pohabov. – Tekst :neposredstvennyj //SborniknauchnyhtrudovMIIVTa. Seriya: «Povyshenie nadezhnosti mekhanicheskogo oborudovaniya sudohodnyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij». –1996. – №10. –S.139-159.
8. Eksperimental'nye laboratornye issledovaniya vvoda i vyvoda sudov v kamerah sudopropusknyh sooruzhenij / S.S. Kir'yakov, V.I. Pohabov, S.YU. Tret'yak. – Tekst :neposredstvennyj //Sborniknauchnyhtrudov MIIVTa. Seriya: «Ekspluatatsiya vodnyh putej i gidrotekhnicheskikh sooruzhenij. – 1992. – №11. –S.42-69.
9. Harlow, F.H. Numerical calculation of time – dependent viscous incompressible flows of fluid with free surface / F.H. Harlow, J. E. Welch, // Phys, Fluids, 1982, №8 pp.2182-2187
10. Helm K. Einfluss der verchiedenenFlachwasser profile auf Wieldsnand und Vorieb von BinnenshifienmitRechnungsbeispiele fur die Bind wasserstrasze der klasse IV «Hansa» Zentralorgan fur Schifffahrt. Schiffhafen. Hamburg. Nr. II. 1965.
11. Rodi, W. Influence of buoyancy and rotation on equations for turbulent length scale /Rodi, W. //Proc.2ndSymp. on Turbulent Shear Flows. 1979, v. 1 pp. 25-31
12. Schale E. Stromungsmessungen in einem Stillwasser canal trap formigen Querschnitts. «Schiff und Hafen». H 5,1968,20
13. Tothill I. T. Ships in rectricted channels. A correlation of more tests, field measurements and theory, Ottava, 1966.
14. FuehrerM. Der Einflussderortlichen Stromungsverhaltnisse Umgedungvon Schifftenauf diewechselbeziehungenzwischen Schiffon Kanal. «SchriftenzelleWasserundGrundbau». H., II Berlin. 1964.
15. Windsor I. Hydraulic assistance on the Welland schip. Waterways and Harbjrs Div. Proc. Civil Engrs. No.1, 1968, p. 94

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Зубкова Евгения Владимировна**, аспирант кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kaf\_sbs@vsuwt.ru

**Evgenia V. Zubkova**, Graduate student of the Department of navigation and safety shipping, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: kaf\_sbs@vsuwt.ru

**Клементьев Александр Николаевич**, д.т.н., профессор, профессор кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kaf\_sbs@vsuwt.ru

**Alexander N. Klementev**, Tech Scs.Dr., Professor of the Department of navigation and safety shipping, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: kaf\_sbs@vsuwt.ru

**Ундалов Василий Александрович**, аспирант кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kaf\_sbs@vsuwt.ru

**Vasilii A. Undalov**, Graduate student of the Department of navigation and safety shipping, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: kaf\_sbs@vsuwt.ru

Статья поступила в редакцию 25.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 25.04.2021; published online 15.06.2021

УДК 656.62.052.4

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.150>

## **Метод Анкудинова для расчета динамической просадки судов речного флота**

**М.Ю. Чуринов<sup>1</sup>**

**Ю.В. Бажанкин<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8720-218X>

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен вопрос возможности использования метода Анкудинова, получившего в последнее время широкое применение на морских судах зарубежных судовладельцев для расчета величин динамической просадки морских транспортных судов и военных кораблей при следовании в условиях мелководья. Выполнен аналитический расчет и проведен анализ возможности применения данного метода для речных судов и судов смешанного река-море плавания, работающих на внутренних водных путях Российской Федерации. На базе выполненного сравнительного анализа работы предлагаемого метода делаются выводы о возможности использования метода для судов речного флота наряду с методами отечественных авторов, разработанных непосредственно для судов речного флота и учетом конкретных условий мелководья. В первую очередь, это относится к современным судам, оборудованным бульбом.

**Ключевые слова:** метод определения, динамическая просадка, мелководье, суда оборудованные бульбом, сравнительный анализ.

## **Ankudinov method for evaluation of river ships dynamic squat**

**Mikhail Y. Churin<sup>1</sup>**

**Yuri V. Bazhankin<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8720-218X>

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** This article discusses the issue of the possibility of using Ankudinov method, which has recently been widely used on sea vessels of foreign shipowners to calculate the values of the dynamic subsidence of sea transport vessels and warships when navigating in shallow water. An analytical calculation has been carried out and an analysis has been made of the possibility of applying this method for river vessels and vessels of mixed river-sea navigation operating on the inland waterways of the Russian Federation. On the basis of the performed comparative analysis of the proposed method, conclusions are drawn about the possibility of using the method for river fleet vessels along with the methods of domestic authors developed directly for river fleet vessels and taking into account the specific conditions of shallow water. First of all, this applies to modern vessels equipped with a bulb bow.

**Keywords:** evaluation method, squat, shallow water, ships with bulbous bow, comparative analysis.

### **Введение**

Основной особенностью работы судов внутреннего плавания является, в первую очередь, эксплуатацией этих судов практически постоянно в весьма сложных условиях, к которым относятся участки мелководья. Эти условия эксплуатации в полной мере относятся и к судам смешанного «река-море» плавания при заходе этих

судов внутренние водные пути. При этом необходимо отметить, что размерения корпуса судов смешанного «река-море» плавания позволяют успешно осуществлять работу в речных условиях так же, как и в море. В настоящее время указанные сложности эксплуатации судов усугубляются ярко выраженной тенденцией к увеличению габаритов вновь строящихся судов как внутреннего, так и смешанного плавания. В настоящее время, учитывая перечисленные факторы, вопрос определения безопасного запаса воды под днищем для этих судов приобретает дополнительную актуальность [1,2]. Одну из главных составляющих при расчете необходимого запаса воды под килем судна представляет величина динамической просадки. В настоящее время отечественными и зарубежными авторами разработан целый ряд методов, позволяющих вычислить значения динамических просадок различных типов судов [3, 4, 5, 6]. В последнее время на морских судах иностранных судоходных компаний широкое применение получил метод Анкудинова [7]. Указанный метод дает возможность рассчитывать динамическую просадку судов для трех видов мелководья. Метод Анкудинова имеет существенные отличия в подходах по расчетам величин динамической просадки от известных методов отечественных авторов, используемых для определения величин динамической просадки судов речного флота.

### Модель Анкудинова

В соответствии с [8] модель была изначально разработана Анкудиновым и Якобсеном в 1996 году и была уточнена в 2000 году на основе полученных натурных данных. Результаты были опубликованы в сборнике MARSIM 2000 [7]. Данный метод внедрен для использования в математической модели судна в тренажере The Coastal and Hydraulics Laboratory's Ship Tow Simulator, Виксбург США.

Данный метод может использоваться при значениях числа Фруда по глубине  $Fr_H \geq 0,6$ . Максимальная просадка судна ( $S_{max}$ ) является функцией просадки по мидель-шпангоуту ( $S_m$ ) и дифферента судна и определяется по выражению:

$$S_{max} = \begin{cases} S_b \\ S_s \end{cases} = \begin{cases} L_{pp} (S_m - 0,5 \cdot Tr) \\ L_{pp} (S_m + 0,5 \cdot Tr) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $S_b$  – просадка носовой оконечности, м.;

$S_s$  – просадка кормовой оконечности;

$L_{pp}$  – конструктивная длина, м.;

$Tr$  – дифферент, м.;

Просадка судна по мидель-шпангоуту может быть определена как:

$$S_m = (1 + K_p^S) \cdot P_{Hu} \cdot P_{Fr_H} \cdot P_{H/T} \cdot P_{+chl}, \quad (2)$$

где  $K_p^S$  – коэффициент влияния винта;

$P_{Hu}$  – коэффициент влияния корпуса на мелководье;

$P_{Fr_H}$  – коэффициент влияния скорости судна;

$P_{H/T}$  – коэффициент влияния глубины;

$P_{+chl}$  – коэффициент влияния канала.

Данные коэффициенты определяются по выражениям:

$$K_p^s = \begin{cases} 0,15 & \text{одновинтовое судно} \\ 0,13 & \text{двухвинтовое судно} \end{cases} \quad (3)$$

$$P_{Hu} = 1,7 \cdot \delta \cdot \left( \frac{B \cdot T}{L_{pp}^2} \right) + 0,001 \cdot \delta^2, \quad (4)$$

где  $B$  – расчетная ширина судна, м.;  
 $T$  – осадка судна, м.;  
 $\delta$  – коэффициент полноты водоизмещения;

$$P_{FrH} = Fr_H^{(1,8+0,4 \cdot Fr_H)} \quad (5)$$

$$P_{H/T} = 1,0 + \frac{0,35}{\left( \frac{H}{T} \right)^2} \quad (6)$$

Коэффициент влияния канала используется при расчете просадки в условиях прорези на перекате, в условиях судоходного канала и определяется по формуле:

$$P_{chl} = 1,0 + 10 \cdot S_H + 1,5 \cdot (1,0 + S_H) \cdot \sqrt{S_H} \quad (7)$$

где  $S_H$  – коэффициент влияния глубины канала.  
 Коэффициент влияния глубины канала определяется по выражению:

$$S_H = \delta \cdot \left( \frac{S}{H/T} \right) \cdot \left( \frac{H_T}{H} \right), \quad (8)$$

где  $S = \frac{A_s}{A_c}$  – коэффициент стеснения канала.  
 $A_s = \beta \cdot T \cdot B$  – площадь сечения мидель-шпангоута, м.;

В формулу для расчета дифферента кроме упомянутых выше коэффициентов влияния корпуса и скорости входят параметры, учитывающие влияние судовых винтов, наличия бульба и формы кормовой оконечности. Дифферент судна определяется по выражению:

$$Tr = -1,7 \cdot P_{Hu} \cdot P_{FrH} \cdot P_{H/T} \cdot k_{Tr} \cdot P_{ch2}, \quad (9)$$

где  $P_{H/T}$  – коэффициент, учитывающий влияние винта на дифферент на мелководье;

$k_{Tr}$  – коэффициент дифферента;

$P_{ch2}$  – поправка дифферента из-за влияния канала.

Для расчета вышеприведённых параметров используются выражения (10), (11), (12).

$$P_{H/T} = 1 - e^{\left[ \frac{2,5 \cdot (1 - H/T)}{Fr_H} \right]} \quad (10)$$

$$k_{Tr} = \delta^{n_{Tr}} - (0,15 \cdot k_p^S + k_p^T) - (k_B^T + k_{Tr}^T + k_{T1}^T) \quad (11)$$

Здесь:  $n_{Tr} = 2,0 + 0,8 \cdot \frac{P_{ch1}}{\delta}$ ;

$$k_p^T = \begin{cases} 0,15 & \text{одновинтовое судно;} \\ 0,20 & \text{двухвинтовое судно} \end{cases}$$

$$k_B^T = \begin{cases} 0,1 & \text{судно с бульбом;} \\ 0,0 & \text{судно без бульба} \end{cases}$$

$$k_{Tr}^T = \begin{cases} 0,04 & \text{транцевая кормовая оконечность;} \\ 0,0 & \text{обычная оконечность} \end{cases}$$

$$k_{T1}^T = \frac{(T_a - T_f)}{(T_a + T_f)}$$

где  $T_a, T_f$  - статические осадки соответственно кормой и носом;

$$P_{ch2} = 1,0 - 5 \cdot S_H.$$

$$S_b = \frac{2,4 \cdot \delta \cdot B \cdot T}{L_{pp}} \cdot \frac{Fr_H^2}{\sqrt{1 - Fr_H^2}} \cdot k_S \quad (12)$$

### Результаты расчетов и сравнение с отечественными методами

Выполним расчеты величин динамической просадки при следовании на мелководье для судна речного флота, используя метод Анкудинова. Полученные результаты сведем в таблицы.

Используя метод Анкудинова, определим просадки для судна смешанного «река-море» плавания проекта № 1743 тип «Омский».

Таблица 1

**Зависимость просадки по корме теплохода «Якутск» тип «Омский» (проект 1743) от соотношения Т/Н и скорости хода**

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	корма
0,5	0,694	0,380	0,396	0,217	0,188	0,103
0,6	0,866	0,474	0,488	0,267	0,229	0,126
0,7	1,058	0,580	0,590	0,323	0,275	0,150
0,8	1,275	0,699	0,703	0,385	0,324	0,178
0,9	1,521	0,833	0,829	0,454	0,380	0,208

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова от глубины и ширины фарватера в районе следования для среднего хода выражены графическим способом (см. рис 1)

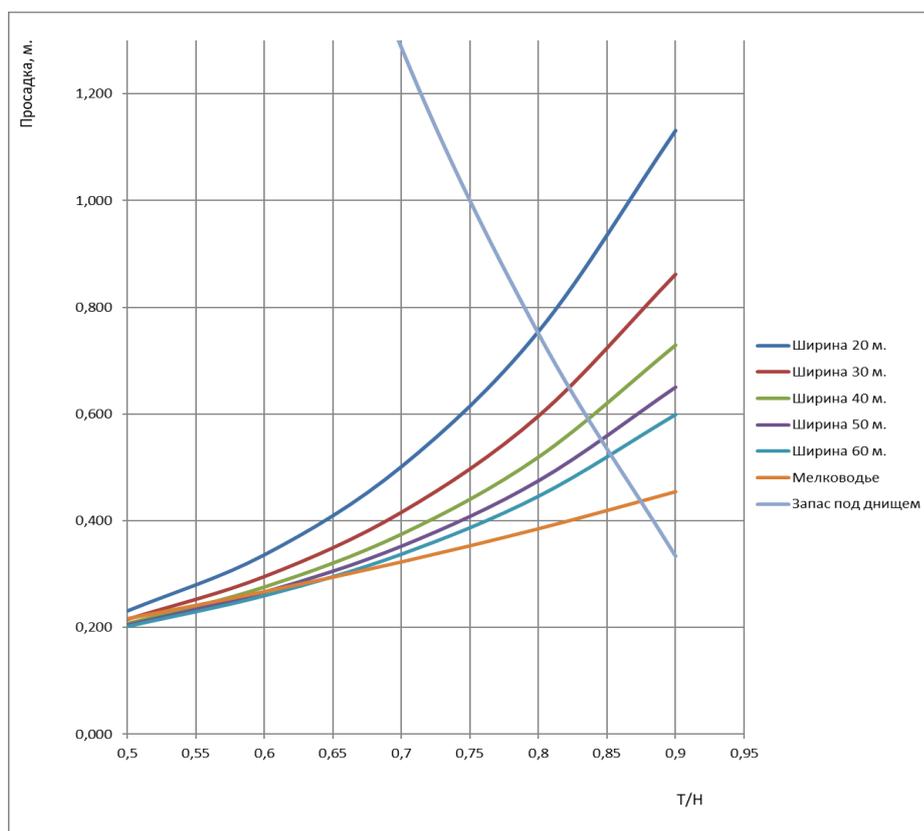


Рис.1. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 1743 от ширины и глубины фарватера для среднего хода

Fig. 1. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 1743 on the width and depth of the forway for the average course

Значения величин динамической просадки теплохода «Якутск» тип «Омский» проекта № 1743, рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота приведены в работе [9].

Используя метод Анкудинова, определим просадки для судна смешанного «река-море» плавания проекта № 1557 тип «Сормовский». Полученные результаты сведем в таблицу 2.

*Таблица 2*

**Зависимость просадки по корме теплохода проекта № 1557 тип «Сормовский» от соотношения Т/Н и скорости хода**

Соотно- шение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	корма
0,5	0,590	0,335	0,339	0,192	0,162	0,092
0,6	0,734	0,416	0,417	0,236	0,197	0,112
0,7	0,834	0,507	0,503	0,285	0,236	0,134
0,8	1,074	0,609	0,598	0,339	0,278	0,158
0,9	1,277	0,727	0,704	0,400	0,325	0,185

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова от глубины и ширины в районе следования для среднего хода теплохода выражена графическим способом (см. рис 2).

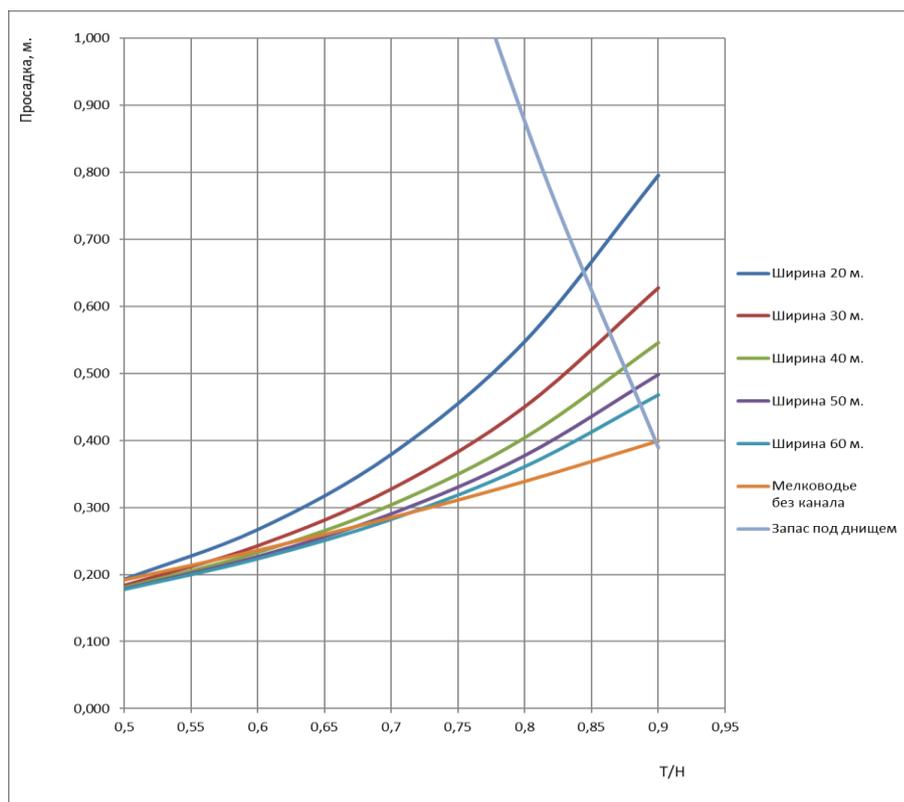


Рис.2. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 1557 от ширины и глубины фарватера для среднего хода.

Fig. 2. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 1557 on the width and depth of the fairway for the average course.

Значения величин динамической просадки теплохода проекта № 1557 тип «Сормовский», рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота, приведены в работе [9].

Используя метод Анкудинова, определим просадки для пассажирского речного судна проекта № 588 т/х «Родина».

Таблица 3

**Зависимость просадки по корме теплохода «Родина» (проект 588) от соотношения Т/Н и скорости хода**

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	корма
0,5	0,472	0,532	0,255	0,287	0,116	0,130
0,6	0,608	0,678	0,319	0,359	0,142	0,160
0,7	0,751	0,848	0,390	0,440	0,172	0,194

0,8	0,925	1,043	0,472	0,532	0,204	0,230
0,9	1,126	1,269	0,564	0,636	0,240	0,271

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова от глубины и ширины фарватера в районе следования для среднего хода выражены графическим способом (см. рис 3).

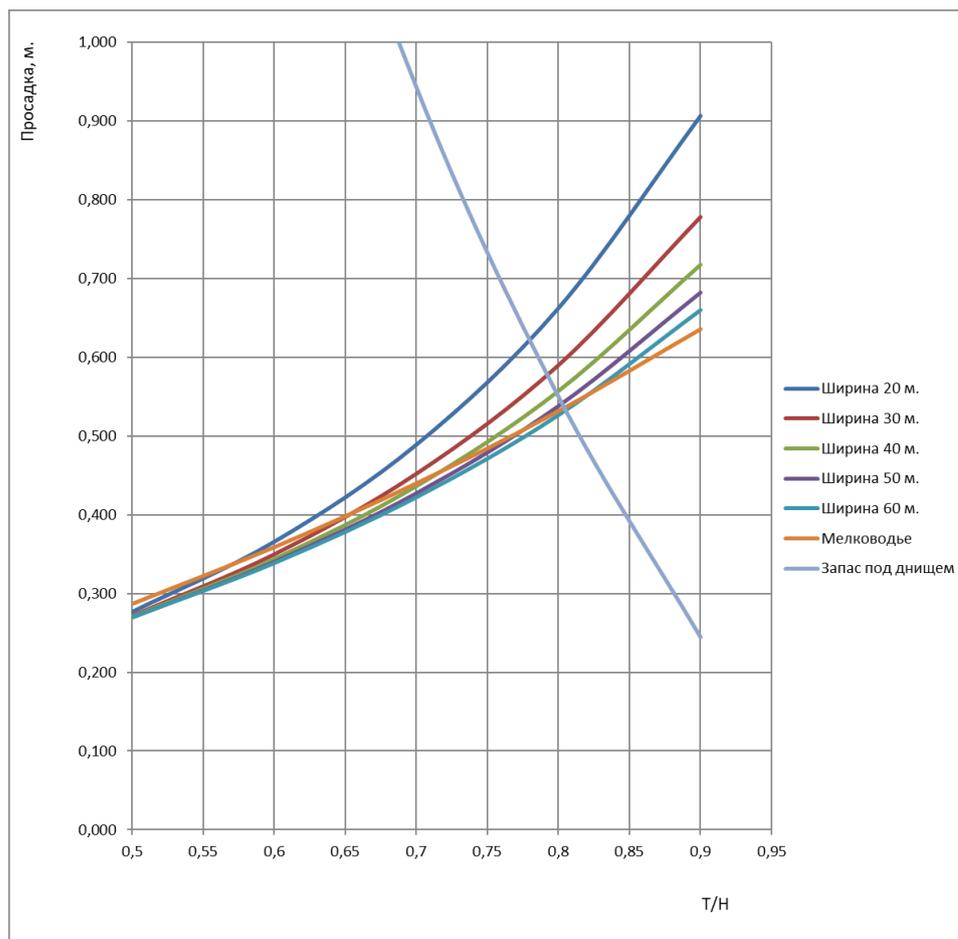


Рис.3. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 588 от ширины и глубины фарватера для среднего хода.  
 Fig. 3. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 588 on the width and depth of the fairway for the average course.

Значения величин динамической просадки теплохода проекта № 588 «Родина», рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота приведены в работе [9].

Используя метод Анкудинова, определим просадки для пассажирского речного судна проекта № 92016 т/х «В. Куйбышев».

Таблица 4

**Зависимость просадки по корме теплохода «В. Куйбышев» (проект 92016) от соотношения Т/Н и скорости хода**

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	Корма
0,5	0,762	0,637	0,419	0,350	0,193	0,161
0,6	0,965	0,807	0,521	0,436	0,236	0,198
0,7	1,197	1,001	0,636	0,532	0,285	0,238
0,8	1,464	1,224	0,765	0,640	0,338	0,283
0,9	1,770	1,481	0,911	0,763	0,397	0,332

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова в зависимости от глубины и ширины фарватера в районе следования для среднего хода выражены графическим способом (см. рис. 4).

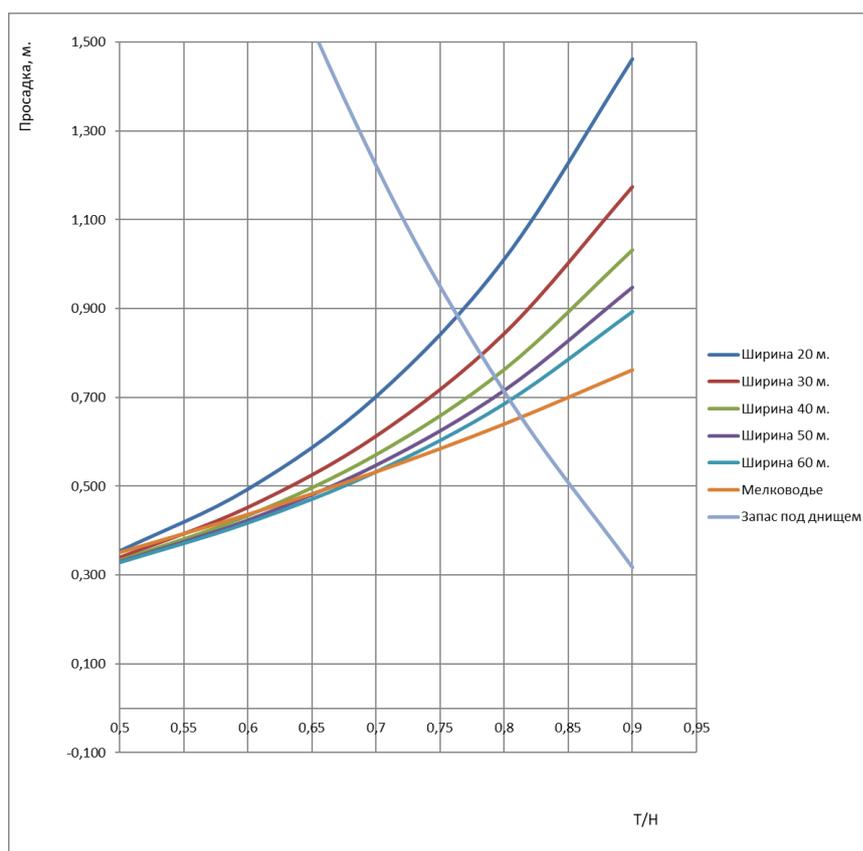


Рис.4. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 92016 от ширины и глубины фарватера для среднего хода.

Fig. 4. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 92016 on the width and depth of the fairway for the average course.

Значения величин динамической просадки теплохода проекта № 92016 «В. Куйбышев», рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота, приведены в работе [9].

### **Анализ**

Знакомясь с методом Анкудинова по расчету величин динамической просадки судов, находим очевидным, что автор задался целью как можно шире учесть в своих подходах по расчету различные факторы, определяющие особенности как самого корпуса судна, так и мелководного участка следования. Изначально метод построен так, что он позволяет определять величины просадки отдельно для миделя судна, кормы и носа, а следовательно, позволяет определять характер просадки и дифферент судна. В расчетах учитывается целый ряд коэффициентов, таких как коэффициент влияния винта, причем с разделением судов, имеющих один или два винта; коэффициент влияния корпуса судна, в котором присутствуют главные измерения и коэффициент полноты водоизмещения судна; коэффициент влияния скорости движения судна по мелководному участку; коэффициент влияния глубины, в который дополнительно вводится еще один коэффициент – коэффициент стеснения канала и площадь сечения мидель-шпангоута судна; коэффициент влияния канала, который просчитывается в зависимости от того, в каких условиях мелководья следует судно: в условиях прорези на перекате или в условиях судового канала. Кроме этого, в формулу для расчета дифферента кроме упомянутых выше коэффициентов влияния корпуса и скорости входят параметры, учитывающие влияние судовых винтов, наличия бульба и формы кормовой оконечности, которое сопровождается использованием еще дополнительных коэффициентов: коэффициент, учитывающий влияние винта на дифферент на мелководье, причем для двух случаев: для одновинтового или двухвинтового судна; коэффициенты для судов оборудованных бульбом или не имеющих его. Последний коэффициент, используемый автором в этих расчетах – коэффициент, учитывающий особенности кормовой оконечности судна – для судов имеющих транцевую корму или для судов с обычной кормовой оконечностью. Такой подход однозначно позволяет на первый взгляд достаточно точно просчитать величины динамической просадки судов с учетом как большого количества конкретных особенностей самого судна, так и мелководных судоходных путей. А с другой стороны, такое количество различных коэффициентов весьма затрудняет расчет величин динамической просадки судов при следовании на мелководье. Особо это касается условий работы судоводителей в процессе выполнения перехода в быстро меняющихся условиях реальных мелководных стесненных участков различных узкостей. Эти соображения в первую очередь, будут справедливы для работы судов речного флота, когда практически все внутренние водные пути можно отнести к условиям различных видов мелководья, будь то прорезь на перекате, узкий канал или затуарий полноводной реки.

Выполненный анализ результатов расчетов величин динамической просадки для четырех различных проектов судов речного флота (причем, два из них – это суда смешанного «река-море» плавания и два - речные пассажирские суда), показал, что характер просадки у этих судов определяется недостаточно точно. Необходимо отметить, что практические наблюдения по определению величин динамической просадки, а также применяемые в настоящее время методы расчета величин динамической просадки, разработанные на базе этих наблюдений, показывают нам, что все суда речного флота, не имеющие бульба, больше просаживаются на корму. В то же время, у Анкудинова мы видим, что только одно судно из четырех просчитанных имеет просадку больше на корму. Таким судном является пассажирский теплоход проекта № 588 «Родина». Другие три, в соответствии с расчетами с использованием метода Анкудинова, просаживаются больше на нос, что противоречит результатам неоднократно проведенных ранее натурных наблюдений.

Напрашивается вывод, что даже учитывая такое большое количество различных характеристик как самих судов, так и условий мелководных участков, этот метод не может в полной мере использоваться для судов речного флота, так как характер просадки определяется для судов речного флота неточно.

Выполним анализ полученных величин динамической просадки для проекта, у которого характер просадки совпадает с результатами практических наблюдений и результатами расчетов с использованием принятых в настоящее время методов расчета, разработанных специально для судов речного флота отечественными исследователями. Сведем результаты расчетов в одну общую таблицу (табл. 10).

Таблица 10

**Зависимость просадки по корме теплохода проекта 588 х/х «Родина» от соотношения Т/Н и скорости хода**

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м							
	Средний ход				Малый ход			
	Метод Павленко	Метод Шанчурова	Метод ВГАВТ	Метод Анкудинова	Метод Павленко	Метод Шанчурова	Метод ВГАВТ	Метод Анкудинова
0,5	0,339	0,268	0,364	0,287	0,150	0,119	0,161	0,130
0,6	0,372	0,294	0,399	0,359	0,165	0,130	0,177	0,160
0,7	0,401	0,383	0,431	0,440	0,178	0,170	0,191	0,194
0,8	0,429	0,409	0,460	0,532	0,190	0,182	0,204	0,217
0,9	0,455	0,434	0,489	0,636	0,202	0,193	0,217	0,256

**Выводы**

Выполнив сравнительный анализ представленных результатов, полученных с использованием наиболее часто применяемых в настоящее время методов для расчета динамической просадки судов речного флота – методы В.Г. Павленко, П.Н. Шанчурова и метод ВГАВТ [10] и представленного метода Анкудинова необходимо отметить:

При соотношениях Т/Н, равных 0,5 и 0,6 результаты расчетов, выполненные по представленным методам, имеют приемлемую сходимость, особенно с результатами расчетов с использованием метода Павленко.

С увеличением отношения Т/Н метод Анкудинова дает завышенные результаты по сравнению со всеми тремя представленными методами. Так, по сравнению с величинами динамической просадки, определяемой по методу Павленко как наиболее близкому по результатам расчетов, величины динамической просадки, определенной с использованием метода Анкудинова при Т/Н равной 0,8 превышают значения на малом ходу на 14%, на среднем ходу – на 24%. При Т/Н равной 0,9 превышение еще больше: значения на малом ходу на 26,7%, на среднем ходу – на 39,8%.

Другими словами, при условиях плавания в достаточно сложных стесненных условиях при минимальных запасах воды под днищем, что является одной из самых опасных характерных условий плавания судов по внутренним водным путям, метод Анкудинова дает наибольшие расхождения с результатами натурных наблюдений и

результатами расчетов с использованием ныне применяемых методов для судов речного флота.

На основании выполненных исследований о возможности использования метода Анкудинова для судов речного флота необходимо отметить, что желание автора учесть целый ряд факторов, влияющих на величину динамической просадки, сделали этот метод весьма сложным для реализации его в реальных условиях постоянного плавания по внутренним водным путям. А самое главное, что метод не гарантирует получение корректных результатов, включая как определение характера, так и самих величин динамической просадки судов речного флота. Необходимо сделать вывод, что метод Анкудинова изначально разрабатывался для морских судов для определенных запасов воды под днищем, соответствующим морским требованиям обеспечения безопасности плавания. Требования по обеспечению безопасного плавания по внутренним водным путям имеют несколько другие критерии и соответственно, требования и, в первую очередь, учет всевозможных нормативных документов [11], регламентирующих эти вопросы. Другими словами, необходимо констатировать, что метод Анкудинова не соответствует специфике деятельности судов речного флота в постоянных стесненных условиях внутренних водных путей. Поэтому рекомендуется использовать специально разработанные методы, учитывающие конструктивные особенности самих судов речного флота [12], как и специфику их работы на внутренних водных путях с учетом требований нормативной базы, отвечающие безопасности плавания в этих районах.

#### Список литературы

1. RESOLUTION A.893(21) adopted on 25 November 1999 GUIDELINES FOR VOYAGE PLANNING [Электронный ресурс] URL: <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Assembly/Documents/A.893%2821%29.pdf>
2. Brown's Nautical Almanac, Brown, Son and Ferguson, Ltd, Glasgow. G 412 SD, 2018.
3. Guliev, U. M. 1971 On squat calculations for vessels going in shallow water and through channels, PIANC Bulletin, 1, 7, 17–20
4. Huuska, O. 1976 On the evaluation of underkeel clearances in Finnish waterways. Report No. 9, Helsinki University of Technology, Ship Hydrodynamics laboratory, Finland
5. Eryzlu, N. E., Cao, Y. L., AND D'Agno, F. 1994 Underkeel requirements for large vessels in shallow waterways, Proceedings, 28th International Navigation Congress, PIANC, Paper S II-2, May 22–27, Sevilla, Spain, pp. 17–25
6. Romisch, K. 1989 Empfehlungen zur Bemessung von Hafeneinfahrten, Wasserbauliche Mitteilungen der Technischen Universität Dresden, 1, 39–63.
7. Ankudinov, V., Dagett, L.L., HEWLETT, J. C., AND JAKOBSEN, B. K. 2000 Prototype measurement of ship sinkage in confined water, Proceedings, International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability (MARSIM '00), May 8 –12, Orlando, FL.
8. Briggs, Michael & Vantorre, Marc & Uliczka, Klemens & Debaillon, Pierre. (2010). Prediction of Squat for Underkeel Clearance. 10.1142/9789812819307\_0026
9. Чуринов М.Ю. Метод определения динамической просадки судов смешанного «река-море» плавания / М.Ю. Чуринов // Современные проблемы науки и образования Выпуск 3, 2013. URL: [www.science-education.ru/111-10228](http://www.science-education.ru/111-10228).
10. Чуринов М.Ю. Динамическая просадка толкаемых составов и особенности её определения / М.Ю. Чуринов, А.Н. Клементьев, Е.В. Зубкова // Судовождение и безопасность плавания, водные пути, гидротехнические сооружения и экологическая безопасность судоходства: сб. науч. тр./ ВГАВТ. – Н.Новгород: ФГОУ ВПР ВГАВТ, 2020. – с.28-33.
11. Правила плавания по внутренним водным путям Российской Федерации/ утв. Мин-вом транспорта РФ от 14 октября 2002 г. – с изм. и доп. М.: По Волге; РКонсульт, 2004. – 120 с.
12. Прочность и условия эксплуатации судов смешанного плавания // Труды ВГАВТ. – Н. Новгород, 2001.– Вып. 299.

### References

1. RESOLUTION A.893(21) adopted on 25 November 1999 GUIDELINES FOR VOYAGE PLANNING [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Assembly/Documents/A.893%2821%29.pdf>
2. Brown's Nautical Almanac, Brown, Son and Ferguson. Ltd, Glasgow. G 412 SD, 2018.
3. Guliev, U. M. 1971 On squat calculations for vessels going in shallow water and through channels, PIANC Bulletin, 1, 7, 17–20
4. Huuska, O. 1976 On the evaluation of underkeel clearances in Finnish waterways. Report No. 9, Helsinki University of Technology, Ship Hydrodynamics laboratory, Finland
5. Eryzlu, N. E., Cao, Y. L., AND D'Agnolo, F. 1994 Underkeel requirements for large vessels in shallow waterways, Proceedings, 28th International Navigation Congress, PIANC, Paper S II-2, May 22–27, Sevilla, Spain, pp. 17–25
6. Romisch, K. 1989 Empfehlungen zur Bemessung von Hafeneinfahrten, Wasserbauliche Mitteilungen der Technischen Universität Dresden, 1, 39–63.
7. Ankudinov, V., Daggett, L.L., HEWLETT, J. C., AND JAKOBSEN, B. K. 2000 Prototype measurement of ship sinkage in confined water, Proceedings, International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability (MARSIM '00), May 8–12, Orlando, FL.
8. Briggs, Michael & Vantorre, Marc & Uliczka, Klemens & Debaillon, Pierre. (2010). Prediction of Squat for Underkeel Clearance. 10.1142/9789812819307\_0026
9. Churin M.Yu. Metod opredeleniya dinamicheskoy prosadki sudov smeshannogo «reka-more» plavaniya / M.Yu. Churin //Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya Vypusk 3, 2013. URL: [www.science-education.ru/111-10228](http://www.science-education.ru/111-10228).
10. Churin, M.Ju. Dinamicheskaja prosadka tolkaemyh sostavov i osobennosti ejo opredelenija / M.Ju. Churin, A.N. Klement'ev, E.V. Zubkova //Sudovozhdenie i bezopasnost' plavaniya, vodnye puti, gidrotehnicheskie sooruzhenija i jekologicheskaja bezopasnost' sudohodstva: sb. nauch. tr./ VGAVT. – N.Novgorod: FGOU VPR VGAVT, 2020. – s.28-33.
11. Pravila plavaniya po vnutrennim vodnym putjam Rossijskoj Federacii/ utv. Min-vom transporta RF ot 14 oktjabrja 2002 g. – s izm. i dop. M.: Po Volge; RKonsul't, 2004. – 120 s.
12. Prochnost' i uslovija jekspluatacii sudov smeshannogo plavaniya // Trudy VGAVT. – N. Novgorod, 2001.– Vyp. 299.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Михаил Юрьевич Чурин**, к.т.н., доцент, доцент кафедры Судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [dek\\_fsz@vsuwt.ru](mailto:dek_fsz@vsuwt.ru)

**Mikhail Y., Churin**, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Ship Handling and Safety of Navigation, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: [dek\\_fsz@vsuwt.ru](mailto:dek_fsz@vsuwt.ru)

**Юрий Владимирович Бажанкин**, к.т.н., доцент кафедры Судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [dek\\_fsz@vsuwt.ru](mailto:dek_fsz@vsuwt.ru)

**Yuri V., Bazhankin**, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Ship Handling and Safety of Navigation, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: [dek\\_fsz@vsuwt.ru](mailto:dek_fsz@vsuwt.ru)

Статья поступила в редакцию 08.11.2020; опубликована онлайн 15.06.2021  
Received 08.11.2020; published online 15.06.2021

### **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 [raeva@vsawt.com](mailto:raeva@vsawt.com) либо подается через сайт издания. 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@vsawt.com](mailto:raeva@vsawt.com), либо направляется в бумажном виде по адресу г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5, к.325).

#### ***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%

#### ***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: 0000-0002-8255-3017
  - Перечень учреждений всех авторов без сокращений (не указывать организационно-правовую форму), место издания, например, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия
5. Аннотация объемом 100-250 слов текста (не менее 10 строк)
6. Ключевые слова – 8-10 слов или словосочетаний
7. Название статьи на английском языке
8. Сведения об авторах на английском в формате:
  - Имя, О., Фамилия каждого автора (на английском языке), например, Ivan I. Ivanov
  - Идентификатор автора ORCID
  - Перечень учреждений всех авторов на английском языке, например, Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.
9. Аннотация (Abstract) на английском языке.
10. Ключевые слова (Keywords) на английском языке.
11. Текст статьи (должен быть структурирован; рекомендуется структура IMRaD (<https://ru.wikipedia.org/wiki/IMRAD>), например:
  - Введение
  - Методы
  - Результаты
  - Обсуждение
  - Заключение
  - Благодарности
12. Список литературы
13. References (литература на английском языке)
14. Информация об авторах на русском и английском языках:
  - имя, отчество, фамилия;
  - должность, звание, ученая степень, кафедра, подразделение;
  - полное и сокращенное название организации, где выполняется работа, адрес;
  - e-mail

15. Координаты для обратной связи (e-mail, телефон)
16. Рубрика журнала, в которую подается статья для рассмотрения

#### **IV. Оформление структурных элементов статьи**

**Общее оформление** – редакция принимает тексты, сохраненные в формате .doc, .docx, .rtf.

- Размер шрифта 12, Times New Roman;
- Интервал между строками одинарный;
- Поля: левое - 3 см, правое - 1,5 см, верхнее - 2 см, нижнее - 2 см;

**УДК** – универсальная десятичная классификация, используется для систематизации научных статей. Определяется по классификатору (можно найти в Интернете). Если статья включает несколько областей знаний, то для объединения нескольких кодов используются знаки препинания (+ (плюс) - знак присоединения, / (косая черта) - знак распространения, : (двоеточие) – знак простого отношения, :: (двойное двоеточие) - знак закрепления последовательности, [] (квадратные скобки) – знак группирования).

**DOI:** 10.37890/jwt.vi - это префикс журнала.

**Название статьи** - должно кратко (не более 10 слов) и точно отражать содержание статьи (не допускаются названия, имеющие обороты такие как «К вопросу...», «Некоторые аспекты...» и аналогичные). Оформляется полужирным шрифтом, форматируется по центру. Заглавными буквами оформлять не надо!

**Аннотация** – это краткое точное изложение содержания документа, включающее основные сведения и выводы работы. Аннотация дает возможность установить основное содержание документа, используется в информационных (автоматизированных) системах для поиска документов. Аннотация выполняет функцию инструмента, позволяющего читателю понять, следует ли обращаться к полному тексту статьи. Аннотация должна быть информативной (не содержащей общих слов), содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследования), структурированной. Структура аннотации должна полностью повторять структуру статьи. В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи.

**Ключевые слова** - должны характеризовать предметную область исследования. Во всех библиографических базах данных осуществляется поиск статей по ключевым словам. (не более 3-х слов внутри ключевой фразы). Слова и/или словосочетания отделяются запятой.

**Англоязычные переводы** (название статьи, сведения об авторах, аннотация (Abstract), ключевые слова (Keywords), литература (References)– должны быть качественными.

**Текст статьи** - должен быть структурирован, название частей необходимо выделять соответствующими подзаголовками, которые оформляются полужирным шрифтом и форматируются по центру. Разделы Введение (Постановка задачи) и Заключение (Выводы) являются обязательными. Приветствуется использование структуры IMRaD (<https://ru.wikipedia.org/wiki/IMRAD>):

1. **Введение** (актуальность) - описание проблемы, обзор литературы, связанной с исследованием, формулирование цели и задач исследования, обозначение нерешенных проблем, обоснование теоретической и практической значимости.
2. **Методы** - описание методов, условий и схем экспериментов, приборов, материалов и оборудования. указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, опрос, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт, анализ, моделирование и т. д.).
3. **Результаты** - предоставление экспериментальных или теоретических данных, полученных в ходе исследований (могут быть представлены в виде таблиц, графиков, диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков). Это основной раздел, цель которого – доказать рабочую гипотезу (гипотезы).
4. **Обсуждение** - интерпретация полученных результатов, предположения, сопоставление, сравнение полученных результатов с результатами других авторов и т.д.

5. **Заключение** - структурированные выводы, соответствующие постановке задачи исследования во введении, делаются обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области. В заключительную часть статьи желательно включить попытки прогноза развития рассмотренных вопросов.
6. **Благодарности** - можно упомянуть людей, помогавших авторам подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку (например, номер гранта РФФИ). Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам.

**Таблицы** - должны быть подготовлены стандартными средствами MS Office. Надпись Таблица 1 форматируется по правому краю (размер шрифта 11, начертание курсив). Название таблицы форматируется по центру полужирным шрифтом. На все таблицы (табл.1) должны быть ссылки в тексте

**Рисунки** - рисунки допускаются как в растровом, так и в векторном формате. Минимальное разрешение - 300 dpi. Каждое графическое изображение должно представлять собой единый, цельный объект. Подпись к рисункам приводится на русском и английском языках. Ширина подписи примерно соответствует ширине рисунка. Текстовые подписи под рисунком не должны быть частью рисунка. Рисунки (диаграммы, графики) должны допускать возможность редактирования и изменения их размеров. По возможности используйте для графического материала минимально требуемое разрешение. На все рисунки (рис.1) должны быть ссылки в тексте. Рисунки и иллюстрации вставляются в текст, а не в таблицы!

**Формулы** - все формулы набираются в редакторах Microsoft Equation 3.0, MathType 6 или Конструкторе формул Microsoft Word. Шрифт символов, входящих в формулы - комбинация Symbol и Times New Roman.

Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылка в тексте статьи. Если формула появляется в тексте как отдельная строка, она должна быть центрирована и, при необходимости, помечена сквозной нумерацией арабскими цифрами в круглых скобках. Если формула появляется внутри текста, обращайте 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 15 ссылок;
- не менее 50 % ссылок на англоязычные источники;
- на свои статьи (самоцитирование) не более 20-25% от общего числа ссылок
- предпочтительнее ссылки на периодические издания (русские и английские), индексируемые в МНБД;
- 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 Standart Institution**. Транслитерация производится с помощью автоматического транслитератора (Формат BSI), например, <http://transliteration.pro/bsi>. (не делать транслитерацию вручную).

**Ссылка на статью в журнале**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie stat'i [Title of the Article], Nazvanie zhurnala [Title of Journal], 2021, no. 66, pp. 120—130.

**Ссылка на книгу**

Familia I.O. Nazvanie knigi [Title of the Book]. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, 450 p.

**Ссылка на переводное издание**

Familia I.O. [Original Title of the Book]. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, 450 p. (in Russ.)

**Ссылка на статью в сборнике статей** (I.O. Sostavitel = фамилия отв. редактора или составителя)

Familia I.O. Nazvanie stat'i [Title of the Article\*], Nazvanie sbornika statei [Title of the Digest\*], ed. I.O. Sostavitel. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, pp. 10—15.

**Ссылка на статью в электронном журнале**

Familia I.O. Nazvanie stat'i [Title of the Article\*], Nazvanie zhurnala [Title of Journal], 2015, no.5. Available at: <http://observatoria.rsl.ru/ru/s3/s17/s364/ok12015/> (accessed 01.12.2015)

**Информация об авторах на русском и английском языках** – оформляется в конце работы в виде таблицы (в качестве образца можно использовать статьи, опубликованные с 2020 года (№62))

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Митрошин Сергей Григорьевич**, к.т.н.,

доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [priemnaya@vgavt-nn.ru](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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**

**№67(2), 2021**

Формат бумаги 70x180 1/16. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 12,69. Уч.-изд. л. 17,76.  
Заказ 091. Тираж 500.

Федеральное агентство морского и речного транспорта.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ  
ВО «ВГУВТ»)  
Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса ФГБОУ ВО  
«ВГУВТ». Адрес 603951, Российская Федерация, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Свободная цена

Подписной индекс в каталоге  
Агентства "Книга-Сервис"  
70191

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Свидетельство ПИ № ФС77-77658 от 17 января 2020 г.

Научные проблемы водного транспорта № 67 (2) 2021

*Адрес редакции и издателя:  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5*

*Управление научных исследований  
и инновационной деятельности  
© ВГУВТ, 30.06.2021*