

Russian Journal of Water Transport

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

Научные проблемы  
**ВОДНОГО  
ТРАНСПОРТА**

Научные проблемы водного транспорта № 77 (4) 2023



№77 (4) 2023



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

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

# Научные проблемы водного транспорта

## №77 (4) 2023

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

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

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

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

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

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

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

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

**2.5.17 Теория корабля и строительная механика**

**2.5.18 Проектирование и конструкция судов**

**2.5.19 Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства**

**2.5.20 Судовые энергетические установки и их элементы**

**2.9.7 Эксплуатация водного транспорта, водные пути, сообщения и гидрография**

**5.2.3 Региональная и отраслевая экономика**

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

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



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

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

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

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

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

## **Редакция и Редколлегия**

### **Главный редактор**

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

### **Заместители главного редактора**

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

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

### **Ответственный редактор**

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

**Ответственный секретарь**

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

**Члены Редколлегии**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

# Russian Journal of Water Transport №77 (4) 2023

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

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

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

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

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

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

**Founder, publisher and editorial address:** 603091, Russian Federation, Nizhny Novgorod, st. Nesterova, 5, Tel. +8 (831) 419-51-84

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

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

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

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



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

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

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

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

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

## Editorial Team

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

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

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

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

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

## **Editorial board**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



## **Конструкторское бюро ВГУВТ**

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

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

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



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



# СОДЕРЖАНИЕ

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

<b>М.Г. Балашов, А.Б. Ваганов, Ю.Ф. Орлов, А.Ю. Панов, В.Н. Савинов</b> Исследование сопротивления воды полупогружных плавкранов различной конструкции.....	15
<b>И.Ю. Гордлеева, Е.В. Ушаков</b> Концепция самоходного индивидуального паррома .....	30
<b>Д.С. Макашин, А.Г. Кисель</b> Использование методов генерации управляющих программ ЧПУ при изготовлении винта Трооста.....	40
<b>М.Н. Покусеев, К.Е., Хмельницкий, А.А. Хмельницкая, А.А. Кадин, Б.С. Айдынбеков</b> Стендовые испытания шумоизолирующих материалов .....	55

## **Судовое энергетическое оборудование**

<b>Е.В. Богатырева</b> Анализ и оценка методов швартовых испытаний судовой энергетической установки в условиях мелководной акватории .....	68
<b>Е.В. Гринев, С.Н. Валиулин, А.А. Хлыбов, Ю.И. Матвеев</b> Вопросы технологии лазерной сварки концов теплообменных труб в трубных решетках .....	79
<b>А.В. Ивановская, В.А. Жуков, А.Н. Ивановский</b> Повышение энергоэффективности рыбопромыслового судна за счет оценивания параметров движения буксируемого объекта .....	91
<b>В.Н. Тимофеев, И.Р. Салахов, Л.М. Кутепова, Н.В. Гречко</b> Энергосберегающая установка речного судна.....	99

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

<b>В.М. Бунеев, С.В. Ноздрачѐв</b> Формирование системы стратегического управления судоходной компании.....	108
<b>Д.В. Дрейбанд, Д.А. Коршунов</b> Балансовый метод как эффективный инструмент стратегического планирования деятельности речного транспорта .....	119
<b>Е.А. Заславская, Е.В. Храпова, Ю.В. Шляпина, Д.Б. Газизова</b> Этапы развития перевозок трансграничной территории Омской области – Республика Казахстан .....	130
<b>Р.И. Каравашкина</b> Институциональные аспекты управления благосостоянием экономической системы.....	144
<b>М.С. Колосова, Д.Ю. Фраймович</b> Роль водного транспорта в освоении и развитии хозяйствующих субъектов регионов России .....	152

<b><i>В.В. Крайнова</i></b> Оценка эффективности налогового контроля в сфере водного транспорта: теория и практика.....	158
<b><i>Н.А. Маркова</i></b> Место и роль транспортного налога в налоговом потенциале регионального бюджета .....	167
<b><i>Н.В. Пумбрасова, Е.В. Упадышева</i></b> Повышение эффективности пассажирских перевозок в условиях применения инновационных систем управления транспортными потоками .....	183
<b><i>Ж.Ю. Пыжова, Е.С. Лыкова</i></b> Новации проектно – целевого подхода в системе стратегического планирования национальной экономики.....	199
<b><i>Ж.Ю. Шалаева, В.Н. Костров</i></b> Методы выбора транспортных средств в системе мультимодальных пассажирских перевозок .....	211
 <b><i>Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства</i></b>	
<b><i>Е.И. Вершинина</i></b> Совершенствование оперативного планирования работы судов малых судоходных предприятий .....	223
<b><i>В.В. Святский</i></b> Применение модели Эрланга для моделирования процесса пограничного контроля судов, следующих через Керчь-Еникальский канал.....	229
 <b><i>Д.Д. Стрельников, И.А. Стрельникова</i></b> Технологические особенности перевозки негабаритных грузов морским транспортом.....	239
 <b><i>В.И. Тихонов, Ю.В. Бажанкин, И.М. Осокин, А.В. Мухин</i></b> Способ оценки поперечных усилий, развиваемых движительно-рулевым комплексом, по результатам циркуляционных испытаний судна .....	252
<b><i>М.С. Тищенко, Н.В. Ивановский</i></b> Разработка математической модели буксировки подводных объектов, на основе однозвенных и двухзвенных стержневых моделей буксирных линий .....	264
 <b><i>Водные пути, порты и гидротехнические сооружения</i></b>	
<b><i>А.Н. Ситнов, Ю.Е. Воронина, М.В. Шестова</i></b> Оценка влияния строительства мостового перехода (г. Нижний Новгород) на русловые процессы и устойчивость судового хода в нижнем течении р. Ока.....	273

# CONTENTS

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

***Michael G. Balashov, Alexander B. Vaganov, Yuri F. Orlov, Alexey Yu. Panov, Vladimir N. Savinov***

Investigation of water resistance of semi-submersible floating cranes of various designs ... 15

***Irina Y. Gordleeva, Egor V. Ushakov***

The concept of a non-self-propelled individual ferry ..... 30

***Dmitriy S. Makashin, Anton G. Kisel'***

The use of methods for generating control programs of the CNC in the manufacture of the Troost screw ..... 40

***Mikhail N. Pokusaev, Konstantin E. Khmel'nitsky, Anastasia A. Khmel'nitskaya, Alexey A. Kadin, Beybulat S. Aydynbekov***

Bench tests of noise-insulating materials..... 55

## ***Ship power equipment***

***Elena V. Bogatyreva***

On the issue of carrying out mooring tests of a ship power plant in shallow water conditions..... 68

***Evgeniy V. Grinev, Sergey N. Valiulin, Alexander A. Khlybov, Yuri I. Matveev***

Issues of laser welding technology of the ends of heat exchange pipes in pipe gratings. .... 79

***Aleksandra V. Ivanovskaya, Vladimir A. Zhukov, Aleksei N. Ivanovskii***

Increasing the energy efficiency of a fishing vessel by estimating the motion parameters of a towed object..... 91

***Vitaly N. Timofeev, Ilyas R. Salakhov, Liudmila M. Kutepova, Nikolay V. Grechko***

Energy-saving installation of a river vessel ..... 99

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

***Viktor M. Buneev, Sergey V. Nozdrachev***

Formation of a strategic management system for a shipping company ..... 108

***Dmitry V. Dreiband, Dmitry A. Korshunov***

The balance method as an effective tool for strategic planning of river transport activities..... 119

***Elena Zaslavskaya, Elena Khrapova, Yulia Shlyapina, Dinara Gazizova***

Stages of development of transport of the cross-border territory of the Omsk region - Republic of Kazakhstan ..... 130

***Renata. I. Karavashkina***

Institutional aspects of the welfare management of the economic system..... 144

***Maria S. Kolosova, Denis Yu. Fraimovich***

The role of water transport in the development and development of economic entities in the regions of Russia ..... 152

<b><i>Vera V. Krainova</i></b> Assessment of the effectiveness of tax control in the Nizhny Novgorod region: theory and practice.....	158
<b><i>Nataliya A. Markova</i></b> The place and role of the transport tax in the tax potential of the regional budget .....	167
<b><i>Natalia V. Pumbrasova, Elena V. Upadysheva</i></b> Improving the efficiency of passenger transportation in the terms of the innovative transport traffic management systems using .....	183
<b><i>Zhanna Y. Pyzhova, Elena S. Lykova</i></b> Innovations of the project – target approach in the system of strategic planning of the national economy .....	199
<b><i>Zhanna Yu. Shalaeva, Vladimir N. Kostrov</i></b> Methods of vehicle selection in the multimodal passenger transportation system.....	211

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

<b><i>Elena I. Vershinina</i></b> Improvement of operational planning by small shipping enterprises .....	223
<b><i>Vitalii V. Sviatskii</i></b> The application of Erlang model for process simulation of boundary monitoring of ships proceeding through the Kerch-Yenikalsky Strait.....	229
<b><i>Denis D. Strelnikov, Inessa A. Strelnikova</i></b> Technological features of OOG transportation by sea transport.....	239
<b><i>Vadim I. Tikhonov, Yuriy V. Bazhankin, Igor M. Osokin, Alexey V. Mukhin</i></b> A method for estimating the transverse forces developed by the propulsion and steering system, based on the results of vessel circulation tests .....	252
<b><i>Maksim S. Tishchenko, Nikolai V. Ivanovskii</i></b> Development of a mathematical model of underwater towing, based on single- and double-link rod models of towing lines .....	264

### ***Waterways, ports, and hydraulic engineering constructions***

<b><i>Aleksandr N. Sitnov, Yulia E. Voronina, Marina V. Shestova</i></b> Assessment of the impact of the construction of a bridge crossing (Nizhny Novgorod) on the channel processes and the stability of the navigation in the lower reaches of the Oka river .....	273
--	-----

**СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА**

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

УДК 629.563.5

DOI: 10.37890/jwt.vi77.452

**Исследование сопротивления воды полупогружных  
плавкранов различной конструкции**

**М. Г. Балашов<sup>1</sup>**

*ORCID: 0009-0007-8519-2134*

**А. Б. Ваганов<sup>2</sup>**

*ORCID: 0009-0008-7173-602X*

**Ю. Ф. Орлов<sup>2</sup>**

*ORCID: 0009-0005-2258-1613*

**А. Ю. Панов<sup>2</sup>**

*ORCID: 0009-0007-4879-8858*

**В. Н. Савинов<sup>2</sup>**

*ORCID: 0009-0008-4115-2031*

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

*2 Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,  
г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние на сопротивление воды движение модели полупогружного плавучего крана на тихой глубокой воде в рабочем и транспортном положениях и разных курсовых углах. Исследования проведены в опытовом бассейне Севастопольского государственного университета. Выполненные буксировочные испытания модели позволили построить графики зависимости от числа Фруда коэффициента полного сопротивления. Каждый из представленных графиков относится к определенному горизонтальному клиренсу и курсовому углу, а также количеству промежуточных стабилизационных колонн. По полученным графикам можно оценить мощность энергетической установки, маршевых и маневровых двигателей полупогружного плавучего крана выбранной конструктивной схемы на начальных стадиях проектирования. В дальнейшем предполагается выполнить исследования по определению коэффициента дополнительного сопротивления от волнения рассмотренных случаев формы корпуса.

**Ключевые слова:** крановое судно, двухкорпусное полупогружное судно, модельные испытания, приборы, опытовый бассейн, сопротивление воды, критерии подбора, коэффициент сопротивления

**Investigation of water resistance of semi-submersible floating  
cranes of various designs**

**Michael G. Balashov<sup>1</sup>**

*ORCID: 0009-0007-8519-2134*

**Alexander B. Vaganov<sup>2</sup>**

*ORCID: 0009-0008-7173-602X*

**Yuri F. Orlov**<sup>2</sup>

ORCID: 0009-0005-2258-1613

**Alexey Yu. Panov**<sup>2</sup>

ORCID: 0009-0007-4879-8858

**Vladimir N. Savinov**<sup>2</sup>

ORCID: 0009-0008-4115-2031

<sup>1</sup>Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod state technical university, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The paper considers the effect on water resistance of the movement of a semi-submersible floating crane model on quiet deep water in working and transport positions and different heading angles. The research was conducted in the experimental pool of Sevastopol State University. The performed towing tests of the model made it possible to plot the dependence of the coefficient of impedance on the Froude number. Each of the presented graphs refers to a certain horizontal clearance and heading angle, as well as the number of intermediate stabilization columns. According to the obtained graphs, it is possible to estimate the power of the power plant, mainline and shunting engines of a semi-submersible floating crane of the selected design scheme at the initial stages of design. In the future, it is planned to carry out research to determine the coefficient of additional resistance from the excitement of the considered cases of the hull shape.

**Keywords:** crane vessel, double-hulled semi-submersible vessel, model tests, instruments, experimental pool, water resistance, similarity criteria, resistance coefficient

**Постановка задачи.** В условиях гидрометеорологической обстановки, когда затруднено использование понтонных плавучих кранов, применяют полупогружные плавучие краны (ППК). В настоящее время основной проблемой методики проектирования таких судов является отсутствие учета их конструктивных особенностей на ходовые характеристики [2,3,4,5,6,9,10,11].

**Анализ известных исследований.** На кафедре теории корабля Санкт-Петербургского государственного морского технического университета в опытовом бассейне были выполнены [1] экспериментальные исследования ходкости судов понтонного типа с различными по форме корпусами и оконечностями. Исследовалось влияние формы носовых и кормовых подрезов на сопротивление воды на моделях прямоугольного типа.

Настоящая работа посвящена исследованию влиянию на сопротивление в рабочем и транспортном положении горизонтального клиренса и числа колонн корпусов полупогружных плавучих кранов катамаранного типа.

**Целью работы** является экспериментальная оценка сопротивления воды движению ППК на начальных этапах проектирования судна в транспортном и рабочем положении на разных курсовых углах при изменении горизонтального клиренса и числа колонн в условиях тихой воды.

**Критериями динамического подобия** потоков жидкости при изучении сопротивления (в т.ч. ППК) используются:

$$\text{Число Фруда } Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}, \text{ и Число Рейнольдса } Re = \frac{vL}{\nu},$$

где  $v$  – скорость хода, м/с;  $L$  – расчетная длина корпуса, м;  $g = 9.81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  $\nu$  – кинематический коэффициент вязкости, м<sup>2</sup>/с.

В обычных условиях одновременное удовлетворение обоим этим критериям подобия невозможно [2].

Принятые характеристики и значения чисел модели и натуральных судов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики и расчетные числа

	Модель	KC5000	пр.16680	Balder
1.1 Скорость полного хода, $v$ , м/с (уз)	0,47 (0,91)	5,40 (10,50)	5,14 (10)	3,08 (6)
1.2 Скорость течения $v$ , м/с (уз)	0,16 (0,31)	1,86 (3,61)		
2. Расчетная длина судна, $L$ , м	1,10	148,0	138,0	118,0
3. Кинематическая вязкость, $m^2/c$	1,171e-06		1,56e-06	
4.1 Число Фруда $F_r$ на полном ходу	0,1416	0,1416	0,0838	0,0906
4.2 Число Фруда $F_r$ на течении	0,0487	0,0487	0,0504	0,0545
5. Число Рейнольдса $Re$	4,39e+05	5,12e+08	2,73e+08	2,33e+08

Отдельные составляющие полного гидродинамического сопротивления считаются независимыми. Сопротивление воды движению судна запишем в виде [7]

$$R_x = R_T + R_V + R_W,$$

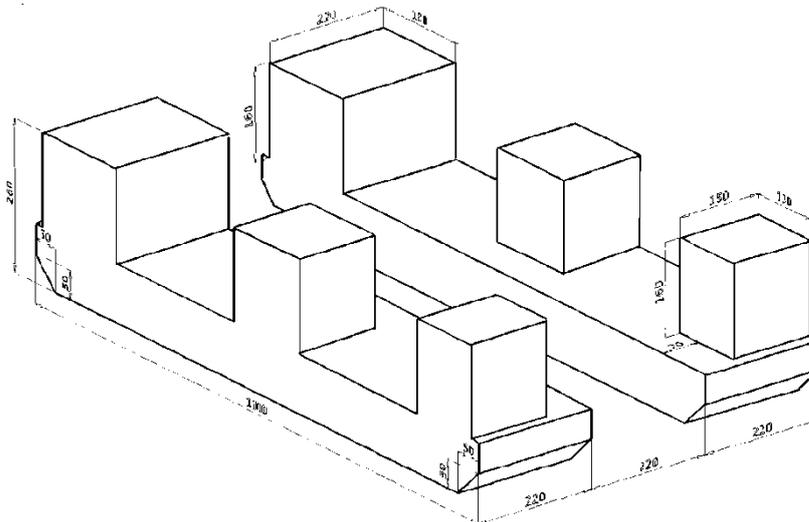
где  $R_T$ ,  $R_V$  и  $R_W$  – сопротивление трения, формы и волновое соответственно.

Сопротивления воды равномерному движению равно  $R_x = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \Omega$ ,

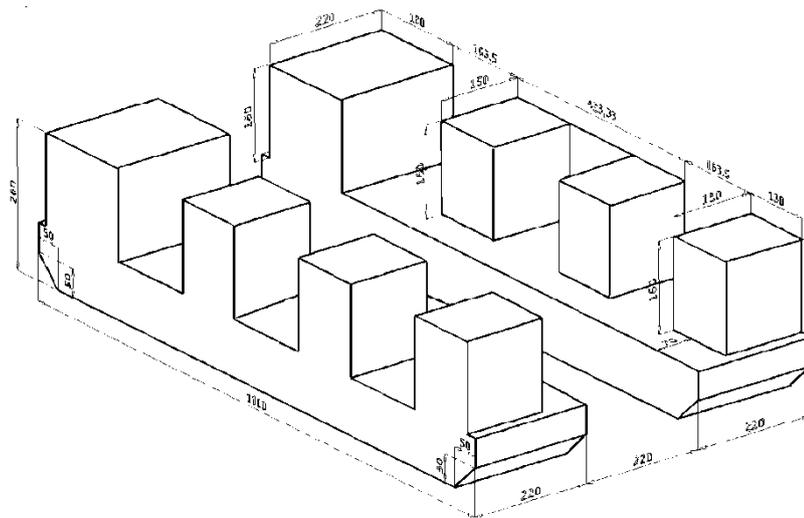
где  $\zeta$  – коэффициент полного сопротивления движению судна (ППК) по результатам модельных испытаний;  $\rho$  – плотность воды;  $\Omega$  – площадь смоченной поверхности судна (ППК).

Эксперименты с моделью ППК проводились в опытовом бассейне гравитационного типа. Измерение показаний пройденного пути, времени и скорости движения модели, записывались и обрабатывались на компьютере с помощью программного обеспечения, созданного для проведения опытов.

а)



б)



в)

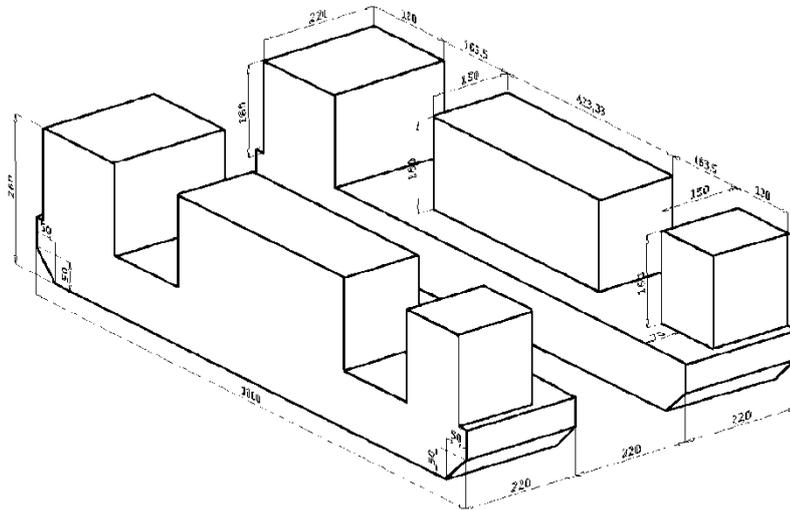


Рис. 1. Схема модели ППК, горизонтальный клиренс 220 мм: а) вариант 6 колонн, б) вариант 8 колонн, в) вариант 6 колонн с удлиненной средней

Модель представляет собой двухкорпусное полупогружное судно с шестью или восемью прямоугольными колоннами Рис. 1. Нижние понтоны имеют симметричные носовые и кормовые обводы, постоянную, подрезы в носу и корме. Имеются полости для твердого балласта.

Главные размерения моделей соответствуют осредненными значениями основных геометрических характеристик плавучих кранов проектов KC5000, 16680 и Valder. Длина моделей выбрана для проведения испытаний в опытовом бассейне кафедры "Океанотехника и кораблестроение" СевГУ [8].

Главные размерения, характеристики и размеры колонн моделей приведены табл. 2 и табл. 3.

Таблица 2

**Главные размерения модели ППК**

Наименование	Величина
Длина понтона, мм	1100
Ширина понтона, мм	220
Высота борта понтона, мм	100
Горизонтальный клиренс, мм	0/65/110/175/220
Смоченная поверхность в транспортном положении, (клиренс 0/65/110/175/220 мм), м <sup>2</sup>	0,68/0,90/0,90/0,90/0,90
Водоизмещение порожнем/транспортное/рабочее, кг	21,50/27,50/63,08
Осадка порожнем/в транспортном/в рабочем положении, мм	50,0/95,0/180,0
Количество колонн, шт	6/8/6 (средняя удлиненная)

Таблица 3

**Размеры колонн**

Наименование	Вариант колонн		
	6	8	6 (удлиненная средняя)
Высота колонн, мм	160		
Длина носовых / промежуточных и кормовых колонн, мм	230/160	180/130	180/423 и 130
Ширина носовых / промежуточных и кормовых колонн, мм	220/150		
Смоченная поверхность, м <sup>2</sup> (в рабочем положении при клиренсе 0/65/110/175/220 мм)	1,13	1,14	1,19
	1,38	1,38	1,44
	1,38	1,38	1,44
	1,38	1,38	1,44
	1,38	1,38	1,44

Выполнена балластировка модели стальными болванками размещенными в подпалубных отсеках. Определено положение ЦТ системы модель-балласт для девяти случаев нагрузки – порожнем, транспортном и рабочем положении в шести и восьми колонном вариантах и варианте с шестью колоннами при удлиненной средней.

**Метод исследований**

Экспериментальная установка представляет собой бассейн гравитационного типа Рис. 2. и модель ППК. Меняя тягу модели, задаваясь различными значениями массы груза, обеспечивающего буксировку модели, и измеряя значения скорости установившегося движения получают зависимость сопротивления от скорости хода.



Рис. 2. Малый опытовый бассейн кафедры «Океанотехника и кораблестроение»

Измерение показаний скорости движения модели, пройденного пути, времени производился при помощи записи положения блока в определенный момент вращения (рис. 3).

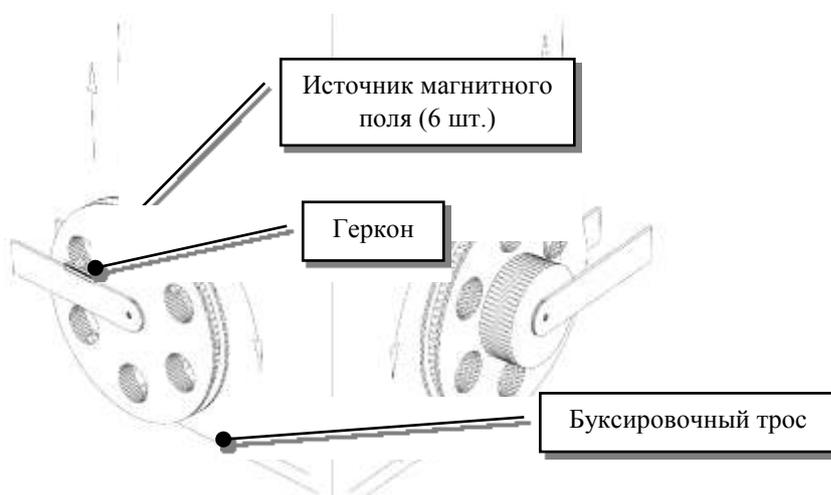


Рис. 3. Измерительная схема на буксировочном блоке

Для записи и обработки показаний разработано специальное программное обеспечение для проведения буксировочных испытаний в опытовом бассейне. Интерфейс программы приведен на рис. 4.

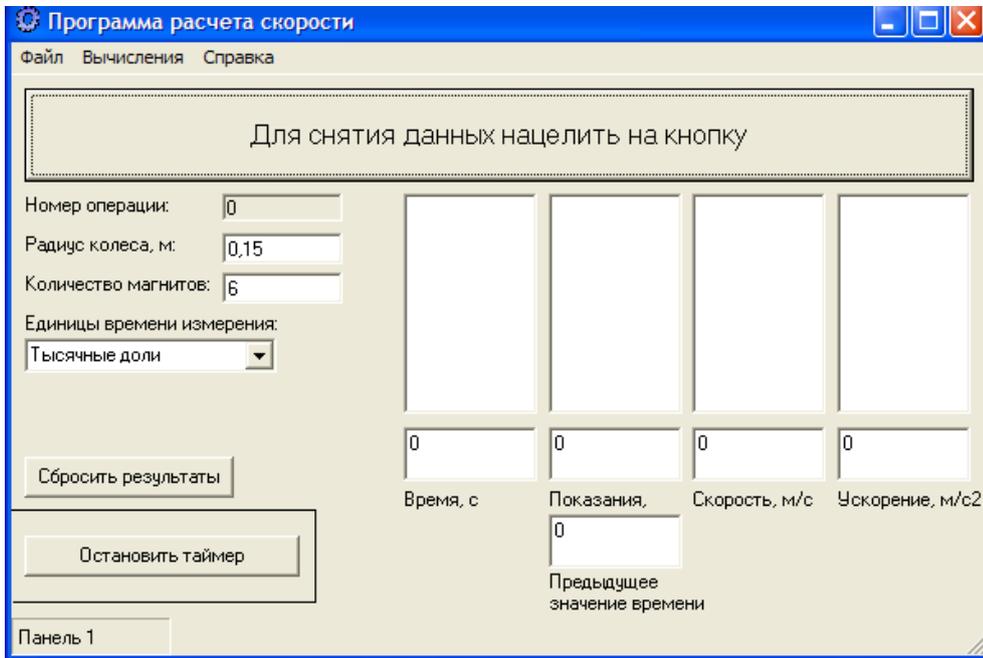


Рис. 4. Интерфейс программы замера скорости движения модели

Выполнено более 800 прогонов модели с определением участка постоянной скорости. Буксировки выполнены для транспортного положения на скорости соответствующей  $V_S = 5...10,5$  узлов прототипа и для рабочего – 3,5 узла, соответствующей расчетной скорости течения. Получены графики установившегося движения модели при клиренсе 0/65/110/175/220 мм для транспортного ( $d = 95$  мм) и рабочего положения ( $d = 180$  мм, при курсовом угле  $0^0$  и  $90^0$ ) для трех и четырех колонн и трех с удлинненной средней колонной на понтоне представлены на рис. 5.

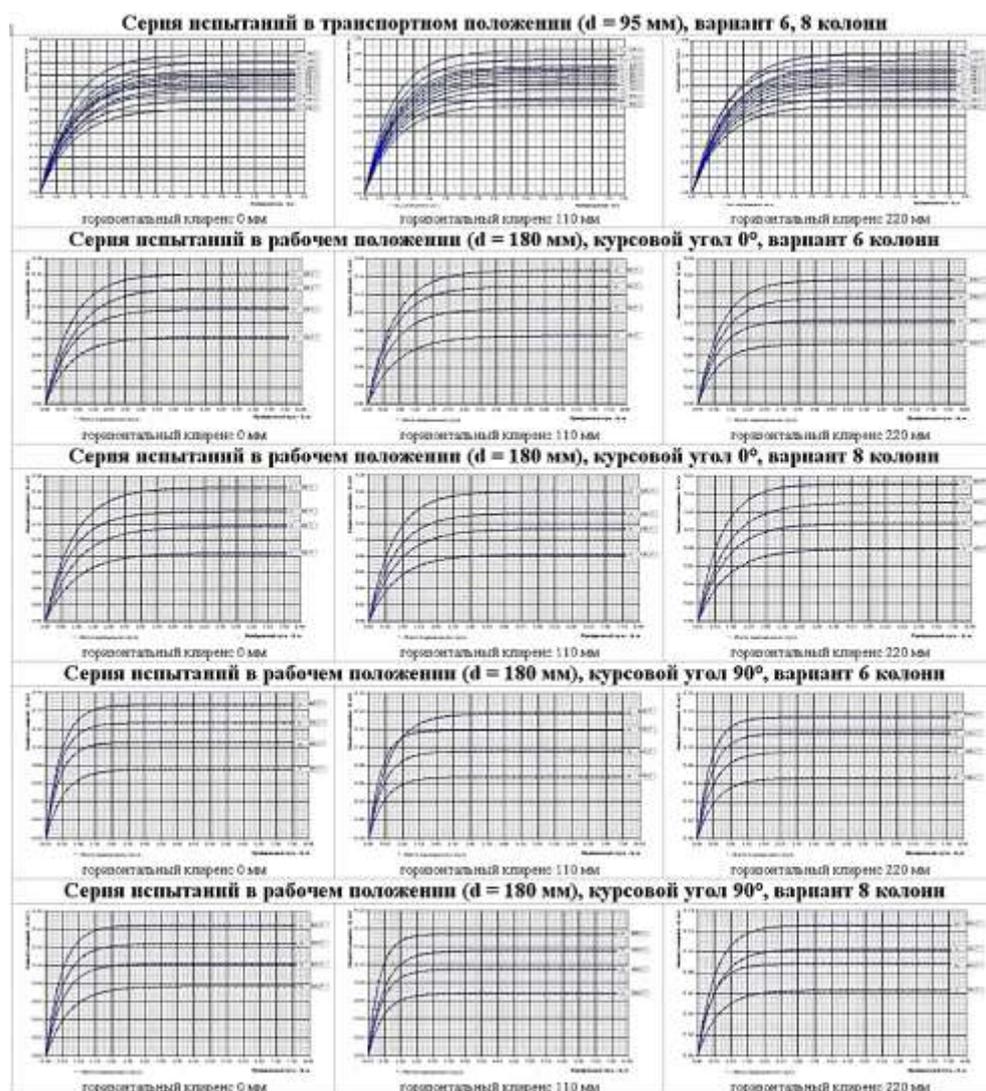
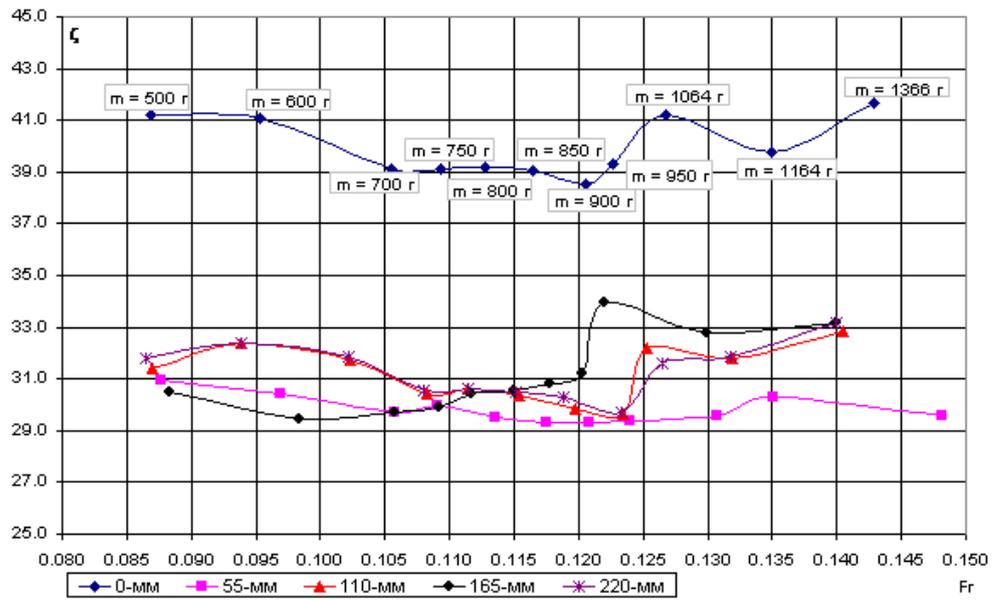
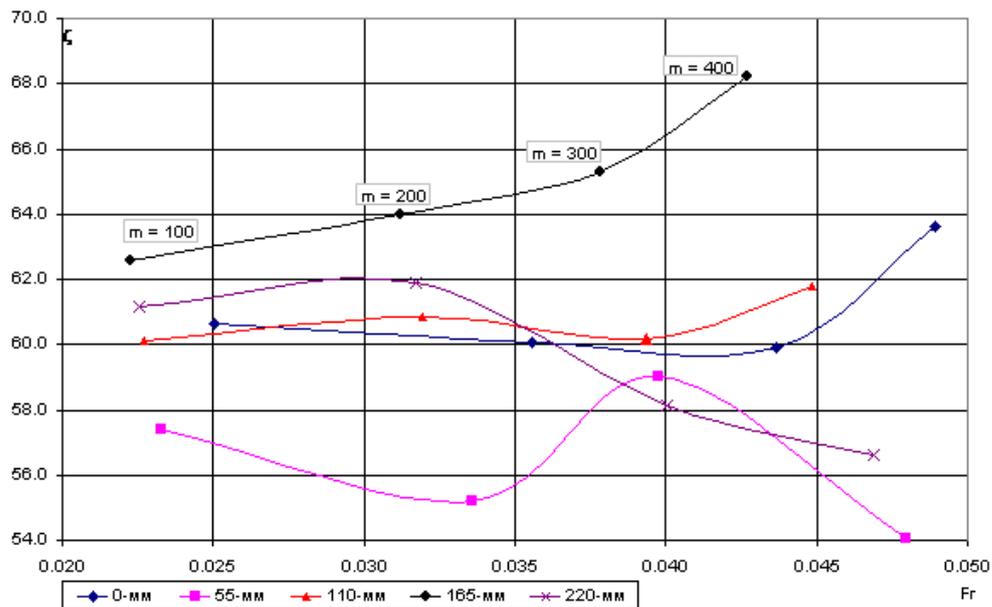


Рис. 5. Определение участков установившегося движения

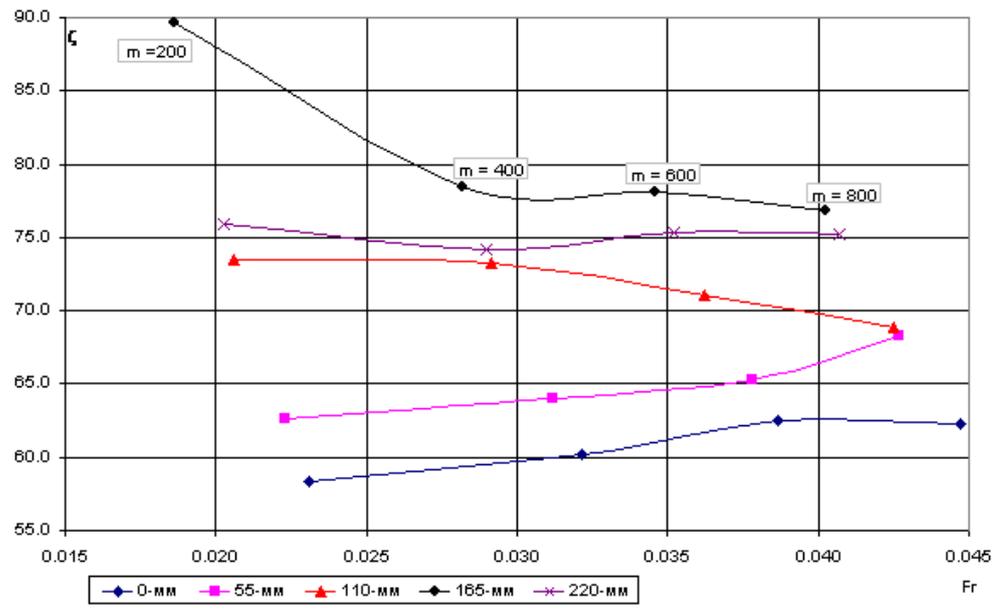
После обработки результатов буксировочных испытаний построены графики зависимостей относительного сопротивления от числа Фруда для исследуемых случаев комплектации и формы модели ППК. На рис. 6 показаны графики для транспортного и рабочего положения для курсовых углов  $0^\circ$  и  $90^\circ$ .



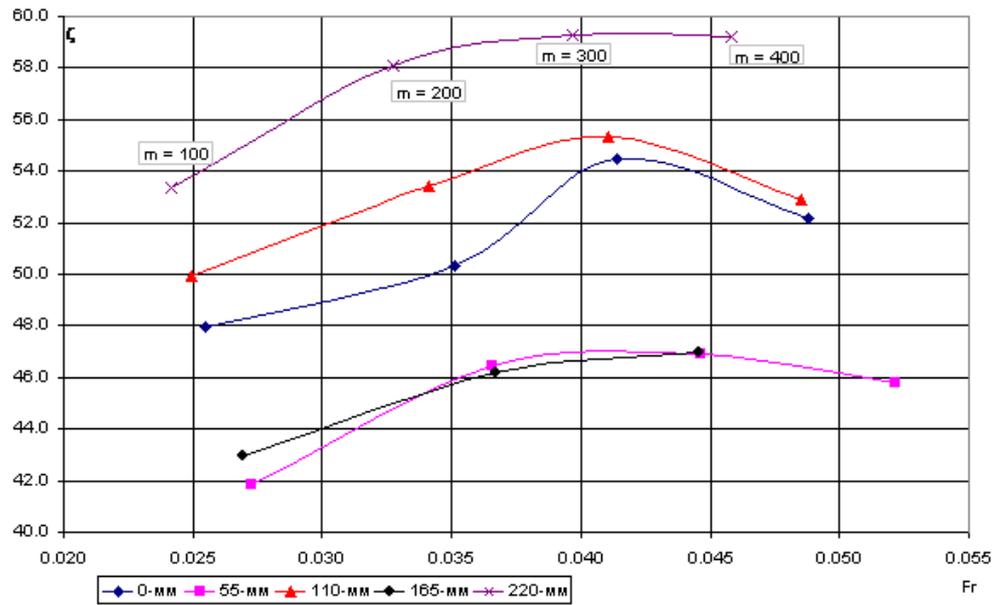
a)



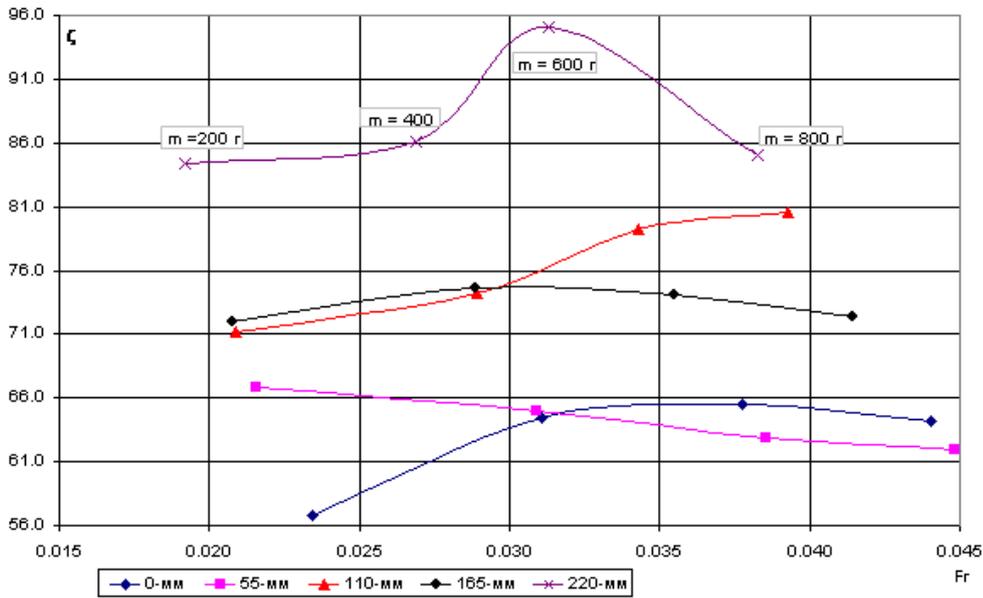
б)



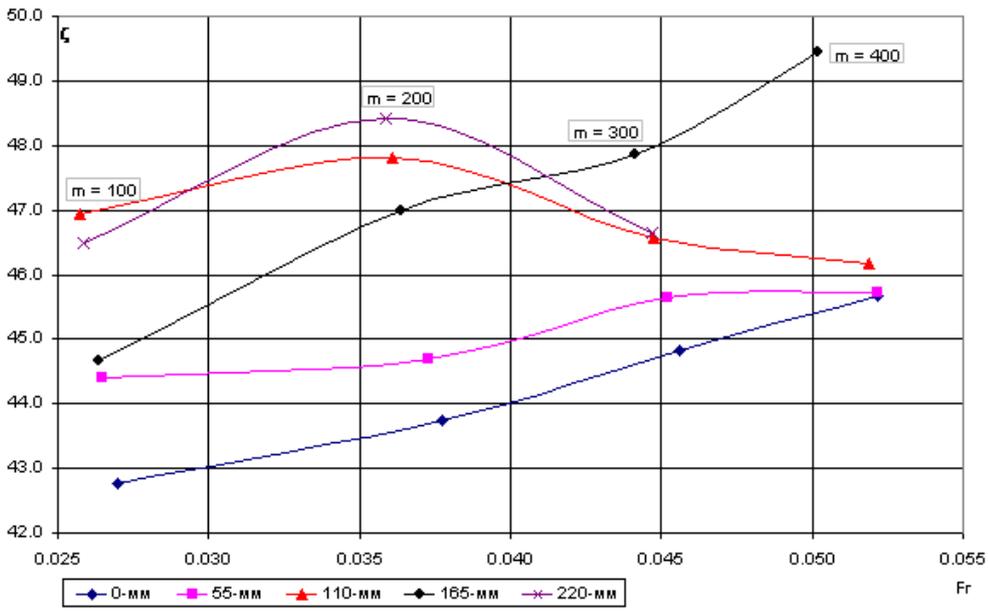
б)



в)



d)



e)

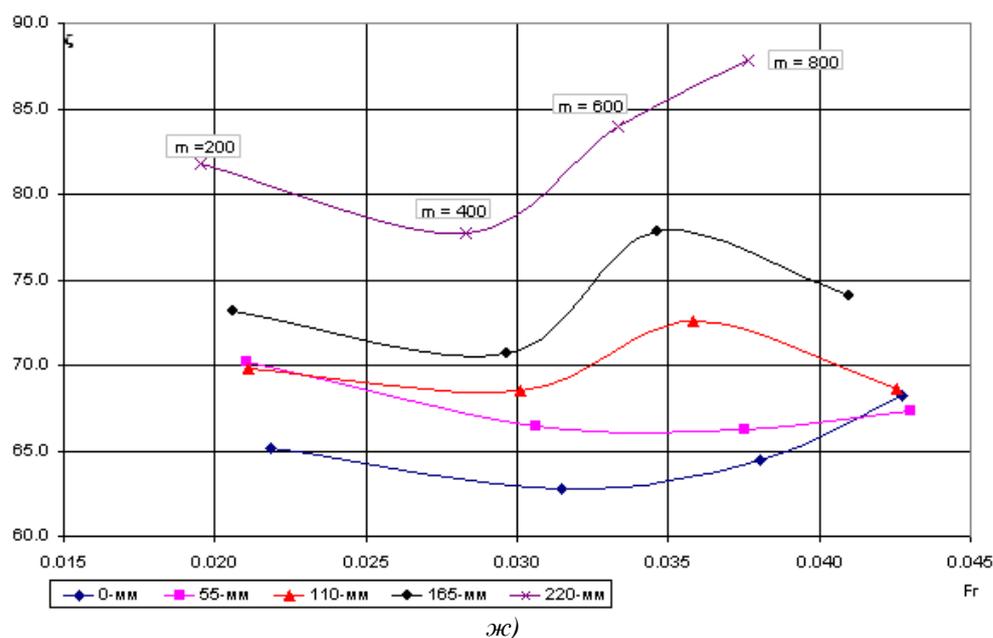


Рис. 6. Графики зависимости  $\zeta = f(Fr)$  для транспортного и рабочего положений для курсовых углов  $0^{\circ}$  и  $90^{\circ}$ : а) транспортное положение; б) и в) рабочее положение, вариант 6 колонн, курсовые углы  $0^{\circ}$  и  $90^{\circ}$ ; г) и д) рабочее положение, вариант 8 колонн, курсовые углы  $0^{\circ}$  и  $90^{\circ}$ ; е) и ж) рабочее положение, вариант 6 колонн (средняя удлиненная), курсовые углы  $0^{\circ}$  и  $90^{\circ}$

### Выводы

Проведенные экспериментальные исследования позволили получить зависимость от относительной скорости  $Fr$  величины относительного сопротивления  $\zeta$  воды. Представленные графики дают возможность на начальных этапах проектирования полупогружных плавучих кранов оценить требуемую мощность главной и вспомогательной энергетической установки. Исходными данными для этого является скорость хода или течения, число стабилизирующих колонн величина и горизонтального клиренса.

**Перспективы дальнейших исследований.** Предполагается выполнить исследования по определению коэффициента дополнительного сопротивления от волнения рассмотренных случаев формы корпуса.

### Список литературы

1. Борисов Р.В. Морские инженерные сооружения / Р.В. Борисов. В 2 ч. Ч. 1. – Морские буровые установки – СПб.:Судостроение, 2003 – 346 с.
2. Борисов А.М. Сравнительный анализ требований правил российского морского регистра судоходства и правил российского речного регистра к конструкции и прочности судов смешанного плавания классов «Г3-гсп» и «М-сп 3,5,» / Гирич С.Н., Пряничников К.Н./ вестник ВГАВТ. Научные проблемы водного транспорта – Н.Новгород 2019. № 59. С.27-41
3. Ваганов А.Б. Анализ поперечной остойчивости судна при произвольных по направлению и больших углах наклонов / Краснокутский И.Д., Гунов П.В. // Журнал Транспортные системы – Н.Новгород, 2019. № 2 (12). С. 25-37.

4. Ваганов А.Б. Динамика опрокидывания водоизмещающего судна при затоплении и действии наклоняющего момента/ Валяев А.В., Лукина Е.А., Самосюк А.И., Федосенко Ю.С. // НИЦ «МОРИНТЕХ»: научный журнал – Санкт-Петербург, 2020 - № 1-1 (47). С. 23-27.
5. Ваганов А.Б. Динамика судна при сложном внезапном воздействии внешних сил/ Тан Н.Н. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология – г Архангельск 2014. № 4. С. 13-20.
6. Ваганов А.Б. Моделирование динамики морских краново-монтажных судов при позиционировании / Краснокутский И.Д., Гуров П.В., Балашов М.Г., Несин Д.Ю. // Журнал Транспортные системы – Н.Новгород, 2020 - № 1 (15). С. 29-40.
7. Ваганов А.Б. Применение численного метода расчета восстанавливающих сил и моментов водоизмещающего судна в исследованиях его динамики при воздействии внешних сил в условиях ветра и волнения моря/ Краснокутский И.Д., Нгуен Н.Т. // Журнал Транспортные системы – Н.Новгород, 2016. № 2. С. 7-17.
8. Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля / Я.И. Войткунский, Р.Я. Першиц, И.А.Титов. – Л.: Судпромгиз, 1960. – 440 с.
9. Зиньковский-Горбатенко В.Г. Моделирование сопротивления судов в малом опытовом бассейне / В.Г. Зиньковский-Горбатенко, Г.Н. Грищенко // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2005. – Вып. 75. – С.35 – 39.
10. Савинов В.Н. Расчет буксировочного сопротивления кильватерного состава и потребной мощности толкача/ В сборнике: Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Р.Е. Алексеева – Н.Новгород 2016. С. 140-144.
11. Савинов В.Н. Экспериментальное определение изменения остойчивости транспортной баржи при продольном сбросе опорного блока буровой платформы/ научный журнал Современные проблемы науки и образования – Пенза 2014. № 6. С. 297.
12. Чебан Е.Ю. Исследование влияния формы катера типа «RIB» на его гидродинамические характеристики численными методами./ Мартемьянова О.В., Гачев С.В., Мухина А.А// вестник ВГАВТ. Научные проблемы водного транспорта – Н.Новгород 2019. № 59. С.79-80.

#### References

1. Borisov R.V. Marine engineering structures / R.V. Borisov. At 2 h. h. 1. – Offshore drilling rigs – St. Petersburg:Shipbuilding, 2003 – 346 p.
2. Borisov A.M. Comparative analysis of the requirements of the rules of the Russian maritime Register of Shipping and the rules of the Russian river register for the design and strength of mixed navigation vessels of classes "r3-rsn" and "m-sp 3,5," / Girin S.N., Pryanichnikov K.N./ vestnik VГАВТ. Scientific problems of water transport – N.Novgorod 2019. No. 59. pp.27-41
3. Vaganov A.B. Analysis of the transverse stability of a vessel at arbitrary in the direction and large angles of inclination / Krasnokutsky I.D., Gurov P.V. // Journal Transport Systems – N. Novgorod, 2019. No. 2 (12). pp. 25-37.
4. Vaganov A.B. Dynamics of capsizing of a displacement vessel during flooding and the action of tilting moment/ Valyaev A.V., Lukina E.A., Samosyuk A.I., Fedosenko Yu.S. // SIC "MORINTECH": scientific journal – St. Petersburg, 2020 - No. 1-1 (47). pp. 23-27.
5. Vaganov A.B. Ship dynamics under complex sudden impact of external forces/
2. Tan N.N. // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology – Arkhangelsk 2014. No. 4. pp. 13-20.
6. Vaganov A.B. Modeling of dynamics of marine crane-mounting vessels during positioning / Krasnokutsky I.D., Gurov P.V., Balashov M.G., Nesin D.Yu. //
3. Journal Transport Systems – N.Novgorod, 2020 - No. 1 (15). pp. 29-40.
7. Vaganov A.B. Application of a numerical method for calculating the restoring forces and moments of a displacement vessel in studies of its dynamics under the influence of external forces in conditions of wind and sea waves/ Krasnokutsky I.D., Nguyen N.T. //

4. Journal Transport Systems – N.Novgorod, 2016. No. 2. pp. 7-17.
8. Voitkunsky Ya.I. Handbook on the theory of the ship / Ya.I. Voitkunsky, R.Ya. Pershits, I.A.Titov. – L.: Sudpromgiz, 1960. – 440 p.
9. Zinkovsky-Gorbatenko V.G. Modeling of ship resistance in a small experimental pool / V.G. Zinkovsky-Gorbatenko, G.N. Grishchenko // Bulletin of SevNTU. Ser. Mechanics, energy, ecology: collection of scientific tr. – Sevastopol, 2005. – Issue 75. – pp.35-39.
10. Savinov V.N. Calculation of the towing resistance of the wake composition and the required power of the pusher/ In the collection: Modern technologies in shipbuilding and aviation education, science and production. Collection of reports of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of R.E. Alekseev - N.Novgorod 2016. pp. 140-144.
11. Savinov V.N. Experimental determination of changes in the stability of a transport barge during longitudinal discharge of the support block of a drilling platform/scientific journal Modern Problems of science and education – Penza 2014. No. 6. p. 297.
12. Cheban E.Y. Investigation of the influence of the shape of a RIB-type boat on its hydrodynamic characteristics by numerical methods./ Martemyanova O.V., Gachev S.V., Mukhina A.A.// vestnik VGAVT. Scientific problems of water transport – N.Novgorod 2019. No. 59. pp.79-80.

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

**Балашов Михаил Георгиевич**, доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «СевГУ» Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования, «Севастопольский государственный университет» 229053, г.Севастополь, ул.Университетская, 33, e-mail: evgenymensh@gmail.com

**Michael G. Balashov**, Associate Professor of the Department of Shipbuilding and Oceantechnics Sevastopol State University, 229053, Sevastopol, Universitetska, 33

**Ваганов Александр Борисович**, профессор кафедры «Аэро-гидродинамика, прочность машин и сопротивление материалов», ФГБОУ ВО НГТУ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева " 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, e-mail: yegor-timin@list.ru

**Alexander B. Vaganov**, Professor of the Department of Aerogidrodinamic, solid machins b soprotivlenie materials, Nizhniy Novgorod state technical university, 603950, Nizhniy Novgorod, Minina, 24

**Орлов Юрий Федорович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Прикладная математика» ФГБОУ ВО "НГТУ" Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования " Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева " 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, e-mail: fedor\_nna@mail.ru

**Yuri F. Orlov**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Applied Mathematics, Nizhniy Novgorod state technical university, 603950, Nizhniy Novgorod, Minina, 24

**Панов Алексей Юрьевич**, профессор, доктор технических наук, Заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» ФГБОУ ВО "НГТУ" Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования " Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева" 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24,

**Alexey Yu. Panov**, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, Nizhniy Novgorod state technical university, 603950, Nizhniy Novgorod, Minina, 24

e-mail:ivan\_lisin\_ggp@mail.ru

**Савинов Владимир Николаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Аэро-гидродинамика, прочность машин и сопротивление материалов» ФГБОУ ВО "НГТУ" Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева" 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, e-mail: mashtakova45@yandex.ru

**Vladimir N. Savinov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Aero-Hydrodynamics, Strength of Machines and Resistance of Materials, Nizhniy Novgorod state technical university, 603950, Nizhniy Novgorod, Minina, 24

Статья поступила в редакцию 23.10.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 23.10.2023; published online 20.12.2023.

УДК 629.12+62-89  
DOI: 10.37890/jwt.vi77.393

## **Концепция несамоходного индивидуального парома**

**И. Ю. Гордлеева**

**Е. В. Ушаков**

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

**Аннотация.** В рамках общей концепции развития водного транспорта и береговой инфраструктуры дается обоснование необходимости эксплуатации индивидуальных паромных переправ на малых и магистральных реках России. Произведено картографическое исследование транспортного сообщения через реки и их катастрофической нехватки по сравнению со спросом. Предложена совершенно новая концепция паромной переправы для одного автомобиля. Разработан приводной механизм движения парома от ведущей пары колес автомобиля с разными вариантами движителей и систем управления. Определены габаритные и водоизмещающие параметры судна по требованиям маломерного судостроения. В пакете «Компас-3D» создана трехмерная модель парома, всех рабочих узлов механизма и управления, произведен расчет массо-центровочных характеристик. Проведена сравнительная оценка механических параметров представленных движителей: винто-рулевой колонки и гребных колес. Описаны механизмы с ручным и автоматизированным режимами управления и их сравнение с механической, экономической и правовой точек зрения. Рассмотрены вопросы реализации и коммерциализации проекта.

**Ключевые слова:** 3D-модель, паромная переправа, автомобиль, передаточный механизм, массо-центровочные характеристики, гребные колеса, винто-рулевая колонка, кабан и туер, ручное и автоматическое управление, система помощи принятия решений

## **The concept of a non-self-propelled individual ferry**

**Irina Y. Gordleeva**

**Egor V. Ushakov**

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

**Abstract.** Within the framework of the general concept of the development of water transport and coastal infrastructure, a justification is given for the need to operate individual ferry crossings on small and main rivers of Russia. A cartographic study of transport links through rivers and their catastrophic shortage in comparison with demand has been carried out. A completely new concept of a ferry crossing for one car has been proposed. The driving mechanism of the ferry movement from the car's driving pair of wheels with different variants of propellers and control systems has been developed. The overall and displacement parameters of the vessel are determined according to the requirements of small-size shipbuilding. In the "Compass-3D" package, a three-dimensional model of the ferry, all working units of the mechanism and control was created, and the mass-centering characteristics were calculated. A comparative assessment of the mechanical parameters of the presented propellers was carried out: the screw-steering column and the paddle wheels. The issues of implementation and commercialization of the project have been considered.

**Keywords:** 3D-model, transmission mechanism, ferry crossing, car, mass-centering characteristics, paddle wheels, screw steering column, capstan and tuer, manual and automatic control, decision-making assistance system

### **Проблематика**

Освоение водных ресурсов России, занимающей лидирующее место по их объему и протяженности, является одной из стратегических задач, стоящих перед государством, транспортное сообщение через реки и по ним одна из этих ключевых задач. Самая знаковая река России - Волга тянется на 3530 км, на протяжении которых зарегистрировано 41 автомобильных мостов, но действительно рабочих порядка 34, остальные либо руинированы, либо в проекте, либо на долгосрочном ремонте [1]. По берегам Волги расположено 59 крупных городов, а населенных пунктов тысячи, в одной нижегородской области более ста. Если взять региональные реки, к примеру, левый приток Волги Ветлугу, насчитываем 5 автомобильных мостов на 138 населенных пунктов.

В то же время по берегам и притокам Волги в городах и селах проживает около 60 млн человек, до 2/3 промышленного производства сосредоточено здесь же [2]. Простая арифметика сообщает, что на такую протяженность, населенность и экономическую деятельность приходится примерно по одному мосту более чем на каждые 100 км.

Если рассматривать магистральные и малые реки Сибирского, Дальневосточного и других регионов нашей огромной страны, там будет еще меньший процент наличия транспортных сооружений к километражу.

Одновременное строительство необходимого количества классических мостов с подъездом по автодорожному полотну экономически неподъемно, а в большинстве случаев с небольшим потоком автомобилей в малонаселенных пунктах нецелесообразно, хотя необходимость в наличии переправы существует.

В качестве временных переправ используют понтонные (наплавные) мосты, они не столь дороги в возведении, но затратны в обслуживании, поэтому оправданы лишь крайней необходимостью, связанной с аварийным или ремонтным состоянием действующего моста, а так же кратным увеличением потоков автомобилей в сезон.

Проблему транспортного сообщения через реки частично решают паромные переправы, но их количества недостаточно, чтобы решить данный вопрос. К примеру, через такую магистральную реку как Волга зарегистрировано всего 12 автомобильных паромных переправ, через ее приток Ветлугу на всех известных картах не найдено ни одной. Автомобильные (грузо-пассажирские) паромы не находят широкого применения в силу ряда причин. Работа парома не круглосуточная, если есть расписание, то оно с большими интервалами, либо приходится дожидаться полной загрузки неопределенное количество времени. Неудобство для автомобилистов с одной стороны и нецелесообразность идти порожняком для перевозчика с другой. При определенных неблагоприятных погодных условиях п/переправа вовсе прекращает работу. Другая весомая причина: паромы с большой грузоподъемностью имеют большую осадку и не могут быть использованы на глубинах меньше 1 метра.

Картографическое исследование больших и малых рек свидетельствует об огромном числе населенных пунктов, находящихся напротив друг друга по разным берегам одной реки или на небольшом расстоянии вдоль нее. Такое расположение сложилось исторически, еще сто лет назад вся человеческая деятельность осуществлялась вдоль реки, на реке и через реку (собственно происхождение слова «дорога» и означало «вдоль реки»). Развитие автомобильного транспорта и автодорог повернуло вектор хозяйственной деятельности от реки, что постепенно привело к разрушению производственных и гуманитарных связей, и как следствие оттоку населения в более развитые места проживания. И хотя напрямую расстояние между населенными пунктами на разных берегах реки 1-2 км и меньше, чтобы добраться к

соседям напротив, приходится ехать в объезд, преодолевая десятки и даже сотни километров.

Для решения государственных программ до 2030 года в направлении «Комфортная среда для жизни», входящего в национальный проект «Вода России», принятого в 2018 году, и реализации проекта оздоровления и освоения малых рек России необходимо налаживать транспортное сообщение рек и вопрос переправ на наш взгляд является одним из ключевых.

### Концепция проекта

Решением проблемы на наш взгляд может стать более дешевая и экономически выгодная индивидуальная паромная переправа с простой и мало затратной береговой инфраструктурой. Она может быть использована как на полноводных судоходных реках, так и на малых и даже мелководных. Подъезд к ней не требует специально оборудованных причальных стенок, это могут быть вынесенные мостки или бетонные плиты. Автомобиль заезжает на небольшой несамоходный понтон, содержащий механическую передачу и движитель (рис. 1). Тип корпуса зависит от внутреннего наполнения и компоновки механизмов и движителей (рассматривались варианты однокорпусного судна и катамарана). В движение паром приводится ведущей парой колес автомобиля после заезда, установки и фиксации на специальных площадках (барабанах) с валиками, воспринимающими момент вращения и являющимися входным звеном передаточного механизма (рис.2,а). Принципиальным конструктивным решением является симметрия парома без традиционного носа и кормы. Такая геометрия предусмотрена для удобства автомобилистов, чтобы обеспечивать заезд на паром и съезд с него только передом машины, что так же позволяет отчаливать от берега и причаливать к противоположному берегу без разворота. По той же причине аппаратное устройство предусмотрено с двух сторон.

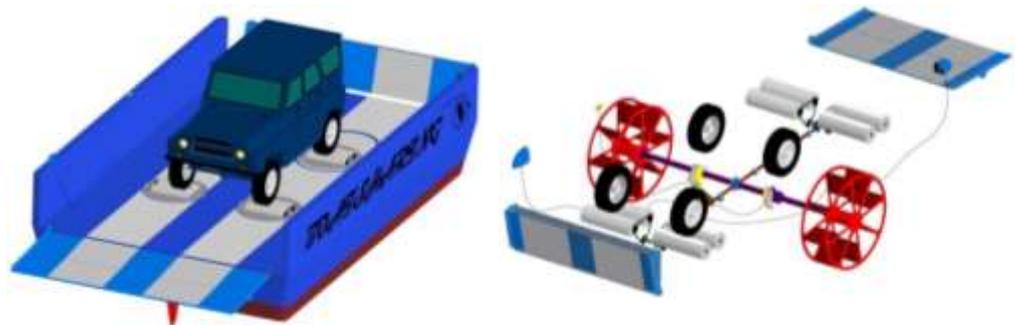


Рис. 1. Общий вид автомобиля на пароме (слева) и передаточный механизм (справа)

При этом машины, переправляющиеся в обратном направлении, также заезжают передом. Это обеспечивается симметрией передаточного механизма, т.е. неважно на какое пятно контакта встают колеса ведущей оси, схема предусматривает переключение и работу механизма и движителя в обоих направлениях движения.

С началом вращения колес автомобиля усилие момента передается на валики, и через цепную и ряд конических передач на валы и движитель. Каждое колесо автомобиля находится на паре валиков, оси которых жестко скреплены с поворотными барабанами (рис. 2). Они работают независимо в паре, что позволяет использовать паром как для передне- так и для заднеприводных автомобилей. Чтобы все 4 колеса стояли на своих пятнах контакта, предусмотрен механизм регулирования расстояния между площадками под разные базы автомобилей. Подстройка под длину колесной базы допускается посредством продольной свободы одной из осей с парой

барабанов. Это достигается установкой оси каретки и возможности удлинения одного из валов (рис.2,в).

Поворот парома осуществляется синхронно с поворотом колес автомобиля. Фиксаторы, удерживающие колесо, передают поворот на поворотную площадку, которая представляет собой корпус валиков цилиндрической формы, далее барабан (рис.2,б). Барабаны в свою очередь попарно через рычаги связаны с двумя перьями руля, находящимися с обеих сторон корпуса. Такое количество и расположение перьев руля упрощает использование парома, при этом перо находящееся спереди всегда будет зафиксировано, так как задняя ось автомобиля не будет давать никакого поворота. Данное маневрирование парома осуществляется ручным управлением из салона автомобиля, но в рамках действующего технического регламента и нормативно-правовой базы может быть серьезной преградой к сертификации рассматриваемого маломерного судна. Данный вопрос освещен ниже.

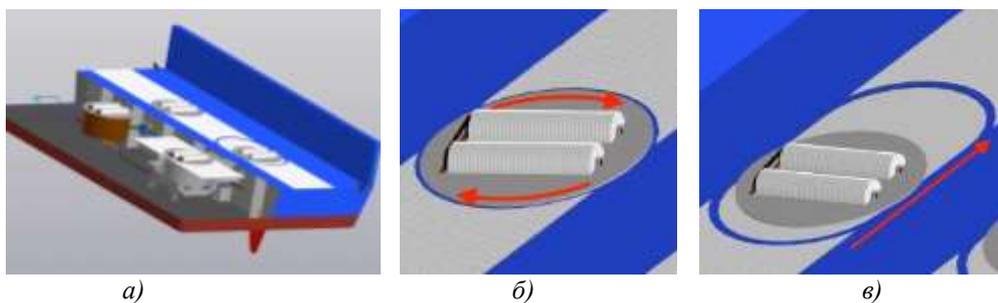


Рис. 2. Устройство, воспринимающее приводное усилие:  
а) общий вид поворотных барабанов и валиков;  
б) вращение барабана при повороте колес;  
в) возможность скольжения одной из осей с барабанами.

#### **Технико-эксплуатационные характеристики**

Чтобы задать габаритные размеры парома, расположение и компоновку механизмов, воспринимающих вращение приводных колес автомобиля, был выполнен статистический анализ массовых и геометрических параметров легковых автомобилей. Для осуществления эксплуатационных и технических требований, предъявляемых к маломерному флоту, выбран легковой транспорт до 3,5 тонн и такие характеристики как габариты машины с открытыми дверями, ее вес, размер базы, радиус колес и межосевое расстояние. Оптимизируя параметры, вышли на размеры парома 8 м на 5 м. Расчет осадки производился по массо-центровочным характеристикам (МЦХ) и водоизмещению судна (рис. 3), спроектированного в среде 3D-Компас. Паром в 9 -11 тонн с машиной в 1-3 тонны дает осадку в диапазоне 0.25 – 0.45 м., что является хорошим показателем использования даже на мелководных и несудоходных реках. Исключение нежелательного крена и дифферента парома достигалось корректировкой расположения и компоновки механизмов, чтобы центр масс системы паром-машина оставался в диаметральной плоскости.

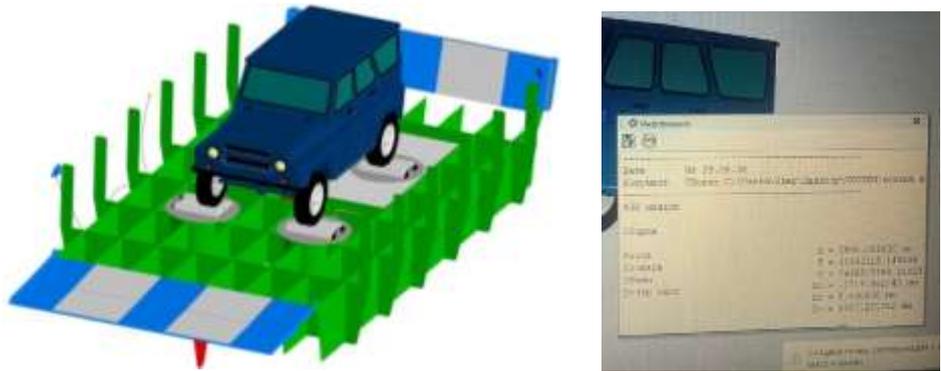


Рис. 3. Проектирование и расчет МЦХ

### **Выбор двигателя и системы управления**

У каждой реки с населенными пунктами по ее берегам свои характеристики, география, инфраструктурные и логистические возможности. Учитывая всевозможные различия водных акваторий, рассматривалось и разрабатывалось несколько вариантов механики движения парома, в основном это касается двигателей и систем управления.

В качестве двигателей для сравнения разрабатывались поворотная винторулевая колонка с автоматическим реверсом обратного хода, гребные колеса, выигрышные на мелководье и малых скоростях, а так же вариант туерной переправы.

Движение и маневрирование парома может быть обеспечено с помощью механического (ручного) либо автоматизированного (беспилотного) режимов управления. Нормативно-правовые документы, требования по эксплуатации и безопасности судоходства накладывают определенные ограничения на маломерные суда и управление ими [3]. Сложность сертификации и реализации индивидуальной переправы представляется именно в управлении паромом. Чтобы исключить человеческий фактор, управление в идеале должно быть беспилотным, т.е. полностью автоматизированным.

На основании этого скомпонованы две принципиальных схемы парома: механический паром с винтовым двигателем и автоматизированный паром с колесным двигателем. Рассмотрим их подробнее.

### **Вариант винтового двигателя и механического управления**

Механическая схема характеризуется значимо меньшим бюджетом разработки и отсутствием необходимости использования автопилота, но сопряжена с большими расходами на сертификацию. На рисунке 4 представлена схема основных узлов передаточного механизма с выходом на винторулевую колонку с автореверсом направления движения парома.

Момент снимается с колес посредством расположения автомобиля на валики поворотных площадок - барабанов (1), усилие передается на двигатель (8) посредством механической передачи, включающей в себя цепные передачи, конические передачи, валы и их опоры, гидравлическую передачу усилия (7) на перо руля (9).

Понимая сложности, связанные с сертификацией, предлагается использовать систему помощи принятия решений[4]. Центральный блок управления (4) питается от генератора (2). Опираясь на данные блока GSM/GPS/ГЛОНАСС (6), центральный

блок управления «советует» водителю предпринимать те или иные действия в понятной для каждого водителя форме: подачей светового сигнала на светофоре (5).

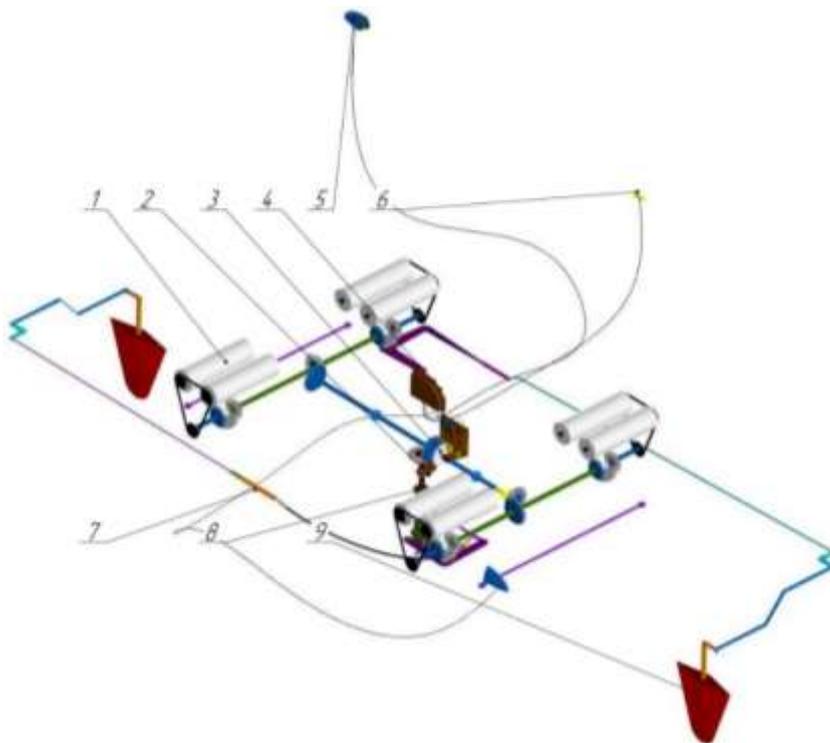


Рис. 4. Основные узлы парома с винтовым двигателем:

- 1 - валики, воспринимающие момент колеса машины; 2 - электромуфта и генератор;
- 3 - тормоз; 4 - блок управления; 5 - светофор; 6 - GSM/GPS/глонасс антенна;
- 7 - гидравлика; 8 - винтовая колонка автоматического реверса; 9 - перо руля.

Предусматривая в будущем коммерциализацию использования парома посредством аренды через приложения, для предотвращения несанкционированного использования парома в схему включены электромуфта (2), предотвращающая передачу момента на движитель, а также тормоз (4), облегчающий съезд и заезд на паром.

#### **Вариант с гребным колесом и автоматизированным управлением**

Беспилотное управление парома характеризуется гораздо меньшими расходами на сертификацию, но значительно большими расходами на разработку, в первую очередь, сопряжённую с системой автопилотирования. В механическом плане такая система безусловно более проста, что несомненно положительно повлияет на эксплуатационные расходы. Простота вытекает не только из отсутствия системы рычагов и гидравлики для передачи поворота руля автомобиля на управляющий орган парома (см. рис. 4), но и отпадающей необходимостью в наличии одной сдвижной оси, так как остается лишь необходимость в снятии момента, и отпадает необходимость в снятии направляющего воздействия, задаваемого рулем автомобиля.

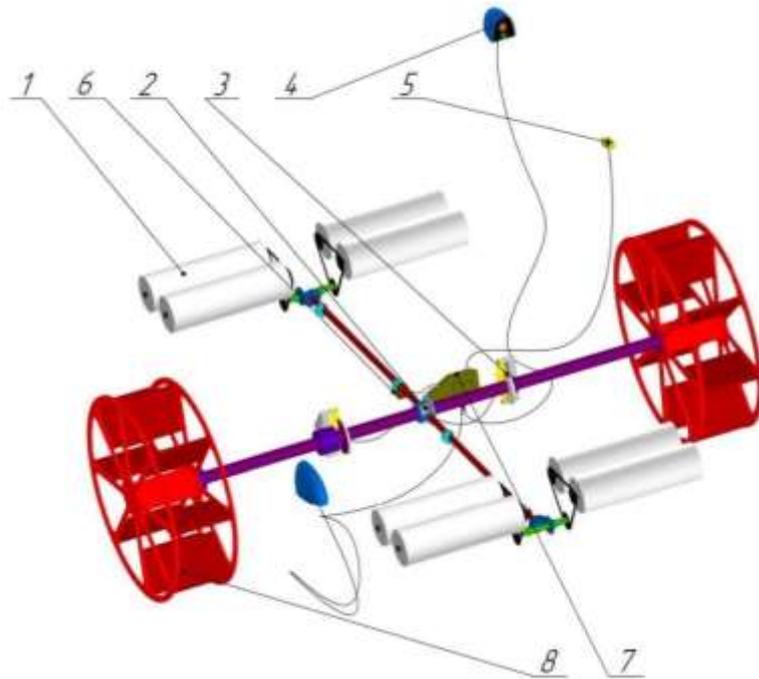


Рис. 5. Устройство паромы с гребными колесами:  
1 - валики; 2 - дифференциал; 3 - тормоз; 4 - светофор; 5 - GSM/GPS/глонасс антенна;  
6 - генератор; 7 - блок управления; 8 - гребное колесо

Момент аналогично механической системе снимается с валиков (1) и передается на гребные колеса (8), посредством механической передачи, включающей в себя цепные передачи, конические передачи, валы и их опоры. Использование колесного движителя подразумевает внедрение дифференциала (2) для дозирования крутящего момента между колесами. Управление происходит посредством притормаживания одной из осей дисковым тормозом (3). Притормаживая одна полуось (одно гребное колесо) замедляет вращение, что обеспечивает поворот или разворот[5]. За счет дифференциала и гребных колес можно получить минимальный радиус циркуляции.

Для паромы с малой осадкой и небольших размеров 8 на 5 м были подобраны гребные колеса диаметром 1 м, погруженные в воду на 1/5 части своего диаметра, имеющие 7-9 простых прямых плиц для движения в обе стороны без разворота.

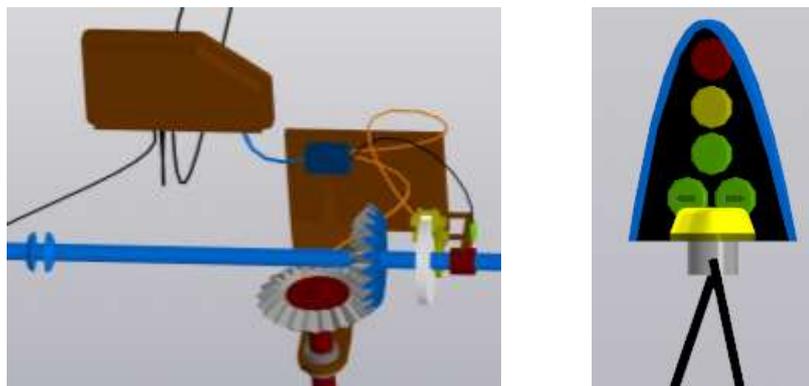


Рис. 6. Блок управления и пульт ДУ «Светофор»

Для реализации автоматизированного управления блок управления (7), питаемый генератором (6), опираясь на данные GSM/GPS/ГЛОНАСС антенны (5), выполняет программу автопилотирования, при необходимости генерирует управляющие сигналы на тормоза (3) и подает сигналы водителю в форме светового сигнала на «светофоре» (4) (рис.6).

Блок управления так же обрабатывает сигналы с датчиков, необходимость в которых может возникнуть в процессе разработки автопилота для принятия решения и открывает возможность коммерциализации использования парома путем аренды через приложение.

### **Сравнительная оценка винтового и колесного движителя**

Не зависимо от выбора системы управления в рамках проектирования индивидуального парома показывает, что при малых скоростях переправы, до 10 км/ч, гребное колесо является более выгодным и рациональным решением [6]:

- на малых скоростях и большом сопротивлении движению тяга гребного колеса способна удвоиться по сравнению с винтом и водометом;
- на мелководье с глубиной менее 1 м при малой осадке судна, как в нашем случае удельный упор и КПД на единицу мощности выше, чем у винта;
- на глубинах меньших 0.5 м использование винта может привести к его поломке, в то же время для безопасной работы гребного винта потребуется  $\frac{1}{4}$  его диаметра;
- из-за лучшего срагивания с места, более чуткой управляемости на малых скоростях и торможения при ручном управлении водитель в машине быстрее адаптируется;
- визуальный технический осмотр движителя легче (не нужно поднимать из воды как винт, если что-то наматалось).

Если говорить о системах управления паромом, перевес в сторону беспилотного режима очевиден по совокупности множества параметров: простота механизма, безопасность движения, более прозрачная сертификация, единая информационная база, интуитивно-понятное специально разработанное приложение и т.п.

### **Альтернативный вариант парома**

В настоящее время IT-технологии в области современных навигационных систем и безэкипажного судовождения только разрабатываются, причем не только в области программирования [7], но и на правовом и законодательном уровне. Так как эти задачи сегодня являются одним из приоритетных государственных направлений, в ближайшей перспективе они должны быть решены.

На текущий момент для реализации создания индивидуальной паромной переправы с ручным управлением может быть предложен вариант по типу туерного буксира или кабестана. Кабестан - это лебёдка (по сути судовой шпиль) с вертикальным барабаном для передвижения судна и его подтягивания к берегу. Туер – вид речного судна, буксир, движущийся вдоль уложенной по дну цепи или троса.

С помощью автомобильной тяги кабестан, расположенный в корпусе парома, приходит в движение и начинает перематывать цепь или трос, проложенный по дну реки. Цепь поднимается из воды впереди движущегося парома, далее через клюзы подводится к барабану по направляющим роликам через блоки, и, сматываясь с барабана сзади корпуса, снова погружается в воду. [8]. Такой вариант парома на автоприводе является самым простым и вместе с тем самым надежным и безопасным,

так как исключает человеческий фактор. Для страгивания с места, движения по реке и торможения у противоположного берега водителю останется использовать только педали «газ и тормоз».

В качестве примера можно сделать ссылку на дизель-электроход буксир «Енисей», с туерной лебедкой в качестве основного движителя, предназначенный для проводки судов вверх по реке Енисей через Казачий порог [9].

Туерная переправа выигрывает на мелководье, на реках с сильным течением, большим количеством порогов и перекатов, а так же расположением населенных пунктов напротив друг друга. В условиях отсутствия автоматизированного управления, паром-туер с приводом от автомобиля на сегодняшний день выглядит наиболее реалистичным и целесообразным вариантом переправы.

### **Перспективы реализации проекта**

Создание программного обеспечения и автоматизированной навигационной системы в совокупности с соответствующим правовым сопровождением на законодательной основе сделают реализацию данного проекта весьма актуальной и востребованной. Сроки реализации проекта до окончательной проектной документации оцениваются в 8 месяцев без проведения сертификации, что так же подготавливает благоприятную почву для дальнейшей коммерциализации проекта. Использование индивидуальных паромных переправ по принципу каршеринга (сервиса краткосрочной аренды автомобиля) несет в себе огромный потенциал, не говоря о стратегическом развитии всего спектра направлений, связанных с проблемами акваторий России. За налаживанием сообщения между соседними населенными пунктами на разных берегах реки последует восстановление нарушенных и развитие современных производственных, хозяйственных и гуманитарных цепочек. Сразу подтянутся логистические и инфраструктурные решения прибрежных зон. За развитой инфраструктурой неизбежно расцветет туризм, появятся новые типы плавсредств [10] с малой осадкой, в речных глубинках России начнут развиваться связь, промышленность, и как следствие, остановится отток населения из ранее глухих мест с вероятным обратным эффектом.

### **Список литературы**

1. Список мостов через Волгу – Википедия, версия от 09.06.22. URL: <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title>
2. Малые реки и транспортная сеть России. URL: <https://www.nikshkiper.ru/articles/> ;
3. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 026/2012 о безопасности маломерных судов, от 15.06.2012 N 33. <https://docs.cntd.ru/document/902352820> ;
4. Макшанов А.В., Журавлев А.Е., Тындыкарь Л.Н.. Системы поддержки принятия решений. Прикладная информатика, 2020. -105с.: ил-ISBN: 978-5-8114-5492-1;
5. Балдин, В. А. Детали машин и основы конструирования. Передачи : учебник для вузов / В. А. Балдин, В. В. Галевко ; под редакцией В. В. Галевко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. - 333 с. ил - ISBN 978-5-534-06285-4;
6. Фальмонов Е.В. Возвращение колеса. //Экспертный Союз, 17 мая, 2019/ URL: <http://unionexpert.su/vozvrashhenie-kolesa/> ;
7. Шаошань Лю, Лиюнь Ли, Цзе Тан, Шуаш Ву, Жан-Люк Годье. Разработка беспилотных транспортных средств. Автоматика. Вычислительная техника, 2020. - 246с.: ил-ISBN: 978-5-97060-969-9;
8. Речное судоходство в России.- М.: Транспорт, 1985. с. 210-212
9. Технические характеристики судна Туер Енисей Буксир URL: <https://www.korabel.ru/fleet/info/7706.html> ;
10. Гордлеева И.Ю., С.Д. Гордлеев, И.В. Никитаев Обзор импортозамещения на рынке хаусботов и предложение по выбору силового агрегата с применением гидроприводов. // Научные проблемы водного транспорта № 68 2021: - ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2021.

### References

1. List of bridges across the Volga – Wikipedia, version from 09.06.22. URL: <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title>
2. Small rivers and the transport network of Russia. URL: <https://www.nikshkiper.ru/articles/>;
3. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 026/2012 on the safety of small vessels, dated 15.06.2012 N 33. <https://docs.cntd.ru/document/902352820> ;
4. Makshanov A.V., Zhuravlev A.E., Tyndykar L.N. Decision support systems, Applied Informatics, 2020.-105p. ISBN: 978-5-8114-5492-1;
5. Baldin, V.A. Machine parts and design basics. Transfers: a textbook for universities / V. A. Baldin, V. V. Galevko; edited by V. V. Galevko. - 2nd ed., revised. and additional - Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. - 333p. ISBN 978-5-534-06285-4;
6. Falmonov E.V. The return of the wheel. //Expert Union, May 17, 2019/ URL: <http://unionexpert.su/vozvrashhenie-kolesa/> ;
7. Shaoshan Liu , Liyun Li , Jie Tang , Shuang Wu , Jean-Luc Gaudiot. Creating Autonomous Vehicle Systems, Second Edition. Automation. Computer Engineering,2020.-246p.: ISBN: 978-5-97060-969-9;
8. River navigation in Russia. - М.: Transport, 1985. pp. 210-212 ;
9. Technical characteristics of the vessel Tuer Yenisei Tugboat URL: <https://www.korabel.ru/fleet/info/7706.html> ;
10. Gordleeva I.Yu., S.D. Gordleev, I.V. Nikitaev Overview of import substitution in the houseboat market and a proposal for choosing a power unit using hydraulic drives. // Scientific problems of water transport No. 68 2021: - FBSEI of HE «VSUWT» - 2021

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Гордлеева Ирина Юрьевна**, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [vishkind@rambler.ru](mailto:vishkind@rambler.ru)

**Irina Y. Gordleeva**, Ph. D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Machines and Machine Repair., Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

**Ушаков Егор Валерьевич**, студент специальности 26.05.06, 3 курс, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [eushk1@gmail.com](mailto:eushk1@gmail.com)

**Egor V. Ushakov**, a student of the specialty 26.05.06, 3rd year, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: [eushk1@gmail.com](mailto:eushk1@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 14.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 14.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi77.411

## **Использование методов генерации управляющих программ ЧПУ при изготовлении винта Трооста**

**Д.С. Макашин<sup>1</sup>**

*ORCID: 0000-0002-8297-5551*

**А.Г. Кисель<sup>2</sup>**

*ORCID: 0000-0002-8014-0550*

<sup>1</sup>*Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

<sup>2</sup>*Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия*

**Аннотация.** Компании сталкиваются с растущим спросом на мелкосерийное изготовление судового комплектующего оборудования. Тем самым повышается актуальность производственных систем, позволяющих оптимизировать сроки производства сложных изделий. Автоматическая генерация отдельных блоков программ ЧПУ открывает большие возможности для ускорения и улучшения подготовки производства сложных и особенно мелкосерийных заказов, таких как изготовление винтов Трооста различной конфигурации. Данное исследование посвящено созданию блоков программ ЧПУ на основе параметров, предоставляемых системами конфигурации изделий. Описаны и охарактеризованы различные подходы к процессу подготовки производства. Показано, что прямая передача параметров в программу ЧПУ может быть полностью автоматизирована, но ограничена геометрией изготавливаемой детали, которую можно получать с помощью циклов параметрической обработки. Чтобы определить наиболее подходящую процедуру генерации программы для конкретного случая, была разработана методика решений. Представлена примерная реализация, показывающая возможности автоматизированной генерации программ ЧПУ на производстве деталей винта Трооста. Установлено, что при выборе оптимального способа генерации программы для станка с ЧПУ при изготовлении винта Трооста объем требуемой памяти ПЗУ можно снизить в 10,86 раза. Время обработки при этом сокращается в 1,07 раза, или на 39 минут.

**Ключевые слова:** ЧПУ, параметры изделий, производственные системы, винт Трооста, конфигуратор, геометрическая информация, генерация

## **The use of methods for generating control programs of the CNC in the manufacture of the Troost screw**

**Dmitriy S. Makashin<sup>1</sup>**

*ORCID: 0000-0002-8297-5551*

**Anton G. Kisel<sup>2</sup>**

*ORCID: 0000-0002-8014-0550*

<sup>1</sup>*Omsk State Technical University, Omsk, Russia*

<sup>2</sup>*Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia*

**Abstract.** Companies are facing a growing demand for small-scale production of ship components. This increases the relevance of production systems that optimize the production time of complex products. Automatic generation of individual blocks of CNC programs opens up great opportunities to accelerate and improve the preparation of production of complex and especially small-scale orders, such as the manufacture of Troost screws of

various configurations. This study is devoted to the creation of blocks of CNC programs based on the parameters provided by product configuration systems. Various approaches to the pre-production process are described and characterized. It is shown that the direct transfer of parameters to the CNC program can be fully automated, but is limited by the geometry of the manufactured part, which can be obtained using parametric processing cycles. In order to determine the most appropriate procedure for generating a program for a specific case, a solution methodology was developed. An approximate implementation is presented, showing the possibilities of automated generation of CNC programs in the production of Troost screw parts. It is established that when choosing the optimal method of generating a program for a CNC machine in the manufacture of a Troost screw, the amount of ROM memory required can be reduced by 10.86 times. The processing time is reduced by 1.07 times, or 39 minutes.

**Keywords:** CNC, product parameters, production systems, Troost screw, configurator, geometric information, generation

### **Введение**

В связи с растущим спросом на изготовление специализированных деталей рынки перестраиваются с рынков продавцов на рынки покупателей [1, 2]. Такая персонализация изделий приводит к уменьшению их серийности [3]. Последние исследования в производственных компаниях подтверждают эту тенденцию об увеличении мелкосерийного производства с большим количеством входящих деталей [4]. Переход от массового производства к специализированному, мелкому производству требует от устоявшихся производственных систем возможности производить специализированные и сложные изделия, начиная от одной штуки, без увлечения по сроку поставки, стоимости или качеству.

Помимо физических производственных процессов, также значительно возрастает сложность обработки заказов. Чтобы справиться со сложностью обработки заказов, в последние годы широко используются системы конфигурации производства. Большинство конфигураторов автоматизации производства поддерживают поток информации от заказа изделия до подготовительных работ и конструкторской документации. В сочетании с ERP-системами автоматически могут создаваться расчеты стоимости изготовления, спецификации материалов, планы сборки, отдельные чертежи, модели САПР и т. д. В результате предприятия, интегрирующие системы конфигурации, упрощают для себя создание производственных процессов. С другой стороны, система ERP не обеспечивает автоматическое создание необходимых индивидуальных программ для управления ЧПУ. Таким образом, не облегчается собственно изготовление отдельных изделий – возрастает сложность и загруженность производственных наладчиков-программистов.

### **Цели и задачи исследования**

В этой статье основное внимание уделяется возможностям автоматизированного создания программ ЧПУ. Основная цель состоит в том, чтобы обеспечить постоянный и быстрый поток информации об отдельных изготавливаемых деталях из системы ERP в программу ЧПУ в системе управления станком (рис. 1). В частности, наряду с автоматизацией CAD/CAM, основанной на расчетной модели отдельной детали, исследование исследует прямую передачу геометрических параметров в программу ЧПУ.

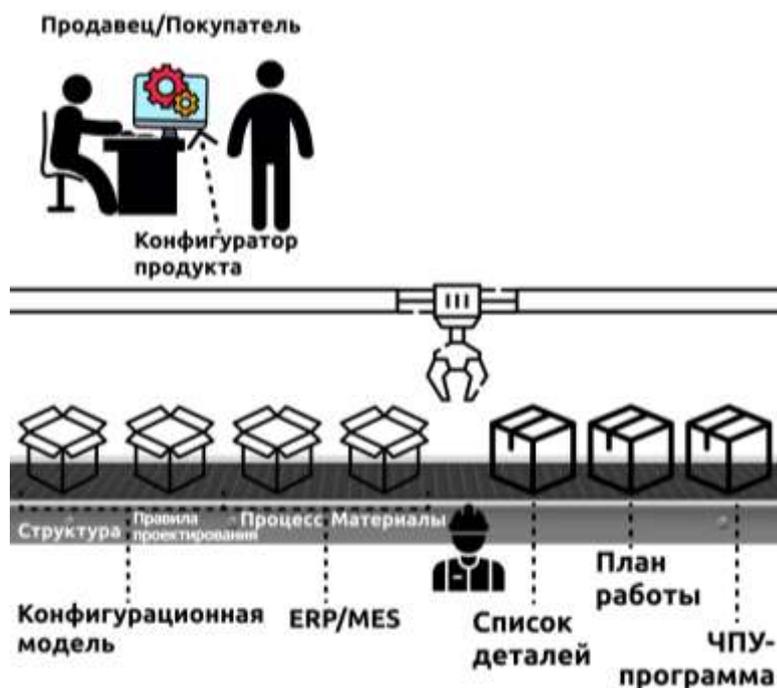


Рис. 1. Автоматизированная генерация программ ЧПУ

### ***Индивидуализация продуктов за счет параметризации***

Массовое производство предлагает покупателю ограниченный набор предварительно определенных изделий. Одной из возможностей реализации индивидуальных спецификаций заказа в производстве является применение атрибутов геометрии изделий или его модулей посредством параметризации. Иллюстрация эффекта параметризации отдельных сложных узлов детали (рис. 2, а) позволяет задать сложный блок лопасти отдельным параметром программы. Полностью готовое изделие можно получить с помощью использования нескольких модулей параметров, например, сочетание лопастей получить блоком параметров с использованием кодов G54 – G57 для 1 лопасти (рис. 2, б). Популярные винты серии Трооста, разработанные в Голландии, имеют авиационный профиль вблизи корня с постепенным переходом к сегментному на больших радиусах, где из-за меньшей толщины разница в эффективности мала. Изготовление сложного профиля винта Трооста составляет основные затруднения при его изготовлении.

Подход к индивидуализации производства посредством параметризации открывает важные возможности для удовлетворения потребностей заказчиков:

- Нет необходимости разрабатывать индивидуальные варианты модуля с нуля, как это практикуется в проектировании на заказ производства в ERP системе;
- Отдельные варианты параметризованных модулей могут быть спроектированы с помощью параметрического моделирования в САПР.

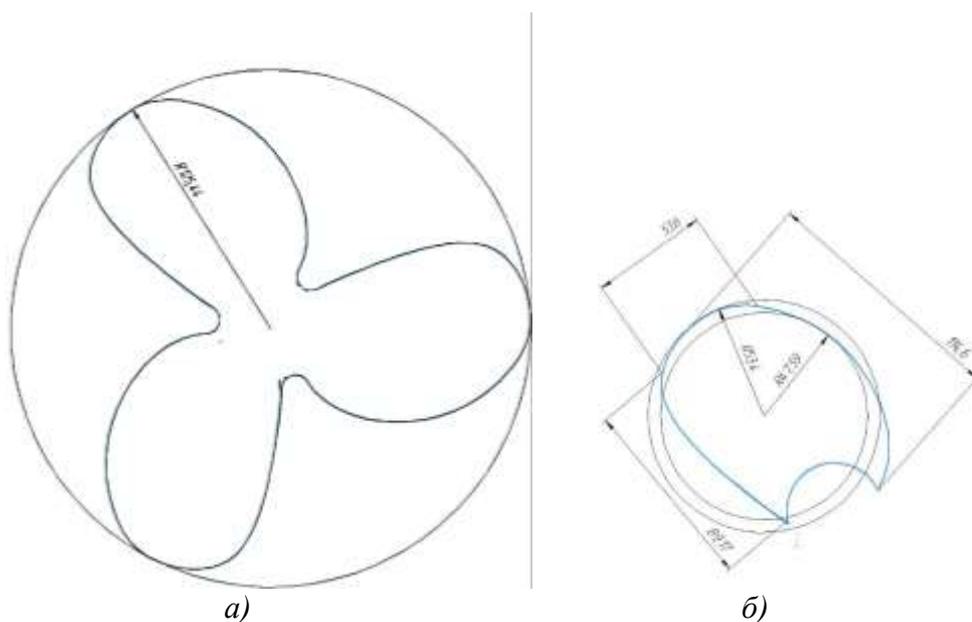


Рис. 2. Индивидуализация продуктов посредством параметризации

Для описания вариантов использования параметризованных модулей была выбрана деталь из отрасли кораблестроения: винт Трооста (рис. 3).



Рис. 3. Модель винта Трооста

### **Введение в настройку продукта и создание программ ЧПУ**

#### ***Введение в конфигурацию продукта***

Конфигуратор продуктов – это инструменты на основе ИТ решений, которые предоставляют широкий спектр функций для настройки отдельных изделий заказчиков. Заказчик или инженер по продажам получает возможность полностью указать желаемые характеристики путем составления изделий из predetermined модулей (конфигурация и выбор) и выбора характеристик для этих модулей (параметризация) в рамках заданных конфигурационных ограничений. Эти ограничения необходимо заранее скомпилировать в модели конфигурации. Они обеспечивают согласованность сконфигурированного продукта и его характеристик.

Поскольку конфигураторы системы основаны на программном обеспечении, характеристики и функции изготавливаемой детали должны быть адаптированы и дополнены различными способами, полученными из конструкторской документации. Классификация конфигураторов продуктов приведена в [5, 6]. Их можно сгруппировать по трем областям применения:

- Системы конфигурации для идентификации изделий. Они структурируют каталог продукции предприятия, начиная с потребностей заказчика, и позволяет подобрать наиболее подходящие для него детали;
- Системы конфигурации, предназначенные для службы снабжения предприятия. Эта система по продажам упрощает процесс составления каталогов, проводя клиента через процесс его настройки. Полученная деталь может быть визуализирована с помощью предопределенных изображений или моделей CAD. Результатом является полная спецификация детали, а также специальное предложение по цене и срокам поставки для сконфигурированного варианта изделия;
- Системы конфигурации, ориентированные на производство направленные на процесс после того, как изделие было заказано. Для облегчения обработки заказов и подготовительных производственных документов, таких как спецификации материалов, рабочие планы, а также конструкторская документация, они генерируются автоматически [7].

#### ***Прикладные методы генерации программ ЧПУ***

Автоматическая генерация отдельных программ ЧПУ как функция систем конфигурации изделий в настоящее время применяется в следующих видах:

##### **1. CAD/CAM-программирование.**

Одним из результатов процесса конфигурации изделия может быть CAD-модель. Модель CAD можно использовать в программном обеспечении CAM для создания отдельной программы ЧПУ для сконфигурированной детали. Эта сконфигурированная модель CAD, а также модель исходного материала загружаются в программное обеспечение CAM. Технолог генерирует траектории движения инструмента для каждого элемента детали. При использовании программного обеспечения постпроцессора для конкретного станка преобразуются траектории инструмента в программу ЧПУ. Далее программа ЧПУ обычно моделируется для обнаружения и предотвращения столкновений перед процессом обработки. В программном обеспечении CAM, траектории инструмента для геометрических элементов могут быть созданы автоматически, а затем переданы постпроцессором в программу ЧПУ в станок. В этом процессе есть ограничения, связанные с автоматическим распознаванием геометрических элементов, а также индивидуальных ограничений прикладного программного обеспечения.

##### **2. Программирование G-Code и программирование в цехе.**

Отдельные чертежи, созданные системой конфигурации, могут использоваться для создания отдельных программ ЧПУ. Это обычно дистанционно выполняет технолог или непосредственно за пультом станка оператор станка. Существующие программы могут быть либо адаптированы к размерам, указанным на чертеже, либо написана новая программа. В обоих случаях могут применяться две процедуры программирования:

- Когда используется G-Code, каждое движение инструмента кодируется с помощью команд, перечисленных в стандарте ISO, а также специальных команд управления станком;

- Программирование с помощью predetermined наборов G-кодов для распространенных функций. Несколько циклов параметрической обработки выбираются и объединяются в программу ЧПУ, в которую вводятся размеры, а также технологические параметры.

Эти методы обеспечивают высокую гибкость, позволяющую реагировать на индивидуальные требования заказчика. Однако такая гибкость приводит к высокой нагрузке на технологов или операторов станков, когда приходится вручную писать или модифицировать каждую программу ЧПУ. Это относится к каждой отдельной детали, даже если только одна функция адаптирована для индивидуализации продукта. Во всех случаях для создания индивидуальной программы ЧПУ необходима ручная работа. Помимо усилий, эти методы генерации программ лежат в основе вариаций из-за человеческих ошибок. Таким образом, они являются частой причиной дефектов и брака.

#### ***Подходы к автоматизированной генерации программ ЧПУ***

Принимая во внимание цели бережливого производства и идеи цифровых умных заводов, можно сформулировать следующие цели для идеального процесса производства мелкосерийных деталей [8, 9, 10]:

- Передача информации между заказчиком и станком происходит без потерь времени и информации;
- Пространство технологических решений полностью определено, поэтому процесс создания соответствующих вариантов программы ЧПУ точно определен и защищен от ошибок;
- Индивидуальные программы ЧПУ генерируются сразу и доступны в нужное время на нужном станке без увеличения пропускной способности производственного процесса.

На рис. 4 показано идеальное состояние производственного процесса и автоматизированный поток информации о геометрии от заказчика к станку.



Рис. 4. Поток геометрической информации о продукте от клиента к станку

#### ***Передача геометрических параметров в циклы параметрической обработки***

Этот подход основан на параметрических циклах обработки. Параметрическая программа ЧПУ, содержащая переменные в качестве данных, записывается и сохраняется в системе управления станком. Отдельные геометрические параметры, определенные в процессе конфигурации, автоматически записываются в текстовый файл и сохраняются в сетевой папке в формате, читаемом для системы управления станком. Управление станком подключено к сетевой папке и может открыть или загрузить файл со списком отдельных параметров после выпуска заказа на производство. Затем эти параметры автоматически сопоставляются с переменными в параметрической программе ЧПУ. Таким образом, геометрические параметры и параметрический файл ЧПУ объединяются в отдельную программу. Формат файла, формат параметров и импорт файла параметров различаются для различных доступных элементов управления и версий станка. Из-за множества ограничений задействованных ИТ-систем и средств управления станком этот подход лучше всего работает в проектах с нуля, когда и управление станком и система конфигурации могут быть выбраны в соответствии с требованиями этого подхода. Многие операторы, обученные программированию в цехе, хорошо умеют работать с переменными и параметрическими циклами обработки.

#### ***Генератор программ ЧПУ***

Если управление станком не поддерживает использование переменных в циклах параметрической обработки или если импорт файлов параметров ограничен, отдельная программа ЧПУ может быть составлена с помощью внешнего программного обеспечения генератора программ ЧПУ. Он сопоставляет отдельные геометрические параметры с predetermined переменными кодами ЧПУ. Затем

сгенерированный код ЧПУ передается в виде полной программы ЧПУ в систему управления станком.

Если геометрия может быть обработана с помощью базовых G-кодов, то можно использовать универсальные машинно-независимые G-коды. В этом случае сгенерированные программы совместимы для нескольких типов управления станком. Однако обработка многих геометрий вряд ли возможна с помощью базовых G-кодов, и необходимы расширенные циклы обработки, которые обычно зависят от управления станком. В этом случае коды ЧПУ на основе переменных, используемые генератором программ ЧПУ, должны точно соответствовать системе управления станком. Полученные программы ЧПУ можно использовать только на станках с таким же управлением. Вместо создания программ ЧПУ в G-коде можно запрограммировать генератор программ для создания независимых от станка траекторий инструмента в формате CLDATA. Полученные в результате файлы CLDATA, независимые от станка, должны быть обработаны программным обеспечением с постпроцессором для конкретного станка. Программирование машиннонезависимых генераторов CLDATA возможно, но гораздо сложнее по сравнению с G-кодом, генерируемым программным обеспечением.

***Внедрение дерева решений для автоматизированной генерации индивидуальных программ ЧПУ***

В то время как процесс CAD/CAM основан на модели продукта, генератор программ, а также метод параметрического программирования основаны на предопределенных траекториях движения инструмента и работают без проектной модели. Чтобы облегчить процесс выбора для отдельных вариантов использования, можно использовать методику решений, чтобы определить, подходит ли подход параметрического программирования. На рис. 5 показана методика решений. Она состоит из четырех основных этапов подготовки генерации. На первом этапе определяется, включает ли индивидуализированные элементы геометрии поверхности произвольной формы. Если необходимо изменить поверхности произвольной формы, программа ЧПУ вряд ли может быть реализована путем параметрического программирования циклов обработки или сгенерирована генератором кода ЧПУ. В этом случае процесс CAD/CAM является обязательным.

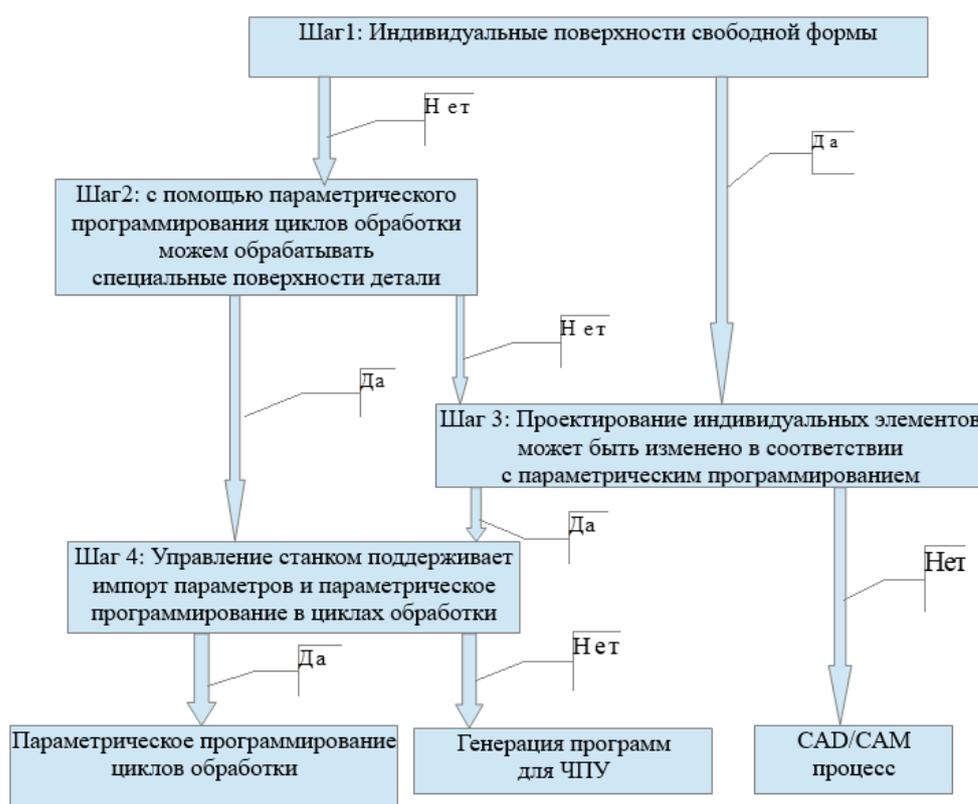


Рис. 5. Методика решений подхода к генерации программ для ЧПУ

На втором этапе определяется, можно ли обрабатывать индивидуальные элементы с помощью параметрического программирования циклов обработки. Следовательно, необходимо учитывать адаптированные функции и диапазон применяемых параметров, а также функциональность станка и используемую систему управления станком. Особое внимание следует уделить фаскам и снятию заусенцев.

Если на первом или втором шаге определяется, что индивидуализация содержит поверхности или элементы произвольной формы, которые не могут быть обработаны с помощью параметрического программирования циклов обработки, следующим шагом является исследование возможности адаптации конструкции изделия. По возможности особенности конструкции должны облегчить параметрическое программирование циклов обработки. Шаг четвертый применяется, если индивидуальные элементы могут быть обработаны с помощью параметрического программирования циклов обработки. Определяется, можно ли импортировать требуемые параметры из сети в систему управления станком и можно ли использовать параметры в рамках запрограммированных циклов обработки. Универсальным подходом является импорт текстовых файлов в формате программы ЧПУ. В этих программах применяемые переменные определяются индивидуальными значениями геометрических параметров. Сама программа обработки сохраняется в системе управления станком и запускается как подпрограмма. Эта подпрограмма обращается к переменным, которые определены в импортированном файле. Если импорт параметров в систему управления станком невозможен или если импортированные параметры нельзя использовать в циклах обработки, нужно применить генератор программ ЧПУ. Принимая во внимание справочные данные

винта Трооста, методика решений показывает, что в случае базового блока решения для создания программ ЧПУ необходимо применять методы CAD/CAM. Это вызвано скруглением между лопастью винта и втулкой, которое нельзя запрограммировать с помощью параметрического программирования циклов обработки. Все остальные элементы можно обработать с помощью параметрического программирования циклов обработки. В некоторой степени это зависит от используемого управления станком, могут ли геометрические параметры быть переданы в параметрическую программу ЧПУ на станке или требуется генератор программ ЧПУ.

#### ***Пример реализации генератора программ ЧПУ***

Большинство индивидуальных винтов выпускается в количестве одной штуки. Из-за различных размеров компонентов винт Трооста имеет индивидуальный профиль лопасти.

В исходном техпроцессе индивидуальная программа ЧПУ пишется оператором за персональным компьютером. Как указано в таблице 1, процесс обработки занимает 9 часов 5 минут. За счет автоматизированной генерации программ ЧПУ можно добиться:

- Снижения затрат на качество в части доработки и брака;
- Повышения производительности труда.

Все индивидуализированные элементы винта можно обработать с помощью параметрических запрограммированных циклов обработки. Однако управление ЧПУ не поддерживает импортируемые параметры в циклах обработки. Согласно дереву решений, концепция генератора программ ЧПУ была реализована для реализации автоматизированной генерации кодов ЧПУ.

Основой внедрения автоматизированной генерации программ ЧПУ была стандартизация всех факторов, влияющих на генерацию программ и сам процесс обработки. В исходной ситуации хотя бы один рабочий проверял информацию о геометрии при передаче ее из чертежа в систему управления станком.

В процессе настройки в системе создается отдельный XML файл, содержащий информацию об индивидуальной геометрии изделия. Он доступен в системе ERP. Программный помощник автоматически выбирает XML-файлы созданных заказов в ERP-системе и передает их в генератор программ ЧПУ (рис. 6). Генератор программ ЧПУ генерирует индивидуальную программу на основе определенных параметров и передает ее наладчику. Если в процессе генерации возникает ошибка, вместо этого отправляется сообщение об ошибке. Возникающие ошибки устраняются оператором вручную. Программный помощник помещает сгенерированные программы ЧПУ в сетевую папку, которая связана с системой управления станком. Оператор может запускать сгенерированные программы ЧПУ сразу. Основные функциональные возможности генератора программ ЧПУ показаны на рисунке 6.



Рис. 6. Генератор программ ЧПУ для обработки винта Троста

В дополнение к информации, указанной в файле XML-параметров, генератору программ ЧПУ требуется общая информация о процессе обработки. Это данные инструмента и технологии, а также данные станка. Эта информация указана в таблицах генератора программ и может быть легко изменена. Ядром генератора являются параметрические модули ЧПУ для технологических операций «прошупывание» и «обработка». В процессе обработки для каждой функции был запрограммирован один модуль ЧПУ. Модули ЧПУ подбираются и комбинируются в соответствии с требуемыми характеристиками. Затем задается исходная точка заготовки, а переменные для элементов заменяются значениями, указанными геометрическими параметрами в XML-файле. Параметр,

указывающий материал платформы, применяется для определения, какие инструменты должны быть выбраны, и для установки скорости подачи, а также скорости вращения шпинделя в соответствии с выбранными инструментами. Исходные траектории движения режущего инструмента при обработке винта Трооста представлены на рис. 7. Полученные траектории движения режущего инструмента при обработке винта Трооста представлены на рис. 8.

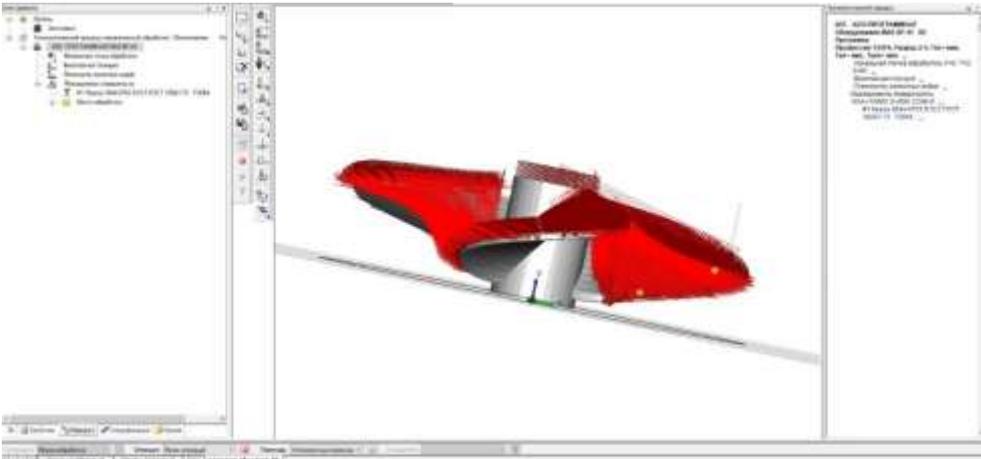


Рис. 7. Исходные траектории движения режущего инструмента при обработке винта Трооста

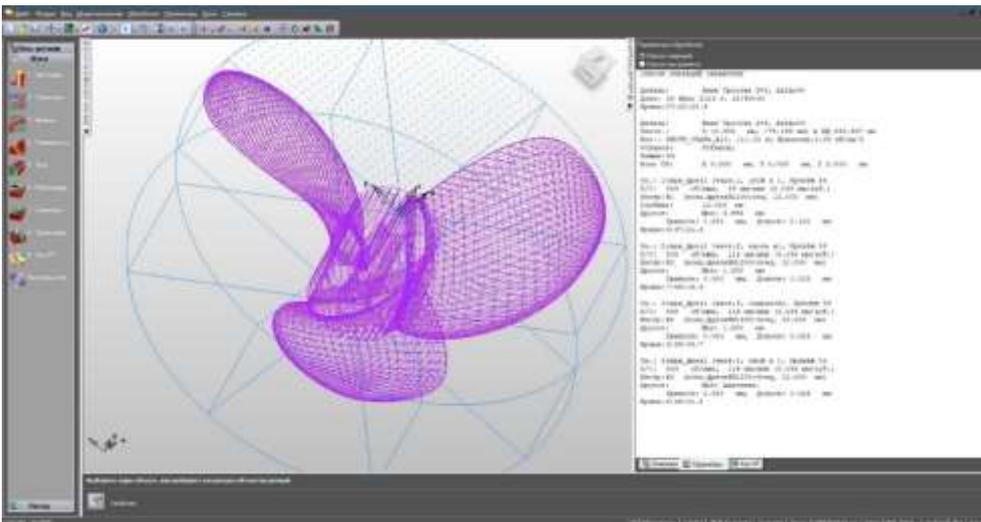


Рис. 8. Полученные траектории движения режущего инструмента при обработке винта Трооста

Расчеты показали возможность автоматизированной генерации программ ЧПУ. При реализации работы удалось сократить время обработки на 7,1%. В то же время объем программы, за счет уменьшения количества кадров в управляющей программе, был уменьшен на 90,78% (таблица 1). Что позволяет существенно оптимизировать хранение управляющий программ обработки для станков с ЧПУ.

Таблица 1

**Результаты примерной реализации**

№ эксперимента	Время обработки	Объем программы	Кол-во кадров в программе
1	545,06 мин.	16.50 Мб	76425
2	506,31 мин.	1.52 Мб	28401

**Заключение**

Исследование, представленное в этой статье, связано с растущим спросом на мелкосерийное производство. Установленные системы конфигурации программ ЧПУ объединенные с ERP системой позволяют генерировать несколько типов производственной документации. Эти решения позволяют повысить качество получаемой продукции и уменьшить время получения заказчиком деталей. Помимо автоматизации CAD/CAM, основанной на расчетной модели отдельной детали, описана прямая передача геометрических параметров в программу ЧПУ. В статье проведен анализ подходов, связанных с геометрией детали и управлением станком. Показано, что прямая передача параметров в программу ЧПУ может быть полностью автоматизирована, но ограничена геометрией изготавливаемой детали, которую можно получать с помощью циклов параметрической обработки. Чтобы определить наиболее подходящую процедуру генерации программы для конкретного случая, была разработана методика решений. Представлена примерная реализация, показывающая возможности автоматизированной генерации программ ЧПУ на производстве деталей винта Трооста. Таким образом, при выборе оптимального способа генерации программы для станка с ЧПУ при изготовлении винта Трооста объем требуемой памяти ПЗУ можно снизить в 10,86 раза. Время обработки при этом сокращается в 1,07 раза, или на 39 минут.

**Список литературы**

1. Мортиков, В.В. Об излишке покупателя и продавца на рынке труда // Народонаселение. – 2021. – Т. 24. – № 2. – С. 109-119. DOI:10.19181/population.2021.24.2.10.
2. Калитин, Б. С. Модель товарного рынка с пассивной реакцией покупателей и продавцов на изменение цен / Б. С. Калитин, Н. В. Новикова // Экономика, моделирование, прогнозирование. – 2021. – № 15. – С. 159-164.
3. Анохов, И. Массовое и бережливое производство / И. Анохов // Общество и экономика. – 2018. – № 7. – С. 51-64. – DOI 10.31857/S020736760000167-2.
4. Осипов, О. Н. Исследование применимости автоматизированных систем управления проектами на судостроительных заводах с единичным и мелкосерийным типами производства / О. Н. Осипов, Т. А. Михеева // Научные проблемы водного транспорта. – 2020. – № 64. – С. 99-109. – DOI 10.37890/jwt.vi64.101.
5. Ли, В. С. Совершенствование систем автоматизированного проектирования технологических процессов деталей / В. С. Ли, А. С. Мадиярова // Yessenov Science Journal. – 2020. – № 2(38). – С. 53-57.
6. Дуданов, Е. Применение автоматизированных систем распределенного проектирования конструкторско-технологической документации на предприятиях машиностроения / Е. Дуданов // САПР и графика. – 2019. – № 1(267). – С. 48-49.
7. Андриченко, А. Три поколения отечественных САПР технологических процессов / А. Андриченко // Станкоинструмент. – 2017. – № 1(6). – С. 56-63.
8. Фролов, А. В. Основные инструменты реализации бизнес-модели бережливого производства: традиционные и технологические платформы цифровизация производственных процессов / А. В. Фролов, А. Г. Дмитриев // Современные

- технологии: проблемы инновационного развития и внедрения результатов : сборник статей X Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 05 августа 2021 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2021. – С. 104-113.
9. Развитие экологического мышления и навыка бережливого производства в курсе мобильной робототехники / Е. В. Соболева, Н. И. Исупова, Л. В. Караулова, М. М. Ниматулаев // Science for Education Today. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 149-173. – DOI 10.15293/2658-6762.2001.09.
  10. Волостнов, Б. И. Менеджмент в условиях цифровой трансформации машиностроения / Б. И. Волостнов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2019. – № 1. – С. 4-20.

#### References

1. Mortikov, V.V. Ob izlishke pokupatelya i prodavtsa na rynke truda [About surplus of the buyer/seller in the labor market] // Narodonaselenie [Population]. – 2021. – Vol. 24. – Is. 2. – pp. 109-119. (In Russ) DOI:10.19181/population.2021.24.2.10.
2. Kalitin, B. S. Model' tovarnogo rynka s passivnoi reaktssiei pokupatelei i prodavtsov na izmenenie tsen [Model of a commodity market with a passive reaction of buyers and sellers to price change] / B. S. Kalitin, N. V. Novikova // Ehkonomika, modelirovanie, prognozirovanie [Economics, modeling, forecasting]. – 2021. – Is. 15. – pp. 159-164. (In Russ).
3. Anokhov, I. Massovoe i berezhlyvooe proizvodstvo [Mass and lean production] / I. Anokhov // Society and Economics. – 2018. – Is. 7. – pp. 51-64. (In Russ) DOI 10.31857/S020736760000167-2.
4. Osipov, O. N. Issledovanie primenimosti avtomatizirovannykh sistem upravleniya proektami na sudostroitel'nykh zavodakh s edinichnym i melkoseriinym tipami proizvodstva [The study of the applicability of automated project management systems at shipyards with single and small-scale types of production] / O. N. Osipov, T. A. Mikheeva // Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport]. – 2020. – Is. 64. – pp. 99-109. (In Russ) DOI 10.37890/jwt.vi64.101.
5. Li, V. S. Sovershenstvovanie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov detalei [Improvement of computer-aided design systems of technological processes of parts] / V. S. Li, A. S. Madiyarova // Yessenov Science Journal. – 2020. – № 2(38). – pp. 53-57. (In Russ).
6. Dudanov, E. Primenenie avtomatizirovannykh sistem raspredelennoogo proektirovaniya konstruktorsko-tekhnologicheskoi dokumentatsii na predpriyatiyakh mashinostroeniya [Application of automated distributed design systems of design and technological documentation at machine-building enterprises] / E. Dudanov // SAPR i grafika [CAD and graphics]. – 2019. – Is. 1(267). – pp. 48-49. (In Russ).
7. Andrichenko, A. Tri pokoleniya otechestvennykh SAPR tekhnologicheskikh protsessov [Three generations of domestic CAD technological processes] / A. Andrichenko // Stankoinstrument [Machine tool]. – 2017. – Is. 1(6). – pp. 56-63. (In Russ).
8. Frolov, A.V. Osnovnye instrumenty realizatsii biznes-modeli berezhlyvogo proizvodstva: traditsionnye i tekhnologicheskie platformy tsifrovizatsiya proizvodstvennykh protsessov [The main tools for implementing the lean production business model: traditional and technological platforms digitalization of production processes] / A.V. Frolov, A. G. Dmitriev // Sovremennyye tekhnologii: problemy innovatsionnogo razvitiya i vnedreniya rezul'tatov [Modern technologies: problems of innovative development and implementation of results : collection of articles of the X International Scientific and Practical Conference], Petrozavodsk, August 05, 2021. – Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya Irina Igorevna), 2021. – pp. 104-113. (In Russ).
9. Razvitie ehkologicheskogo myshleniya i navyka berezhlyvogo proizvodstva v kurse mobil'noi robototekhniki [Development of ecological thinking and lean manufacturing skills in the course of mobile robotics] / E. V. Soboлева, N. I. Isupova, L. V. Karauloва, M. M. Nimatulaev // Science for Education Today. – 2020. – Vol. 10, Is. 1. – pp. 149-173. (In Russ) DOI 10.15293/2658-6762.2001.09.

10. Volostnov, B. I. Menedzhment v usloviyakh tsifrovoi transformatsii mashinostroeniya [Management in the conditions of digital transformation of mechanical engineering] / B. I. Volostnov // Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii [Problems of mechanical engineering and automation]. – 2019. – Is. 1. – pp. 4-20. (In Russ).

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

**Макашин Дмитрий Сергеевич**, к.т.н., доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», Омский государственный технический университет (ФГАОУ ВО «ОмГТУ»), 644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: dima.makashin@gmail.com

**Кисель Антон Геннадьевич**, к.т.н., доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования, Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), 236022, г. Калининград, Советский пр., 1, e-mail: kisel1988@mail.ru

**Dmitry S. Makashin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Metal-cutting machines and tools", Omsk State Technical University (OmSTU), 644050, Omsk, Mira Ave., 11, e-mail: dima.makashin@gmail.com

**Anton G. Kisel**, Candidate of Technical Sciences; Docent of the Department of Technological Equipment Engineering, Kaliningrad State Technical University (KSTU), 236022, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1, e-mail: kisel1988@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.10.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 10.10.2023; published online 20.12.2023.

УДК 629.526

DOI: 10.37890/jwt.vi77.413

## **Стендовые испытания шумоизолирующих материалов**

**М.Н. Покусаев**

**К.Е. Хмельницкий**

**А.А. Хмельницкая**

**А.А. Кадин**

**Б.С. Айдынбеков**

*Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия*

**Аннотация.** Группа сотрудников научно-учебно-производственной лаборатории «Подвесные лодочные моторы» кафедры эксплуатации водного транспорта ФГБОУ ВО «АГТУ» достигла в борьбе с шумом определенных результатов, отраженных в ряде патентов шумоизолирующих капотов различных модификаций и публикациях на темы анализа частотного спектра шума подвесных лодочных моторов, оценки эффективности капотов подвесных моторов маломерного судна в реальных условиях эксплуатации и др.. На основе наработанных научных исследований было создано несколько прототипов многослойных средств, рекомендованных для шумоизоляции подвесных лодочных моторов. В условиях большого спектра направлений появилась потребность исследовать на свойства шумоизоляции однослойные или многослойные конструкции без формирования физической модели капота, кожуха. Связанно это с тем, что изготовление модели капота влечёт за собой сложный технологический процесс, в то время как создать образец в виде пластины из того же материала значительно выгоднее по финансовым, трудовым и временным затратам. Отталкиваясь от потребностей научной учебно-производственной лаборатории подвесных лодочных моторов в исследовании шумов, генерируемых подвесными лодочными моторами и средствами борьбы с ними, было принято решение создать стенд для оценки эффективности материалов, снижающих шум, который позволит моделировать условия натурной эксплуатации того или иного шумоизолирующего материала без применения натуральных испытаний с подвесным лодочным мотором. Созданный стенд позволяет проводить испытания в двух направлениях. Первое направление-это испытание физических моделей кожухов на предмет шумоизоляции с использованием аудио файлов, воспроизводящих шум требуемого оборудования. Второе направление-это исследование материалов на их шумоизолирующие свойства при генерации волн разной частоты.

**Ключевые слова:** маломерное судно, подвесной лодочный мотор, шумоизоляция, оценка эффективности, шумомер, акустический стенд, генератор шума.

## **Bench tests of noise-insulating materials**

**Mikhail N. Pokusaev**

**Konstantin E. Khmelnitsky**

**Anastasia A. Khmelnitskaya**

**Alexey A. Kadin**

**Beybulat S. Aydynbekov**

*Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia*

**Abstract.** A group of employees of the Scientific, educational and production laboratory «Outboard Boat Motors» of the Department of Water Transport Operation of the Federal State Budgetary Educational Institution «AGTU» has achieved certain results in the fight against noise, reflected in a number of patents of noise-insulating hoods of various modifications and publications on the analysis of the frequency spectrum of outboard boat

motor noise, evaluation of the effectiveness of outboard motor hoods of small-sized boats in real operating conditions, etc. Based on the accumulated scientific research, several prototypes of multilayer means recommended for sound insulation of outboard boat motors have been created. In the conditions of a large range of directions, there is a need to apply single-layer or multi-layer structures to the properties of sound insulation without forming a physical model of the hood, casing. This is due to the fact that the production of a hood model entails a complex technological process, while creating a sample in the form of a plate from the same material is much more profitable in terms of financial, labor and time costs. Based on the needs of the scientific educational and production laboratory of outboard boat motors in the study of noise generated by outboard boat motors and means of combating them, it was decided to create a stand to assess the effectiveness of noise-reducing materials, which will allow modeling the conditions of natural operation of a noise-insulating material without the use of full-scale tests with outboard by motor. The created stand allows testing in two directions. The first direction is the testing of physical models of casings for noise insulation using audio files reproducing the noise of the required equipment. The second direction is the study of materials for their noise-insulating properties at wave generation of different frequencies.

**Keywords:** small vessel, outboard boat motor, noise insulation, efficiency assessment, noise meter, acoustic stand, noise generator.

### Введение

На морских и речных судах источниками шума и вибрации являются главные и вспомогательные двигатели внутреннего сгорания (ДВС), виброактивные механизмы судовых энергетических установок (СЭУ). При этом, например, известный специалист в области судовых ДВС Возницкий И. В. [1] отмечал, что шум и вибрация вносят до 40 % от общего ущерба биосфере от СЭУ. Он опирается на следующие факты: изменяются места постоянного обитания и нереста рыб, гнездования птиц; ухудшается рост растений водной флоры; отмечается крайне негативное влияние на здоровье экипажа судна, описываются такие симптомы, как повышенная утомляемость, приводящая к возникновению потенциально опасной ситуации. Патентный поиск показал, что стенды акустических испытаний существуют, однако они требуют трудозатратой оклейки внутренней поверхности акустической камеры. [2]. В результате разработки направления борьбы с шумовым загрязнением на базе Научно-Учебно-Производственной лаборатории «Подвесные лодочные моторы» был разработан собственный стенд для акустических испытаний на шумоизоляционную эффективность различных материалов и многослойных конструкций. Расчеты дают лишь приблизительную картину отражающую эффективность проектируемых капотов и без натурных испытаний сложно определить, как поведет себя многослойная конструкция капота в реальных условиях. Согласно исследованиям [3], многослойные шумоизолирующие конструкции более эффективны, чем однослойные, но создание физической модели многослойного капота требуются большие временные затраты, так как требуется проектирование, формование изделия и адаптация его под конструкцию реального подвесного лодочного мотора в то время как эффективность конструкции можно исследовать, создав лишь не большой фрагмент. Стенд стилизован под подвесной лодочный мотор не только для наглядности, но и по причине компактного размещения судовой энергетической установки, включающей органы управления, гребной вал, гребной винт, дейдвуд, транец, систему пуска, зоны генерации шума, охватывающие диапазон уровней звука подвесного лодочного мотора эксплуатируемого в реальных условиях [4]. Так же стенд включает в себя и вибро-генератор модулирующий вибрацию в диапазоне частот вибрации реального подвесного лодочного мотора. Вибро-генератор состоит из электродвигателя встроенного в корпус дейдвуда стенда, на оси которого

установлен металлический груз, который не совпадает с осью цилиндра, позволяющий вибрировать при вращении. Данная функция даёт возможность проводить исследования согласно ГОСТ 28556–2016 [5], в рамках лабораторных работ при обучении студентов.

#### **Описание стенда акустических испытаний**

Стенд представляет собой дейдвуд от подвесного лодочного мотора (далее ПЛМ), установленный на транцевой доске, размещенной в верхней части штатива, который выполнен из труб овального сечения с раздвижными ножками (рис. 1)



Рис. 1. Общий вид стенда акустических испытаний.

В верхней части дейдвуда установлена конструкция, по форме имитирующая моторную головку подвесного лодочного мотора. Муляж моторной головки выполнен из вибродемпфирующего фольгированного материала послойно наклеенного на основание из фанеры и обшита шумоизолирующим синтетическим нетканым полотном «карпет». В верхней части муляжа моторной головки выполнено

углубление для размещения в нем громкоговорителя со встроенным усилителем, выполняющим функции генератора шума. Сигнал требуемой частоты и интенсивности генерируется тонгенератором который является программным продуктом для ЭВМ [6] установленным на планшетный компьютер (рис.2)



Рис. 2. Вид планшетного компьютера в составе стенда акустических испытаний.

Так же на данном стенде возможна имитация шума подвесного лодочного мотора. Муляж моторной головки со встроенным в нее громкоговорителем накрывается шумоизолированным кожухом тем самым создавая акустическую камеру имеющую один акустический мостик в виде отверстия круглого сечения диаметром 7см. При испытании на эффективность шумоизолирующих свойств, испытываемым материалом, закрывается отверстие акустического мостика, плотность прилегания обеспечивается двумя прокладками из вспененной резины и прижимной текстолитовой шайбой, которая притягивается к кожуху резьбовыми соединениями.

Таким образом данная конструкция позволяет вставлять пластины из различных испытуемых материалов между двумя мягкими прокладками и плотно их обжать, чем обеспечивается отсутствие зазоров в данном соединении. Для удобства использования планшетного компьютера и размещения микрофона шумомера над отверстием акустического мостика предусмотрен выдвижной кронштейн и пантограф с крепёжными элементами (Рис 2;3).



Рис. 3. Вид расположения микрофона на пантографе над отверстием акустического мостика с испытуемым образцом.

Выдвижной кронштейн для пантографа способен принимать положение обеспечивающее измерение уровня шума в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 14509-3-2015 [7]

Электропитание стенда акустических испытаний (рис. 4) осуществляется по средством аккумуляторной батареи расположенной в корпусе редуктора дейдвуда. Постоянный ток от аккумулятора, проводами подается к планшетному компьютеру, генератору звука, электродвигателю вращающему гребной винт.

**Описание стенда для оценки эффективности материалов, снижающих шум**

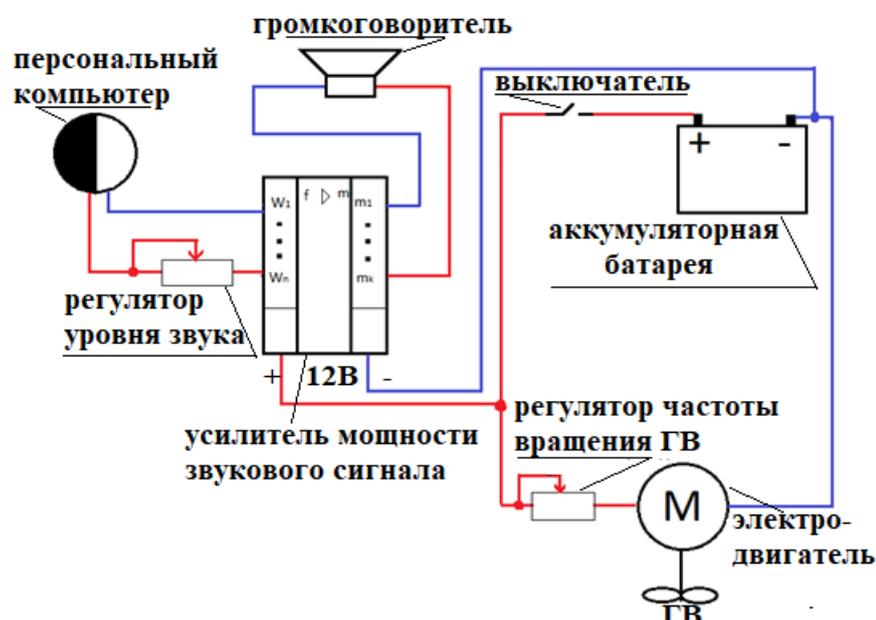


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема стенда

Для имитации запуска двигателя ПЛМ ручным стартером на стенде установлен шнур ручного пускового устройства, являющийся выключателем для системы электроснабжения. На усилитель звука, сигнал подается с планшетного компьютера через переменный резистор встроенный в ручку румпельного управления дроссельной заслонкой, что позволяет посредством ее вращения регулировать громкость звука, модулирующего звук подвесного лодочного мотора.

**Испытуемый материал**

При проведении эксперимента проводилась оценка эффективности шумо-виброзащитного покрытия «GROSS»-акустик производства компании «Астратек», город Волгоград. [8] По заявлению производителя - это высокоэффективное покрытие, предназначенное для нанесения на поверхности различной геометрической формы. Представляет собой упруго - эластичное покрытие поглощающее энергию звуковых волн путем ее перевода в тепло и рассеивания в окружающее пространство. Перевод энергии звуковых волн в тепло происходит за счет того, что испытуемый материал состоит из эластомерной основы в которую введены частицы тяжелых минералов, чешуйки которых воспринимают как парус на себя давление звуковой волны, а упругая среда, в которую они включены работает как демпфер гася при этом колебания тяжелых частиц.

Шумо-виброзащитное покрытие, называемое на официальном сайте компании «GROSS»-акустик может применяться на всех внутренних поверхностях шумо-виброактивных поверхностях, в том числе: на обшивке корпусов морских, речных судов и плавучих сооружений, а также в элементах кузовов всех видов авто и железнодорожного транспорта. Данный материал так же эффективен при шумо-виброизоляции промышленного оборудования, трубопроводов, грохотов,

вентиляционных коробов, пневмотранспортных элеваторных систем. Пастообразная консистенция позволяет нанести покрытие на 100% площади виброактивного оборудования в отличие от рулонных аналогов. Испытуемое звукопоглощающее шумо-виброзащитное покрытие по заявлению производителя позволяет снизить уровень шума и вибрации до комфортных значений; незначительно увеличивая при этом вес конструкции. Нанесённое покрытие при эксплуатации не откалывается, и не растрескивается при расширении или деформации изолируемой поверхности, обладает стойкостью к смазочным материалам, топливу и нейтрально к большинству применяемых в производствах химически активных веществ. Покрытие при высыхании образует твердую эластичную поверхность; экономит полезный объем, время и трудозатраты на устройство шумо-виброизоляции. Так же производитель указывает что производимый ими шумо-виброизолирующий материал нетоксичен, и изготовлен на водной основе.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Технические характеристики шумо-виброзащитного покрытия «GROSS»-акустик производства компании «Астратек», город Волгоград приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Характеристики шумо-виброзащитного покрытия «GROSS»-акустик**

Наименование показателя	Значение показателя
Внешний вид	Однородное матовое покрытие
Цвет	серобежевый, оттенок не нормируется, возможна колеровка
Массовая доля нелетучих веществ, %	70
Рекомендуемая толщина наносимого мокрого слоя, мм	0,5
Рекомендуемая температура нанесения, °С	10-35
Расход кг/м <sup>2</sup> при толщине готового покрытия 0,5 мм (без учета потерь при нанесении)	1

### Рекомендации по нанесению

1. Подготовка поверхности. Поверхность должна быть сухой, чистой, обеспыленной, обезжиренной. Ржавчина должна быть удалена механическим либо химическим способом. При нанесении на ранее окрашенную поверхность, необходимо снять старое покрытие в местах шелушений и отслоений.  
Рекомендуется придать поверхности небольшую шероховатость при помощи наждачной бумаги средней и крупной зернистости.  
Для обезжиривания рекомендуется использовать технические моющие средства на водной основе типа «ТМС Унивеко» либо его аналоги, или органические растворители (уайт-спирит, Р-4, Р-646).
2. Грунтование поверхности. Поверхность из черных металлов рекомендуется предварительно загрунтовать с помощью специальной грунтовки (на акриловой, эпоксидной либо полиуретановой основе). На поверхность

- из цветных металлов покрытие можно наносить без предварительного грунтования.
3. Оборудование для нанесения. Безвоздушный распылитель с производительностью не менее 2,9 л/мин и диаметром поддерживаемых сопел не менее 0,025 дюйма. Диаметр шланга — не менее 3/8 дюйма. При длине шланга более 15 метров рекомендуется использовать шланг с диаметром 1/2 дюйма. Давление не менее 175 бар. Необходимо удалить все фильтры из пистолета и аппарата. На небольшие участки покрытие можно наносить кистью.
  4. Меры предосторожности и утилизация. Покрытие GROSS-Акустик изготовлено на основе водной полимерной дисперсии, оно пожаробезопасно и взрывобезопасно, не содержит растворителей, не требует специальных мер предосторожности в обращении с ним. При производстве работ необходимо использовать спецодежду и резиновые перчатки, а также защитные очки и полумаску с фильтром от пыли. Проводить работы в проветриваемом помещении. Хранить в недоступном для детей месте. Остатки материала после высыхания утилизировать как бытовой мусор. Материал является водорастворимым, добавление органических растворителей не допускается.
  5. Хранение и транспортировка. Покрытие GROSS-Акустик следует хранить в плотно закрытой таре при температуре от + 5°C до + 35°C, вдали от воздействия прямых солнечных лучей.

#### **Подготовка образцов для испытания**

В качестве основы для нанесения испытуемого материала использовался лист бумаги размером 200x200 мм, плотностью 72-80 +/- 2-3 г/м<sup>2</sup>, на который с каждой стороны было нанесено покрытие толщиной по 0,5 мм. В общей сложности толщина готового материала составила в среднем 1 мм. После полимеризации материала в нем были произведены отверстия, для крепления его к кожуху стенда акустических испытаний через резьбовые соединения. Так же был изготовлен образец из аналогичного листа бумаги, той же серии производства, для сравнительных испытаний без покрытия.

#### **Используемый прибор**

Точность результатов эксперимента достигается применением современных, сертифицированных и поверенных средств измерения, в частности, шумомера-виброметра «Экофизика-110».

Основное измерение шума производилось при помощи измерительного комплекса «Экофизика - 110» (исполнение «Белая»), (рис. 5). «Экофизика - 110» – это трехканальный виброметр, шумомер, анализатор спектра, предназначенный для оценки вибрации и шума. Номер в Госреестре средств измерения РФ: 48433-11.



Рис. 5. Общий вид измерительного комплекса «Экофизика – 110а», в работе на акустическом стенде

Согласно паспорту ПКДУ.411000.001.02ПС на измерительный комплекс «Экофизика – 110», [9] при использовании прибора в качестве шумомера достигаются следующие технические характеристики:

- Класс 1 по МЭК 61260;
- Наименование встроенного программного обеспечения: EPH-V;
- Набор фильтров: октавные, 1/3-октавные фильтры;
- Номинальные среднегеометрические частоты октавных фильтров: 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;
- Погрешность измерения: 0,4 дБ;
- Минимальный уровень измеряемого шума: 22 дБА;
- Максимальный уровень измеряемого шума: 139 дБА.

В состав измерительного комплекса также входит микрофонный предусилитель P200; акустический калибратор АК-1000; микрофонный капсюль ВМК-205; программное обеспечение «Signal+3G Light».

**Ход эксперимента**

Перед началом испытаний была проведена калибровка шумомера. В результате калибровки эталонным уровнем звукового давления 114 дБ, измеренный уровень составил 114,1 дБ, что находится в пределах допустимой погрешности.

После проведения калибровки были проведены три серии испытания на акустическом стенде:

1. с открытым отверстием акустического мостика.
2. с закрытым отверстием акустического мостика образцом из бумаги.
3. с закрытым отверстием акустического мостика образцом с покрытием «GROSS»-акустик.

Результаты измерения уровня звукового давления (дБА) на октавных частотах приведены в диаграмме. рис 6.

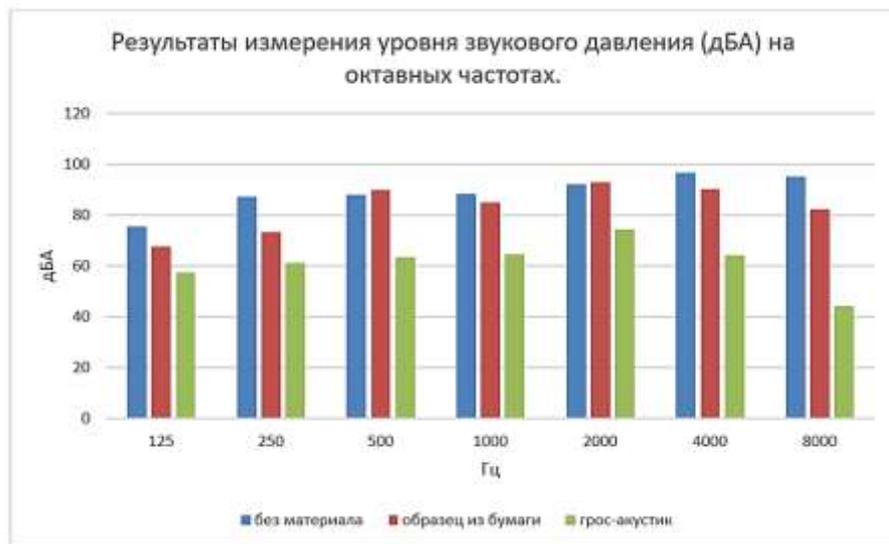


Рис. 6. Результаты измерения уровня звукового давления (дБА) на октавных частотах.

В таблице 2 отображены данные о эффективности образцов из бумаги и образца «GROSS»-акустик по отношению к испытанию с открытым отверстием звукового мостика.

Таблица 2

**Данные эффективности образцов**

Частота Гц	Эффективность образца «GROSS»-акустик	Эффективность образца из бумаги
125	18,4	8,2
250	26,3	14
500	24,6	-1,9
1000	23,8	3,3
2000	18,1	-0,4
4000	32,5	6,7
8000	50,8	12,8

### **Заключение**

В результате проведенных работ, в Научно-Учебно-Производственной лаборатории ФГБОУ ВО «АГТУ» кафедры «эксплуатации водного транспорта» было создано оборудование, позволяющее проводить тестовые испытания шумоизолирующих материалов и многослойных конструкций, в лабораторных условиях, без создания физических моделей капотов, так как это требует большие трудовые и временные затраты [10]. Данный стенд планируется использовать как в научной деятельности лаборатории, так и в учебном процессе для дисциплин экологической направленности.

Результаты экспериментальных работ по определению эффективности шумо-виброзащитного покрытия «GROSS» говорят о том, что, не смотря на толщину в 1мм, покрытие справляется с поставленной задачей на всех частотах требуемого диапазона. Особенно заметно, что покрытие хорошо справляется с шумом на средних частотах 250 Гц на 26,3 дБА; 500 Гц на 24,6 дБА; 1000 Гц на 23,8 дБА, и на высоких частотах 4000Гц на 32,5 дБА до 8000 на 50,8 дБА. Примечательно, что образец из бумаги на частотах 500Гц и 2000 Гц входил в резонанс с генератором шума стенда тем самым увеличивая уровень шума.

### **Список литературы**

1. Возницкий, И. В. Судовые дизели и их эксплуатация / И. В. Возницкий, Е.Г. Михеев – Москва: Транспорт, 1990. – 361 с.-Текст: непосредственный.
2. Патент № 2650846 С1 Российская Федерация, МПК G01M7/04 . Стенд акустических испытаний шумопоглощающих панелей: № 2017108729: заявл. 2017.03.2016г. опубл. 16.03.2017/ Кочетов О.С.
3. Иванов, Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / Н. И. Иванов. – Москва : Университетская книга, Логос, 2008. – 424 с. Текст: непосредственный.
4. Хмельницкий К.Е. Покусаев М.Н., Ильина Е.Г. Оценка эффективности капотов подвесных моторов маломерного судна в реальных условиях эксплуатации // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2020. №3 (44). с. 87 – 92
5. ГОСТ 28556–2016. Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности: издание официальное: взамен ГОСТ 28556—90 дата введения 2017-01,01./ межгосударственный стандарт. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 5 с.
6. Каталог приложений под управлением ОС Android. сайт/  
URL:<https://apkpure.com/ru/frequency-sound-generator/com.boedec.hoel.frequencygenerator> (дата обращения 28.04.2023 г.) Режим доступа: свободный.
7. ГОСТ ISO 14509-3–2015. Суда малые. Измерение шума малых моторных прогулочных судов. Часть 3. Оценка шума при помощи расчетов и измерений. Межгосударственный стандарт: издание официальное: введен впервые: дата введения 2016-11-01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 14 с.
8. Патент № 142712 U1 Российская федерация, МПК E04B 1/88(2006.01) Многослойная полимерная звуко и теплоизоляционная система: № 2013149907/03: заявл. 07.11.2013. опубл. 2014.06.27. Шило М.А. Воробьев Е.Н. Таранов В.Ф. Потапов А.Ю.
9. Эксплуатационная документация на средства измерений сайт/ URL: <https://www.octava.info/documents/> (дата обращения 10.04.2023 г.) Режим доступа: свободный.
10. Патент № 194855 U1 Российская Федерация, МПК B63N 21/00(2006.01) Шумоизолирующий капот для подвесного лодочного мотора: №2019131228: заявл. 01.10.2019 г. опубл. 25.12.2019// Покусаев М.Н. Хмельницкий К.Е.

### References

1. Voznitsky, I. V. Ship diesel engines and their operation / I. V. Voznitsky, E.G. Mikheev – Moscow: Transport, 1990. pp 361.-Text: direct.
2. Patent No. 2650846 C1 Russian Federation, IPC G01M7/04 . Acoustic test stand of noise-damping panels: No. 2017108729: application 2017.03.2016, publ. 16.03.2017/ Kochetov O.S.
3. Ivanov, N. I. Engineering acoustics. Theory and practice of noise control / N. I. Ivanov. – Moscow : University Book, Logos, 2008. pp 424. Text: direct.
4. Khmel'nitsky K.E. Pokusaev M.N., Ilyina E.G. Evaluation of the effectiveness of the hoods of small-sized vessel under-weight engines in real operating conditions // Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University. 2020. No.3 (44). pp. 87 – 92
5. GOST 28556-2016. Outboard boat motors. General safety requirements: official publication: instead of GOST 28556-90 date of introduction 2017-01,01./ interstate standard. - Moscow: Standartinform, 2016. pp 5.
6. Catalog of applications running Android OS. website/ URL:<https://apkpure.com/ru/frequency-sound-generator/com.boedec.hoel.frequencygenerator> (accessed 28.04.2023) Access mode: free.
7. GOST ISO 14509-3-2015. Small vessels. Noise measurement of small motor pleasure craft. Part 3. Noise estimation using calculations and measurements. Interstate standard: official publication: introduced for the first time: date of introduction 2016-11-01. – Moscow: Standartinform, 2016. pp 14.
8. Patent No. 142712 U1 Russian Federation, IPC E04B 1/88(2006.01) Multilayer polymer sound and thermal insulation system: No. 2013149907/03: application 07.11.2013. publ. 2014.06.27. Shilo M.A. Vorobyev E.N. Taranov V.F. Potapov A.Yu
9. Operational documentation for measuring instruments website/ URL: <https://www.octava.info/documents/> (accessed 10.04.2023) Access mode: free.
10. Patent No. 194855 U1 Russian Federation, IPC B63H 21/00(2006.01) Noise-insulating hood for outboard boat motor: No.2019131228: application 01.10.2019, publ. 25.12.2019// Pokusaev M.N. Khmel'nitsky K.E.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Покусаев Михаил Николаевич**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация водного транспорта», Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: [evt2006@rambler.ru](mailto:evt2006@rambler.ru)

**Mikhail N. Pokusaev**, Doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department «Operation of water transport», Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva st., Astrakhan, 414056

**Хмельницкая Анастасия Александровна** – кандидат технических наук; доцент кафедры эксплуатации водного транспорта и промышленного рыболовства; Астраханский государственный технический университет; 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; [evt2006@rambler.ru](mailto:evt2006@rambler.ru)

**Anastasia A. Khmel'nitskaya** – Candidate of Technical Sciences; Docent of the Department of Operation of Water Transport and industrial fishing; Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 16; [evt2006@rambler.ru](mailto:evt2006@rambler.ru)

**Хмельницкий Константин Евгеньевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации водного транспорта и промышленного рыболовства; Астраханский государственный технический университет; 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; [chuchera80@mail.ru](mailto:chuchera80@mail.ru)

**Konstantin E. Khmel'nitsky** – Candidate of Technical Sciences; Docent of the Department of Water Transport Operation and industrial fishing; Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, 16 Tatishcheva str.; [chuchera80@mail.ru](mailto:chuchera80@mail.ru)

**Кадин Алексей Алексеевич**- аспирант кафедры эксплуатации водного транспорта и

**Alexey A. Kadin** - post-graduate student of the Department of Operation of Water Transport and

промышленного рыболовства; Астраханский  
государственный технический университет;  
414056, Астрахань, ул. Татищева, 16;  
alexeik1@mail.ru

Industrial Fishing; Astra-khan State Technical  
University; 414056, Astrakhan, ul. Ta-tishcheva,  
16; alexeik1@mail.ru

**Айдынбеков Бейбулат Сабирович** –  
магистрант кафедры эксплуатации водного  
транспорта и промышленного рыболовства;  
Астраханский государственный технический  
университет; 414056, Астрахань, ул.  
Татищева, 16; bejbulat@list.ru

**Beybulat S. Aydynbekov**– Master's student of  
the Department of Water Transport Operation  
and industrial fishing; Astrakhan State Technical  
University; 414056, Astrakhan, Tatishcheva str.,  
16; bejbulat@list.ru

Статья поступила в редакцию 01.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 01.06.2023; published online 20.12.2023.

## **СУДОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

### **SHIP POWER EQUIPMENT**

УДК 629.5.018.7

DOI: 10.37890/jwt.vi77.414

#### **Анализ и оценка методов швартовных испытаний судовой энергетической установки в условиях мелководной акватории**

**Е.В. Богатырева**

*ORCID: 0000-0002-3530-9898*

*Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия*

**Аннотация.** В процессе швартовных испытаний, а также при плавании судов на мелководье, нередко возникают трудности в обеспечении нормальных условий работы пропульсивного комплекса, эксплуатационных характеристик энергетической установки и судна в целом. В статье обозначены проблемы при проведении швартовных испытаний на мелководье. Рассмотрены швартовные испытания крупнотоннажного танкера в условиях мелководной акватории, когда нарушается работа главного циркуляционного насоса системы охлаждения вследствие загрязнения проточной части главного конденсатора частичками грунта. Обоснована экономическая нецелесообразность испытания танкера в море при постановке его на якоря или бочки в районе, безопасном для мореплавания и имеющем достаточную глубину воды. Рассмотрен способ забора охлаждающей воды сверху с помощью кессона, что исключило непроизводительные затраты. Приведен способ швартовки судна, при котором струя воды от гребного винта не вредит причальным сооружениям и не размывает грунт акватории; описаны средства имитации номинальных параметров исполнительных механизмов, что позволяет проводить швартовные испытания механизмов, систем и устройств без вывода главной силовой установки на режим повышенных нагрузок, и, как следствие, сократить время проведения испытаний.

**Ключевые слова:** швартовные испытания, мелководная акватория, нулевой упор, холостой ход, турбозубчатый агрегат, винт регулируемого шага, упор гребного винта, кессон

#### **Analysis and evaluation of mooring testing methods of a ship power plant in shallow water conditions**

**Elena V. Bogatyreva**

*ORCID: 0000-0002-3530-99898*

*Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia*

**Abstract.** In the process of mooring trials, as well as when ships are sailing in shallow water, difficulties often arise in ensuring normal operating conditions for the propulsion complex, the performance of the power plant and the ship as a whole. The article outlines the problems during mooring tests in shallow water. Mooring tests of a large-tonnage tanker in shallow water conditions are considered, when the operation of the main circulation pump of the cooling system is disrupted due to contamination of the flow path of the main condenser with soil particles. The economic inexpediency of tanker testing at sea when it is anchored or barreled in an area that is safe for navigation and has sufficient water depth is substantiated. The method of taking cooling water from above with the help of a caisson is considered, which eliminated unproductive costs. The mooring method is given, in which the water jet

from the propeller does not harm the berthing facilities and does not erode the soil of the water area; the means of simulating the nominal parameters of the actuators are described, which makes it possible to carry out mooring tests of mechanisms, systems and devices without bringing the main power plant to the mode of increased loads, and, as a result, to reduce the testing time.

**Keywords:** mooring trials, shallow water area, zero thrust, idling, turbo-tooth unit, controllable pitch propeller, propeller stop, caisson

### **Введение**

Как показывает практика, в процессе швартовных испытаний, а также при плавании судов на мелководье, нередко возникают трудности в обеспечении нормальных условий работы пропульсивного комплекса, эксплуатационных характеристик энергетической установки и судна в целом [1-10].

Перспективной возможностью для управления режимом работы главного двигателя (ГД) является подача воздуха на засасывающую поверхность лопасти винта. Тем самым обеспечивается номинальная мощность ГД на швартовных испытаниях при частоте вращения, близкой к проектной [6].

Максимально оптимальной работы пропульсивного комплекса судна позволяют достичь щелевые насадки на лопасти гребного винта [7].

Кроме того, при проведении швартовных испытаний на мелководье присутствует проблема вымывания грунта акватории и грунта причальных сооружений струей воды, отбрасываемой гребным винтом [8, 9].

В данной работе приводится описание и анализ опыта проведения швартовных испытаний крупнотоннажного танкера в условиях мелководной акватории.

### **Основные проблемы при швартовных испытаниях танкера**

При проведении швартовных испытаний главной энергетической установки (ГЭУ) супертанкеров типа «Крым» на мелководной акватории завода основная трудность заключалась в создании нормальных условий работы комплекса гребного винта регулируемого шага—главный турбо-зубчатый агрегат—главный котел (ВРШ—ГТЗА—ГК), при которых была бы исключена возможность засасывания в систему охлаждения ГТЗА вместе с забортной водой механических примесей, камней, песка и других мелких фракций грунта со дна акватории [10].

Предварительный анализ позволил установить, что комплекс ВРШ—ГТЗА—ГК в период швартовных испытаний на акватории завода нормально функционирует при глубине воды под килем в районе приемных отверстий не менее 3 м и осадке кормы не менее 9 м. Такая осадка обеспечивает полное заглубление гребного винта, равномерность частоты вращения и крутильных колебаний в линии валопровода, что гарантирует нормальную приработку зубчатого зацепления главного редуктора ГТЗА.

Однако создать нормальные условия для проведения швартовных испытаний главной силовой установки на акватории завода не представлялось возможным. При полном заглублении гребного винта приемные отверстия оказываются расположенными вблизи дна, а глубина воды под килем составляет менее 0,5 м, что исключает безопасную работу главного циркуляционного насоса системы охлаждения. Благодаря большому разрежению при всасывании на такой глубине проточная часть главного конденсатора загрязняется частицами грунта, что не позволяет проверить работу насоса при полной производительности.

Кроме того, на период швартовных испытаний необходимо было обеспечить безопасную швартовку и закрепление судна в связи со значительными величинами упора и крутящего момента ВРШ, возникающими при работе главной силовой

установки на режиме швартовной нагрузки и передаваемыми причальным сооружениям.

Расчеты, выполненные для обоснования экономически целесообразного и технически возможного способа испытаний, показали, что создание нормальных условий проведения испытаний мощных силовых установок крупнотоннажных судов на акватории завода требовала больших (не менее 1,5 млн. руб.) капитальных затрат на реконструкцию причальных сооружений, проведение дноуглубительных работ и работ по укреплению грунта от размыва струей воды, отбрасываемой гребным винтом, бетонными плитами или крупной галькой. Например, согласно расчетам и выполненным исследованиям, акваторию завода в месте стоянки танкера необходимо было углубить на 4—5 м на площади не менее 3000 м<sup>2</sup> и произвести на площади не менее 16 000 м<sup>2</sup> укрепление грунта от размыва.

Ввиду большой трудоемкости указанных работ было рекомендовано проводить швартовные испытания танкера в море при постановке его на якоря или бочки в районе, безопасном для мореплавания и имеющем глубину воды не менее 50 м. Безопасность танкера на период швартовных испытаний должны были обеспечивать два арендованных буксира мощностью по 1200 э. л. с. каждый. В этом случае сроки постройки танкера увеличились бы на 30—40 дней из-за ежедневного отрыва от достроечных работ не менее 300 рабочих, поэтому данное предложение было также экономически невыгодным.

В целях исключения непроизводительных затрат и своевременной сдачи судна заказчику был предложен новый способ забора охлаждающей воды с помощью кессона, благодаря которому швартовные испытания силовой установки можно было проводить в условиях мелководной акватории. Отличительная особенность этого способа — изменение потока воды, подтекающей к приемным отверстиям.

Согласно применяемому ранее способу, засасываемый насосом поток забортной воды подтекал к отверстиям снизу, непосредственно с придонных заиленных слоев воды по линиям тока, показанным на рис. 1. При этом наибольшей скоростью обладают частицы воды по линиям тока, расположенным в центральной части засасываемого потока на участке 2.

По мере увеличения искривлений линий тока скорость воды в них будет убывать и становиться равной нулю на участке 1, расположенном на расстоянии от приемных отверстий, равном по величине не менее шести радиусам, определенным из их суммарной площади. В этом случае существует большая вероятность засасывания в систему охлаждения ГТЗА ила и песка со дна акватории.

### **Применение кессона для подачи воды в систему охлаждения**

Для исключения попадания в систему охлаждения частиц грунта применен специальный кессон, который представляет собой коробчатую конструкцию, открытую для приема воды сверху, и является как бы продолжением системы охлаждения за пределами корпуса судна. Замкнутый объем, куда предварительно попадает вода, образуется днищем 3, боковыми 1 и задней 2 стенками (рис. 2). Открытая боковая часть кессона выполняется по форме обводов корпуса судна и в местах прилегания к нему уплотняется профильной резиной. Крепление кессона (рис. 3) производится с помощью тросов 2 с Т-образными захватами, которые пропускаются через кессон, заводятся в приемные отверстия и разворачиваются в них на 90°, после чего прижимаются гайкой к корпусу судна. Заводка кессона и поддержание его в момент крепления осуществляются с помощью береговых или судовых грузоподъемных средств и плавучего понтона (до заглубления гребного винта путем принятия балласта в кормовые цистерны). В качестве материала для кессона использовано дерево, что облегчает его изготовление, монтаж и демонтаж.

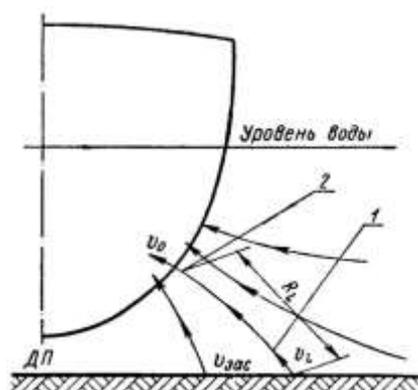


Рис. 1. Схема забора охлаждающей воды в приемные отверстия без применения кессона

Для обеспечения неразрывности потока площадь входного сечения замкнутого объема, образованного кессоном и бортом судна, должна быть не меньше суммарной площади прикрываемых приемных отверстий. Высота кессона должна выбираться по расстоянию  $R_L$  от геометрического центра площади приемных отверстий вдоль центральной линии тока  $1$  (см. рис. 1) до точки, в которой местные скорости засасываемого потока  $v_L$  меньше скоростей перемещения частиц грунта  $v_{зас}$ . В целях удобства практических расчетов высота кессона  $H$  выбирается равной шести радиусам, определенным по суммарной площади приемных отверстий.

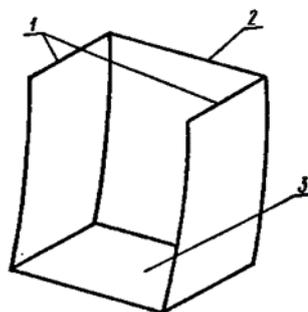


Рис. 2. Кессон: 1 – боковые стенки; 2 – задняя стенка; 3 – днище

Благодаря применению кессона прием охлаждающей воды производится сверху на уровне средних слоев (см. рис. 3). Величина заглубления верхней кромки кессона составляет не менее 200 мм. Нижние приемные отверстия оказываются защищенными от придонных слоев воды и прикрытыми кессоном, что позволяет избежать засасывания частиц грунта в систему охлаждения.

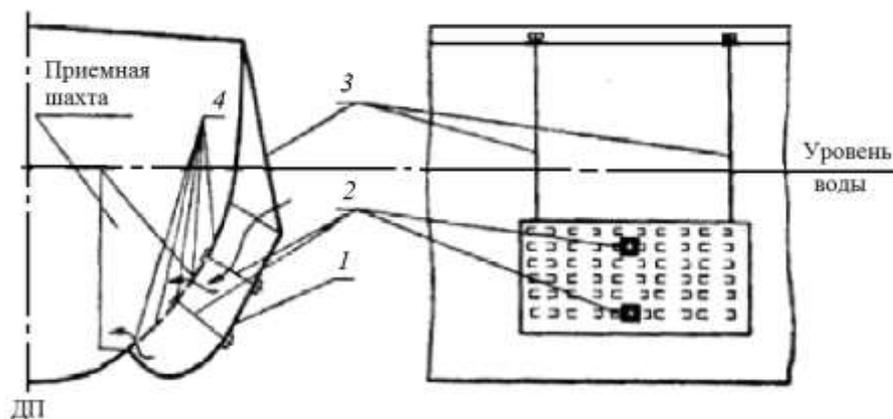


Рис. 3. Форма кессона для забора охлаждающей воды

На рисунке 4 показано заглубление кессона и гребного винта при проведении швартовых испытаний ГЭУ на акватории завода. В соответствии с принятыми обозначениями, минимально допустимая глубина воды под килем судна  $H_2$  в месте постановки кессона определяется в зависимости от величины относительного заглубления оси гребного винта от свободной поверхности  $h_s/D_B$  ( $h_s$  — расстояние от оси винта до поверхности воды, м;  $D_B$  — диаметр винта, м) по формуле:

$$H_2 = H_1 - (h_s + h),$$

где  $h$  — расстояние от оси винта до основной линии, м.

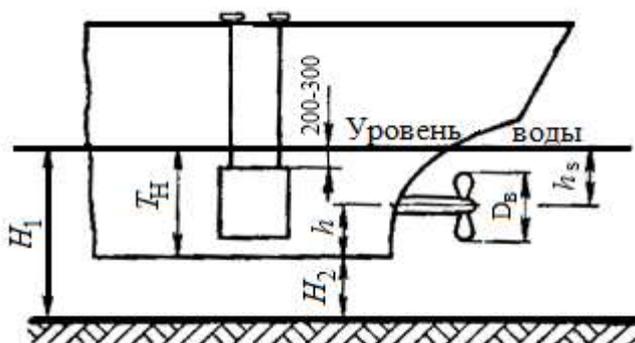


Рис. 4. Заглубление кессона и гребного винта

Осадка кормовой части корпуса судна  $T_k$  на период испытаний с помощью кессона выбиралась равной  $T_k = h_s + h = 2,8 + 5,2 = 8,0$  м. С целью исключения подсоса воздуха со свободной поверхности воды при работе гребного винта на режимах швартовой нагрузки отношение  $h_s/D_B$  должно быть не менее 0,6.

#### Выбор способа швартовки судна

Один из важнейших факторов, влияющих на надежность проведения испытаний главной силовой установки танкера в условиях ограниченной акватории завода, — выбор способа швартовки и постановки судна к причальной стенке.

Принято считать, что наиболее надежен способ швартовки судна носом к причальной стенке, воспринимающей весь упор гребного винта. В этом случае

большое внимание должно уделяться предотвращению размыва акватории и направлению отбрасываемого винтом потока в нужном направлении.

Однако вследствие ограниченности акватории и наличия на ней судоходного фарватера этот способ оказался неприемлемым. Поэтому необходимо было выбрать такой способ постановки судна, при котором отсутствовал бы размыв причальных сооружений, а переформирование дна акватории под действием струи от винта осуществлялось бы в направлении, безопасном для судоходства.

Для танкеров типа «Крым» наиболее удачной оказалась швартовка, схема которой приведена на рисунке 5. В этом случае кормовая часть судна выдвинута за причальную стенку на расстояние не менее 20 м, при котором размывающий поток не оказывает воздействия на стенку. С целью безопасности испытаний в части швартовки судна мощность ГЭУ была ограничена по упору гребного винта до 20% номинальной нагрузки ГТЗА.

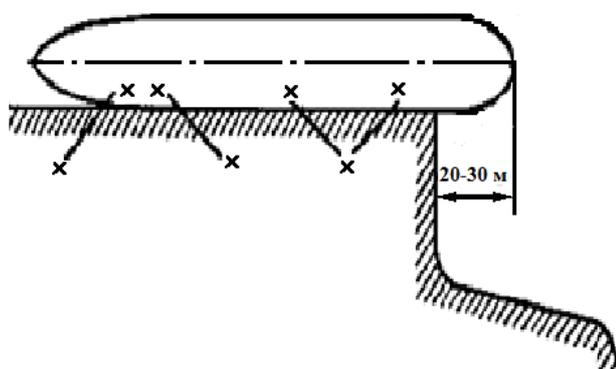


Рис. 5 Схема швартовки судна у достроечной набережной завода

### **Проведение швартовных испытаний**

При испытании головного танкера на достроечной набережной был оборудован контрольный пост с двусторонней связью с машинным отделением и ходовым мостиком для наблюдения за надежностью швартовки судна. В первые часы работы главного циркуляционного насоса системы охлаждения ГТЗА производился анализ забортной воды на содержание в ней взвешенных частиц грунта. Только после получения удовлетворительных результатов о чистоте охлаждающей воды осуществлялись пробный пуск ГТЗА и прием пара главным конденсатором.

Швартовные испытания комплекса ВРШ— ГТЗА—ГК проводились после выполнения всего объема регулировочно-наладочных работ, пробных пусков и кратковременной проверки работоспособности механизмов, систем, устройств и аппаратуры, обслуживающих комплекс. Цель испытаний — проверка работы всех элементов комплекса во взаимодействии под частичной нагрузкой и определение готовности ГЭУ к ходовым испытаниям.

Швартовные испытания ГЭУ проводились в два этапа:

- при работающем ГТЗА, когда главная котельная установка находится в стояночном режиме;
- при работающем ГТЗА от главного котла.

В период испытаний при неработающем ГТЗА проверяется действие следующих механизмов, систем и устройств, обслуживающих комплекс ВРШ—ГТЗА—ГК:

валоповоротного устройства (ВПУ) вручную и с помощью электродвигателя с проверкой сигнализации положения муфты ВПУ; устройств системы управления и защиты ГТЗА (сигнализация положений быстрозапорного, отсечного и регулирующего клапанов при различных переключениях органов системы управления); приборов контроля прогиба роторов турбины; редукционных клапанов масляной системы ГТЗА; подогревателей масла; системы сигнализации предельно допустимого уровня конденсата в главном конденсаторе; системы укупорки и отсоса пара от концевых уплотнений турбин; вакуумного насоса; масляных насосов перекачки лопастей ВРШ; механизма поворота лопастей ВРШ в различных положениях органов управления; дистанционной системы автоматического управления (ДАУ) комплексом ВРШ—ГТЗА—ГК по каналам изменения шага и частоты вращения; системы дистанционного управления арматурой и механизмами; регуляторов уровня и давлений, установленных в магистралях греющего, охлажденного и отработавшего пара, коллекторах, подогревателях, конденсаторах, деаэраторах; световой исполнительной сигнализации системы ДАУ с главного и центрального пультов управления на секциях котлов ВРШ—ГТЗА о работе механизмов и агрегатов паротурбинной установки (ПТУ); световой и звуковой предупредительной сигнализации системы централизованного автоматического контроля; шинно-пневматической муфты турбоблока при ее включении-отключении с помощью системы ДАУ главной ПТУ и вспомогательной электроэнергетической установками.

Наладка режимов работы указанного оборудования при бездействии главной силовой установки и проверка срабатывания приборов и средств автоматики производились с помощью имитаторов температуры и давлений, что позволило значительно сократить продолжительность швартовных испытаний, повысить надежность и качество регулировочно-наладочных работ.

Швартовные испытания при работающем ГТЗА проводятся в комплексе со всеми механизмами, системами, устройствами и приборами, обслуживающими ВРШ, ГТЗА и главный котел. Обеспечение паром всех потребителей осуществляется от главного котла, который в этот период работает на полной производительности.

Ввод установки в действие с холодного состояния сначала производится на режим холостого хода, затем после прогрева турбин паром через концевые уплотнения — на режимы «порт» при частоте вращения  $0,83 \text{ с}^{-1}$  (50 об/мин) и «море» с частотой вращения  $1,41 \text{ с}^{-1}$  (85 об/мин) как с местного поста управления, так и с помощью дистанционного управления.

Режим холостого хода обеспечивается установкой лопастей ВРШ в положение так называемого «шага нулевого упора» ( $H/D$ ) = 0. Проверка этого режима для установок с ВРШ — одна из основных и ответственных, позволяющих определить неподвижность судна при работающем комплексе ВРШ—ГТЗА в исходном положении органов управления.

Испытания на режиме нулевого упора проводились при ослабленных швартовных тросах, при этом отсутствие хода судна вперед или назад определялось визуальным методом по изменению положения корпуса судна относительно контрольной точки на причальной стенке и провисанию или натяжению швартовных тросов. Наблюдение осуществлялось с помощью берегового контрольного поста, оборудованного телефонной связью с ходовой рубкой.

Однако наиболее точным методом проверки режима «нулевого упора» является метод, основанный на измерении усилий кручения в материале гребного вала при вращении его с частотой  $0,41—0,50 \text{ с}^{-1}$  (25—30 об/мин) с помощью специальной тензостанции. Он может быть рекомендован при проведении швартовных испытаний ГЭУ головных судов с ВРШ, так как применение визуального метода в этом случае не обеспечивает достаточной точности и не позволяет в полной мере выявить

конструктивные недостатки программных элементов систем управления ГТЗА и ВРШ.

На режимах «порт» и «море» нагрузка ГТЗА создавалась изменением шага ВРШ. Минимально допустимый уровень нагрузки, равный 20% номинальной мощности, обеспечивался при шаговом отношении  $H/D = 0,2$ . При этом прием нагрузки производился постепенно в следующей последовательности:

- с помощью приводов-датчиков оборотов и шага (ПЗО и ПЗШ) на местных постах и дистанционно производится выход на режим с частотой вращения  $0,83 \text{ с}^{-1}$  (50 об/мин) и ступенчатый подъем нагрузки с  $H/D = 0,0$  до  $H/D = 0,2$  через  $H/D = 0,1$  в течение 1,5 ч;
- переход на режим с частотой вращения  $0,83 \text{ с}^{-1}$  (50 об/мин) при  $H/D = 0,0$ ;
- переход на режим с частотой вращения  $1,41 \text{ с}^{-1}$  (85 об/мин) при  $H/D = 0,0$ ;
- ступенчатый прием нагрузки с  $H/D = 0,0$  до  $H/D = 0,2$  при частоте вращения  $1,41 \text{ с}^{-1}$  (85 об/мин);
- работа на режиме с частотой вращения  $1,41 \text{ с}^{-1}$  (85 об/мин) с нагрузкой от винта в течение 1,5 ч.

В период испытаний производится регистрация следующих параметров:

- зазоры по лапам и шпонкам корпуса турбины высокого давления;
- частота крутильных колебаний валов редуктора и величины напряжений в зубчатой передаче редуктора (проверялись только на головном судне);
- величины ходов ПЗО при частоте вращения  $0,83$  и  $1,41 \text{ с}^{-1}$  (50 и 85 об/мин);
- максимальная величина корректирующего сигнала частоты вращения;
- величина установки корректора шага и регулятора скорости ГТЗА; давление пара в магистралях охлажденного пара, греющего пара в парогенераторе низкого давления, деаэраторе, водоопреснительных установках и системе уплотнений ГТЗА;
- уровень воды в подогревателе низкого давления, вспомогательном конденсаторе и деаэраторе;
- температура подшипников редуктора и валопровода.

Для увеличения нагрузки на ГТЗА и проверки полной паропроизводительности главного котла на режиме с частотой вращения  $1,5 \text{ с}^{-1}$  (89 об/мин) производилось подключение к ГТЗА турбоблока приводных механизмов: главного турбогенератора и главного питательного насоса. Во время швартовых испытаний 100%-ная нагрузка на турбогенераторы создавалась с помощью нагрузочного устройства и судовых потребителей. При этом проверялись следующие действия системы управления:

- дистанционное подключение к ГТЗА работающего турбоблока и прекращение подачи пара на автономную турбину;
- дистанционное отключение турбоблока от ГТЗА с автоматическим пуском автономной турбины;
- автоматическое отключение турбоблока с одновременным автоматическим пуском автономной турбины при понижении частоты вращения ГТЗА менее 5% номинального значения с помощью корректора частоты вращения, закрытии быстрозапорного клапана ГТЗА путем имитации сигнала, переходе ГТЗА из режима «море» в режим «порт»;
- защита турбоблока с отключением его от ГТЗА и остановкой при падении давления масла в линии смазки ниже установочного значения;
- время включения и выключения шинно-пневматической муфты;

- точность поддержания частоты вращения гребного вала в пределах  $\pm 5\%$  от номинала;
- маневрирование мощностью турбоблока с целью поддержания частоты вращения генератора при изменении нагрузки на винте и генераторе;
- автоматическое отключение турбоблока при вынужденной остановке ГТЗА и др.

Следует отметить, что наиболее трудоемкими при подготовке и проведении швартовных испытаний главной силовой установки являются работы по проверке топливной системы главного котла и наладке системы автоматики конденсатно-питательного тракта, проверке функционирования и состояния главного котла, его элементов и устройств под паром на ручном, полуавтоматическом и автоматическом управлении на спецификационных параметрах, а также по наладке систем дистанционного автоматизированного управления и контроля, системы регулирования, управления и защиты (ПУЗ) ГТЗА.

### **Заключение**

Как показал опыт испытания крупнотоннажного танкера «Крым», при швартовных испытаниях в условиях мелководья возможной основной проблемой может стать попадание в систему охлаждения частиц грунта, загрязнение главного конденсатора, что приведет к невозможности проверки насоса при полной производительности. В данном случае представляется возможным применение метода забора охлаждающей воды с помощью кессона, что обеспечит подачу чистой воды в систему охлаждения.

Выбор наиболее рационального способа швартовки судна и ограничение величины упора гребного винта позволит сохранить причальные сооружения и грунт акватории от размыва струей воды, отбрасываемой гребным винтом.

Применение средств имитации номинальных параметров исполнительных механизмов при наладке приборов и аппаратуры автоматики позволяет проводить швартовные испытания механизмов, систем и устройств на более ранней стадии их готовности без вывода главной силовой установки на режимы повышенных нагрузок, а также сокращает сроки проведения испытаний.

Также вариантом управления режимом работы ГД может быть подача воздуха на засасывающую поверхность лопасти винта, что обеспечит номинальную мощность ГД на швартовных испытаниях при частоте вращения, близкой к проектной.

Задача обеспечения номинальной мощности главного двигателя на швартовных испытаниях остается актуальной.

### **Список литературы**

1. Чурин М.Ю. Расчет величин динамической просадки судов на мелководье при течении // Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек : Труды международного научно-промышленного форума. Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов, Нижний Новгород, 16–19 мая 2017 года / ВГБОУ ВО "ННГАСУ, ФГБОУ ВО "ВГУВТ". – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2017. С. 70. EDN YRTHEW.
2. Шевчук И.В., Корнев Н. В., Рыжов В. А. Численное моделирование корабельного следа на мелководье с использованием гибридного URANS-LES метода // Морской вестник. 2013. № S1(10). С. 83-85. – EDN QCIWMJ.
3. Повышение безопасности судовождения при плавании судна на мелководье / В. И. Истомина, В. М. Цалоев, В. В. Хлебникова, С. Е. Тверская // Морские

- интеллектуальные технологии. 2021. № 1-1(51). С. 41-44. DOI 10.37220/MIT.2021.51.1.006. EDN KZXIGA.
4. Кузьмин В. Д., Пазынич Г.И. Расчет уменьшения скорости промышленного судна при плавании на мелководье простым и точным способом // Практическая подготовка в морском образовании : Сборник трудов региональной научно-практической конференции, Керчь, 16–17 ноября 2017 года / Под общей редакцией Е.П. Масюткина. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет». 2017. С. 89-101. EDN UZYZVX.
  5. Клименко Н.П., Шаратов А.С., Охлонин В.А. Анализ влияния струйного интерцептора лопасти на поток воды, взаимодействующий с гребным винтом // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2020. № 4. С. 42-50. DOI 10.47404/2619-0605\_2020\_4\_42. EDN PRKJIE.
  6. Шаратов А.С., Горбенко А.Н. Совершенствование швартовных испытаний главного двигателя, работающего на винт фиксированного шага // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 2. С. 32-42. DOI 10.24143/2073-1574-2021-2-32-42. EDN IDJEPF.
  7. Шаратов А. С. Особенности реализации дополнительного струйного воздействия воды на лопасти гребного винта фиксированного шага // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 1. С. 53-62. DOI 10.24143/2073-1574-2019-1-53-62. EDN YWLPH.
  8. Амахин В.А. Размывающее действие судового гребного винта в процессе швартовных испытаний //Технология судоремонта. 1996. №2. С. 18-22.
  9. Численное моделирование взаимодействия струи от винта с грунтом / М. П. Лобачев, А. В. Пустошный, К. Е. Сазонов, И. А. Чичерин // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2008. Т. 1, № 1. С. 88-98. – EDN KNPJED.
  10. Данилов А.Т., Ивлев А.П. Опыт проведения швартовных испытаний главных силовых установок танкеров в условиях мелководной акватории // Научно-технический и производственный сборник «Технология судостроения». 1981. №4. С. 42-46.

#### References

1. Churin M. Yu. Raschet velichin dinamicheskoy prosadki sudov na melkovod'ye pri techenii [Calculation of the values of the dynamic drawdown of ships in shallow water during the current] // Problemy ispol'zovaniya i innovatsionnogo razvitiya vnutrennikh vodnykh putey v basseynakh velikikh rek : Trudy mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma. Materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, spetsialistov i studentov May 16–19. 2017, p. 70, (In Russ). – EDN YRTHEW.
2. Shevchuk, I. V., Kornev, N. V., Ryzhov., V. A. Chislennoye modelirovaniye korabel'nogo sleda na melkovod'ye s ispol'zovaniyem gibridnogo URANS-LES metoda [Numerical modeling of a ship wake in shallow water using the hybrid URANS-LES method] // Morskoy vestnik. 2013, S1(10), pp. 83-85, (In Russ). – EDN QCIWMJ.
3. Istomin, V.I., Tsalojev, V.M., Khlebnikova V.V., Tverskaya S.E. Povysheniye bezopasnosti sudovozhdeniya pri plavanii sudna na melkovod'ye [Improving the safety of navigation when sailing a ship in shallow water] // Morskiye intellektual'nyye tekhnologii. 2021, no. 1-1 (51), pp. 41-44, (In Russ). DOI 10.37220/MIT.2021.51.1.006. – EDN KZXIGA.
4. Kuz'min V. D., Pazynich, G. I. Raschet umen'sheniya skorosti promyslovogo sudna pri plavanii na melkovod'ye prostym i tochnym sposobom [Calculation of the reduction in the speed of a fishing vessel when sailing in shallow water in a simple and accurate way] // Prakticheskaya podgotovka v morskoy obrazovanii : Sbornik trudov regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kerch', 16–17 noyabrya 2017 goda / Pod obshchey redaktsiyey Ye.P. Masyutkina. – Kerch': FGBOU VO “Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskii universitet”. 2017, pp. 89-101, (In Russ). – EDN UZYZVX.
5. Klimenko, N. P., Sharatov, A. S., Okhlonin, V. A. Analiz vliyaniya struynogo interseptora lopasti na potok vody, vzaimodeystvuyushchiy s grebnym vintom [Analysis of the influence of a jet blade spoiler on the water flow interacting with the propeller]// Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2020, no 4, pp. 42-50, (In Russ). DOI 10.47404/2619-0605\_2020\_4\_42. – EDN PRKJIE.

6. Sharatov, A. S., Gorbenko, A. N. Sovershenstvovaniye shvartovnykh ispytaniy glavnogo dvigatelya, rabotayushchego na vint fiksirovannogo shaga [Improvement of mooring tests of the main engine operating on a fixed pitch propeller] // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2021, no 2. pp. 32-42, (In Russ). DOI 10.24143/2073-1574-2021-2-32-42. – EDN IDJEPF.
7. Sharatov, A. S. Osobennosti realizatsii dopolnitelnogo struynogo vozdeystviya vody na lopasti grebnogo vinta fiksirovannogo shaga [Features of the implementation of an additional jet effect of water on the blades of a fixed-pitch propeller] // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2019. no. 1, pp. 53-62, (In Russ). DOI 10.24143/2073-1574-2019-1-53-62. – EDN YWLIH.
8. Amakhin, V.A. Razmyvayushcheye deystviye sudovogo grebnogo vinta v protsesse shvartovnykh ispytaniy [Scouring action of a ship's propeller during mooring trials] // Tekhnologiya sudoremonta. 1996, no. 2, pp. 18-22, (In Russ).
9. Lobachev, M. P., Pustoshnyy, A. V., Sazonov, K. Ye., Chicherin, I. A. Chislennoye modelirovaniye vzaimodeystviya strui ot vinta s gruntom [Numerical simulation of the interaction of a jet from a propeller with soil] // Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika. 2008, no. 1, pp. 88-98, (In Russ). – EDN KNPJED.
10. Danilov, A.T., Ivlev, A.P. Opyt provedeniya shvartovnykh ispytaniy glavnykh silovykh ustanovok tankerov v usloviyakh melkovodnoy akvatorii [Experience in carrying out mooring tests of the main power plants of tankers in shallow waters] // Nauchno-tekhnicheskii i proizvodstvennyy sbornik "Tekhnologiya sudostroyeniya". 1981, no. 4, pp. 42-46, (In Russ).

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Богатырева Елена Владимировна** – к.т.н.,  
доцент кафедры судовых энергетических  
установок «Керченский государственный  
морской технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГМТУ»), 298309, Российская  
Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82,  
e-mail: arev\_66@mail.ru

**Elena V. Bogatyreva** – PhD in Engineering  
Science, Associate Professor of the Department  
of of marine power plants, Kerch State Maritime  
Technological University, 82 Ordzhonykhyze  
Str., Kerch, 298309, Russian Federation, e-mail:  
arev\_66@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 21.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 621.791

DOI: 10.37890/jwt.vi77.416

## **Вопросы технологии лазерной сварки концов теплообменных труб в трубных решетках.**

**Е.В. Гринев<sup>1</sup>**

**С. Н. Валиулин<sup>1</sup>**

**А.А. Хлыбов<sup>2</sup>**

*ORCID 0000-0002-6559-7819*

**Ю.И. Матвеев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*ООО «Гидротермаль» г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>2</sup>*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>3</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** В работе показано, что надежность и ресурс судовых теплообменных аппаратов во многом зависит от качества закрепления теплообменных труб в трубных решетках. Методы крепления труб в трубной решетке зависят от многих факторов: типа теплообменного аппарата, материала из которого изготовлены трубы и трубные решетки, толщины труб и трубных решеток, технологические возможности с учетом выбранной конструкции и др. Одним из эффективных способов крепления труб в трубных решетках теплообменных аппаратов является сварка. Сварные швы отличаются прочностью, технологичностью, обеспечивают высокий ресурс соединения.

В статье, для выполнения сварных соединений, предлагается использовать лазерную сварку. Лазерная сварка обеспечивает высокую сфокусированную плотность энергии, сосредоточенную на участке очень малой площади при относительно малом энерговыделении и прогреве прилегающих слоев металла. При лазерной сварке, нет сильного ионизирующего излучения, намагниченность заготовок не влияет на лазерный пучок, что является актуальным при сварке магнитных материалов. Воздействие лазерного излучения высоколокально, проводится на воздухе, в том числе в среде защитных газов. Благодаря этому лазерную сварку можно без проблем применять для соединения крупногабаритных металлоконструкций.

Лазерный луч с помощью зеркальных оптических систем или по световоду легко транспортируется и направляется в труднодоступные места. При этом обеспечивается надежное и оперативное управление процессом лазерной сварки с регулируемыми энергетическими характеристиками. В статье приводится описание технологического оборудования, которое может использоваться для сварки теплообменных труб и трубных решеток.

**Ключевые слова:** лазер, лазерная сварка, теплообменные трубы, трубные решетки, защитная среда.

## **Issues of laser welding technology of the ends of heat exchange pipes in pipe gratings**

**Evgeniy V. Grinev<sup>1</sup>**

**Sergey N. Valiulin<sup>1</sup>**

**Alexander A. Khlybov<sup>2</sup>**

*ORCID 0000-0002-6559-7819*

**Yuri I. Matveev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*LLC "Hydrothermal" Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>3</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The paper shows that the reliability and service life of shipboard heat exchangers largely depends on the quality of fixing heat exchange pipes in pipe grids. The methods of fixing pipes in a pipe grid depends on many factors: the type of heat exchanger, the material from which the pipes and pipe grids are made, the thickness of pipes and pipe grids, technological capabilities taking into account the chosen design, etc. One of the most effective ways of fixing pipes in the tube grids of heat exchangers is welding. Welds are characterized by strength, manufacturability, and provide a high service life of the joint.

In the article, it is proposed to use laser welding to perform welded joints. Laser welding provides a high focused energy density concentrated on a very small area with relatively low energy input and heating of adjacent metal layers. In laser welding, there is no strong ionizing radiation, the magnetization of the workpieces does not affect the laser beam, which is relevant when welding magnetic materials. The effect of laser radiation is highly local, carried out in the air, including in the environment of protective gases. Thanks to this, laser welding can be used without problems to connect large-sized metal structures.

The laser beam is easily transported with the help of mirror optical systems or through a light guide and is directed to hard-to-reach places. At the same time, reliable and operational control of the laser welding process with adjustable energy characteristics is provided. The article describes the technological equipment that can be used for welding heat exchange pipes and pipe gratings.

**Keywords:** laser, laser welding, heat exchange pipes, pipe gratings, protective environment.

### **Введение**

Надежность и ресурс судовых теплообменных аппаратов во многом зависят от качества закрепления теплообменных труб в трубных решетках. [1, 2, 3] Метод крепления труб в трубной решетке либо коллекторе, выполняющем функцию подвода и распределения теплоносителя по системе теплообменных труб зависит от многих факторов. Среди них: тип теплообменного аппарата, материал из которого изготовлены трубы и трубные решетки, толщина труб и трубных решеток, технологические возможности с учетом выбранной конструкции и др.

В данной работе рассматриваются методы крепления труб в автономных водогрейных, паровых и утилизационных котлах. Материал труб и трубных решеток в этих аппаратах, как правило, сталь с пониженным содержанием углерода (например, сталь 10). Этот материал обладает хорошей свариваемостью, технологичен и отличается неплохой коррозионной стойкостью. На рис. 1 и 2 приведены характерные конструктивные варианты исполнения узлов крепления теплообменных труб в котлах типа КАВ и КУП.

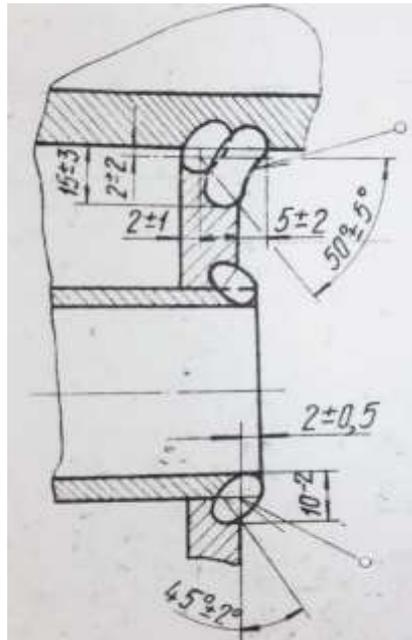


Рис. 1. Сварное соединение трубы с трубной решеткой в котлах типа КАВ

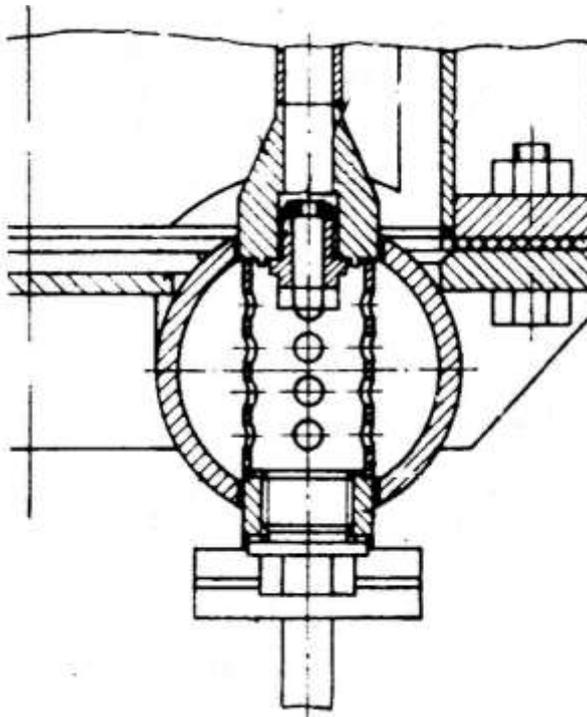


Рис. 2. Сварные соединения в котлах типа КУП

Одним из эффективных способов крепления труб в трубных решетках теплообменных аппаратов является сварка.

Сварные швы отличаются прочностью, технологичностью, обеспечивают высокий ресурс соединения. В некоторых случаях сварному соединению просто нет альтернативы.

До настоящего времени для выполнения сварных соединений использовалась сварка покрытым электродом, неплавящимся электродом в среде защитных газов, полуавтоматическая и автоматическая сварка орбитальными аппаратами.

К сожалению, все эти виды сварки обладают одним серьезным недостатком, глубина проплавления соединений трубы с трубной решеткой не велика и равна толщине стенки трубы. Последние достижения технологии сварки с оптимизацией величины сварочного тока, формы исполнения и другого позволяют улучшить этот параметр, например, увеличить показатель относительной глубины проплавления до 1,4...1,6 толщины. Однако разработка теплообменных аппаратов, эксплуатируемых при высоких параметрах давления и температуры, требует относительной глубины проплавления до 2... 3 толщин теплообменной трубки.

Решить эту задачу можно с применением лазерной сварки. [4, 5, 6, 8, 9,] Лазерная сварка обеспечивает высокую сфокусированную плотность энергии, сосредоточенную на участке очень малой площади при относительно малом энергозатражении и прогреве прилегающих слоев металла. При быстром перемещении пятна контакта лазерного луча обеспечивается большая глубина сварочной ванны.

Рассмотрим некоторые аппаратные и технологические решения для сварных соединений с применением лазерных установок.

### **Конструкция и виды применяемого оборудования**

Лазерное излучение обеспечивает высокую концентрацию энергии, значительно превосходящую другие источники энергии, используемые для сварки [10, 11]. Лазерная сварка в большинстве случаев не требует вакуумных камер, хотя при мощностях более 5–25 кВт местное вакуумирование позволило бы увеличить глубину лазерной сварки в несколько раз. Кроме того, при лазерной сварке, нет сильного ионизирующего излучения, намагниченность заготовок не влияет на лазерный пучок, что позволяет более точно наводить его на стык при сварке. Воздействие лазерного излучения высоколокально. Лазерная сварка проводится на воздухе, а чаще – в среде защитных газов Ar, He, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и др. Благодаря этому лазерную сварку можно без проблем применять для соединения крупногабаритных металлоконструкций.

Лазерный луч с помощью зеркальных оптических систем или по световоду легко транспортируется и направляется в труднодоступные места. При этом обеспечивается надежное и оперативное управление процессом лазерной сварки с регулируемыми энергетическими характеристиками. Благодаря широкому диапазону режимов ЛС реализуется высокопроизводительный процесс соединения различных металлов толщиной от нескольких микрон до десяти и более миллиметров.

### **1. Использование гальвано-сканирующего устройства**

Для рассматриваемых в работе конструкций может быть использована гальвано-сканирующая головка для промышленного лазера (т. е., для волоконного, дискового, диодного или CO<sub>2</sub> лазера) пригодная для работы с оптической мощностью лазерного луча до 1000-2000 Вт. [10, 11] Такие промышленные гальвано-сканирующие головки производятся германскими предприятиями SCANLAB GmbH, RAYLASE GmbH и MOEWE Optical Solutions GmbH. Среди американских производителей промышленных лазерных гальвано-сканеров и их контроллеров лидирующие позиции занимает компания Aerotech Inc.. В последние годы выпуск гальвано-сканирующих

головок для промышленной лазерной обработки материалов налажен также в КНР (например, Sino Galvo Scanner и пр.).

Выходной луч гальвано-сканера распространяется «по воздуху» и фокусируется на поверхности, в том числе под поверхностью или над поверхностью, стыка свариваемых деталей. Рабочее расстояние (длина оптического пути лазерного луча) от выходной линзы гальвано-сканера до поверхности свариваемой детали может составлять от 200 до 1000 мм. В случае детали на Рис.2 сварка может проводиться через отверстие под углом  $45^\circ - 50^\circ$ , что является единственным решением в соединении такой сложной конфигурации.

В рассматриваемом гальвано-сканере внутреннее пространство полый стальной детали может быть заполнено инертным газом (sealing gas) для предотвращения окисления сварочного шва. Для лазерной сварки нержавеющей стали обычно используется Аргон.

#### *Гибкость программирования сложных контуров движения фокусного пятна*

Программное обеспечение гальвано-сканера обеспечивает гибкое перемещение лазерного пятна вдоль стыка свариваемых деталей. В ряде случаев для обеспечения высокого качества и высокой однородности сварного шва при лазерной сварке используют мелко-зигзагообразное или мелко-волнистое движение лазерного пятна при его поступательном перемещении вдоль стыка свариваемых деталей (при этом, ширина сварного шва будет определяться амплитудой мелко-волнистого или мелко-зигзагообразного движения фокусного пятна). Кроме этого, может использоваться также движение лазерного фокусного пятна по сложному контуру в виде перекрывающихся окружностей очень малого радиуса (радиус окружности должен быть немного больше радиуса фокусного пятна; ширина сварного шва при этом будет определяться радиусом этих перекрывающихся окружностей).

#### **1.1. Гальвано-сканер на 5-осевом роботе-манипуляторе**

Наиболее универсальной системой для сварки данной детали по внутреннему сварному стыку (Рис.1, 2) может быть система, основанная на использовании гальвано-сканирующего устройства, закрепленного на 5-осевом роботе-манипуляторе. При лазерной сварке робот-манипулятор поворачивает гальвано-сканирующее устройство («гальвано-сканер») в пространстве относительно неподвижной свариваемой детали так, чтобы в области прямой видимости гальвано-сканера всегда находилась та дуга (часть) стыка дна и стенок полый детали, которую в данный момент должен сваривать луч, направляемый подвижным зеркалом гальвано-сканера во внутрь детали. Гальвано-сканирующее устройство на 5-осевом роботе-манипуляторе позволяет задавать различные режимы лазерной сварки и может быть легко адаптирована (перепрограммирована) для автоматизированной сварки любых сложных деталей. В том числе возможна сварка «Laser Wobble Welding» с прохождением луча по зигзаго-образной траектории вдоль стыка деталей, быстрого многократного прохождения луча вдоль линии стыка, сварки «волнистой линией», «перекрывающимися окружностями» и пр.

Высокое качество сварки обеспечивается за счёт полной автоматизации процесса. Для этого на роботе-манипуляторе используется датчик для автоматического

распознавания линии стыка свариваемых деталей. Это позволяет автоматизировать процесс сварки и исключить возможность брака (некачественной сварки) за счёт человеческого фактора (ошибок оператора).

Если устройство распознавания линии стыка свариваемых деталей не применяется, то оператор может самостоятельно запрограммировать роботу-манипулятора для данной конкретной геометрии детали и геометрии сварочного стыка. Тем самым, оператор сообщит роботу-манипулятору по какой пространственной трехмерной траектории робот должен будет перемещать гальвано-сканирующее устройство (или обычный сварочный объектив) относительно неподвижной детали. Такое программирование робота производится с помощью специального щупа, который закрепляется на роботе-манипуляторе. Оператор должен вручную привести манипулятор в движение так, чтобы щуп прошелся по линии стыка свариваемых деталей по всей длине стыка.

### **1.2. Гальвано-сканер на 2-координатной системе движения**

Более простой и менее дорогостоящей системой для сварки данной детали по внутреннему сварному стыку (см. Рис.1) может быть система, основанная на использовании гальвано-сканирующего устройства, закрепленного на 2-х координатной системе движения. Такая 2-х координатная система движения состоит из «Линейной координаты Z» и «Угловой координаты  $\theta$ ».

- «Линейная координата» представляет собой систему движения для вертикального линейного перемещения гальвано-сканирующего устройства по координате Z. Такая система движения может быть основана на использовании «шарико-винтовой пары» или «шестерни и рейки» с соответствующими электронными контроллерами движения и интерфейсами для подключения к системе ЧПУ.
- «Угловая координата» представляет собой поворотное устройство, обеспечивающее поворот гальвано-сканирующего устройства в вертикальной плоскости (в плоскости ZX или ZY).
- Примечание: «Угловая координата» крепится на «линейной координате». Это обеспечивает возможность линейного вертикального перемещения «угловой координаты» по оси Z и возможность фиксации её в требуемой рабочей точке по оси Z. При этом, гальвано-сканирующее устройство крепится непосредственно на «Угловую координату». При такой конфигурации «Линейная координата» будет обеспечено вертикальное линейное перемещение гальвано-сканирующего устройства, соединённого с «угловой координатой», и фиксацию его в требуемой рабочей точке по координате Z. После остановки «Линейной координаты» в рабочей точке оси Z нужно будет обеспечить такой поворот «Угловой координаты» на угол  $\theta$  в вертикальной плоскости (в плоскости ZX или ZY), чтобы наклонить гальвано-сканирующее устройство и совместить оптическую ось его выходной линзы с линией визирования на стык свариваемых частей внутри полый детали.

Преимущество гальвано-сканера на 2-х координатной системе движения: простота и низкая стоимость. При этом, благодаря возможности выбора различных режимов работы гальвано-сканера, такая система позволяет программно задавать различные режимы лазерной сварки со сложной траекторией прохождения вдоль линии стыка свариваемых деталей, включая «зигзаго-образные» или «волнистые» траектории, а также траектории в виде последовательности «перекрывающихся окружностей» и пр.).

Существенным недостатком гальвано-сканера на 2-х координатной системе движения является невозможность полной автоматизации процесса лазерной сварки и исключения брака за счёт ошибок оператора.

## **2. Использование сварочного объектива со свободным выходным лучом**

Для задачи лазерной сварки стальных деталей может быть использован сварочный объектив со свободным выходным лучом, рассчитанный на работу с оптической мощностью лазерного луча на уровне до 1000-2000 Вт. [12,13, 14]

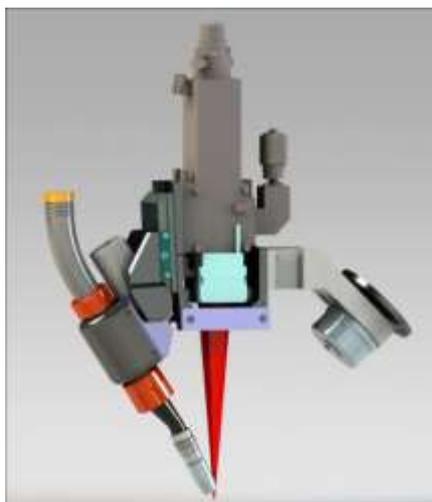


Рис. 3. Пример конфигурации лазерного сварочного объектива со свободным выходным лучом © www.directindustry.com.

Преимущества сварочных объективов (Рис.3) со свободным выходным лучом является то, что: все лазерные сварочные объективы оборудованы:

- системами автоматического распознавания линии стыка свариваемых деталей,
- CCD-камерами для мониторинга и видео-регистрации процесса сварки,
- системами автоматического изменения фокусного расстояния и
- системами автоматического изменения диаметра фокусного пятна.
- ряд моделей сварочных объективов оборудованы оптическими системами управления осциллирующей траекторией движения фокусного пятна вдоль линии стыка свариваемых деталей для обеспечения движения фокусного пятна по траектории в виде «перекрывающихся окружностей», «зигзагов» и пр. (см. Рис. 4).

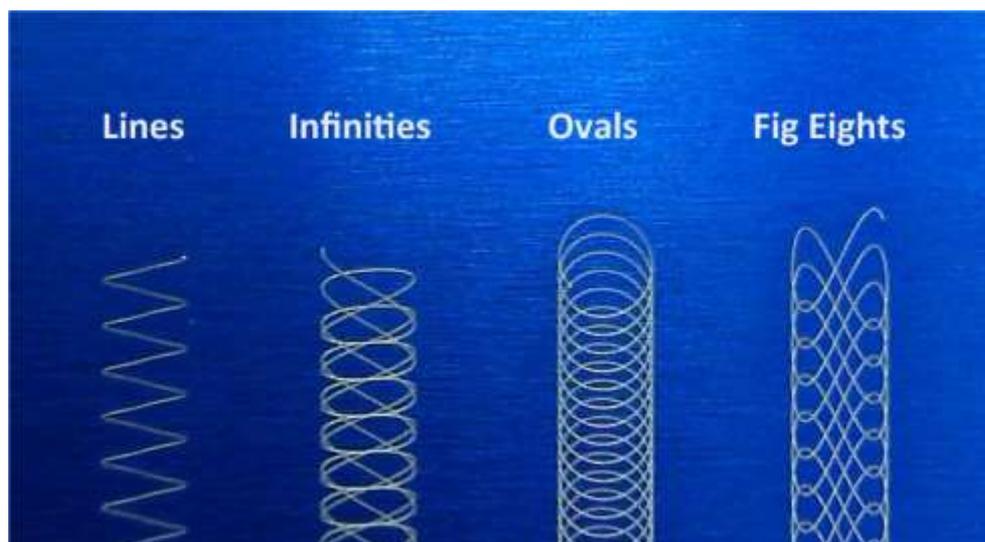


Рис. 4. Примеры траекторий движения фокусного пятна при лазерной сварке с осцилляцией фокусного пятна (англ., Laser Wobble Welding) © Polaris Laser Wobble Technology.

### **2.1. Сварочный объектив на 5-осевом роботе манипуляторе**

Одной из наиболее универсальных систем для лазерной сварки может быть система, основанная на использовании лазерного сварочного объектива со свободным лучом, закрепленного на 5-осевом роботе-манипуляторе. При лазерной сварке робот-манипулятор поворачивает лазерный сварочный объектив в пространстве относительно неподвижной свариваемой детали так, чтобы оптическая ось выходной линзы объектива всегда совпадала с линией визирования на тот сегмент дуги стыка дна и стенок стальной детали, который в данный момент должен сваривать выходной сфокусированный луч объектива.

Преимуществом робота-манипулятора со сварочным объективом на 5-осевом роботе-манипуляторе является универсальность, возможность программно задавать различные режимы лазерной сварки. Такая система может быть легко адаптирована (перепрограммирована) для автоматизированной сварки любых других сложных деталей. За счёт применения современных лазерных сварочных объективов со свободным лучом обеспечивается возможность сварки с:

- автоматическим распознаванием линии стыка свариваемых деталей,
- визуализацией и видео-регистрацией процесса формирования сварного шва,
- программируемой траекторией осцилляции фокусного пятна,
- автоматическим изменением фокусного расстояния и
- автоматическим изменением диаметра фокусного пятна.

Применение роботизированной системы (лазерного сварочного объектива со свободным лучом на 5-осевом роботе-манипуляторе) позволяет полностью автоматизировать процесс сварки и исключить возможность брака (некачественной сварки) за счёт человеческого фактора (ошибок оператора).

Перед началом работы оператор осуществляет программирование [15] робота-манипулятора для данной конкретной геометрии детали и геометрии сварочного стыка. Тем самым, оператор сообщает роботу-манипулятору по какой пространственной трехмерной траектории и под каким углом робот должен будет

перемещать лазерный сварочный объектив относительно неподвижной детали. Такое программирование робота производится с помощью специального тактильного щупа, который закрепляется на роботе-манипуляторе. Оператор должен вручную привести манипулятор в движение так, чтобы щуп прошелся по линии стыка свариваемых деталей по всей длине стыка. Благодаря этому робот запомнит и сохранит в своей памяти всю трехмерную траекторию движения и каждый раз будет воспроизводить её при сварке каждой новой детали данного типа.

## **2.2. Сварочный объектив на 2-координатной системе движения**

В качестве более простой и менее дорогостоящей системы для сварки детали может быть использована система, основанная на применении лазерного сварочного объектива со свободным лучом, закрепленного на 2-х координатной системе движения.

Конфигурация вышеуказанной 2-х координатной системы движения аналогична случаю 2-х координатной системы движения для гальвано-сканирующего устройства, рассматривали в 1.2

А именно, такая 2-х координатная система движения должна состоять из «Линейной координаты  $Z$ » и «Угловой координаты  $\theta$ ».

- «Линейная координата  $Z$ » должна представлять собой систему движения для
- вертикального линейного перемещения сварочного объектива по координате  $Z$  и может быть основана на использовании «шарико-винтовой пары» или «шестерни и рейки» с соответствующими электронными контроллерами движения и интерфейсами для подключения к системе ЧПУ.
- «Угловая координата  $\theta$ » должна представлять собой поворотное устройство,
- обеспечивающее поворот сварочного объектива в вертикальной плоскости (в
- плоскости  $ZX$  или  $ZY$ ).
- Крепление объектива и координат:

(а) Крепление угловой координаты: для обеспечения возможности линейного вертикального перемещения поворотного устройства «Угловой координаты  $\theta$ » и для обеспечения возможности его фиксации в требуемой рабочей точке оси  $Z$  необходимо закрепить поворотное устройство «Угловой координаты  $\theta$ » на механическом интерфейсе (крепёжной плите) «Линейной координаты  $Z$ »;

(б) Крепление объектива: для обеспечения возможности углового визирования лазерного сварочного объектива по углу места  $\theta$  на линию стыка свариваемых деталей с высоты фиксированной координаты  $Z$  необходимо закрепить объектив непосредственно на механическом интерфейсе (крепёжной плите) поворотного устройства «Угловой координаты  $\theta$ ». При такой конфигурации крепления объектива и координат (см выше пункты (а) и (б)) «Линейная координата  $Z$ » будет обеспечивать вертикальное линейное перемещение сварочного объектива, соединённого с «Угловой координатой  $\theta$ », и фиксацию его в требуемой рабочей точке по оси  $Z$ . После остановки «Линейной координаты  $Z$ » в рабочей точке оси  $Z$  нужно будет обеспечить такой поворот «Угловой координаты  $\theta$ » на «угол места»  $\theta$  в вертикальной плоскости (в плоскости  $ZX$  или  $ZY$ ), чтобы наклонить сварочный объектив и совместить оптическую ось его выходной

линзы с линией визирования на стык свариваемых частей внутри полой детали.

Преимущества системы «объектив на 2-х координатной системе движения»:

данная система является простой и недорогостоящей. При этом, благодаря возможности использования встроенных функций сварочного объектива такая система позволит программно задавать различные режимы лазерной сварки и обеспечить высокое качество сварки с опциями:

- автоматического распознавания линии стыка свариваемых деталей,
- визуализации и видео-регистрации процесса формирования сварного шва,
- программирования траектории осцилляции фокусного пятна (Laser Beam Wobbling),
- автоматического изменения фокусного расстояния,
- автоматического изменения диаметра фокусного пятна.

Недостатки системы «объектив на 2-х координатной системе движения»:

Данная система не позволяет полностью автоматизировать процесс лазерной сварки и исключить брак за счёт ошибок оператора. Данная система также не является универсальной и не может быть адаптирована к задачам лазерной сварки металлических деталей со сложной геометрией.

### **3. Использование дефлектора луча**

В случае если *глубина* полой части детали, изображённой на Рис.1, 2, превышает *внутренний диаметр* полой части детали и линия стыка свариваемых частей детали не находится в зоне прямой видимости оптики сварочного объектива, то сварочный объектив потребует оборудовать дефлектором луча отражательного типа с водяным охлаждением и защитным стеклом, предотвращающим попадание пыли на отражающую поверхность дефлектора.

Для конструирования такого дефлектора может быть использована коммерческая программа Zemax Optic Studio.

Дефлектор может быть изготовлен из цельной медной заготовки с прорезанными в её толще внутренними каналами для принудительного водяного охлаждения.

Отражающая поверхность дефлектора может быть позолочена. Уровень локальных шероховатостей (расстояние «от пика к впадине») позолоченной отражающей поверхности дефлектора должен быть менее 0.25 рабочей длины волны лазерного излучения.

Дефлекторную часть лазерного объектива необходимо оборудовать защитным стеклом для предотвращения попадания пыли на отражающую поверхность дефлектора.

При необходимости, профилю отражающей поверхности дефлектора можно придать форму параболического зеркала. В этом случае дефлектор нужно будет облучать коллимированным лучом (выходным лучом коллиматора сварочного объектива). Фокусное расстояние и офсетность параболического зеркала следует выбирать с учётом расстояния от вершины параболы до места стыка свариваемых частей полой детали в рабочем положении дефлектора (в положении, когда дефлекторная часть сварного объектива будет находиться в рабочем положении внутри полой части стальной детали).

### **Выводы**

1. Современные лазерные системы сварки с успехом могут быть применены для закрепления труб в стальных аппаратах.

2. Существующие сварочные лазерные системы позволяют выполнить сварку с глубоким проплавлением в труднодоступных местах.
3. Лазерные технологии позволяют автоматизировать процесс сварки, повысить качество сварного шва благодаря снижению содержания в сварном шве продуктов окисления металла, уменьшению зоны термического влияния, снизить энергопотребление сварочного процесса.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 19-19-00332-П «Разработка научно-обоснованных подходов и аппаратно-программных средств мониторинга поврежденности конструкционных материалов на основе подходов искусственного интеллекта для обеспечения безопасной эксплуатации технических объектов в Арктических условиях»*

#### Список литературы

1. Хряпченков А.С. Судовые вспомогательные и утилизационные котлы: Уч. Пособие. – 2-е изд. Перераб. и лоп. – Л.: Судостроение, 1988. 296 с.
2. Усов С.В., Шиганов И.Н., Жданов А.В., Точилин И.П., Митрофанов А.Н. Металлофизические исследования поверхностей при лазерной сварке и лазерной резке / Сварочное производство. 2022. № 10. С. 43-50.
3. Васильев А.А., Горский А.И., Орешкин А.А., Осинников А.А., Пономаренко Д.В., Шиганов И.Н. Применение азота в качестве защитного газа при лазерной сварке нержавеющей стали / Сварочное производство. 2022. № 1. С. 22-27.
4. Магдин А.Г., Дюсегалиев Р.М., Припадчев А.Д., Горбунов А.А. Гибридизация лазерной сварки / Транспортное машиностроение. 2022. № 10 (10). С. 12-18.
5. Поливанов А.Ю., Иванов Ю.В., Холин Д.В. Калибровка видеосенсора системы технического зрения промышленного робота для лазерной сварки / Вестник МГТУ "Станкин". 2019. № 2 (49). С. 119-126.
6. Саубанов Р.Р., Звездин В.В., Хисамутдинов Р.М., Портнов С.М. Управление процессом лазерной сварки / Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2020. № 2 (85). С. 47-56.
7. Рахимов Р.Р., Звездин В.В. Прецизионное наведение фокуса лазерного излучения на стык при сварке длинномерных конструкций / Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2021. № 1 (87). С. 74-82.
8. Новиков В.Г. Анализ и расчет параметров процесса лазерной сварки металлических листов с учетом их физико-технических особенностей / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 10. С. 520-522.
9. [www.youtube.com/](http://www.youtube.com/) Обзор лазерных технологических головок для реализации сварки.
10. [www.raylase.de](http://www.raylase.de) Гальвано-сканирующие головки.
11. [www.moewe-optics.com](http://www.moewe-optics.com) Сканирующие головки.
12. [www.scansonic.de](http://www.scansonic.de) Интеллектуальная лазерная обработка.
13. [www.precitec.com](http://www.precitec.com) Объективы промышленной лазерной сварки.
14. [www.ipgphotonics.com](http://www.ipgphotonics.com) Объективы с программируемой траекторией осцилляций.
15. ([www.ipgphotonics.com](http://www.ipgphotonics.com)) Лазерные установки программируемой траекторией.

#### References

1. Khryapchenkov A.S. Ship auxiliary and utilization boilers: Textbook. – 2nd ed. Pererab. and lop. – L.: Shipbuilding, 1988. 296 p.
2. Usov S.V., Shiganov I.N., Zhdanov A.V., Tochilin I.P., Mitrofanov A.N. Metallophysical studies of surfaces in laser welding and laser cutting / Welding production. 2022. No. 10. pp. 43-50.
3. Vasiliev A.A., Gorsky A.I., Oreshkin A.A., Osinnikov A.A., Ponomarenko D.V., Shiganov I.N. Application of nitrogen as a protective gas in laser welding of stainless steel / Welding production. 2022. No. 1. pp. 22-27.

4. Magdin A.G., Dyusegaliev R.M., Pripadchev A.D., Gorbunov A.A. Hybridization of laser welding / Transport engineering. 2022. No. 10 (10). pp. 12-18.
5. Polivanov A.Yu., Ivanov Yu.V., Kholin D.V. Calibration of the video sensor of the vision system of an industrial robot for laser welding / Bulletin of MSTU "Stankin". 2019. No. 2 (49). pp. 119-126.
6. Saubanov R.R., Zvezdin V.V., Hisamutdinov R.M., Portnov S.M. Laser welding process control / Socio-economic and technical systems: research, design, optimization. 2020. No. 2 (85). pp. 47-56.
7. Rakhimov R.R., Zvezdin V.V. Precision focusing of laser radiation on the joint during welding of long structures / Socio-economic and technical systems: research, design, optimization. 2021. No. 1 (87). pp. 74-82.
8. Novikov V.G. Analysis and calculation of the parameters of the laser welding process of metal sheets taking into account their physical and technical features / Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2022. No. 10. pp. 520-522.
9. [www.raylase.de](http://www.raylase.de) Galvano-scanning heads.
10. [www.moewe-optics.com](http://www.moewe-optics.com) Scanning heads.
11. [www.scansonic.de](http://www.scansonic.de) Intelligent laser processing.
12. [www.precitec.com](http://www.precitec.com) Industrial laser welding lenses.
13. [www.ipgphotonics.com](http://www.ipgphotonics.com) Lenses with programmable oscillation trajectory.
14. ([www.ipgphotonics.com](http://www.ipgphotonics.com)) Laser installations with a programmable trajectory.
15. [www.youtube.com/watch?v=FMa7JK0jD2c](http://www.youtube.com/watch?v=FMa7JK0jD2c) Overview of laser process heads for welding implementation.

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

**Гринев Евгений Владимирович**, И.О. главного сварщика ООО «Гидротермаль» 603163, Нижний Новгород, ул. Набережная Гребного Канала, 6, e-mail: [kaf\\_eseu@vsuwt.ru](mailto:kaf_eseu@vsuwt.ru)

**Evgeniy V. Grinev**, Acting Chief welder of LLC "Hydrothermal" Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: [kaf\\_eseu@vsuwt.ru](mailto:kaf_eseu@vsuwt.ru)

**Валулин Сергей Николаевич**, к.т.н., технический директор ООО «Гидротермаль» 603163, Нижний Новгород, ул. Набережная Гребного Канала, 6, e-mail: [ov\\_i@inbox.ru](mailto:ov_i@inbox.ru)

**Sergey N. Valiulin** Candidate of Technical Sciences, Technical Director of LLC "Hydrothermal" Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: [ov\\_i@inbox.ru](mailto:ov_i@inbox.ru)

**Хлыбов Александр Анатольевич**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, e-mail: [hlybov\\_52@mail.ru](mailto:hlybov_52@mail.ru)

**Alexander A. Khlybov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Materials Science, Materials Technology and Heat Treatment of Metals, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseeva, 603950

**Матвеев Юрий Иванович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатации судовых энергетических установок», Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [matveeveseu@mail.ru](mailto:matveeveseu@mail.ru)

**Yuri I. Matveev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Operation of Ship Power Plants, Volga State University of Water Transport, 603951

ВвеСтатья поступила в редакцию 16.10.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 16.10.2023; published online 20.12.2023.

УДК 629.1

DOI: 10.37890/jwt.vi77.417

## **Повышение энергоэффективности рыбопромыслового судна за счет оценивания параметров движения буксируемого объекта**

**А.В. Ивановская<sup>1</sup>**

ORCID: 0000-0002-3548-9083

**В.А. Жуков<sup>2</sup>**

ORCID: 0000-0002-4045-4504

**А.Н. Ивановский<sup>1</sup>**

ORCID: 0000-0002-5012-1439

<sup>1</sup>*Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация.** Оптимальный режим буксировки орудия лова оказывает непосредственное влияние на энергоэффективность рыбопромыслового судна. Для построения совмещенных тяговых характеристик судна и траловых систем необходимы данные о номинальных моментах на барабане лебедки и двигателя, а также тяговое усилие в ваере. Оценивание параметров движения буксируемого объекта позволит производить выборку ваеров без перегрузок траловой лебедки и главного двигателя. В работе предложена структурная схема алгоритма оценивания параметров движения траловой системы. Обработка текущих замеров натяжения ваера в режиме реального времени осуществляется методами цифровой обработки сигналов на основе построенного оптимального линейного фильтра, с помощью которого будет получено натяжение на лебедке без учета шумов, возникающих как в результате работы оборудования, так и под воздействием случайной природы самого процесса натяжения ваера и внешних гидрометеорологических факторов. Оценивание и прогнозирование динамических параметров необходимо для разработки автоматизированной системы управления судовой лебедки, независимо от ее назначения. Поэтому результаты, представленные в данной работе, могут использоваться при решении задач автоматизации грузоподъемного оборудования, работающего в условиях нестационарности.

**Ключевые слова:** траловая лебедка, переменность нагружения, алгоритм оценивания параметров движения, оптимальный линейный фильтр.

## **Increasing the energy efficiency of a fishing vessel by estimating the motion parameters of a towed object**

**Aleksandra V. Ivanovskaya<sup>1</sup>**

ORCID: 0000-0002-3548-9083

**Vladimir A. Zhukov<sup>2</sup>**

ORCID: 0000-0002-4045-4504

**Aleksei N. Ivanovskii<sup>1</sup>**

ORCID: 0000-0002-5012-1439

<sup>1</sup>*Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia*

<sup>2</sup>*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russia*

**Abstract.** The optimal mode of towing fishing gear has a direct impact on the energy efficiency of the fishing vessel. To build the combined traction characteristics of the vessel and trawl systems, data are needed on the nominal moments on the winch and engine drum, as well as the traction force in the warp. Estimation of the movement parameters of the towed object will make it possible to haul warps without overloading the trawl winch and the main engine. The paper proposes a block diagram of the algorithm for estimating the motion parameters of a trawl system. Processing of the current measurements of the warp tension in real time is carried out by digital signal processing methods based on the constructed optimal linear filter, which will be used to obtain the tension on the winch without taking into account the noise that occurs both as a result of the operation of the equipment and under the influence of the random nature of the warp tension process itself and external hydrometeorological factors. Estimation and prediction of dynamic parameters is necessary for the development of an automated control system for a ship's winch, regardless of its purpose. Therefore, the results presented in this paper can be used in solving problems of automation of lifting equipment operating in non-stationary conditions.

**Keywords:** trawl winch, load variability, algorithm for estimating motion parameters, optimal linear filter

### **Введение**

При ведении промысла гидробионтов задачей главных и вспомогательных двигателей рыбопромыслового судна является обеспечение безостановочного движения судна и бесперебойной работы лебедок и другого вспомогательного промыслового оборудования. Безостановочное движение судна необходимо при буксировке трала, обеспечивая при этом успешность промысла. Грузоподъемное оборудование таких судов является одним из главных потребителей энергии, вырабатываемой судовыми вспомогательными дизелями. Проводимый анализ работы главных и вспомогательных двигателей свидетельствует об их высокой нагрузке во время промысла, и, следовательно, значительном уровне вредных выбросов с отработавшими газами. Кроме того, на энергоэффективность рыбопромыслового судна большое влияние оказывают и параметры буксируемого объекта – трала. Такие параметры являются нестационарными, изменяющимися во времени. Отсюда, их оценивание с целью автоматизации процесса добычи гидробионтов является актуальной задачей, вызванной запросом практики. Т.е. основными направлениями в повышении энергоэффективности рыбопромыслового судна является снижение расхода топлива главным и вспомогательными двигателями за счет выбора оптимального режима работы, а также оценивание, прогнозирование и управление движением буксируемого объекта [1-4].

**Целью** работы является исследование методов оценки параметров движения буксируемого объекта рыбопромыслового судна на примере тралового лова.

### **Материалы и методы**

Управление движения буксируемого объекта, а при траловом лове это трал осуществляется траловой лебедкой, которую при исследовании целесообразно рассматривать как динамическую систему, совершающую движения во времени  $t$  [5-6].

На рисунке 1 представлена блок-схема общей модели лебедки. Система, обозначаемая  $\Sigma$ , характеризуется набором переменных состояния  $x(t)$ . Входные переменные  $u(t)$  представляют собой управляемое или неуправляемое воздействие среды системы на систему, такие как: положение буксируемого объекта  $R(t)$ , натяжение ваера  $T(t)$  и масса буксируемого объекта  $M(t)$ . Выходные переменные  $y(t)$

представляют наблюдаемые или измеряемые параметры системы, на которые и оказывается управляющее воздействие.

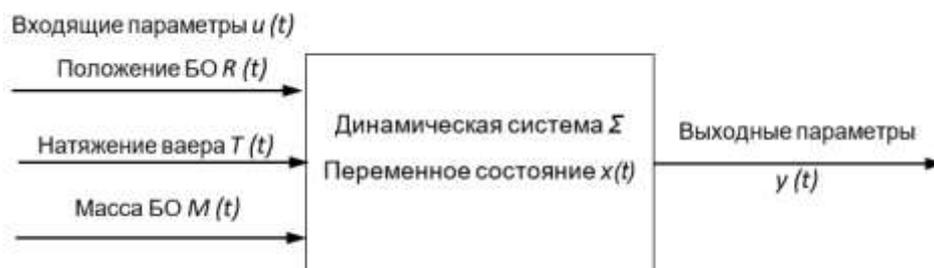


Рис. 1. Общая динамическая модель управления лебедки

Процесс управления такой динамической системы следует проводить по следующим направлениям:

- на основе входных данных  $u(t)$  и текущего состояния  $x(t)$ , а также модели системы  $\Sigma$ , проводится анализ возможного поведения системы  $y(t)$ , именуемый «симуляцией» или «прогнозированием»;
- проводится оценка состояния с учетом системы с временными параметрами  $u(t)$  и  $y(t)$ , путем поиска  $x$ , который непротиворечив с  $\Sigma$ ;  $u$ ;  $y$ , представляя собой процесс «мониторинга»;
- осуществляется планирование или проектирование системы такое, что  $u(t)$ , действующее  $\Sigma$  будет обеспечивать необходимые параметры  $y(t)$ , для заданного состояния  $u(t)$ , т.е. позволяя создавать различные физические прототипы для синтеза предпочтительной системы;
- осуществляется идентификация системы, при которой заданные временные характеристики  $u(t)$  и  $y(t)$ , обычно получаемые из экспериментальных данных, определяют модель и значения ее параметров, которые согласуются с множеством наборов данных  $u$  и  $y$ ;
- проводится контрольный синтез путем поиска состояния исходного состояния  $u(t)$ , обеспечивающего состояние  $y(t)$  с текущим состоянием  $x(t)$ .

Рассмотрим входящие параметры исследуемой динамической модели управления. С помощью современных датчиков возможно определение следующих величин: натяжение ваера  $T(t)$ , масса буксируемого объекта  $M(t)$  и положение буксируемого объекта  $R(t)$ . И, если, натяжение ваера возможно получить прямым измерением с помощью различных силоизмерительных комплексов, то вот положение и масса буксируемого объекта является комплексной характеристикой [7-8]. Для измерения составляющих их параметров в настоящее время разработаны различные системы контроля. Одной из них является беспроводная система контроля параметров траловой системы Trawlmaster.

Так, масса буксируемого объекта представляет собой массу трала, которая известна для каждого трала, и массу улова, определяемую датчиком улова, который позволяет контролировать процесс наполнения трала рыбой.

В состав комплексного понятия «положение буксируемого объекта» входят:

- длина ваера, также показывая необходимость корректировки длин ваеров при разных углах для исключения перекоса трала под воздействием подводных течений;

- глубина хода траловых досок определяем расстояние трала до поверхности воды, позволяя регулировать положение трала относительно объектов лова;
- расстояние от верхней подборы трала до грунта осуществляется цифровым эхолотом, обеспечивая возможность поднятия и опускания верхней подборы в зависимости от целей лова и его условий, и, в случае значительного отрыва трала от грунта свидетельствует о слишком высокой скорости траления;
- горизонтальное раскрытие трала, определяемое по расстоянию между траловыми досками, позволяет значительно сэкономить топлива за счет выбора скорости траления, информирует о перекосе ваеров, опрокидывании или застревании траловых досок, попадании в трал камней или иного мусора, что существенно влияет на гидродинамическое сопротивление со стороны трала на судно;
- угол крена траловой доски показывает угол крена и угол дифферента, контроль оптимального раскрытия которого гарантирует экономию топлива при тралении, указывая излишнюю выборку ваера, если началось опрокидывание доски и касание траловых досок дна.

### Результаты исследования

Рассмотрим алгоритм оценивания параметров движения трала. Так, в процессе движения буксируемого объекта (трала) в дискретные моменты времени  $t_i$  с временным темпом  $dt$  измерительный комплекс (ИК), в состав которого входят различные датчики, измеряет положение объекта по следующим критериям:

$L^*$  – длина ваера;

$A^*$  – глубина хода траловых досок (расстояние от трала до поверхности воды);

$B^*$  – расстояние верхней подборы трала до грунта;

$C^*$  – горизонтальное раскрытие трала;

$D^*$  – угол крена траловой доски (угол крена – угол дифферента).

Система координат трала (СКТ) имеет начало координат в точке стояния системы координат лебедки (СКЛ).

Тогда модель измерений определяется в виде зависимостей

$$\begin{aligned}
 L^*(t_i) &= L(t_i) + \tau_r \xi_L(t_i), \\
 A^*(t_i) &= A(t_i) + \tau_r \xi_A(t_i), \\
 B^*(t_i) &= B(t_i) + \tau_r \xi_B(t_i), \\
 C^*(t_i) &= C(t_i) + \tau_r \xi_C(t_i), \\
 D^*(t_i) &= D(t_i) + \tau_e \xi_D(t_i),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $L(t_i)$ ,  $A(t_i)$ ,  $B(t_i)$ ,  $C(t_i)$  и  $D(t_i)$  – истинные координаты трала в момент времени измерения положения объекта;  $\xi_L(t_i)$ ,  $\xi_A(t_i)$ ,  $\xi_B(t_i)$ ,  $\xi_C(t_i)$  и  $\xi_D(t_i)$  – дискретные, взаимно некоррелированные стандартные белые шумы ошибок измерений;  $\tau_r$  и  $\tau_e$  – среднеквадратические значения ошибок измерений [9].

Задачу синтеза алгоритма оценивания параметров движения трала следует решать при следующих условиях:

- по измерениям, получаемых с датчиков, оцениваются параметры движения трала в СКТ;
- алгоритм оценивания состоит из независимых алгоритмов оценивания параметров движения по расстоянию и угловому положению;

- оценки параметров движения трала и их дисперсионных матриц ошибок определяются в СКТ;
- прогнозирование параметров движения на один временной такт осуществляется в СКЛ;
- оценки спрогнозированных параметров движения объекта в СКТ определяются путем перерасчета их СКЛ в СКТ.

На рисунке 2 представлена структурная схема алгоритма.

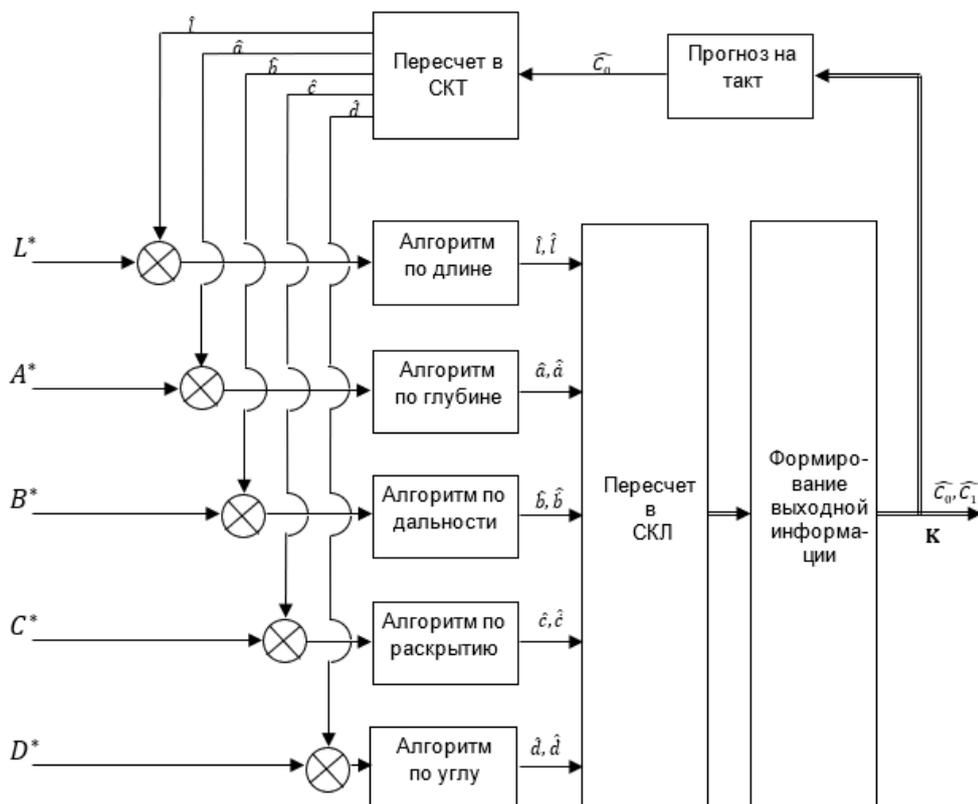


Рис. 2. Структурная схема алгоритма

Для реализации и анализа точности синтезированного алгоритма оценивания параметров движения трала необходимо разработать статистическую модель.

Для получения оценки величины силы натяжения, получаемой с датчиков, предлагается обработка информации на основе синтезированного оптимального фильтра [10].

Пусть  $T(t_i)$  – значение натяжения в текущий момент времени;  $T^*(t_i)$  – замер;  $\xi(t_i)$  – суммарное отклонение(шум), которое представляет собой различного рода возмущения, возникающие под действием гидрометеорологических факторов. С учетом принятых обозначений, искомую величину натяжения представим в виде

$$T(t_i) = T^*(t_i) - \xi(t_i). \tag{2}$$

Тогда синтезированный линейный фильтр будет иметь вид

$$\hat{T}(t_i + 1) = \hat{T}(t_i) + P(t_i) (Y^*(t_i) - \hat{T}(t_i)), \tag{3}$$

где  $\hat{T}(t_i)$ ,  $\hat{T}(t_i + 1)$  – оценка значения натяжения в текущий и следующий момент времени;  $Y^*(t_i) - \hat{T}(t_i) = \tau$  – невязка;  $Y^*(t_i)$  – наблюдаемый случайный процесс;  $Y^*(t_i) - \hat{T}(t_i) = \tau$  – невязка;  $P(t_i)$  – вес невязки.

$$P(t_i + 1) = \frac{K(t_i)}{K(t_i) + \tau^2} \quad (4)$$

$$K(t_i + 1) = K(t_i) - P(t_i + 1)K(t_i), \quad (5)$$

где  $K(t_i)$  – дисперсионная матрица ошибки. На рисунке 3 представлен пример обработки замеров с датчиков натяжения линейным фильтром.



Рис. 3. Обработка замеров с датчиков натяжения троса

Видно, что применение линейного фильтра позволяет значительно снизить влияние шумов на результаты измерений, позволяя построить более эффективную модель управления лебедкой.

### Заключение

Предлагаемая концепция построения автоматизированной системы управления судовой лебедкой на основе оценивания и прогнозирования его параметров позволит оптимизировать процесс буксировки орудия лова, уменьшить экономические потери и повысить энергоэффективность судна. Полученные результаты могут быть предложены для использования при решении задач автоматизации подобного рода грузоподъемного оборудования, работающего в условиях нестационарности.

### Список литературы

1. Карпенко В. П. Механизация и автоматизация процессов промышленного рыболовства: учебное пособие / В.П. Карпенко, С.С. Торбан. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.
2. Те А. М. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств / А. М. Те. — Л., 2014. — 86 с.
3. Башуров Б. П. Функциональная надежность и контроль технического состояния судовых вспомогательных механизмов: учебное пособие / Б. П. Башуров, А.Н. Скиба, В.С. Чебанов. – Новороссийск: МГА имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2009. – 192 с.

4. Антипов В. В. Математическое обеспечение и аппаратная реализация задач управления комплексом «рыбопромысловое судно–орудия лова» / В. В. Антипов, В. Ю. Бобрович, В. К. Болховитинов, А. А. Болисов // Морской вестник. — 2011. — № 4 (40). — С. 45–49.
5. Нино В. П. Диагностика технических средств на рыбопромысловых судах в процессе их эксплуатации / В. П. Нино // Рыбное хозяйство. — 2014. — № 4. — С. 113–115.
6. Ханычев В. В. Информационно-аналитическое обеспечение процессов импортозамещения и локализации судового комплектующего оборудования / В. В. Ханычев, Д. О. Стоянов, Ш. Г. Петросян // Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. — 2019. — № 2 (19). — С. 10–15.
7. Ivanovskaya A. Basic principles of mathematical modeling of operating modes of deck equipment for fish-ing vessels / A. Ivanovskaya, V. Zhukov // Transportation Research Procedia, Volume 54, 2021, Pp 104-110. DOI:10.1016/j.trpro.2021.02.053.
8. Ивановская, А. В. Принципы моделирования привода судового грузоподъемного оборудования / А. В. Ивановская // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 1. – С. 65-72. – DOI 10.26296/2619-0605.2023.1.1.005.
9. Виноградов В. Н. Корреляционная теория фильтрации и управления многомерными случайными процессами: Линейная корреляционная теория фильтрации и управления / В.Н. Виноградов. – М.: КРАСАНД, 2012. – 320 С.
10. Черный, С. Г. Применение теории линейной фильтрации для обработки данных (на примере определения осадки морского судна) / С. Г. Черный, А. Н. Ивановский // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2021. – № 11. – С. 23-26. – DOI 10.36535/0548-0027-2021-11-3.

#### References

1. Karpenko, V.P., Torban, S.S. Mechanization and automation of industrial fishery processes. M.: Ag-ropromizdat, 1990.
2. Те, А. М. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств. Л., 2014.
3. Bashurov, B. P., A. N. Skiba, and V.S. Chebanov. Funktsional'naya nadezhnost' i kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya sudovykh vspomogatel'nykh mekhanizmov: uchebnoe posobie. Novorossiisk: MGA imeni ad-mirala F. F. Ushakova, 2009.
4. Antipov, V. V., V. Yu. Bobrovich, V.K. Bolkhovitinov, and A. A. Bolisov. “Matematicheskoe obespechenie i apparatnaya realizatsiya zadach upravleniya kompleksom «rybopromyslovoe sudno–orudiya lova».” Morskoi vestnik 4(40) (2011): 45–49.
5. Nino, V.P. “Diagnostics of fishery vessels’ technical facilities during exploitation.” Rybnoe khozyaistvo 4 (2014): 113–115.
6. Khanychev, V. V., D. O. Stoyanov, and Sh.G. Petrosyan. “Informatsionno-analiticheskoe obespechenie protsessov importozameshcheniya i lokalizatsii sudovogo komplektuyushchego oborudovaniya.” Problemy razvitiya korabel'nogo vooruzheniya i sudovogo radioelektronnogo oborudovaniya 2(19) (2019): 10–15.
7. Ivanovskaya, A., Zhukov, V. “Basic principles of mathematical modeling of operating modes of deck equipment for fishing vessels” Transportation Research Procedia, 54 (2021): 104-110. DOI:10.1016/j.trpro.2021.02.053.
8. Ivanovskaya, A. V. “Principles of modeling the drive of ship lifting equipment” Bulletin of the Kerch State Marine Technological University 1 (2023): 65-72.
9. Vinogradov V. N., Correlation Theory of Filtration and Control of Multidimensional Random Processes: Linear Correlation Theory of Filtration and Control / V.N. Vinogradov. – М.: КРАСАНД, 2012. – 320 p.
10. Cherny, S. G. Application of the theory of linear filtration for data processing (on the example of determining the draft of a sea vessel) / S. G. Cherny, A. N. Ivanovsky // Scientific and technical information. Series 2: Information Processes and Systems. - 2021. - No. 11. - p. 23-26. – DOI 10.36535/0548-0027-2021-11-3.

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

**Ивановская Александра Витальевна** – к.т.н., доцент, доцент кафедры судовых энергетических установок «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»), 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, invkerch@yandex.ru

**Жуков Владимир Анатольевич** – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой судостроения и энергетических установок Института водного транспорта ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», zhukov\_vla@mail.ru

**Ивановский Алексей Николаевич** – ассистент кафедры судовождения и промышленного рыболовства «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»), 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, aleksei.ivanovskii@yandex.ru

**Aleksandra V. Ivanovskaya** — PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Department of of marine power plants, Kerch State Maritime Technological University, 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation, e-mail: invkerch@yandex.ru

**Vladimir A. Zhukov** - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Russia, Saint-Petersburg, Dvinskaya st., 5/7, va\_zhukov@rambler.ru

**Aleksei N. Ivanovskii**, professor assistant of Department of Navigation and Industrial Fishing, Kerch State Maritime Technological University, 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation, e-mail: aleksei.ivanovskii@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 10.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 10.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 621.4

DOI: 10.37890/jwt.vi77.450

## **Энергосберегающая установка речного судна**

**В.Н. Тимофеев**

**И.Р. Салахов**

**Л.М. Кутепова**

*ORCID: 0000-0001-6600-5777*

**Н.В. Гречко**

*Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза*

*М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, г. Казань, Россия.*

**Аннотация.** Настоящая статья относится к дизелестроению и может быть использована проектными организациями и судами речного флота, находящимися в эксплуатации. В устройстве энергосберегающей установки речного судна используется тепловой насос с высокотемпературным двухступенчатым компрессором и органический цикл Ренкина (ОЦР). В двухступенчатом компрессоре температура низкокипящего вещества достигает 100°C. Далее этот пар конденсируется в конденсаторе ОЦР, при этом теплоноситель нагревается до 95-98°C и через трехходовой кран происходит распределение полученного теплоносителя: часть потока теплоносителя поступает на объект отопления, другая часть теплоносителя через трехходовой кран поступает в испаритель ОЦР, где происходит теплообмен с низкокипящим веществом. Затем полученный пар с высоким давлением поступает в турбину. При этом паровая турбина приводится в действие с генератором и происходит выработка электрической энергии. Предложенная энергосберегающая установка может быть использована речными судами во время выполнения грузовых операций и вынужденных остановок, во время которых энергетическая установка: главный судовой дизель, дизель-генератор и вспомогательная котельная установка находятся в нерабочем состоянии, что приводит к существенной топливной экономичности судовой энергетической установки.

**Ключевые слова:** судовая энергетическая установка, энергосберегающая установка, речной транспорт, органический цикл Ренкина.

## **Energy-saving installation of a river vessel**

**Vitaly N. Timofeev**

**Ilyas R. Salakhov**

**Liudmila M. Kutepova**

*ORCID: 0000-0001-6600-5777*

**Nikolay V. Grechko**

*Institute of Sea and River Fleet named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the Volga State University of Water Transport, Kazan, Russia*

**Abstract.** This article relates to diesel engineering and can be used by design organizations and river fleet vessels in operation. The device of the energy-saving installation of a river vessel uses a heat pump with a high-temperature two-stage compressor and an Organic Rankine Cycle (ORC). In a two-stage compressor, the temperature of the low-boiling substance reaches 100°C. Further, this steam is condensed in the ORC condenser, while the coolant is heated to 95-98°C and the resulting coolant is distributed through a three-way valve: part of the coolant flow enters the heating object, the other part of the coolant enters the ORC evaporator through a three-way valve, where heat exchange with a low-boiling

substance takes place. The resulting high-pressure steam then enters the turbine. In this case, the steam turbine is driven with a generator and electrical energy is generated. The proposed energy-saving installation can be used by river vessels during cargo operations and forced stops, during which the power plant: the main marine diesel engine, diesel generator and auxiliary boiler plant are inoperative, which leads to significant fuel savings of the ship power plant.

**Keywords:** ship power plant, energy-saving plant, river transport, Organic Rankine Cycle.

### **Введение**

В настоящее время на транспортных судах в судовых энергетических установках (СЭУ) успешно применяются двигатели внутреннего сгорания (ДВС). В связи с этим все ведущие дизелестроительные предприятия добились существенного повышения эффективности своих двигателей в результате технических решений. Так, в рабочих системах судовых дизелей успешно внедряются элементы автоматики и микропроцессорной техники [1].

Вместе с тем продолжают разрабатываться энергосберегающие установки, в которых за счет утилизации отработавшей тепловой энергии главного судового ДВС, дизель-генератора и тепловой энергии вспомогательного котла удастся получить необходимые параметры (тепловую электрическую энергию и источник холода) для эксплуатации судна во время стоянок, например, в ожидании погрузочно-разгрузочных работ, что способствует повышению технико-экономических показателей СЭУ речных судов.

В статье приводится устройство, позволяющее на стоянке речного судна выработать электрическую, тепловую энергию и источник холода модернизацией судовой энергетической установки.

### **Методы**

Предлагаемая статья относится к двигателестроению и может быть использована проектными организациями и судами речного флота, находящимися в эксплуатации.

Постоянный рост цен на энергоресурсы способствует поиску более современных и экономических средств получения тепловой и электрической энергии и источника холода в судовых энергетических установках на стояночных режимах речных судов.

В настоящее время известны высокотемпературные тепловые насосы, описанные в работе И.А. Султангузина и А.А. Потаповой [2]. В статье представлен высокотемпературный двухступенчатый тепловой насос, используемый в судовой энергетической установке, который в условиях эксплуатации в результате потребления 1 кВт электрической энергии позволяет получить 4-5 кВт тепловой энергии.

В тепловом насосе используется двухступенчатый компрессор, который в процессе эксплуатации поддерживает температуру рабочего вещества в пределах 95–100°C. В конструкции теплового насоса тепловая энергия горячей воды используется только для отопления, что является основным недостатком данного устройства.

Известен также органический цикл Ренкина (ОЦР), который позволяет преобразовать тепловую энергию в электрическую при использовании следующих тепловых режимов: 100°C, 90°C, 80°C и 70°C [3-9]. Доказано, что при температуре источника теплоты 80°C КПД может достигать 7,4%.

Для утилизации низкопотенциальной энергии в устройстве будет использован цикл Ренкина. В ОЦР используется органическое низкокипящее вещество, в результате чего может быть использован ОЦР при низкой температуре.

Наиболее близким техническим решением является патент № 176333 «Энергосберегающая установка речного судна» [10].

Предлагаемый патент содержит главный судовый дизель с валогенератором, дизель-генератор, рабочие системы дизеля, пульт управления, главный распределительный щит, потребители электрической энергии, паровую турбину с генератором, тепловой насос. Тепловой насос через испаритель подключен к низкопотенциальному источнику энергии – забортной воде, выход – к паровой турбине с возможностью подключения: через генератор к главному распределительному щитку, а через конденсатор к тепловым потребителям и рабочим системам главного судового дизеля. Охлажденный низкопотенциальный (забортная вода) источник энергии подключен к рабочим системам главного судового дизеля.

Основным недостатком данного патента является то, что в тепловом насосе используется одноступенчатый компрессор, который в процессе его эксплуатации температуру рабочего вещества поддерживает в пределах 65°C. Эта температура является недостаточной для выработки электрической энергии.

Заявляемая статья решает задачу создания устройства для получения энергетических параметров судовой энергетической установки речного судна во время вынужденной его остановки вдали от населенных пунктов, где нет возможности подключиться к береговой сети [11].

Техническим результатом, достигнутым в результате выполненной модернизации, является обеспечение энергетическими параметрами: тепловой и электрической энергией при нерабочей энергетической установке во время вынужденной остановки речного судна.

При этом, устройство, содержащее тепловой насос, дизель-генератор, трехходовой кран, органический цикл Ренкина дополнительно содержит высокотемпературный двухступенчатый компрессор, вход теплоносителя которого через конденсатор подключается к трехходовому крану, выход: через второй патрубок трехходового крана подключается к объекту отопления, через третий патрубок трехходового крана теплоноситель связан с испарителем органического цикла Ренкина. Кроме того, низкокипящее рабочее вещество органического цикла Ренкина подключается к паровой турбине, выход через конденсатор и насос связывается с испарителем органического цикла Ренкина.

На рис. 1 представлена разработанная коллективом Казанского филиала ВГУВТ принципиальная схема энергосберегающего устройства энергетической установки речного судна, которая содержит дизель-генератор 1; двухступенчатый компрессор 2; конденсатор теплового насоса (ТН) 3; испаритель теплового насоса (ТН) 4; испаритель ОЦР 5; турбину 6; генератор 7; конденсатор ОЦР 8; теплообменник 9; потребитель тепловой энергии 10; объект отопления 11; блок управления (БУ) 12; потребитель холода 13; потребитель электрической энергии 14; пульт управления 15; переключатель: 16 – дизель-генератора 1, 17 – двухступенчатого компрессора 2; клинкет 18; электрические насосы 19, 20, 21, 22; трехходовые краны 23, 24; дроссельный вентиль 25; невозвратный клапан 26; запорный клапан 27; каналы низкокипящего вещества ТН 28, 29, 30, 31; каналы низкокипящего вещества ОЦР 32, 33, 34, 35; каналы охлаждающей жидкости 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42; каналы хладоносителя 43, 44, 45; каналы горячей воды и отопления 46, 47, 48; 49, 50, 51, 52; каналы электрической энергии 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62.

В предлагаемом устройстве ОЦР представляет собой замкнутый цикл, который содержит испаритель ОЦР 5, паровую турбину 6, генератор 7, конденсатор ОЦР 8, электрический насос ОЦР 19. Замкнутый контур заправляется низкокипящим веществом (НВ). При выборе НВ необходимо учитывать ряд, предъявляемых к ним требований: дешевизна; хорошие теплофизические свойства; не токсичность; отсутствие экологического воздействия на окружающую среду (озоновый слой,

парниковый эффект); замерзание при достаточно низких отрицательных температурах, что важно для климатических условий северных регионов.

ТН представляет собой замкнутый цикл, содержит испаритель ТН 4, двухступенчатый компрессор 2, конденсатор ТН 3, дроссельный вентиль 25. Замкнутый контур заправляется низкокипящим веществом (НВ). Аналогично, при выборе НВ необходимо учитывать ряд, предъявляемых к ним требований: дешевизна; хорошие теплофизические свойства; не токсичность; отсутствие экологического воздействия на окружающую среду (озоновый слой, парниковый эффект); замерзание при достаточно низких отрицательных температурах, что важно для климатических условий северных регионов.

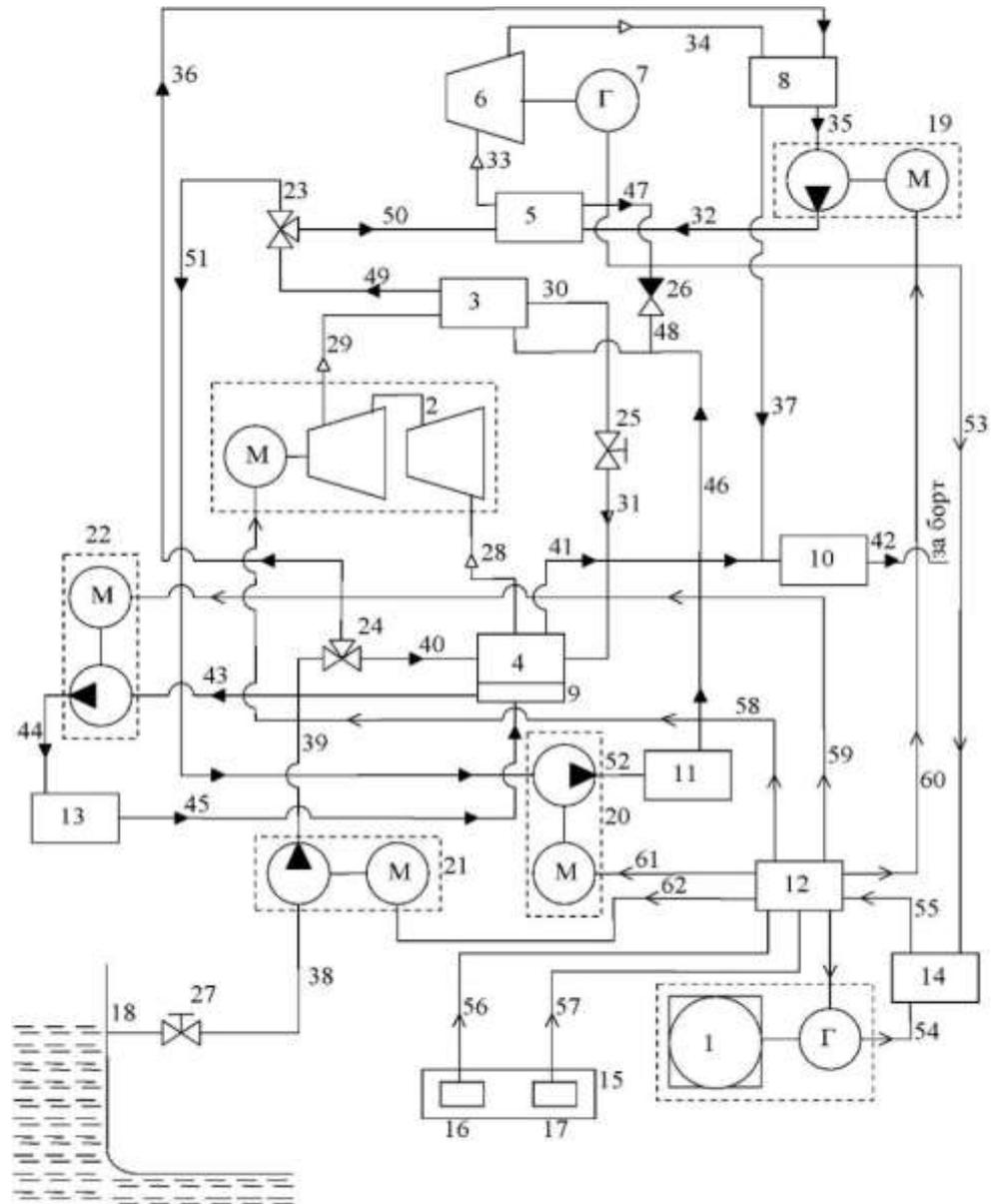


Рис. 1. Принципиальная схема энергосберегающей установки: 1 - дизель-генератор; 2 - двухступенчатый компрессор; 3 - конденсатор теплового насоса (ТН); 4 - испаритель теплового насоса (ТН)

насоса (ТН); 5 - испаритель ОЦР; 6 – турбина; 7 - генератор; 8 - конденсатор ОЦР; 9 – теплообменник; 10 - потребитель тепловой энергии; 11 - объект отопления; 12 - блок управления (БУ); 13 - потребитель холода; 14- потребитель электрической энергии; 15 - пульт управления; переключатель; 16 – дизель-генератора 1, 17 – двухступенчатого компрессора 2; 18 - клинкет; 19, 20, 21, 22 - электрические насосы; 23, 24 - трехходовые краны; 25 - дроссельный вентиль; 26 - невозвратный клапан; 27 - запорный клапан; 28, 29, 30, 31 - каналы низкокипящего вещества ТН; 32, 33, 34, 35 - каналы низкокипящего вещества ОЦР; 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 - каналы охлаждающей жидкости; 43, 44, 45 - каналы хладоносителя; 46, 47, 48; 49, 50, 51; 52 - каналы горячей воды и отопления; 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 - каналы электрической энергии

Таким образом, в предлагаемом устройстве тепловая машина, работающая по циклу Ренкина, применяется для привода теплового насоса, которую можно назвать двойным циклом Ренкина, при этом в обоих контурах можно использовать одинаковое рабочее тело.

Предлагаемое устройство состоит из теплового насоса, основными элементами которого являются двухступенчатый компрессор 2, конденсатор ТН 3, испаритель ТН 4. В ТН происходит теплообмен между низкокипящим веществом, циркулирующим в замкнутом контуре: двухступенчатый компрессор 2, канал 29, конденсатор ТН 3, канал 30, дроссельный вентиль 25, канал 31; и теплоносителем, циркуляция которого тоже происходит в замкнутом контуре: канал 46, конденсатор ТН 3, канал 49, трехходовой кран 23, где теплоноситель распадается на два потока: первый поток – второй патрубок трехходового крана 23, канал 51, насос 20, канал 52, объект отопления 11; второй поток – третий патрубок трехходового крана 23, канал 50, испаритель ОЦР 5, канал 47, невозвратный клапан 26, канал 48, канал 46, где второй поток смешивается с первым потоком и полученный теплоноситель поступает в конденсатор ТН 3 и цикл повторяется.

Таким образом, в устройстве происходит комбинированная работа теплового насоса с организационным циклом Ренкина.

В теплообменнике 9 происходит теплообмен с испарителем ТН 4, при этом полученный источник холода по каналам 43, 45 перекачивается насосом 22 потребителю холода 13.

Предлагаемое устройство служит для повышения топливной экономичности при вынужденных стоянках судна в ожидании выгрузки, погрузки груза, например речного песка, на стоянках при плохой видимости вдали от населенных пунктов, когда нет возможности подключиться к береговой сети и т. д.

В двухступенчатом компрессоре 2 происходит повышение температуры низкокипящего вещества - пара до 100°C и повышение его давления. Полученный пар поступает по каналу 29 в конденсатор ТН 3, где в результате конденсации с теплоносителем, поступающим из объекта отопления 11 и испарителя ОЦР 5, температура теплоносителя становится равной 95-98°C. Далее этот теплоноситель поступает по каналу 49 в трехходовой кран 23, где происходит распределение потока теплоносителя, через второй патрубок по каналу 51 и насос 20, канал 52, объект отопления 11, а другая часть через третий патрубок трехходового крана 23 и канал 50 идет в испаритель 5 ОЦР.

Энергосберегающее устройство судовой энергетической установки речного судна работает следующим образом.

Пусть речное судно в ожидании погрузки речного песка на карьере становится на якорь. Тогда судовой главный дизель останавливается (на рисунке главный судовой дизель не показан), а дизель-генератор 1 запускается нажатием на переключатель 16, который начинает вырабатывать электрическую энергию, которая поступает в потребитель электрической энергии 14. Далее нажатием на переключатель 17 запускается данное устройство, при этом открывается запорный вентиль 27, а в блок

управления 12 по каналу 55 поступает электроэнергия. Блок управления 12 подачей электроэнергии по каналу 57 запускает двухступенчатый компрессор 2, а подачей электроэнергии по каналам 53, 60, 61, 62 запускает электрические насосы 19, 20, 21, 22.

В теплообменнике 9 происходит теплообмен хладоносителя с испарителем ТН 4, при этом полученный источник холода по каналам 43, 45 перекачивается насосом 23 потребителю холода 13.

### **Результаты**

По каналу 28 поступает низкокипящее вещество в виде пара в двухступенчатый компрессор ТН 2, который поднимает его давление и температуру, по каналу 29 пар подается в конденсатор ТН 3. Одновременно в конденсатор ТН 3 поступает теплоноситель из объекта отопления 11 и испарителя ОЦР 5. В результате теплообмена низкокипящего вещества и теплоносителя в конденсаторе ТН 3 происходит конденсация низкокипящего вещества и повышение температуры теплоносителя до 95-98°C. Полученный теплоноситель по каналу 49 поступает на первый патрубок трехходового крана 23 и происходит распределение горячего теплоносителя: через второй патрубок теплоноситель по каналу 51 направляется на объект отопления 11, а по каналу 50 – в испаритель ОЦР 5. Одновременно в испаритель ОЦР 5 по каналу 32 поступает низкокипящее вещество, где в результате теплообмена происходит испарение и превращение низкокипящего вещества в пар с высоким давлением, который по каналу 33 поступает в турбину 6, где в результате работы турбины 6 с генератором 7 происходит выработка электрической энергии, которая по каналу 53 поступит в потребитель электроэнергии 14. После этого происходит остановка дизель-генератора 1 и начинается повышение топливной экономичности эффективности СЭУ.

Отработанный пар из турбины 6 по каналу 34 поступает в конденсатор ОЦР 8, куда одновременно насосом 21 через канал 36 подается забортная вода и в результате теплообмена пар конденсируется, далее через канал 35, циркуляционный насос 19 низкокипящее вещество продолжит свою циркуляцию. Забортная вода после теплообмена в конденсаторе 8 по каналам 37 и 41 поступит в потребитель теплоты 10.

А другая часть забортной воды через третий патрубок трехходового крана 24 по каналу 40 поступает в испаритель ТН 4, где в результате теплообмена с низкокипящим веществом происходит его кипение, полученный пар направляется по каналу 28 в двухступенчатый компрессор 2, а забортная вода из испарителя ТН 4 в канале 41 смешивается с потоком забортной воды, поступающим по каналу 37 и поступает в потребитель теплой воды 10. Отработанная вода по каналу 48 удаляется за борт.

Низкокипящее вещество в испарителе ТН 4 в результате теплообмена с забортной водой происходит кипение низкокипящего вещества и превращение его в пар. Полученный пар поступает по каналу 29 в двухступенчатый компрессор 2, где в результате сжатия происходит увеличение его давления и температуры до 100°C. Полученный пар по каналу 36 поступает в конденсатор ОЦР 3, где в результате теплообмена с теплоносителем ОРЦ происходит его повышение температуры до 95-98°C.

### **Обсуждения**

Предложенное энергосберегающее устройство энергетической установки речного судна может быть использовано речными судами во время выполнения грузовых операций и вынужденных остановок, при этом энергетическая установка: главный судовой дизель, дизель-генератор и вспомогательная котельная установка во время

выполнения грузовых операций и вынужденных остановок, находятся в нерабочем состоянии, что приводит к существенной топливной экономичности СЭУ.

Кроме того, предложенное устройство может быть использовано в сельской местности для обеспечения тепловой и электрической энергией частных домов.

#### Список литературы

1. Механизмы управления рабочим процессом дизельного двигателя / С.Е. Андрусенко, О.Е. Андрусенко, В.В. Кольванов, Ю.И. Матвеев // Научные проблемы водного транспорта. – 2021. – № 68 (3). – С.98-108. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.206>.
2. Султангузин И.А., Потапова А.А. Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения / И.А. Султангузин, А.А. Потапова // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 10. – С.23-27.
3. Белов Г.В., Дорохова М.А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике / Г.В. Белов, М.А. Дорохова // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2014. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskiy-tsikl-renkina-i-ego-primenenie-v-alternativnoy-energetike> (дата обращения: 28.04.2023).
4. Quoilin S., Van Den Broeck M., Declayea S., Dewallefa P., Lemorta V. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems / S. Quoilin, M. Van Den Broeck, S. Declayea, P. Dewallefa, V. Lemorta // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 22. – P.168-186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.028>.
5. Li Y., Tang T. Performance Analysis and Optimization of a Series Heat Exchangers Organic Rankine Cycle Utilizing Multi-Heat Sources from a Marine Diesel Engine. / Youyi Li, Tianhao Tang // Entropy. – 2021. – Vol. 23(7):906. DOI: <https://doi.org/10.3390/e23070906>.
6. Xia X. X. et al. Working fluid selection of dual-loop organic Rankine cycle using multi-objective optimization and improved grey relational analysis / Xiao Xia Xia, Zhi Qi Wang, Nai Jun Zhou, Yan Hua Hu, Jian Ping Zhang, Yin Chen // Applied Thermal Engineering. – 2020. – T. 171. – С. 115028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115028>.
7. Lion S., Vlaskos I., Taccani R. A review of emissions reduction technologies for low and medium speed marine Diesel engines and their potential for waste heat recovery / S. Lion, I. Vlaskos, R. Taccani // Energy Conversion and Management. – 2020. – T. 207. – С. 112553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112553>.
8. Ping X. et al. Thermodynamic, economic, and environmental analysis and multi-objective optimization of a dual loop organic Rankine cycle for CNG engine waste heat recovery / Xu Ping, Baofeng Yao, Hongguang Zhang, Fubin Yang // Applied Thermal Engineering. – 2021. – T. 193. – С. 116980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116980>.
9. Wang M. et al. An innovative Organic Rankine Cycle (ORC) based Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) system with performance simulation and multi-objective optimization / Meng Wang, Rui Jing, Haoran Zhang, Chao Meng, Ning Li, Yingru Zhao // Applied Thermal Engineering. – 2018. – T. 145. – С. 743-754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.09.075>.
10. Патент № 176333. Энергосберегающая установка речного судна: № 2016148025: заявл. 07.12.2016: опубл. 17.01.2018 / В.Н. Тимофеев, Н.Ф. Чесухин, Д.В. Тимофеев; заявитель, патентообладатель Тимофеев В.Н. – 7 с.
11. Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Кутепова Л.М. и др. Утилизация вторичной теплоты рабочих систем судовых двигателей внутреннего сгорания / В.Н.Тимофеев, И.Р.Салахов, Л.М.Кутепова, Н.В.Гречко, А.Р.Юнусова // Актуальные проблемы и перспективы развития системы отраслевого транспортного образования: Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции. Под ред. И.Р. Салахова. – Казань, 2022. – С. 124-135.

#### References

1. Andrusenko S.E. , Andrusenko O.E. , Kolyvanov V.V. , Matveev YU.I. Mekhanizmy upravleniya rabochim protsessom dizel'nogo dvigatelya [Diesel Engine Workflow Control Mechanisms]. Nauchnye problemy vodnogo transporta [Scientific problems of water transport] 2021, No. 68 (3), P.98-108. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.206>.

2. Sultanguzin I.A., Potapova A.A. Vysokotemperaturnye teplovye nasosy bol'shoi moshchnosti dlya teplosnabzheniya [Large capacity high temperature heat pumps for heating supply]. *Novosti teplosnabzheniya* [Heat supply news] 2010, no.10, p.23-27.
3. Belov G.V., Dorokhova M.A. Organicheskiy tsikl Renkina i ego primeneniye v al'ternativnoi ehnergetike [Organic Rankine cycle and its application in alternative energy]. *Mashinostroeniye i komp'yuternyye tekhnologii* [Mechanical engineering and computer technology] 2014, no.2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskiy-tsikl-renkina-i-ego-primeneniye-v-al'ternativnoy-energetike> (accessed 28.04.2023).
4. Quoilin S., Van Den Broeck M., Declaye S., Dewallefa P., Lemorta V. Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013, Vol. 22, P.168-186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.028>.
5. Li Y., Tang T. Performance Analysis and Optimization of a Series Heat Exchangers Organic Rankine Cycle Utilizing Multi-Heat Sources from a Marine Diesel Engine. *Entropy* 2021, Vol. 23(7):906. DOI: <https://doi.org/10.3390/e23070906>.
6. Xia X. X. et al. Working fluid selection of dual-loop organic Rankine cycle using multi-objective optimization and improved grey relational analysis. *Applied Thermal Engineering* 2020, Vol. 171, P.115028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115028>.
7. Lion S., Vlaskos I., Taccani R. A review of emissions reduction technologies for low and medium speed marine Diesel engines and their potential for waste heat recovery. *Energy Conversion and Management* 2020, Vol. 207, P.112553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112553>.
8. Ping X. et al. Thermodynamic, economic, and environmental analysis and multi-objective optimization of a dual loop organic Rankine cycle for CNG engine waste heat recovery. *Applied Thermal Engineering* 2021, Vol. 193, P.116980. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116980>.
9. Wang M. et al. An innovative Organic Rankine Cycle (ORC) based Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) system with performance simulation and multi-objective optimization/ *Applied Thermal Engineering* 2018, Vol. 145, P.743-754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.09.075>.
10. Patent no.176333. Ehnergoberegayushchaya ustanovka rechnogo sudna [Energy-saving installation of a river vessel]: no.2016148025: zayavl. 07.12.2016: opubl. 17.01.2018. V.N. Timofeev, N.F. Chesukhin, D.V. Timofeev; zayavitel', patentoobladatel' Timofeev V.N. 7 p.
11. Timofeev V.N., Salakhov I.R., Kutepova L.M. i dr. Utilizatsiya vtorichnoi teploty rabochikh sistem sudovykh dvigatelei vnutrennego sgoraniya [Utilization of secondary heat of working systems of marine internal combustion engines]. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya sistemy otraslevogo transportnogo obrazovaniya: Sbornik statei IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Pod red. I.R. Salakhova. Kazan, 2022, P.124-135.

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

**Тимофеев Виталий Никифорович**, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой электромеханических объектов водного транспорта, Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д. 19, e-mail: timofeev.vitaly2010@yandex.ru

**Салахов Ильяс Рахимзянович**, к.п.н., доцент, директор института, Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д. 19, e-mail: vguvtkazan@yandex.ru

**Vitaly N. Timofeev**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electromechanical Objects of Water Transport, Institute of Sea and River Fleet named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the Volga State University of Water Transport, 19, Portovaya st, Kazan, 420108

**Ilyas R. Salakhov**, Ph.D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute, Institute of Sea and River Fleet named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the Volga State University of Water Transport, 19, Portovaya st, Kazan, 420108

**Кутепова Людмила Михайловна**, к.п.н.,  
доцент кафедры электромеханических объектов  
водного транспорта, Институт морского и  
речного флота имени Героя Советского Союза  
М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского  
государственного университета водного  
транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д.  
19, e-mail: masa\_m@bk.ru

**Гречко Николай Владимирович**, к.т.н., доцент  
кафедры электромеханических объектов  
водного транспорта, Институт морского и  
речного флота имени Героя Советского Союза  
М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского  
государственного университета водного  
транспорта, 420108, г. Казань, ул. Портовая, д.  
19, e-mail: nvg.vgvt@yandex.ru

**Liudmila M. Kutepova**, Ph.D. in Pedagogical  
Sciences, Associate Professor of the  
Department of Electromechanical Objects of  
Water Transport, Institute of Sea and River  
Fleet named after Hero of the Soviet Union  
M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the  
Volga State University of Water Transport, 19,  
Portovaya st, Kazan, 420108

**Nikolay V. Grechko**, Ph.D. in Engineering  
Sciences, Associate Professor of the  
Department of Electromechanical Objects of  
Water Transport, Institute of Sea and River  
Fleet named after Hero of the Soviet Union  
M.P. Devyatayeva – Kazan branch of the  
Volga State University of Water Transport, 19,  
Portovaya st, Kazan, 420108

Статья поступила в редакцию 24.05.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 24.05.2023; published online 20.12.2023.

**ЭКОНОМИКА, ЛОГИСТИКА И МЕНЕДЖМЕНТ НА  
ТРАНСПОРТЕ**

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

УДК 656.611.2

DOI: 10.37890/jwt.vi77.422

**Формирование системы стратегического управления  
судоходной компании**

**В.М. Бунеев**

*ORCID: 0000-0003-3979-9115*

**С.В. Ноздрачёв**

*ORCID: 0009-0002-2704-7426*

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

**Аннотация.** Изложены предложения по формированию системы стратегического управления в судоходной компании. Она представляется в виде определённой организационной структуры, между которым установлены внутренние и внешние связи, осуществляемые благодаря соответствующему информационному обеспечению. Предложена схема взаимодействия элементов системы стратегического управления работой флота.

Процессы стратегического управления осуществляются в центре принятия и реализации стратегий в соответствии с разработанным алгоритмом. При этом рассматривается комплекс задач по обоснованию отдельных стратегий в современных условиях осуществления деятельности судоходными компаниями на внутренних водных путях. Наиболее актуальными задачами процесса стратегического управления судоходной компании является разработка, принятие и разработка стратегий использования флота на перевозках. При этом учтены факторы риски, обусловленные вероятностным характером изменения уровня глубин судового хода. Решение задачи осуществлено с помощью экономико-математической модели в параметрической постановке. Рассмотрены конкретные эксплуатационные условия работы флота в Енисейском бассейне. Результатом её реализации являются предложения по внедрению рациональной стратегии использования флота на заданных направлениях перевозок грузов.

**Ключевые слова:** судоходная компания, управление, стратегическое, система, формирование.

**Formation of a strategic management system for a shipping  
company**

**Viktor M. Buneev**

*ORCID: 0000-0003-3979-9115*

**Sergey V. Nozdrachev**

*ORCID: 0009-0002-2704-7426*

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

**Abstract.** Proposals for the formation of a strategic management system in a shipping company are outlined. It is presented in the form of a certain organizational structure, with

internal and external connections established, carried out due to appropriate information support. A scheme for the interaction of elements of fleet operation strategic management system is proposed.

Strategic management processes are carried out at the center for the adoption and implementation of strategies in accordance with the developed algorithm. Besides, a set of tasks is considered to justify individual strategies in the modern conditions of shipping companies operating on inland waterways. The most pressing tasks of the strategic management process of a shipping company are the development, adoption and development of strategies for using the fleet for transportation. Furthermore, risk factors caused by the probabilistic nature of changes in the level of the depths of the shipping channel are taken into account. The problem was solved using an economic-mathematical model in a parametric formulation.

The specific operational conditions of the fleet in the Yenisei basin are considered. The result of its implementation are proposals for the introduction of a rational strategy for using the fleet in the specified directions of cargo transportation.

**Keywords:** shipping company, management, strategic, system, formation.

### **Введение**

Эксплуатационная деятельность судоходных компаний в современных условиях имеет определенную долю неопределенности и риска. Неопределенность вызвана прежде всего тем, что ситуация в сфере транспортного обслуживания субъектов хозяйствования подвержена случайным воздействиям объективного и субъективного характера. Возникают сомнения и неуверенность в получении ожидаемого результата, опасность неудач, неоправданных потерь. Следовательно, необходимо адаптировать подходы и методы управления деятельностью компаний к изменениям, указанным выше. Решение этой проблемы видится при формировании системы стратегического управления компанией, которая в процессе функционирования должна быть непосредственно связана с оперативным управлением работой флота, осуществляемым диспетчерским аппаратом. Кроме того, требуется уточнить методический инструментарий разработки и принятия управленческих решений.

Проблема разработки и формирования системы стратегического управления судоходной компании вызвана необходимостью адаптации её деятельности к новым рыночным условиям [7, 8, 9, 10]. Она рассматривается в совокупности с оперативным управлением флотом, как ключевая подсистема управления организацией, которая охватывает все задачи навигационного и стратегического планирования. Эффективность её функционирования рассматривается с позиций системного подхода. В соответствии с ним процессы управления предполагают совокупность действий по выполнению комплекса функций: планирование, реализация, регулирование, контроль, учёт и анализ работы флота судоходной компании или фирмы. В то же время стратегическое управление представляет собой элемент системы более высокого уровня – организационную структуру управления судоходной компанией. Её элементами также являются: управление транспортным производством, кадрами, ресурсами и другими объектами. Одновременно эта система непосредственно связана с принятой конкурентной стратегией судоходной компании [1, 4, 11], которая в свою очередь разрабатывается в составе концепции её развития [5] и с учётом зарубежного опыта. [12, 13, 14, 15, 16]. Кроме того, результатом функционирования системы стратегического управления является перечень конкурентных преимуществ судоходной компании и реализация. В этой связи авторы сосредоточили свои усилия на решении задач по формированию такой системы.

Процесс стратегического управления при этом исследуется как инструментарий решения новых более сложных задач, которые характеризуются динамичностью и неопределённостью внешней среды. Для них важной чертой являются сменяемость и

требование немедленной реакции, а сам процесс рассматривается как динамическая совокупность взаимосвязанных последовательных действий.

Процедура решения комплекса управленческих задач квалифицируется как разработка стратегий [1, 3, 4, 5]. Алгоритм их реализации предусматривает логическую поэтапную последовательность: 1) анализируется внутренняя и внешняя среды; 2) определяются миссия и цели функционирования предприятия; 3) выбор стратегии для дальнейшей её реализации; 4) осуществление мероприятий по реализации стратегии; 5) контроль выполнения и регулирование.

Наиболее актуальными задачами процесса стратегического управления судоходной компании является разработка и принятие стратегий использования флота на перевозках. При этом система исследования настоящей проблемы представляется в следующем виде стратегических управленческих решений – стратегий (рис.1).

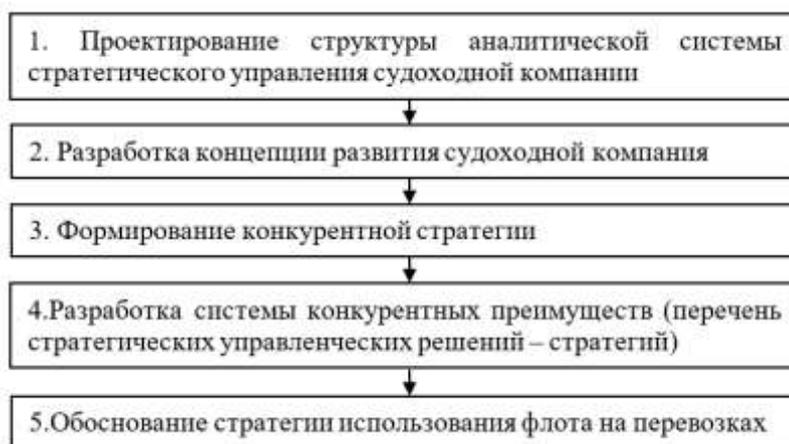


Рис. 1. Последовательность исследования проблемы

### Методы и материалы исследования

Система стратегического управления судоходной компании представляется в виде определённой организационной структуры (рис.2). Между её элементами имеются внутренние и внешние связи, которые осуществляются благодаря соответствующему информационному обеспечению [6]. Процессы стратегического управления осуществляются в центре принятия и реализации стратегий в соответствии с выше изложенным алгоритмом. Процедура начинается с анализа внутренней и внешней среды судоходной компаний. При этом внутренняя среда рассматривается как система, состоящая из следующих элементов: производственный персонал и кадры; организация производства, его технология и технические характеристики; финансы; менеджмент и маркетинг; потенциал и ресурсы потенциала организации. Особенности внутренней среды судоходной компании - субъекта речного транспорта - обусловлены спецификой её производственно-хозяйственной деятельности.

Судоходная компания оказывает комплекс транспортных логистических услуг по доставке грузов потребителям. Ведущим звеном здесь является трудовой коллектив в лице экипажей судов и плавкранов, докеров и механизаторов, административно-управленческий персонал и специалисты. В качестве производственной базы используются различные технические средства перевозки, погрузки-выгрузки, складирования и т.д. Кроме того отмечается сложность и неоднозначность оценки взаимоотношений как внутри судоходной компании между подразделениями, службами и отделами, так и с внешней средой.



Рис. 2. Структура аналитической системы стратегического управления судоходной компании

Компонентами внешней среды являются: состояние экономики страны; правовое регулирование и государственное управление, нормативно-правовое регулирование; политические и экономические процессы; природная среда и ресурсы; социальная и культурная составляющие общества; научно-техническое и технологическое развитие; производители и потребители продукции; рынки товаров и услуг, конкуренция и многие другие. Всё это оказывает влияние на внутреннюю среду, анализ которой позволяет выявить потенциальные возможности и угрозы предприятию. Для судоходной компании таковыми являются, прежде всего, конкуренция на рынке транспортных услуг; нестабильность грузопотоков; вероятностный характер изменения глубин судового хода в течение навигации и по годам; наличие двух периодов навигации – полноводного (весеннего) и маловодного (меженного).

Процессы стратегического управления рассматриваются как комплекс задач по обоснованию отдельных стратегий в современных условиях осуществления деятельности судоходными компаниями на внутренних водных путях. Общий подход при построении системы стратегического управления реализуется на основе следующих принципов:

- научно-обоснованный выбор целей и стратегий развития исходя из миссии организации;
- постоянный поиск новых форм и видов деятельности, диверсикация производства с целью повышения конкурентоспособности;
- формирование гибкой организационной структуры, обеспечивающей поиск экономически выгодных условий функционирования и развития, а также адаптацию к изменениям во внешней среде;
- обоснование стратегий с учётом уникальных особенностей и специфики предприятий водного транспорта;

- чёткое разграничение задач стратегического и оперативного управления предприятия, а также возможность их совместной реализации при совпадении поставленных целей.

Определение миссии и целей судоходной компании являются обязательными элементами организации системы управления. Без них судоходная компания не может функционировать и развиваться в перспективе. При этом, на сколько удачно формируется миссия и определяются цели зависит успех объединения усилий всего коллектива. Процедура решения задачи осуществляется в следующей последовательности [3, 4]: уточнение необходимости существования фирмы, её предназначение; определение долгосрочных, а затем краткосрочных планов. При этом важное значение имеет выбор стратегии поведения компании на рынке. Анализируя работы зарубежных экономистов по решению этой задачи, в частности, Майкла Портера [15], принята следующая стратегия поведения судоходной компании на рынке транспортных услуг в условиях внутренних водных путей Сибири [5]: стремление к увеличению присутствия на рынке за счет минимизации транспортных и производственных издержек, и снижения тарифов на услуги. Для судоходной компании конкурентная стратегия должна быть направлена на: минимизацию издержек при оказании транспортных услуг по доставке грузов и перемещению пассажиров; возможное лидерство в этом сфере деятельности; расширение её и диверсификацию производства; повышение качества услуг и товаров при одновременном снижении цен и тарифов; достижение социальных, экологических и других целей.

Следующий этап процесса управления предусматривает определение и выбор стратегии. Предстоит определить перечень задач, важных на данный момент для судоходной компании, и выбрать наиболее актуальную задачу. Поиск решения осуществляется как общая оценка и анализ факторов влияния на внешнюю и внутреннюю среды компании. В результате выявляется её позиция на рынке транспортных услуг, определяются ситуации и стратегические задачи и составляются возможные варианты их решения. Выбор стратегии фактически означает определение, каким образом будут достигаться стратегические цели и миссия. При этом важное значение имеет принятая стратегия поведения на рынке транспортных услуг (конкурентная стратегия). Для судоходной компании - это позиционирование её, при котором наличие потенциала обеспечивает лидерство за счет минимизации издержек транспортного производства и способствует реализации своей продукции по более низкой цене и увеличению присутствия на рынке транспортных услуг.

Рассмотрим процесс разработки и принятия стратегии использования флота судоходной компании на перевозках грузов. Он осуществляется на следующем этапе непосредственной реализации (организации) стратегии, как основного процесса в системе стратегического управления. При этом выполняется его функция «организация», а также реализуется научно-обоснованная стратегия, которая в сочетании с осуществлением других функций управления способствует достижению поставленных целей и целевых ориентиров компании.

Поскольку наиболее актуальной задачей стратегического управления судоходной компании является разработка и принятие стратегий использования флота на перевозках, она рассмотрена прежде всего. При этом обосновании оптимального плана использования флота учтены факторы неопределенности и риска с помощью экономико-математической модели в параметрической постановке. Диапазон изменения параметров определён на основе факторного анализа вероятностного характера изменения глубин судового хода, влияющих на провозную способность флота, а потребность в нём по результатам реализации модели (1-4) [2, 3]. Решение задачи находится в определенном диапазоне:

$$X = \{x_{ij} \pm \Delta x_{ij}\} \quad (1)$$

Функция цели имеет вид:

$$\sum_{ij} (\Theta_{ij} \pm \Delta \Theta_{ij})(x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \rightarrow \min \quad (2)$$

где  $\Delta \Theta_{ij}$  – граница изменения эксплуатационных расходов по флоту вследствие действия различных факторов, руб.

Условие выполнения транспортной работы:

$$\sum_i (Z_{ij} \pm \Delta Z_{ij})(x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \geq A_j \quad (3)$$

где  $i$  – признак типа судна;

$j$  – признак грузооборота на линии;

$A_j$  – диапазон изменения объема транспортной работы, т км;

$\Delta Z_{ij}$  – величина отклонения провозной способности в зависимости от прогноза

глубин судовых ход на предстоящую навигацию, т км.

Ограничение по флоту:

$$\sum_j (x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \leq \Phi_i \quad (4)$$

При нестабильности грузопотоков в модели (1-4) условие (3) изменяется:

$$\sum_i Z_{ij}(x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \geq A_j \pm \Delta A_j \quad (5)$$

где  $\Delta A_j$  – диапазон изменения грузооборота на линии.

Последний этап не менее ответственный по сравнению с другими, поскольку контроль реализации стратегии позволяет осуществить своевременную её корректировку в связи изменением, которые могут произойти в среде, требующие корректировки стратегии. Контроль как функция управления, играет роль обратной связи в этой системе [3, 4]. Контроль выступает как, инструмент проверки хода и оценки последствия реализации принятых решений. Оценке подлежат ситуации, их динамичность во времени и пространстве. Следовательно, создаются предпосылки для внесения коррективов в запланированные показатели транспортного производства.

### Полученные результаты

Задача (выбор стратегии) «Оптимизация плана использования флота на грузовых перевозках», с учётом оценки рисков в связи с вероятностным характером изменения глубин судового хода, решена применительно к условиям работы среднестатистической судоходной компании в Енисейском бассейне. Рассмотрено три стратегии использования флота на грузовых перевозках в зависимости от глубины судового хода на верхнем участке реки Енисей (Красноярск – устье реки Ангара):

- пессимистический 1,9 м. с оценкой вероятности  $P_1=0,50$ ;
- расчетный 2,25м. с оценкой вероятности  $P_2=0,35$ ;
- оптимистический 2,6 м. с оценкой вероятности  $P_3=0,15$ .

В качестве транспортной работы приняты 4 направления перевозок: Красноярск-Дудинка; Лесосибирск - Туруханск; Лесосибирск - Игарка; Лесосибирск - Дудинка. Общее количество грузов (промсырьё, уголь, строительные и прочие) - 236 тыс.т. и грузооборот - 340 млн. ткм. Результаты реализации модели (1-4) и решения поставленной задачи приведены в табл.1. При этом расстановка флота по

направлениям перевозок произведена с учётом его использования в разные периоды навигации: весенний (полноводный) и межень (маловодный).

Таблица 1

**Потребность во флоте по вариантам соотношения типов составов и вероятности уровня глубин на участке Красноярск-устье р. Ангара**

Типы эксплуатируемых составов вариантам структуры флота		Наличие флота по вариантам его структуры, ед. составов	Потребность во флоте в зависимости от оценки вероятности уровня глубин, ед. составов		
			$P_1=0,50$	$P_2=0,35$	$P_3=0,15$
1.	428 + 4*P-56 РВ-1800	2	2	2	2
	1741 + 2*РВ-1800	3	3,1	2,68	2,68
	758 + 2*82260	1	-	-	-
2.	428+4*P-56	1	1	1	1
	1741+2*РВ-1800	6	5,98	4,84	4,84
	758 + 2*82260	1	-	-	-
3.	428+4*P-56	1	1	1	1
	1741+2*РВ-1800	4	6	4	4
	758 + 2*82260	2	-	1,33	1,33

Выбор стратегии использования флота на грузовых перевозках, с учётом вероятностного характера изменения уровня глубин судового хода, осуществлен на основе анализа рискованных решений (табл.2). В качестве критерия оценки уровня риска принят показатель среднеквадратическое отклонение эксплуатационных расходов по флоту» –  $\delta \mathcal{E}_i$ . Наибольший риск возможен при реализации первого сценария, при котором в пессимистическом варианте эксплуатационные расходы увеличиваются на 13,8 млн. рублей, а наименьший – в третьей (4,7 млн. руб.). Окончательное решение по выбору стратегии использования флота на перевозках принимается исходя из анализа соотношения показателей – «математическое ожидание – среднеквадратическое отклонение» ( $\mathcal{E}_{ij}$ ,  $\delta \mathcal{E}_i$ ). Предпочтение отдаётся первому варианту: состав 428+4\*P-56 – 2 ед., который работает на направлениях Лесосибирск-Туруханск и Лесосибирск - Игарка, а также осваивает часть грузопотока Лесосибирск - Дудинка. Оставшуюся часть грузопотока Красноярск – Дудинка осваивает состав 1741+2\* РВ-1800 в количестве 3-х ед.

Контроль реализации стратегии использования флота на перевозках грузов по первому варианту позволяет осуществить своевременную её корректировку в связи с вероятностным характером изменения глубин на участке Красноярск – устье р. Ангара. В пессимистическом варианте снижаются нормы загрузки используемых на перевозках судов, увеличивает потребность во флоте. В связи с этим для осуществления плановых объёмов перевозки грузов привлекается один состав 428+4\* P-56 на линии Лесосибирск - Дудинка, освобождая при этом состав 1741+2\* РВ-1800 для использования на линии Красноярск - Дудинка. При увеличении глубин до уровня

расчётного и оптимистического вариантов провозная способность флота увеличивается, а состав 428+4\* Р-56 переводится на другое направление.

Таблица 2

**Характеристика рискованных решений по выбору стратегии использования флота для грузовых перевозок с учётом оценки уровня риска вероятностного характера изменения глубин судового хода**

Индекс варианта структуры эксплуатируемого флота	Эксплуатационные расходы в зависимости от оценки вероятности уровня глубин, млн. руб.			Ожидаемые расходы ( $\mathcal{E}_{ij}$ ), млн. руб.	Риск ( $\delta \mathcal{E}_i$ ), млн. руб.
	$P_1=0,50$	$P_2=0,35$	$P_3=0,15$		
1	207,89	180,25	180,25	194,00	13,8
2	226,94	198,24	198,48	212,50	12,0
3	226,94	217,94	217,54	222,24	4,7

Наличие двух периодов навигации - весеннего (многоводного) и меженного (маловодного) - является важным фактором, который необходимо учитывать при реализации настоящей стратегии. Предстоит, прежде всего, распределить грузопоток по периодам навигации. Эта задача решается исходя из условия низменного количества флота в течение навигации. Распределение количества грузов по периодам навигации осуществляется следующим образом:

- в весенний период навигации:

$$GB = GP(1 + P'_{ев}) \frac{P'_{ев}}{P'_{ем}} \tag{5}$$

где:  $GP$  – величина расчетного грузопотока, тыс. т.;

$P'_{ев}$  – валовая производительность тоннажа в весенний период навигации, т км/т-же сут;

$P'_{ем}$  – валовая производительность тоннажа в меженный период навигации, т км/т-же сут;

- в меженный период навигации:

$$GM = GP - GB \tag{6}$$

В качестве альтернативы рассмотрена стратегия использования флота в меженный период навигации - в пессимистическом варианте на линии Красноярск - Дудинка в Лесосибирске перевалка грузов из барж проекта РВ-1800 в Р-56. Такая схема позволяет в определенной степени снизить потери провозной способности и уменьшить эксплуатационные расходы по флоту.

При выборе стратегии использования флота на грузовых перевозках с учётом нестабильности грузопотоков в качестве критерия принят показатель прибыли, который определен исходя из нулевой рентабельности по худшему варианту структуры эксплуатируемого флота (табл. 3). Предпочтение отдано первому варианту, что совпадает с предыдущим решением. Риск здесь составляет 4,3 млн. руб. потерь прибыли. Для её снижения предлагается: 1) перевести состав 428+4\*Р-56 после работы в течении 60 суток на другое направление перевозок; 2) состав 1741+2\*РВ-1800 - после 84 суток. Снижение грузооборота на 40 млн. ткм в пессимистическом

варианте рекомендуется компенсировать за счёт корректировки периода работы составов: первого - на 50 суток и второго – на 75 суток.

Таблица 3

**Характеристика рискованных решений по выбору стратегии использования флота на грузовых перевозках с учётом оценки уровня риска нестабильности грузопотоков**

Индекс варианта структуры эксплуатируемого флота	Прибыль в зависимости от оценки вероятности плана перевозок, млн. руб.			Ожидаемая прибыль ( $P_{ij}$ ), млн. руб.	Риск ( $\delta \mathcal{E}_i$ ), млн. руб.
	$P_1=0,50$	$P_2=0,35$	$P_3=0,15$		
1	31,0	37,7	44,3	37,3	4,3
2	0	22,7	26,7	11,9	8,6
3	0	0	0	0	0

**Заключение**

На основе анализа полученных результатов исследования проблемы формирования системы организации стратегического управления работой флота судоходной компании разработаны соответствующие предложения. В соответствии с ними основным её элементом является центр принятия и реализации стратегий, который взаимодействует с остальными: ресурсы и средства компании; мониторинг, в составе которого учёт, контроль и регулирование. Для подготовки и принятия решений центром используется методический инструментальный, адаптированный к условиям работы флота с учетом природно-климатических и рыночных факторов. Результатом функционирования системы стратегического управления являются разработка, принятие и реализация предложений в области функционирования и развития судоходной компании. Их основу, на наш взгляд, составляет рациональная стратегия использования флота на заданных направлениях перевозок грузов.

В частности, конкурентная стратегия, элементом которой является стратегия использования флота на перевозках грузов с учётом оценки уровня риска под влиянием вариантного характера изменения глубин судового хода, как по годам, так и в течении навигации (весна и межень). Распределение грузопотоков по периодам навигации принято исходя из условия низменного количества флота в течение навигации. По результатам анализа решения, полученного в процессе обоснования, в приведённом примере принята стратегия, при которой используются на перевозках составы: 428+4\* Р-56 в количестве 2-х ед. и 1741+2\* РВ-1800 - 3-х ед.

Возможность реализации той или иной стратегии определяется в зависимости от оперативной обстановки с учётом нестабильности грузопотоков. При увеличении объёма перевозок вводится в эксплуатацию требуемое количество судов, а при уменьшении – выводятся. В случае увеличения глубин судового хода эксплуатируются крупнотоннажные суда с полной загрузкой, а при уменьшении глубин загрузка снижается, и используются на маловодных участках малотоннажные суда с перевалкой на крупнотоннажные. Так, при падении глубин до 1,9 м. на участке Красноярск - устье р. Ангара реки Енисей предлагается перевалка грузов в Лесосибирске из барж проекта РВ-1800 в баржи Р-56.

**Список литературы**

1. Блинов М.Ю. Формирование конкурентной стратегии судоходной компании: дис. канд. экон. наук : 08.00.05 - СПб., 2006. -169 с. РГБ ОД, 61:07-8/704.

2. Бунеев В.М. Менеджмент на внутреннем водном транспорте:/ В.М. Бунеев, А.В. Зачесов, Ю.В. Турищев /Под общей редакцией В.М. Бунеева. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад.вод. трансп., 2013. – 430 с.
3. Бунеев В.М. Особенности стратегического менеджмента на водном транспорте/ В.М. Бунеев, В.А. Виниченко, Т.В. Глоденис // Вестник транспорта. - 2020. - № 1, с. 32-34.
4. Бунеев В.М. Стратегия поведения судоходной компании на рынке транспортных услуг:/ В.М. Бунеев, И.А. Пичурина// Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.- Новосибирск: СГУВТ, 2020, №1-2, стр. 5-10.
5. Бунеев В.М. Стратегия и концепция развития судоходной компании./ В.М. Бунеев // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.- Новосибирск: СГУВТ, 2015, №3, стр. 36-40.
6. Зачёсов В.П., Платов Ю.И. Использование информационных технологий для оперативного планирования и регулирования работы флота /В.П. Зачёсов, Ю.И. Платов // Вестник ВГАВТ- ВГАВТ, 2017.-выпуск 51, стр.122-123.
7. Киринос Д.А. Основные принципы управления работой флота морской в современных рыночных условиях /Д.А. Киринос // Научное обозрение. Технические науки. – 2020. – № 5 – С. 58-64
8. Михайлова А.В. Особенности управления судоходными компаниями в современных условиях развития отрасли / А.В. Михайлова, С.А.Бородулина // Вестник Сиб.АДИ, 2016, стр. 129 - 136
9. Уртминцев Ю.Н. Конкурентная среда деятельности судоходных компаний и проблемы ее анализа / Ю. Н. Уртминцев // Сб. науч. тр. / ВГАВТ. - Н.Новгород, 2001. – Вып. 296. - С. 11-28.
10. Уртминцев, Ю.Н. Организация работы речного флота в условиях рынка: проблемы методологии: монография / Ю. Н. Уртминцев. - Н.Новгород : ВГАВТ, 2003. - 252 с.
11. Семенчук Е.Л. Проектирование реализации стратегий судоходной компании. /Е.Л. Семенчук // Управление проектами та розвиток виробництво :35 наук. пр. – Луганськ дид во СНУ ім. В. Даля , 2004 - №2(10)
12. Barney J.B. Gaining and Sustaining Competitive Advantage. Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1996.
13. Ergashovna, A. O. Eshmuhammadovna, S. D. ., & Ortiqali ogli, Y. A. . (2022). EFFICIENCY OF USING MODERN MANAGEMENT METHODS IN MANAGEMENT OF ENTERPRISES. Eurasian Journal of Law, Finance and Applied Sciences, 2(2), 107–114. Retrieved from <https://www.in.academy.uz/index.php/EJLFAS/article/view/763>
14. Kvint. V. L. Strategic management and economy in the global forming market: Monograph / V. L. Kvint – M.: Biznes Atlas, 2012. - 630
15. Porter, M. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. – New York: The Free Press, 1985 (2nd ed. – New York : Free Press, 1998. – 592 p. – ISBN 978-0-684-84146-5). – Text : unmediated Porter, Michael E. (1985). Competitive Advantage. Free Press. ISBN 978-0-684-84146-5.
16. Powell, Thomas C. (1 September 2001). "Competitive advantage: logical and philosophical considerations". Strategic Management Journal. 22 (9): 875–888. doi:10.1002/smj.173.

#### References

1. Blinov M.Yu. Formation of a competitive strategy for a shipping company: dis. Ph.D. econ. Sciences: 08.00.05 - St. Petersburg, 2006 .-169 p. RSL OD, 61:07-8/704.
2. Buneev V.M. Management in inland water transport:/ V.M. Buneev, A.V. Zachesov, Yu.V. Turishchev /Under the general editorship of V.M. Buneeva. – Novosibirsk: Novosibirsk. state acad.vod. transport., 2013. – 430 p.
3. Buneev V.M. Features of strategic management in water transport / V.M. Buneev, V.A. Vinichenko, T.V. Glodenis // Transport Bulletin. - 2020. - No. 1, p. 32-34.
4. Buneev V.M. Behavior strategy of a shipping company in the transport services market:/ V.M. Buneev, I.A. Pichurina // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - Novosibirsk: SGUVT, 2020, No. 1-2, pp. 5-10.
5. Buneev V.M. Strategy and concept for the development of a shipping company./ V.M. Buneev // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - Novosibirsk: SGUVT, 2015, No. 3, pp. 36-40.

6. Zachesov V.P., Platov Yu.I. The use of information technologies for operational planning and regulation of the fleet / V.P. Zachesov, Yu.I. Platov // Bulletin of VGAVT-VGAVT, 2017.-issue 51, pp.122-123.
7. Kirnosov D.A. Basic principles of managing the operation of the marine fleet in modern market conditions / D.A. Kirnosov // Scientific review. Technical science. – 2020. – No. 5 – P. 58-64
8. Mikhailova A.V. Features of management of shipping companies in modern conditions of industry development / A.V. Mikhailova, S.A. Borodulina // Bulletin of Sib.ADI, 2016, pp. 129 - 136
9. Urtmintsev Yu.N. Competitive environment of shipping companies and problems of its analysis / Yu. N. Urtmintsev // Collection of articles. scientific tr. / VGAVT. - N. Novgorod, 2001. – Issue. 296. - pp. 11-28.
10. Urtmintsev, Yu.N. Organization of river fleet work in market conditions: problems of methodology: monograph / Yu. N. Urtmintsev. - N.Novgorod: VGAVT, 2003. - 252 p.
11. Semenchuk E.L. Designing the implementation of shipping company strategies. /E.L. Semenchuk // Project management and development of laboratory sciences: 35 sciences. Ave. – Lugansky did in SNU im. V. Dalia, 2004 - No. 2(10)
12. Barney J.B. Gaining and Sustaining Competitive Advantage. Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1996.
13. Ergashovna, A. O. Eshmuhammadovna, S. D. ., & Ortiqali ogli, Y. A. . (2022). EFFICIENCY OF USING MODERN MANAGEMENT METHODS IN MANAGEMENT OF ENTERPRISES. Eurasian Journal of Law, Finance and Applied Sciences, 2(2), 107–114. Retrieved from <https://www.in.academy.uz/index.php/EJLFAS/article/view/763>
14. Kvint. V. L. Strategic management and economy in the global forming market: Monograph / V. L. Kvint – M.: Biznes Atlas, 2012. - 630
15. Porter, M. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. – New York: The Free Press, 1985 (2nd ed. – New York : Free Press, 1998. – 592 p. – ISBN 978-0-684-84146-5). – Text : unmediated Porter, Michael E. (1985). Competitive Advantage. Free Press. ISBN 978-0-684-84146-5.
16. Powell, Thomas C. (1 September 2001). "Competitive advantage: logical and philosophical considerations". Strategic Management Journal. 22 (9): 875–888. doi:10.1002/smj.173.

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

**Бунеев Виктор Михайлович**, д.э.н., профессор кафедры Управление работой флота, Сибирский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: [buneev\\_vm@mail.ru](mailto:buneev_vm@mail.ru)

**Viktor M. Buneev**, Doctor of Economics, Professor Fleet Management, Siberian State University of Water Transport" (FSUE VO "SGUVT"), 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: [buneev\\_vm@mail.ru](mailto:buneev_vm@mail.ru)

**Ноздрачев Сергей Владимирович**, аспирант кафедры Управление работой флота, Сибирский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: [nsv.0104@gmail.com](mailto:nsv.0104@gmail.com)

**Sergey V. Nozdrachev**, postgraduate student of the Department of Fleet Management, Siberian State University of Water Transport" (FSUE VO "SGUVT"), 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: [nsv.0104@gmail.com](mailto:nsv.0104@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 19.09.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 19.09.2023; published online 20.12.2023.

УДК 656.076

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi77.423>

## **Балансовый метод как эффективный инструмент стратегического планирования деятельности речного транспорта**

**Д.В. Дрейбанд**

ORCID: 0000-0003-0136-2495

**Д.А. Коршунов**

ORCID: 0000-0002-9908-4026

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

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию особенностей применения балансового метода как инструмента планирования деятельности транспортных систем. Во введении обосновывается научная новизна, цель и задачи исследования. В разделе методы показаны теоретические аспекты применения балансового метода, даются результаты анализа современных научных исследований по его применению в планировании деятельности предприятий транспорта. В качестве результатов исследования на основе проведенного анализа авторами определены направления использования балансового метода в планировании деятельности внутреннего водного транспорта и дается схема его включения в процесс планирования ресурсов транспортной отрасли. В обсуждении предлагается продолжить научную проработку вопросов сбалансированного развития видов транспорта, сокращения диспропорции финансирования сухопутных и воднотранспортных объектов инфраструктуры и путей сообщения, строительства нового флота, в том числе беспилотного транспорта, с учетом перспективных инновационных технологий с учетом использования балансового метода. В заключении даются рекомендации по практическому применению рассмотренного в ходе исследования метода в стратегическом планировании на основе ресурсоэффективного подхода.

**Ключевые слова:** балансовый метод, планирование перевозок, стратегическое планирование, внутренний водный транспорт.

## **The balance method as an effective tool for strategic planning of river transport activities**

**Dmitry V. Dreiband**

ORCID: 0000-0003-0136-2495

**Dmitry A. Korshunov**

ORCID: 0000-0002-9908-4026

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

**Abstract.** The work is devoted to the study of the features of the application of the balance method as a tool for planning the activities of transport systems. The introduction substantiates the scientific novelty, the purpose and objectives of the study. The methods section shows the theoretical aspects of the application of the balance method, the results of the analysis of modern scientific research on its application in the planning of the activities of transport enterprises are given. As the results of the study, based on the analysis carried out, the authors determined the directions of using the balance method in planning the activities of inland waterway transport and supplied a scheme for its inclusion in the process of planning the resources of the transport industry. In the discussion, it is proposed to continue the scientific study of the issues of balanced development of modes of transport, reduction of

the disproportion of financing of land and water transport infrastructure and communication routes, construction of a new fleet, including unmanned transport, taking into account promising innovative technologies, regarding the use of the balance method. In conclusion, recommendations are given on the practical application of the method considered in the course of the study in strategic planning based on a resource-efficient approach.

**Keywords:** balance method, transportation planning, strategic planning, inland waterway transport.

### **Введение**

Стратегическое планирование определяет путь от существующего состояния до достижения перспективных показателей развития. В тоже время имея чёткую визуализацию конечной цели, организация не сможет её достичь без конкретного и согласованного плана, подробно описывающего мероприятия, сроки и ресурсы, необходимые для достижения стратегических параметров.

Важно отметить, что стратегическое планирование – это не разовое мероприятие, а непрерывный процесс, который следует регулярно пересматривать и корректировать, чтобы гарантировать сбалансированное и эффективное использование ресурсов компании [1].

Стратегическое планирование – это процесс определения перспективных целей и рационального использования ресурсов для достижения поставленных целей. Основой для правильной организации данного процесса, по мнению авторов статьи, служит балансовый метод. Его необходимо рассматривать как связующее звено между стратегией развития и планами производственной деятельности. После того, как определены стратегические цели развития необходимо привести, сбалансировать в соответствии с данными целями человеческие, производственные, финансовые и информационные ресурсы.

Таким образом, под балансовым методом в стратегическом планировании следует понимать совокупность средств и методов для обеспечения равновесия (баланса), уязвки и согласования между заданными показателями.

Цель данного исследования – изучить балансовый метод как инструмент стратегического планирования развития перевозок именно водным транспортом. Этим объясняется актуальность выбранной темы исследования. Для достижения вышеуказанной цели потребовалось выполнение следующих задач:

- раскрыть теоретические аспекты стратегического планирования в формировании транспортно-экономического баланса;
- описать роль и место балансового метода в стратегическом планировании управления операциями;
- выявить особенности применения балансового метода в развитии перевозок водным транспортом с учетом специфики его деятельности.

### **Методы**

Теоретическая основа исследования представлена работами таких современных авторов, как А.С. Галушка, Е.Г. Гуреева, Д.А. Марков, В.Л. Попов, А.В. Крутова, A.Barbosa-Róvoa, Lima C., S. Relvas и другие. Обобщая исследования приведенных авторов можно отметить, что процесс стратегического планирования – это метод, с помощью которого организация определяет пути и направления достижения своих целей, развития деятельности, улучшения экономических и финансовых показателей [2-9].

Стратегический план необходимо регулярно корректировать и обновлять на основе мониторинга и анализа внешних и внутренних политических, экономических

факторов и конкуренции на конкретном рынке товаров и услуг, а также с учётом изменений спроса со стороны потребителей и волатильности активов организации (рис. 1) [3].



Рис.1. Цели и задачи планирования перевозок на основе балансового метода

В теории выделяют три основных типа планирования: стратегическое, тактическое и оперативное планирование [1,4,6]. Авторы статьи кратко характеризуют их следующим образом: стратегическое планирование направлено на определение общих перспективных трендов развития; тактическое планирование фокусируется на среднесрочных мероприятиях, которые помогают достичь стратегических целей; оперативное планирование сосредоточено на повседневной деятельности компании. Также авторы видят необходимость понимания взаимосвязи между стратегическим планированием и текущим управлением, чтобы принимать решения, соответствующие целям и задачам организации. По сути, стратегический план – это дорожная карта для достижения заданных параметров и целей.

В ряде рассмотренных авторами статьи исследований уделено особое внимание вопросам оптимизации перевозки продукции водным транспортом и снижению общих затрат на стратегическом, текущем и оперативном уровнях. Так португальский ученый Камило Лима с коллегами разработали модель стохастического программирования для текущего и оперативного планирования цепочек поставок внутренним водным транспортом [8]. Американский ученый Прадеш Пудасани предложил многоцелевую смешанно-целочисленную модель линейного программирования для стратегического и текущего планирования цепочки поставок водным транспортом [9]. Неопределенность спроса моделировалась с использованием многоцелевых сценариев, при этом учитывались как транспортные расходы, так и стоимость потери продукта.

Существует множество различных подходов к стратегическому планированию в зависимости от типа деятельности организации и требуемой детализации. Большинство циклов стратегического планирования можно свести к следующим пяти последовательностям (рис. 2).



Рис. 2. Последовательности циклов стратегического планирования

Балансовый метод как инструмент стратегического планирования может быть использован организациями водного транспорта для определения приоритетов своей деятельности. Разработанная в рамках данного метода система показателей может позволить организациям отслеживать и измерять успех своих стратегий, чтобы определить, насколько они эффективно работают. Сегодня балансовый метод используется для помощи в стратегическом управлении отдельными организациями и основывается на четырех аспектах, включая финансовый, внутрикорпоративный, маркетинговый и стратегический (рис. 3). Такая фокусировка позволяет хозяйствующим субъектам своевременно обнаруживать свои недостатки и разрабатывать стратегии их преодоления.



Рис. 3. Сферы фокусирования балансового метода.

Основные ключевые сферы, на которых фокусируется балансовый метод:

1. *Финансовая* - позволяет организациям моделировать стратегическое направление и предпринимать действия для оптимизации финансовых показателей. Этот подход ориентирован на будущее и используется, чтобы помочь финансистам выбирать соответствующие пути и модели в достижении стратегии. Финансовое планирование включает в себя долгосрочные планы, моделирование сценариев, составление годового бюджета, прогнозирование, специальные отчеты и анализ. Финансовое планирование тесно связано с планами продаж и маркетинга, реализации проектов, наращивания рабочей силы и другими инициативами, которые способствуют достижению финансовых целей организации [5].
2. *Внутрикорпоративная* – дает возможность своевременного проведения детализации мероприятий по масштабированию и каскадированию мероприятий и бизнес-процессов, во многом определяет эффективность организации. Сбалансированный подход дает представление об аспектах и целях, которые помогают повысить показатели работы. Кроме того, оценка соответствия стандартам,

клиентоориентированность, при помощи балансового метода помогает организациям разрабатывать маркетинговые стратегии и внедрять инновации для создания новых и лучших способов продвижения товаров и услуг [3].

3. *Маркетинговая* – направлена на увеличение рынка сбыта товаров и услуг, а также доли потенциальных клиентов. Клиентоориентированная деятельность организации предполагает изменение количества клиентов и доли рынка. В маркетинговой стратегии необходимо увеличить общее количество клиентов, чтобы новые клиенты заменили старых, которые ушли. Эффективный процесс привлечения клиентов является важным критерием для прогнозирования долгосрочной устойчивой деятельности организации. Основной целью при этом является определение повторяемого, методичного способа привлечения клиентов. Организации применяют специальные методы для создания систематической, устойчивой стратегии привлечения новых клиентов, расширения рынка сбыта продукции и услуг, увеличения доходов [5].
4. *Стратегическая* – направлена на создание стратегических потенциалов и резервов – это процесс укрепления коммерческой, финансовой и производственной мощности и устойчивости организации. Здесь «потенциал» следует понимать как меру способности организации выполнить заявленную миссию. Он включает в себя сочетание надежных методов управления и регулярных инновационных подходов оценки сбалансированности ресурсов. Планирование и наращивание мощностей необходимы для обеспечения устойчивости деятельности в любой отрасли. Отсутствие инициатив по наращиванию потенциала приводит в перспективе к потерям прибыли, нестабильности и потенциальному снижению производственных и финансовых показателей.

На основании вышеизложенного анализа авторы делают вывод, что балансовый метод используется для помощи в стратегическом планировании. Это позволяет организациям своевременно обнаруживать свои недостатки и разрабатывать стратегии их преодоления.

### **Результаты**

В страновом масштабе для определения целей, задач, основных направлений и механизмов реализации государственной политики в сфере стратегического планирования, с учётом взаимосвязи социально-экономического развития и национальной безопасности, Президентом Российской Федерации В.В. Путиным подписан Указ от 08.11.2021 № 633 «Об утверждении Основ государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации» [10]. В данном документе балансовый метод указывается основным инструментом планирования и разработки на его основе мер по достижению поставленных целей и их ресурсной обеспеченности [2] (рис. 4).

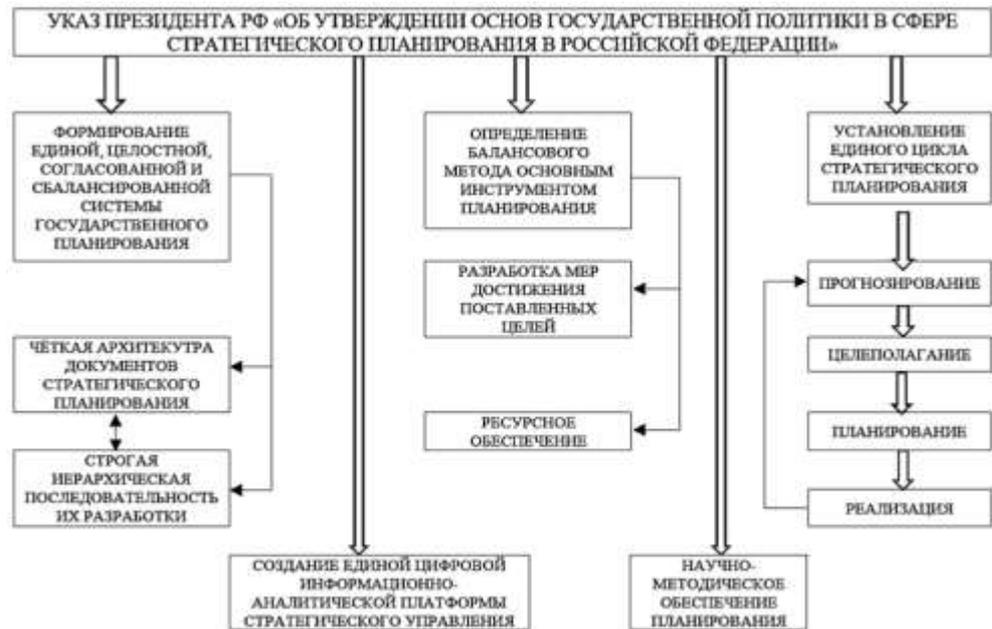


Рис.4. Балансовый метод как основной инструмент планирования и разработки на его основе мер по достижению поставленных целей и их ресурсной обеспеченности

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2035 года (далее – Стратегия) [11] на сегодняшний день на отраслевом уровне является основным документом стратегического планирования. Стратегия предусматривает множество механизмов реализации, среди которых формирование транспортно-экономического баланса объёма и структуры спроса отраслей экономики страны на перевозки, сбалансированного пакета мер по ликвидации сдерживающих и лимитирующих факторов, создание инновационных транспортных средств и инфраструктуры, обеспечение синхронизации развития перевозок между видами транспорта. Обеспечить реализацию Стратегии поручено Министерству транспорта Российской Федерации (далее – Минтранс РФ) совместно с федеральными органами исполнительной власти страны.

На основании Указа Президента России от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2024 года» с учётом основных положений Стратегии разработан национальный проект «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года» (далее - План) [12]. В План включены 11 федеральных проектов по развитию транспортных коридоров «Север-Юг» и «Запад-Восток» на основе модернизации и расширения железнодорожной, авиационной, автодорожной, морской и речной транспортной, а также энергетической инфраструктуры страны. Руководство и администрирование реализации Плана возложено на Минтранс РФ.

В рамках вышеуказанного национального проекта Федеральное агентство морского и речного транспорта (далее – Росморречфлот), находящееся в ведении Минтранса РФ, участвует в реализации двух федеральных проектов: «Развитие морских портов» и «Развитие Северного морского пути» (рис. 5).

В соответствии с Транспортной стратегией РФ до 2035 года и в целях создания условий для сбалансированных торговых отношений как внутри страны, так и при организации международных перевозок, а также обеспечения транспортной независимости стратегическим направлением деятельности Росморречфлота является

стимулирование обновления и строительства российскими компаниями нового флота. В настоящее время ощущается острая нехватка сухогрузов, танкеров, контейнеровозов, всего около 400 единиц среднетоннажного и крупнотоннажного флота.

К вопросам основной и перспективной работы ведомства относится развитие внутренних водных путей и обеспечение их нормативного содержания. В 2022 году объём перевозок речным транспортом вырос на 6,8% и составил свыше 106 млн. тонн. Для сохранения данной тенденции и увеличения грузооборота по реке важным является завершение в установленные сроки модернизации Городецкого и Багаевского гидроузлов.

Также стратегический характер имеет участие Росморречфлота в реализации проекта международного транспортного коридора «Север - Юг», в части обеспечения и поддержания в Волго-Каспийском канале гарантированных глубин на уровне 4,5 м. Общий предполагаемый объём инвестиций составляет около 6,5 млрд. рублей, в рамках которых в 2023 году ведомству планируется направить из федерального бюджета 2,5 млрд. рублей, оставшие средства привлечь из внебюджетных источников [13].

Немаловажным направлением ведомства является реализация долгосрочных инвестиционных проектов по модернизации береговой инфраструктуры и строительству новых портов, а также восстановление портовой инфраструктуры новых территорий, присоединенных к России.



Рис. 5. Структурная схема реализации стратегических направлений развития водного транспорта

Стратегическое планирование в транспортной сфере направлено на разработку эффективной работы подвижного состава и инфраструктуры для удовлетворения потребностей со стороны потребителей и заказчиков транспортных услуг. Планирование перевозок на водном транспорте должно основываться на рассмотрении и анализе текущего состояния водного транспорта, проектировании будущих потребностей в нем и объединении полученных результатов с помощью балансового метода с элементами бюджетов, целей и политики.

Существует множество стратегических целей в процессе планирования перевозок водным транспортом. Важно сбалансировать их при разработке сводного итогового плана развития водного транспорта [14]. Наиболее важным является то, насколько перевозка водным транспортом сбалансирована (рис. 6). В основе каждой структуры баланса лежит формула, определяющая, что начальный производственный баланс плюс потоки ресурсов равняется конечному балансу плюс затраты текущего периода.



Рис. 6. Схема формирования транспортного баланса перевозок

Балансовый метод основан на разработке отдельных территориальных и производственных балансов по приоритетным видам грузов, отражающих ресурсы в виде распределения остатков и производства на начало и конец периода. Международный трафик формируется на основе плана импортных и экспортных поставок продукции. Важно при этом правильно сбалансировать планируемый грузооборот с учётом показателей количества перевезенного груза и пройденного расстояния. Расстояние транспортировки определяется решением транспортных задач - поиском оптимальных вариантов связи поставщиков продукции с потребителями. В качестве критерия принимается во внимание минимальная стоимость перевозки или минимальное расстояние. Обязательным условием является соблюдение транспортных объемов выпускаемой продукции и соответствие ее потребности. Балансы рассчитываются по всем видам ресурсов, включая материалы, энергию, топливо, рабочую силу и транспортные средства.

На основе составленного материального баланса формируется транспортный баланс, то есть баланс ввоза и вывоза товаров по отдельным предприятиям, станциям, портам, районам и регионам. Учитывается отправление и прибытие товаров, перевозки внутри страны, а также импорт и экспорт товаров.

### **Обсуждение**

На основе исследования стратегических направлений развития водного транспорта, теоретических аспектов применения балансового метода в стратегическом планировании, методических подходов к формированию транспортно-экономического баланса автором предлагается учесть научный и практический опыт реализации основных стратегических проектов в сфере водного транспорта.

На дальнейшее обсуждение авторы предлагают разработать направления по стимулированию научной проработки вопросов сбалансированного развития видов транспорта, сокращения диспропорции финансирования сухопутных и воднотранспортных объектов инфраструктуры и путей сообщения, строительства нового флота, в том числе беспилотного транспорта, с учетом перспективных инновационных технологий и взвешенного подхода к планированию на основе балансового метода.

### **Выводы**

Стратегическое планирование это процесс формирования целей и задач для достижения в конкретном направлении в будущем определенных показателей и индикаторов деятельности отрасли и экономики страны. Данный процесс включает в себя принятие решений о том, какую продукцию или услуги создавать и предлагать, на какие площадки и рынки выходить, какие ресурсы необходимы для достижения этих целей.

Балансовый метод в планировании перевозок водным транспортом по мнению авторов является наиболее точным, так как основан на разработке отдельных региональных балансов по приоритетным видам грузов, отражающих ресурсы в виде распределения остатков производства на начало и конец периода. Важное значение при этом имеет количество продукции и ресурсов, подготовленных к реализации, и перевезенной отраслевым транспортом, на основе этих данных составляется соответствующий баланс и формируются прогнозы на будущие периоды. На основе материального баланса уже рекомендуется составлять транспортный баланс, то есть баланс ввоза и вывоза товаров по отдельным предприятиям, станциям, портам, районам и регионам.

Формирование транспортно-экономического баланса на основе определения состава и объёма грузопотоков, тяготеющих к внутренним водным путям, позволит конкретизировать направления поддержки со стороны государства при строительстве транспортных судов и береговой инфраструктуры, портов, терминалов, грузораспределительных комплексов, позволяющих освоить данные грузопотоки, и в перспективе обеспечить справедливую конкуренцию между различными видами транспорта, а также следовать принципу ресурсосбережения.

### **Список литературы**

1. Сафаров, Т.С. Проблематика общественного характера сферы стратегического планирования / Т. С. Сафаров // Интерактивная наука. – 2021. – № 8(63). – С. 25-27. – DOI 10.21661/i-554803.
2. Галушка, А. С., Ниязметов А. К., Окулов М. О. Кристалл роста к русскому экономическому чуду. — М., 2021. — 360 с.
3. Герасимова, Е.Б. Финансовый анализ. Управление финансовыми операциями : учебное пособие / Е. Б. Герасимова, Д. В. Редин. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. - 192 с.

4. Жиряков, В.А. Цифровизация стратегического планирования в контексте изменения методологии планирования на современном этапе / В. А. Жиряков // *Инновации и инвестиции*. – 2022. – № 6. – С. 192-195.
5. Казанцев, А.К. Управление операциями : учебник / А. К. Казанцев, В. В. Кобзев, В. М. Макаров ; под общ. ред. А. К. Казанцева. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 478 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1018440>.
6. Лыкова, М.П. Стратегическое планирование, виды и принципы стратегического планирования / М. П. Лыкова // *Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в информационном обществе : сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Москва, 15 февраля 2022 года*. – Москва: Институт развития образования и консалтинга, 2022. – С. 134-138.
7. Управление производством и операциями : учебное пособие / В.Л. Попов, Д.А. Марков, Е.Г. Гуреева, А.В. Крутова ; под ред. В. Л. Попова. - Санкт-Петербург : Питер, 2014. - 336 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1813014>.
8. Lima C., S. Relvas, A. Barbosa-Póvoa Designing and planning the downstream oil supply chain under uncertainty using a fuzzy programming approach // *Comput. Chem. Eng.*, 151 (2021). - Article 107373.
9. Pudasaini P., Integrated planning of downstream petroleum supply chain: a multi-objective stochastic approach // *Oper. Res. Perspect.*, 8 (2021). - Article 100189.
10. Указ Президента Российской Федерации от 08.11.2021 № 633 «Об утверждении Основ государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации».
11. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 № 3363-р.
12. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2024 года».
13. Balanced Scorecard [Электронный ресурс] // Интернет-портал «CFI», 2022. Режим доступа: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/balanced-scorecard/>
14. What Is Transportation Planning? [Электронный ресурс] // Интернет-портал «PlanRVA», 2022. Режим доступа: <https://planrva.org/transportation/what-is-transportation-planning/>

#### References

1. Safarov, T.S. Problematika obshchestvennogo haraktera sfery strategicheskogo planirovaniya / T. S. Safarov // *Interaktivnaya nauka*. – 2021. – № 8(63). – S. 25-27. – DOI 10.21661/r-554803.
2. Galushka, A. S., Niyazmetov A. K., Okulov M. O. Kristall rosta k russkomu ekonomicheskomu chudu. — M., 2021. — 360 s.
3. Gerasimova, E.B. Finansovyy analiz. Upravlenie finansovymi operatsiyami : uchebnoe posobie / E. B. Gerasimova, D. V. Redin. - Moskva : FORUM : INFRA-M, 2021. - 192 s.
4. ZHiryakov, V.A. Cifrovizatsiya strategicheskogo planirovaniya v kontekste izmeneniya metodologii planirovaniya na sovremennom etape / V. A. ZHiryakov // *Innovatsii i investitsii*. – 2022. – № 6. – S. 192-195.
5. Kazancev, A.K. Upravlenie operatsiyami : uchebnik / A. K. Kazancev, V. V. Kobzev, V. M. Makarov ; pod obshch. red. A. K. Kazanceva. — Moskva : INFRA-M, 2019. — 478 s. Rezhim dostupa: <https://znanium.com/catalog/product/1018440>.
6. Lykova, M.P. Strategicheskoe planirovanie, vidy i principy strategicheskogo planirovaniya / M. P. Lykova // *Sovremennye problemy tsivilizatsii i ustojchivogo razvitiya v informacionnom obshchestve : sbornik materialov VII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Moskva, 15 fevralya*

- 2022 goda. – Moskva: Institut razvitiya obrazovaniya i konsaltinga, 2022. – S. 134-138.
7. Upravlenie proizvodstvom i operatsiyami : uchebnoe posobie / V.L. Popov, D.A. Markov, E.G. Gureeva, A.V. Krutova ; pod. red. V. L. Popova. - Sankt-Peterburg : Piter, 2014. - 336 s. Rezhim dostupa: <https://znanium.com/catalog/product/1813014>.
  8. Lima S., S. Relvas, A. Barbosa-Póvoa Designing and planning the downstream oil supply chain under uncertainty using a fuzzy programming approach // *Comput. Chem. Eng.*, 151 (2021). - Article 107373.
  9. Pudasaini P., Integrated planning of downstream petroleum supply chain: a multi-objective stochastic approach // *Oper. Res. Perspect.*, 8 (2021). - Article 100189.
  10. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 08.11.2021 № 633 «Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoj politiki v sfere strategicheskogo planirovaniya v Rossijskoj Federacii».
  11. Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii do 2030 s prognozom na period do 2035 goda, utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27.11.2021 № 3363-r.
  12. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 07.05.2018 № 204 «O nacional'nyh celyah i strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii do 2024 goda».
  13. Balanced Scorecard [Elektronnyj resurs] // Internet-portal «CFI», 2022. Rezhim dostupa: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/balanced-scorecard/>
  14. What Is Transportation Planning? [Elektronnyj resurs] // Internet-portal «PlanRVA», 2022. Rezhim dostupa: <https://planrva.org/transportation/what-is-transportation-planning/>

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

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

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

Статья поступила в редакцию 31.07.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 31.07.2023; published online 20.12.2023.

УДК 656.02

DOI: 10.37890/jwt.vi77.424

## **Этапы развития перевозок трансграничной территории Омской области — Республика Казахстан**

**Е.А. Заславская**

**Е.В. Храпова**

*ORCID: 0000-0001-8167-9315*

**Ю.В. Шляпина**

**Д.Б. Газизова**

*Омский институт водного транспорта - филиал ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Омск, Россия*

**Аннотация.** Представлены авторские исследования трансграничных перевозок (Омская область – Республика Казахстан) внутренним водным транспортом, основанные на данных Сибирского таможенного управления, материалах архивов ПАО «Иртышское пароходство», и ФБУ «Администрация «Обь-Иртышводпуть». Проведен ретроспективный анализ развития трансграничных территорий с точки зрения перевозимых грузов различной номенклатуры за определенный период. Определены этапы развития грузоперевозок трансграничной территории Омская область – Казахстан с середины XX-XXI вв. Рассмотрены на основании данных анализа, ключевые проблемы, затрудняющие развитие трансграничных территорий. Определены возможные направления развития трансграничных территорий. Выделены ряд ограничений, затрудняющих исследование отдельных вопросов. Обозначена необходимость увеличения доли водного транспорта в общем объеме перевозимых грузов, учитывая наметившиеся положительные тенденции в сфере сотрудничества с другими странами.

**Ключевые слова:** трансграничные территории, грузоперевозки, перевозимые грузы, транспорт, судоходная компания, экспорт, импорт.

## **Stages of transport development of the Omsk region - Republic of Kazakhstan cross-border territory**

**Elena Zaslavskaya**

**Elena Khrapova**

*ORCID: 0000-0001-8167-9315*

**Yulia Shlyapina**

**Dinara Gazizova**

*Omsk Institute of Water Transport (branch) of FGBOU VO SGUVT, Omsk, Russia*

**Abstract.** Author's studies of cross-border transportation (Omsk Region - Republic of Kazakhstan) by inland water transport, based on the Siberian Customs Administration data, materials from archives of PJSC Irtysh Shipping Company, and FBU «Administration «Ob-Irtyshvodput » were presented. A retrospective analysis of the development of transboundary territories in terms of various cargo transportation for a certain period was carried out. The stages of the development of cargo transportation of the Omsk region - Kazakhstan cross-border territory from the middle of the XX-XXI centuries were determined. Possible directions for the development of transboundary territories have been identified. A number of limitations have been highlighted that complicate particular issues investigation. The need to

increase the share of water transport in the total volume of transported goods is indicated, considering the emerging positive trends in the field of cooperation with other countries.

**Keywords:** cross-border territories, cargo transportation, transported goods, transport, shipping company, export, import.

### **Ведение**

Расширение внешнеэкономической деятельности способствует социально-экономическому развитию региона. Это значит, что появляется возможность повысить уровень технологий, обеспечить включение бизнеса в систему мирового торгового сотрудничества. Актуальность российско-казахстанского экономического сотрудничества является следствием соединения Европы и Азии в единый континент [2,3]. Протяженность сухопутных границ России с Казахстаном составляет 7598 км. Немаловажным становится трансграничное развитие территории Омской области с Казахстаном, протяженность сухопутных границ 1019 км и около 50 населенных пунктов [4,6].

Для того, чтобы выработать стратегию дальнейшего развития Омского региона с Казахстаном необходимо углубиться в ретроспективный анализ исторических и географических данных прилегающих территорий, в том числе водных ресурсов – река Иртыш. В процессе анализа выделим основные этапы развития перевозок, определим ключевые проблемы, затрудняющие развитие, сформируем направления, расширяющие возможности развития перевозок трансграничных территорий.

### **Методы**

Ретроспективный анализ позволит изучить сложившиеся за определенный временной период тенденции технического, социального, экономического развития приграничных территорий, а также сформировать проблемы, затруднения развития и обозначить стратегические направления возможного эффективного сотрудничества и как следствие повысить уровень экономического развития прилегающих территорий. Извлечение факторов, причин из прошлых событий позволит скорректировать негативные тенденции, развивающиеся в последнее время. Дальнейшая периодизация с разбивкой на отдельные позиции номенклатур, перевозимых грузов позволит сформировать последующее развитие трансграничных территорий.

### **Результаты**

Превращение Иртыша в транспортную магистраль началось еще в царские времена. В 1900-х годах пароход «Святой ключ» становится первым официальным транспортным средством «Товарищества Верхнее-Иртышского пароходства торговли», созданного Плещеевым. Началось все с перевозки грузов в близлежащие районы: Катон-Карагайский, Шемонаихинский, Ново-шуйбинский. А уже в 1911 году грузы по Иртышу уже отправляются в Китай. В те времена это был хлеб, металлоизделия, строительный материал, в обратном направлении везли кожу хлопок шерсть. В советское время Иртыш стал главнейшей экономической артерией страны. Из Казахстана в Россию по реке отправлялись многотонные баржи с гравием, обратно шли речные суда, груженные лесом.

Как утверждают русские летописи, уже в 12 веке жители Великого Новгорода совершали плавание по северной части реки Оби и её левым притокам. Интенсивное освоение реки Иртыш началось после похода в Сибирь в 1581 году дружины Ермака. Важную роль в развитии судоходства на Иртыше сыграли перевозки соли с озер Ямыш и Коряковское. Суда ходили до озера Зайсан и далее по Черному Иртышу до границ Китая.

Дальнейшее транспортное освоение Иртыша продолжилось в 18 в. с развитием добычи серебряной руды в Бухтарминском крае (Восточный Казахстан). Река использовалась для вывоза руды и доставки необходимых товаров на рудники.

В середине 19-го столетия начала развиваться торговля с Китаем и Монголией с использованием наряду сухопутным трактом до Большенарымска также и реки Иртыш. В те времена это был хлеб, металлоизделия, строительный материал, в обратном направлении везли кожу, хлопок, шерсть.

Растущие потребности в перевозках во второй половине 19-го в. привели к развитию на Иртыше речного парового флота. К концу 19-го в. осуществлялись регулярные рейсы пассажирских и буксирных пароходов с баржами, на смену которым в начале 20 в. пришли теплоходы.

В советское время Иртыш стал главнейшей экономической артерией страны. Из Казахстана в Россию по реке отправлялись многотонные баржи с гравием, обратно шли речные суда, груженные лесом [8].

К этому времени был существенно обновлен и пополнен флот, в составе которого использовались сухогрузные и наливные суда. Значительное развитие получило торгово-пристанное хозяйство, пополнившееся плавучими и портальными кранами.

На судостроительных и судоремонтных предприятиях Прииртышья было освоено строительство буксирных и сухогрузных теплоходов, танкеров, сухогрузных и наливных барж, а также др. плавсредств.

В 1954-55 гг. основная речная магистраль - река Иртыш стала главной целинной рекой. По Иртышу нескончаемым потоком шли суда в степные районы Омской области и Казахстана.

Широкая программа освоения целины потребовала принятия срочных мер и по увеличению объема перевозок, и по организации всего перевозочного процесса. Все это заставило внести существенные изменения в схему организации движения флота. Появились новые грузовые линии Омск – Павлодар по завозу нефтепродуктов для северных районов Казахстана и для южных районов Омской области – в Черлак, Дробышево, Романтеево и другие. Действующие до 1954 года лесные грузовые линии Аксеново – Омск, Кузнецово – Омск, Малая Бича – Омск, Вагай – Омск пришлось продлить до Павлодара, а некоторые и до Семипалатинска с пробегом в одну сторону до 2000-2500 и более километров.

Годы освоения целины совпали с периодом внедрения прогрессивного метода толкания. Переоборудованные 400-сильные колесные буксирные пароходы «Тимирязев», «Скормохов», «Туркменистан» и другие повели первые караваны, груженные лесом, методом толкания вверх по Иртышу из Омска в Павлодар и выше.

В марте 1954 года было принято постановление «О дальнейшем увеличении производства зерна и об освоении целинных и залежных земель».

Река Иртыш оказалась тогда в центре огромного региона, где разворачивалась грандиозная работа. Целина охватывала Северный и Восточный Казахстан и степи Омского Прииртышья.

Накануне первой целинной навигации было принято решение об объединении Верхне-Иртышского и Нижне-Иртышского пароходств с центром в городе Омск, речники в первую очередь укрепили флотом грузовые линии Омск-Павлодар и Омск-Семипалатинск, главной перевалочной базой являлся Омский порт. Портовики за короткий срок реконструировали и расширили причалы Кировского грузового района, построили новые причалы в Павлодаре.

В те годы основная масса зерна перевозилась по Иртышу в Омск. Путьцы провели большие дноуглубительные работы.

В 1956 году небывалый урожай. Особенно в первые годы, когда горы хлеба лежали под открытым небом, нередко под дождем. На всех приречных пунктах скопилось огромное количество зерна. Для его перевозок не хватало флота.

Пароходство срочно переоборудовало баржи-лесовозы, ставило под зерно открытые площадки.

В 1956 году флотом Иртышского пароходства было перевезено 716 тысяч тонн зерна.

В 1960 – 1970 годах наблюдалось стремительное развитие строительной индустрии, широкий размах промышленной деятельности, большой выпуск товарной продукции в стране, обширное освоение целинных и залежных земель.

С пополнением крупнотоннажным флотом и мощными теплоходами с дизельными установками проблема замены парового устаревшего флота на современный дизельный флот была успешно решена.

В 1980 году объем перевозок грузов в Омскую область составил 8 млн. 892 тыс. т., в 1984 году – 13 млн. 609 тыс.т., что в полтора раза больше. Через причалы Омского порта перегружено 190 тыс.т. щебня и шлака, прибывших в прямом железнодорожном сообщении и отправленных в судах пароходства для управлений Уралавтодор, Омскавтодор, Омскдорспецстрой. Указанные грузы прибыли с Макинского карьера (Казахстан) и Новокузнецкого металлургического комбината.

Перевезено 25 тыс.т. шлама Павлодарского алюминиевого завода для дорожно-строительных организаций Омской области. В межнавигационный период 1984-1985 г. обеспечено накопление 100 тыс.т шлака и щебня на причалах для потребителей Омской области.

Проведенными изысканиями установлена возможность перевозки водным транспортом нескольких миллионов тонн отходов алюминиевой промышленности с перевалкой через Павлодарский речной порт Казахской ССР или специализированный причал с погрузкой груза на суда плавучими кранами.

Пик перевозок по реке Иртыш между Россией (РСФСР) и Казахстаном (Казахской ССР) водным транспортом пришелся на конец 80-х годов 20 века. Речным транспортом, как в прямом, так и обратном направлениях производилась доставка различных грузов: зерна, леса, угля, щебня, ПГС, лесоматериалов, ГСМ, соли и других народо-хозяйственных грузов. Суммарный объем перевозок между Россией и Казахстаном перевозимый водным транспортом в это время составлял около 1,2 млн. тонн.

Флотом Иртышского пароходства до 1985 года ежегодно перевозилось в Казахстан около 150 тыс.т. леса в судах, в обратном направлении вывозилось 25 тыс.т. технической соли, 130 тыс. т. минерально-строительных грузов. Для приречных районов юга Омской области перевозились уголь, лес, дрова, удобрения, минерально-строительные грузы, нефтепродукты осуществлялся вывоз зерна. Вниз по Иртышу перевозилось ежегодно более 20 млн.т. груза

Работала пассажирская линия Омск-Павлодар-Омск, обслуживаемая судами на подводных крыльях типа «Ракета».

На Омском ССРЗ ежегодно производили строительство и сборку до 16 единиц мелкоосидающих буксировщиков и плавкранов, строили несамоходный флот.

Гарантированные глубины на участке Омск- Павлодар поддерживались на уровне 1,8 м.

Основным предприятием, осуществляющим перевозки из Омской области в Казахстан (Казахская ССР) являлось Иртышское пароходство.

С 1985 года по 1991 флотом Иртышского пароходства из Омской области в Казахстан перевезено около 400 тыс. т. леса в судах, в обратном направлении из Павлодарской и Семипалатинской областей вывезено около 4,5 млн. т. песчанно-гравийной смеси, шлака, шлама для дорожно-строительных организаций Омской области, 250 тыс. т. технической соли, представлено на рисунках 1, 2.

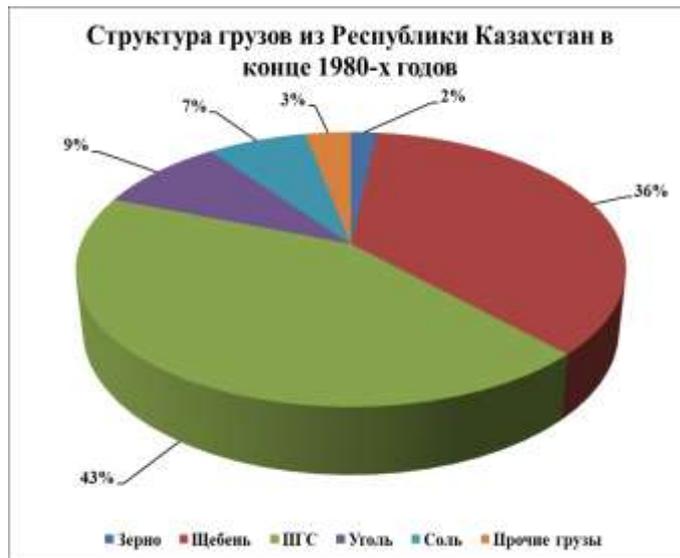


Рис. 1. Структура грузов из Республики Казахстан в конце 1980-х годов.

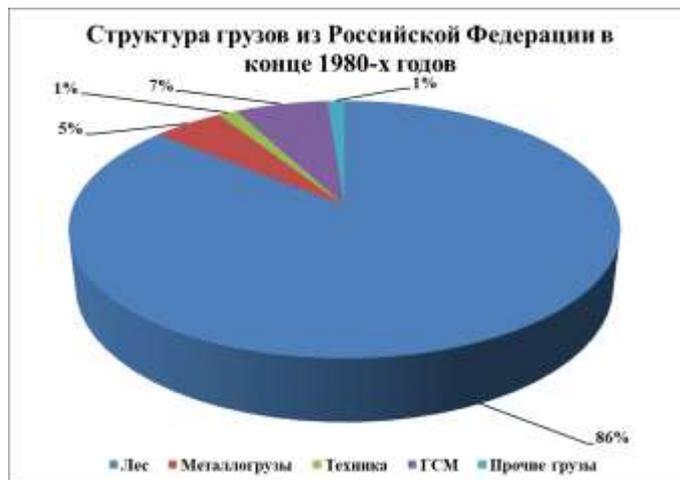


Рис. 2. Структура грузов из Российской Федерации в конце 1980-х годов.

Период перехода от плановой экономики к рыночному способу ведения хозяйства обусловлен развалом отраслей и прекращением устоявшихся хозяйственных связей. Остановилась промышленность, распались колхозы и совхозы, как следствие, прекратились поставки грузов для перевозки речным транспортом.

В 1990-х гг. объем перевозок грузов внутренним водным транспортом стабильно сокращался в основном за счет снижения перевозок строительных материалов, на долю которых приходится более 60% общего объема перевозок.

В 1995 году в Омске состоялась встреча правительственных делегаций РФ и Республики Казахстан на которой было принято Соглашение между правительством РФ и правительством Республики Казахстан о сотрудничестве приграничных областей, где оговорены были меры по созданию условий для благоприятного развития, в том числе и транспорта.

К концу 90-х развивается перевозка нефтепродуктов из России в Казахстан, но с определенными ограничениями поскольку отсутствует квота на перевозку топлива. В связи с этим в омских затонах стоят на приколе суда, а в соседнем государстве простаивает посевная техника в связи с отсутствием топлива. В рамках вышеизложенного материала основным вопросам становится усиление работы межгосударственной Ассоциации по экономическому, научно-техническому и культурному сотрудничеству. В настоящее время активно работает в этом направлении Российско-Казахстанский деловой совет.

### **Обсуждение**

Анализируя перевозку грузов внутренним водным транспортом за период 1990-х гг. выделим ряд проблем:

1. Упадок промышленности в стране и в регионе и как следствие уменьшение количества перевозимых грузов.
2. Акционирование ряда предприятий транспортной отрасли привело к разрыву хозяйственных отношений и кооперации и как следствие перераспределение грузопотоков на другие виды транспорта.
2. Снижение объемов перевозки щебня из Казахстана в Омск с месторождения Макинский карьер Целиноградской области, в связи с обнаружением радиоактивности.
3. Обмеление реки Иртыш в связи с распределением объема стока Иртыша ниже по течению от Бухтарминской, Усть-Каменогорской и Шульбинской ГЭС, а также перераспределением водных ресурсов в верховьях Иртыша (Черный Иртыш) со стороны Китая.
4. Отсутствие квоты на перевозку топлива.

Таким образом, Омская область имеет богатый и плодотворный опыт содружества с Республикой Казахстан, его регионами в различных областях деятельности. И в XXI веке сотрудничество наших областей продолжается.

Однако следует отметить, что за последние два десятка лет, в связи распадом Советского Союза, ослабления торгово-экономических связей между бывшими союзными республиками, всеобщим спадом промышленности, таможенными барьерами, прекращением проведения дноуглубительных работ на р. Иртыш выше г. Омска перевозки грузов между Россией и Казахстаном сведены до минимума, а пассажироперевозки прекращены. Например, в связи отсутствием заявок грузы в 2003-2006 гг. флотом Иртышского пароходства не перевозились [9, 10].

С 2003 года отмечается активизация перевозок внутренним водным транспортом по Иртышу в международном сообщении между Россией и Республикой Казахстаном, в основном со стороны казахстанских судовладельцев. В то же время российские судовладельцы обеспокоены тем, что на территории Республики Казахстан взимается плата за пользование судоходными водными путями.

Однако при осуществлении таких перевозок на внутренних водных путях России сборы за пользование внутренними водными путями с судовладельцев не предусмотрены.

В 2004-2005 годы отмечается нарастание объемов перевозок в Казахстан лесных, минерально-строительных грузов. В связи с возрастанием спроса на российские товары поднимается вопрос о перспективах по перевозке соли, нефтепродуктов

С 2009г. при реконструкции и строительстве дорог проявляется большой интерес строительных организаций к щебню из Северо-Казахстанской области. Наиболее активным игроком на рынке поставки щебня в Омскую область является предприятие ТОО Неруд-Кокшетау. Однако, в основном строительный материал поступает в

Омскую область по железной дороге. Только в 2011 году после длительного перерыва состоялся первый рейс Омск-Павлодар, за щебнем вышли два состава.

В 2021 году внешнеторговый оборот Омской области с Казахстаном составил 402,1 млн.долл. Его объем увеличился на 12,3% к предыдущему году. Доля экспорта Омской области в соседнюю страну выросла на треть – до 322,6 млн. долларов, что обусловлено увеличением поставок продукции АПК и машиностроения. За первый квартал 2022 года товарооборот вырос на 15% по сравнению с таким же периодом прошлого года [7].

Таким образом, проведенный анализ позволил сформировать основные этапы развития грузоперевозок трансграничной территории Омская область – Казахстан, представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

**Этапы развития грузоперевозок трансграничной территории Омская область – Казахстан с середины XX-XXI вв.**

Этап	Период (время)	Характеристика этапа
I этап «Советский период»	1954г. – 1990 г.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Активно идет строительство и ремонт подвижного состава на судостроительных и судоремонтных предприятиях Прииртышья. Замена парового устаревшего флота на современный дизельный флот.</li> <li>2. В г. Омске создано Иртышское пароходство. Номенклатура перевозимых грузов - зерно, лес, уголь, щебень, ПГС, лесоматериалы, ГСМ, соль и другие народо-хозяйственные грузы.</li> <li>3. Появление новых грузовых линий Омск – Павлодар по завозу нефтепродуктов для северных районов Казахстана и для южных районов Омской области – в Черлак, Дробышево, Романтеево и другие.</li> <li>4. Проведение масштабных дноуглубительные работы по Сибирскому, Саргатскому, Дробышевскому хлебоприемным пунктам.</li> <li>5. К 1956 г. объемы перевозок зерна достигли 716 тысяч тонн.</li> <li>6. До 1985 года ежегодно перевозилось в Казахстан около 150 тыс.т. леса в судах, в обратном направлении вывозилось 25 тыс.т. технической соли, 130 тыс. т. минерально-строительных грузов. С 1985 года по 1991 флотом Иртышского пароходства из Омской области в Казахстан перевезено около 400 тыс. т. леса в судах, в обратном направлении из Павлодарской и Семипалатинской областей вывезено около 4,5 млн. т. песчанно-гравийной смеси, шлака, шлама для дорожно-строительных организаций Омской области, 250 тыс. т. технической соли для нефтяников и газовиков Тюменской области. К концу 80-х годов суммарный объем перевозок достиг 1,2 млн. тонн.</li> <li>7. Стабильные экономические связи с союзными республиками, в т.ч. с Казахской ССР.</li> </ol>
II этап «Переходный период»	1991г. – 1999 гг.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Распад Советского Союза, ослабление торгово-экономических связей между бывшими союзными республиками.</li> <li>2. В 1995 году в Омске состоялась встреча правительственных делегаций РФ и Республики Казахстан на которой было принято Соглашение между правительством РФ и правительством</li> </ol>

		<p>Республики Казахстан о сотрудничестве приграничных областей.</p> <p>3. Появление множества новых участников рынка грузоперевозок внутренним водным транспортом, вследствие приватизационных процессов в государстве.</p> <p>4. Прекращение проведения дноуглубительных работ на р. Иртыш выше г. Омска. Перевозки грузов между Россией и Казахстаном сведены до минимума, а пассажироперевозки прекращены.</p>
III этап «Рыночные отношения»	2000 г. – по настоящее время.	<p>1. Активизация перевозок внутренним водным транспортом по Иртышу в международном сообщении между Россией и Республикой Казахстаном, в основном со стороны казахстанских судовладельцев.</p> <p>2. Взимание платы за пользование судоходными водными путями на территории Республики Казахстан.</p> <p>3. В 2004-2005 годы отмечается нарастание объемов перевозок в Казахстан лесных, минерально-строительных грузов. В связи с возрастанием спроса на российские товары поднимается вопрос о перспективах по перевозке соли, нефтепродуктов.</p> <p>4. В 2009 увеличение объема перевозок щебня в следствии увеличения строительства дорог.</p> <p>5. В настоящее время Объем перевозок грузов речным транспортом между Казахстаном и Омской областью составляет около 150 тысяч тонн. Основным экспортируемым грузом из Омской области в Республику Казахстан является лес, импортируемым – щебень.</p> <p>6. Перевозки водным транспортом в трансграничном направлении в настоящее время составляют всего лишь 12% от перевозок, осуществляемых в советское время.</p>

Казахстан в силу своего геостратегического положения является наиболее заинтересованным и главным экономическим партнёром Омской области. По темпам роста внешнеторгового оборота Казахстан значительно опережает другие страны.

На данный момент связи с соседней республикой поддерживают около 200 омских предприятий [1]. Казахстан является основным внешнеэкономическим партнером Омской области и занимает лидирующее место среди основных стран-партнеров Омской области во внешней торговле. Соотношение экспорта-импорта представлено в таблицах 2,3 [13].

Таблица 2

**Экспорт товаров по основным странам-партнерам по Омской области,  
(тыс. долларов США)**

Страны-контрагенты	Годы				
	2016	2017	2018	2019	2020
Всего в их числе:	498 634,50	612 506,80	745 261,90	1 009 859,5	762 745,8
Страны СНГ, в том числе:	226 175,5	264 223,2	245 657,3	311 217,8	328 209,7
КАЗАХСТАН (KZ)	148 831,10	179 658,80	165 029,60	218204,2	240899,9
Страны дальнего зарубежья	272 458,90	348 283,70	499 604,70	698 641,7	434 536,1

Таблица 3

**Импорт товаров по основным странам-партнерам по Омской области, (тыс. долларов США)**

Страны-контрагенты	Годы				
	2016	2017	2018	2019	2020
Всего в их числе:	268 953,20	360 138,90	395 801,20	472 209,6	451 166,3
Страны СНГ, в том числе:	119 639,0	145 190,7	159 42,2	190 408,8	165 960,6
КАЗАХСТАН (KZ)	90 462,8	99 801,40	114 393,50	137961,8	116076,3
Страны дальнего зарубежья	149 314,20	214 948,20	236 379,00	281 800,8	285 205,7

В структуре экспорта нашего региона преобладает продукция омского машиностроения (сеялки, насосы, установки для кондиционирования воздуха, холодильное и морозильное оборудование), продукция нефтехимической отрасли (каучук, резина и пластмассы), мука, крахмал и молоко. Спрос на мучные кондитерские изделия, алкогольные, безалкогольные напитки в последние годы падает.

Из Казахстана в Омск поступают котлы, продовольственные товары (мясо и мясные субпродукты).

Однако лишь незначительное количество из этих грузов перевозится водным транспортом (табл. 4-7).

Таблица 4

**Динамика объема грузоперевозок из пунктов Российской Федерации в Республику Казахстан**

Год	Объем грузоперевозок, тыс. тонн	Абсолютный прирост (Отклонение), тыс. тонн	Темп роста, %	Темп прироста, %
2013	3,7	...	-	
2014	2,2	-1,5	59,46	-40,54
2015	4,8	2,6	218,18	118,18
2016	7,6	2,8	158,33	58,33
2017	11,0	3,4	144,74	44,74
2018	15,7	4,7	142,73	42,73

Таблица 5

**Структура грузоперевозок из Омской области в Республику Казахстан**

Вид груза	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год		2017 год		2018 год	
	Объем, тыс. тонн	Удельный вес, %										
Лес	-	-	-	-	1,3	27,1	6,2	81,6	11,0	100,0	12,5	79,6
Прочие грузы	3,7	100,0	2,2	100,0	3,5	72,9	1,4	18,4	-	-	3,2	20,4
Всего	3,7	100,0	2,2	100,0	4,8	100,0	7,6	100,0	11,0	100,0	15,7	100,0

Таблица 6

**Динамика объема грузоперевозок из Республики Казахстан в пункты Российской Федерации**

Год	Объем грузоперевозок, тыс. тонн	Абсолютный прирост (Отклонение), тыс. тонн	Темп роста, %	Темп прироста, %
2013	51,6	...	-	-
2014	50,0	-1,6	96,90	-3,1
2015	84,3	34,3	168,60	68,6
2016	160,1	75,8	189,92	89,92
2017	153,1	-7,0	95,63	-4,37
2018	154,4	1,3	100,85	0,85

Таблица 7

**Структура грузоперевозок из пунктов Российской Федерации в Республику Казахстан**

Вид груза	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год		2017 год		2018 год	
	Объем, тыс. тонн	Удельный вес, %										
Щебень	45,8	88,8	50,0	100,0	84,3	100,0	160,1	100,0	150,1	98,0	145,2	94,0
Соль	5,8	11,2	-	-	-	-	-	-	3,0	2,0	9,2	6,0
Всего	51,6	100,0	50,0	100,0	84,3	100,0	160,1	100,0	153,1	100,0	154,4	100,0

Объем перевозок грузов речным транспортом между Казахстаном и Омской областью составляет около 150 тысяч тонн [11]. Основным экспортируемым грузом из Омской области в Республику Казахстан является лес, импортируемым – щебень (рис. 3, 4) [5]. Сегодня перевозки водным транспортом в трансграничном направлении в настоящее время составляют всего лишь 12% от перевозок, осуществляемых в советское время.

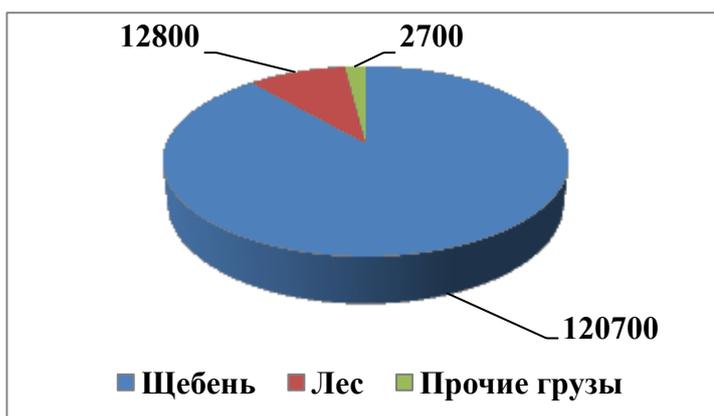


Рис. 3. Структура перевозок грузов между Россией и Казахстаном за 2020 год

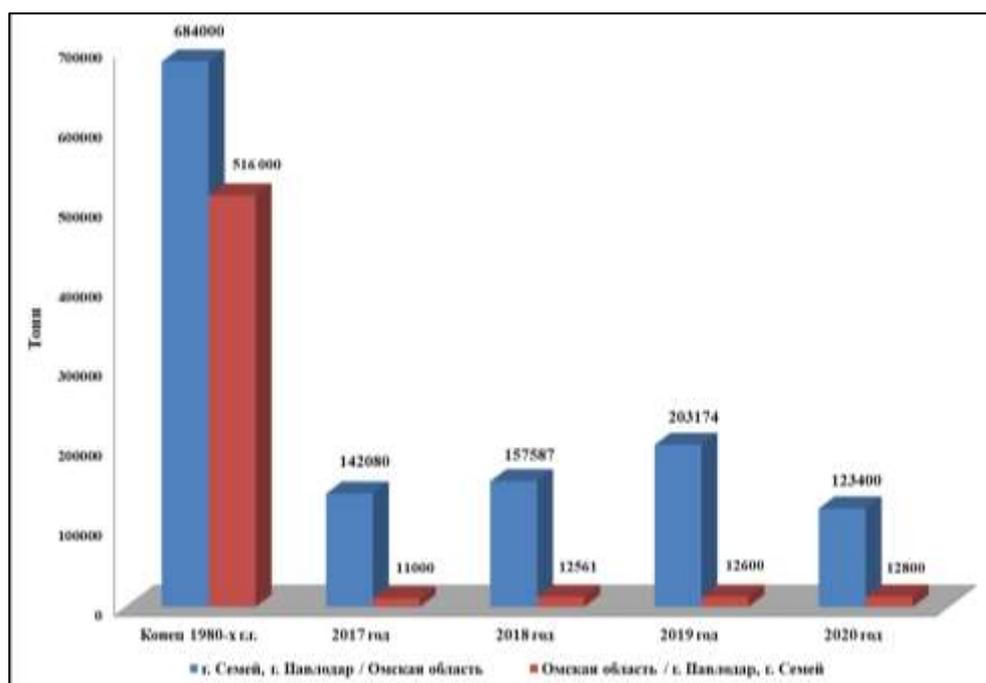


Рис. 4. Погружено и отгружено грузов (тонн)

### Заключение

Увеличение судоходства на трансграничном участке реки Иртыш от границы с Республикой Казахстан (2048 км от устья р. Иртыш) до Кировска (1841 км, район города Омск), протяженностью 207 км, возможно путем:

1. Организация контейнерных перевозок и перевозка нефтеналивных грузов водным транспортом.
2. Перераспределения перевозок массовых грузов (щебень, ПГС, лес) с автомобильного на водный транспорт, что позволит в полной мере использовать потенциал водной магистрали и сохранить инфраструктуру автомобильных дорог [12].
3. Создания комфортных условий для перевозки грузов водным транспортом посредством организации бесперебойной работы пункта пропуска через Государственную границу двух государств.
4. Восстановления портовой инфраструктуры. Нехватка складских площадей современного уровня и перегрузочной техники, является негативным фактором, который снижает привлекательность речного транспорта.
5. Увеличения попусков воды из расположенного на территории Республики Казахстан Шульбинского водохранилища, что позволит увеличить провозную способность флота и тем самым снизить себестоимость перевозки.

В процессе исследования авторами были выявлены ряд ограничений:

1. Объем, структура и тенденции развития внутреннего водного транспорта слабо отражены в научной, статистической и другой литературе, что затрудняет проведение исследований и формирование заключительных выводов.

2. Существующая информация о рынке грузоперевозок неполна и не отражает объемы и динамику развития этого вида услуг.
3. Назрела необходимость объединения участников рынка грузоперевозок в отраслевую ассоциацию с изданием собственного печатного органа и интернет-канала.

### **Благодарности**

Выражаем благодарность ФБУ «Администрация «Обь-Иртышводпуть» в лице Чеснокова Романа Александровича, Сибирскому таможенному управлению, ПАО «Иртышское пароходство» за предоставленные материалы.

### **Список литературы**

1. Пограничный вопрос: Так ли нам интересен казахстанский рынок? - «Деловой Омск» № 21 (175) от 30 мая 2017 года - [https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny\\_vopros\\_tak\\_li\\_nam\\_interesen\\_kazaxstans/](https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny_vopros_tak_li_nam_interesen_kazaxstans/)
2. Азатбек Т., Анализ факторов развития рынка перевозок товаров в условиях пандемии коронавируса на примере Казахстана / Т. Азатбек, Д. Байтенизов, Ж.Раимбеков // Логистика. 2021. № 3 (172). С. 26-29.
3. Пограничный вопрос: Так ли нам интересен казахстанский рынок? - «Деловой Омск» № 21 (175) от 30 мая 2017 года - [https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny\\_vopros\\_tak\\_li\\_nam\\_interesen\\_kazaxstans/](https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny_vopros_tak_li_nam_interesen_kazaxstans/)
4. Раимбеков Ж., Сыздыкбаева Б., Азатбек Т., Рахметулина Ж.Б., Жанабаева Ж. Формирование и развитие полюсов роста на казахстанском участке Экономического пояса Шелкового пути: монография. - Нур-Султан: ТОО "Мастер ПО", 2019. - 296 с.
5. Чесноков Р. А. Увеличение судоходности реки Иртыш, развитие пассажирских и грузовых речных перевозок на трансграничном российско-казахстанском участке // Доклад Сибирский транспортный форум, 2019 г.
6. Долгих А.А. Перспективы совершенствования транспортно-технологических схем перевозки зерна речным транспортом в Сибири / А.А.Долгих, С.Н. Масленников // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». «Речной Форум 2019» [Текст]: Сост. А.В. Степанов. – Омск: ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ», 2019. С. 90-95.
7. Шляпина Ю.В. SWOT-анализ российского рынка грузоперевозок водным транспортом / Ю.В. Шляпина // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». «Речной Форум 2019» [Текст]: Сост. А.В. Степанов. – Омск: ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ», 2019. С. 468-475.
8. В Омске подвели первые итоги международного Форума приграничного сотрудничества России и Казахстана [Электронный ресурс]. - URL: <http://gtrkomsk.ru/news/295585> (дата обращения: 10.11.2022).
9. Омская область презентовала собственный логистический маршрут для экспорта зерна [Электронный ресурс]. - URL: <http://gtrk-omsk.ru/news/294112> (дата обращения: 20.10.2022).
10. Путин назвал основные направления развития внутренних водных путей России [Электронный ресурс]. – URL: <https://regnum.ru/news/economy/2167239.html> (дата обращения: 30.11.2022).
11. Губернатор Омской области связывает развитие региона с увеличением экспорта омских товаров и их транспортировкой по воде [Электронный ресурс]. – URL: <https://portnews.ru/news/305023/> (дата обращения: 30.11.2022).
12. Омская область разработает предложения по развитию водного транспорта для нового нацпроекта [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.morvesti.ru/news/1679/89323/> (дата обращения: 28.04.2022).

13. Stu.customs. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://stu.customs.gov.ru/folder/230051> (дата обращения 11.03.2023)

#### References

1. Pogranichnyj vopros: Tak li nam interesen kazakhstanskij rynek? - «Delovoj Omsk» № 21 (175) ot 30 maya 2017 goda - [https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny\\_vopros\\_tak\\_li\\_nam\\_interesen\\_kazaxstans/](https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny_vopros_tak_li_nam_interesen_kazaxstans/)
2. Azatbek T., Analiz faktorov razvitiya rynka perevozok tovarov v usloviyakh pandemii koronavirusa na primere Kazakhstana / T. Azatbek, D. Bajtenizov, ZH.Raimbekov // Logistika. 2021. № 3 (172). S. 26-29.
3. Pogranichnyj vopros: Tak li nam interesen kazakhstanskij rynek? - «Delovoj Omsk» № 21 (175) ot 30 maya 2017 goda - [https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny\\_vopros\\_tak\\_li\\_nam\\_interesen\\_kazaxstans/](https://newsomsk.ru/do/news/57938-pogranichny_vopros_tak_li_nam_interesen_kazaxstans/)
4. Raimbekov ZH., Syzdykbaeva B., Azatbek T., Rakhmetulina ZH.B., ZHanabaeva ZH. Formirovanie i razvitie polyusov rosta na kazakhstanskom uchastke EHkonomicheskogo poyasa SHelkovogo puti: monografiya. - Nur-Sultan: TOO "Master PO", 2019. - 296 s.
5. CHesnokov R. A. Uvelichenie sudokhodnosti reki Irtysh, razvitie passazhirskikh i gruzovykh rechnykh perevozok na transgranichnom rossijsko-kazakhstanskom uchastke //Doklad Sibirskij transportnyj forum, 2019 g.
6. Dolgikh A.A. Perspektivy sovershenstvovaniya transportno-tekhnologicheskikh skhem perevozki zerna rechnym transportom v Sibiri / A.A.Dolgikh, S.N. Maslennikov // Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye nauchnye issledovaniya: aktual'nye problemy i tendentsii». «Rechnoj Forum 2019» [Tekst]: Sost. A.V. Stepanov. – Omsk: OIVT (filial) FGBOU VO «SGUVT», 2019. S. 90-95.
7. SHlyapina YU.V. SWOT-analiz rossijskogo rynka gruzoperevozok vodnym transportom / YU.V. SHlyapina // Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye nauchnye issledovaniya: aktual'nye problemy i tendentsii». «Rechnoj Forum 2019» [Tekst]: Sost. A.V. Stepanov. – Omsk: OIVT (filial) FGBOU VO «SGUVT», 2019. S. 468-475.
8. V Omske podveli pervye itogi mezhdunarodnogo Foruma prigranichnogo sotrudnichestva Rossii i Kazakhstana [EHlektronnyj resurs]. - URL: <http://gtrkomsk.ru/news/295585> (data obrashheniya: 10.11.2022).
9. Omskaya oblast' prezentovala sobstvennyj logisticheskij marshrut dlya ehksporta zerna [EHlektronnyj resurs]. - URL: <http://gtrk-omsk.ru/news/294112> (data obrashheniya: 20.10.2022).
10. Putin nazval osnovnye napravleniya razvitiya vnutrennikh vodnykh putej Rossii [EHlektronnyj resurs]. – URL: <https://regnum.ru/news/economy/2167239.html> (data obrashheniya:30.11.2022).
11. Gubernator Omskoj oblasti svyazyvaet razvitie regiona s uvelicheniem ehksporta omskikh tovarov i ikh transportirovkoj po vode [EHlektronnyj resurs]. – URL: <https://portnews.ru/news/305023/> (data obrashheniya: 30.11.2022).
12. Omskaya oblast' razrabotaet predlozheniya po razvitiyu vodnogo transporta dlya novogo natsproekta [EHlektronnyj resurs]. – URL: <http://www.morvesti.ru/news/1679/89323/> (data obrashheniya: 28.04.2022).
13. Stu.customs. [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa:  
<https://stu.customs.gov.ru/folder/230051> (data obrashheniya 11.03.2023)

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / AUTHORS INFORMATION

**Заславская Елена Алексеевна**,  
канд. пед. наук, директор ОИВТ (филиал)  
ФГБОУ ВО СГУВТ, Россия, 644099, г. Омск,  
улица Ивана Алексеева, 4, e-mail:  
[omsk@nsawt.ru](mailto:omsk@nsawt.ru).

**Elena A. Zaslavskaya**, Ph.D., Director of  
FSBEI HE SGUVT, Russia, 644099, Omsk, Ivan  
Aleksseev street, 4, e-mail: [omsk@nsawt.ru](mailto:omsk@nsawt.ru).

**Храпова Елена Валерьевна**, доцент, к.э.н., доцент кафедры Экономики и управления на транспорте, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО СГУВТ, Россия, 644099, г. Омск, улица Ивана Алексеева, 2, e-mail: elena1979-28@mail.ru

**Elena V. Khrapova**, Associate Professor, Office of Economics and Transport Management, Associate Professor, Department of Transport Economics and Management, OI VT (branch), FSBEI HE SGUVT, Russia, 644099, Omsk, Ivan Alekseeva street, 2, e-mail: elena1979-28@mail.ru

**Шляпина Юлия Викторовна**, к.э.н., доцент кафедры Экономики и управления на транспорте, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО СГУВТ, Россия, 644099, г. Омск, улица Ивана Алексеева, 2, e-mail: ladyjulia@inbox.ru

**Yulia V. Shlyapina**, Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Transport Management, FSBEI HE SGUVT, Russia, 644099, Omsk, Ivan Alekseev Street, 2, e-mail: ladyjulia@inbox.ru

**Газизова Динара Биляловна**, старший преподаватель кафедры Экономики и управления на транспорте, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО СГУВТ, Россия, 644099, г. Омск, улица Ивана Алексеева, 2, e-mail: dinchik\_73@mail.ru

**Dinara B. Gazizova**, Senior Lecturer, Department of Transport Economics and Management, OI VT (branch), FSBEI HE SGUVT, Russia, 644099, Omsk, Ivan Alekseev street, 2, e-mail: dinchik\_73@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 14.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 330.342

DOI: 10.37890/jwt.vi77.425

## **Институциональные аспекты управления благосостоянием экономической системы**

**Р.И. Каравашкина**

*ORCID: 0000-0002-7263-9001*

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

**Аннотация.** Развитие современной экономической системы проходит в рамках значительных институциональных преобразований. Усложнение процессов осуществления экономического взаимодействия между хозяйствующими субъектами, институциональными образованиями сопровождается дополнительными тратами времени и ресурсов, что в конечном итоге негативно сказывается на динамике эффективности экономической системы и ее благосостоянии.

Последние события в области политики и социально-экономическом развитии однозначно оказали значительное негативное влияние на текущие экономические процессы, и таким образом, предопределили соответствующие отрицательные изменения в будущих периодах, что, с одной стороны, вносит дестабилизирующий фактор в традиционно сложившиеся экономические взаимоотношения и процессы, а с другой стороны, перестройка привычных систем и взаимосвязей может предоставить возможность для нахождения новых способов осуществления хозяйственной деятельности и тем самым повышения эффективности благосостояния экономической системы.

Цикличность развития экономических процессов, как известно, имеет не только негативные, но и положительные последствия. В связи с этим основной задачей настоящего периода является нахождение новых благоприятных возможностей и способов их скорейшей реализации с целью повышения благосостояния.

**Ключевые слова:** благосостояние, экономический рост, экономическая система, институциональная экономика, институт управления, транзакции, институты, транзакционные издержки

## **Institutional aspects of the welfare management of the economic system**

**Renata I. Karavashkina**

*ORCID: 0000-0002-7263-9001*

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

**Abstract.** The development of the modern economic system takes place within the framework of significant institutional transformations. The complication of the processes of economic interaction between economic entities, institutional formations is accompanied by additional waste of time and resources, which ultimately negatively affects the dynamics of the efficiency of the economic system and its well-being.

Recent events in the field of politics and socio-economic development have clearly had a significant negative impact on current economic processes, and thus predetermined the corresponding negative changes in future periods, which, on the one hand, introduces a destabilizing factor into the traditionally established economic relations and processes, and on the other hand, the restructuring of familiar systems and relationships can provide an opportunity to find new ways of doing business and thereby improve the efficiency of the welfare of the economic system.

The cyclical development of economic processes, as you know, has not only negative, but also positive consequences. In this regard, the main task of the present period is to find new favorable opportunities and ways to implement them as soon as possible in order to improve well-being.

**Keywords:** welfare, economic growth, economic system, institutional economics, management institution, transactions, institutions, transaction costs

### **Введение**

Под благосостоянием экономической системы в общем виде понимают такое ее развитие, при котором наблюдается долгосрочная тенденция к повышению количественных и качественных показателей, характеризующих степень ее развития. Экономическая система должна, таким образом, определить: общее направление развития, качественные и количественные цели и задачи развития, сроки их достижения, способы и инструменты, с помощью которых они будут достигнуты. Выбор целеполагающих и приоритетных направлений устойчивого развития осуществляется, согласно теории экономики, на основе общественного мнения (теория общественного выбора) и с учетом национальных, культурных и социальных предпочтений экономической системы (национальной концепции благосостояния).

### **Методы**

Тенденции развития мировой экономики в области экономического роста в последние десятилетия показывали затухающую динамику благосостояния. Признанный авторитет в области теории экономического роста и нобелевский лауреат 1971 года Саймон Кузнец отмечал, что достижение положительных темпов развития национальной экономики в 3% за счет повышения производительности труда, который может быть обеспечен путем использования научных разработок и нововведений, а также возможностей отраслевых и межотраслевых факторов и резервов роста производительности труда, вполне достаточный и желательный уровень для любой национальной экономической системы. Практика развитых стран за последний период показала положительную динамику показателей экономического роста и благосостояния в размере около 1 процента, т.е. в размере статистической ошибки. Причем резервов роста показателей и национальных экономик нет.

Как видно из данных рис.1. исключением являются Китай и Индия, продемонстрировавшие небывалый за долгий период времени рост производства совокупного продукта, что объясняется наличием значительных, ранее не использованных, резервов роста общественной производительности за счет НТП, привлечения ранее неиспользованных факторов производства, организационных факторов, а также резервов в области использования человеческого ресурса в данных экономических системах.

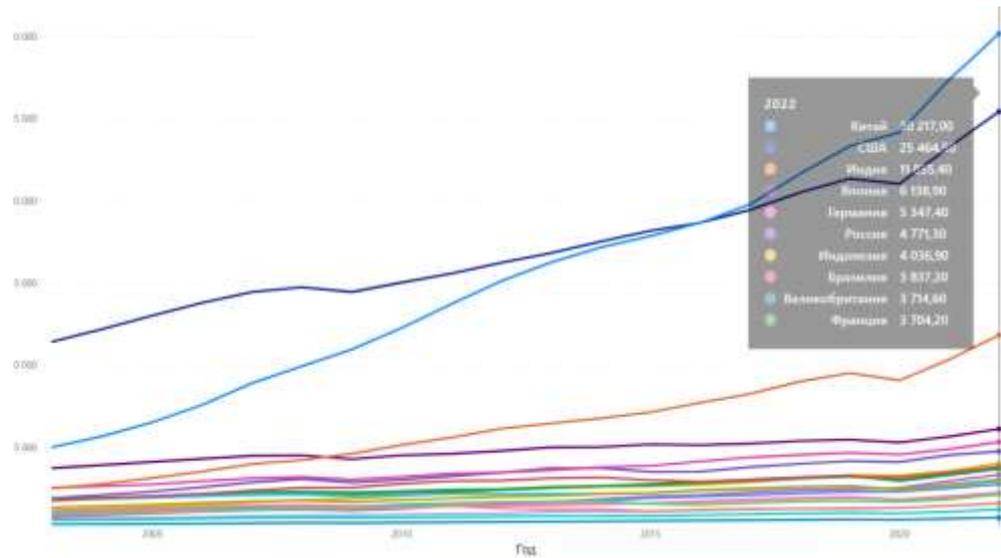


Рис.1. ВВП десяти крупнейших экономических систем мира по ППС по данным МВФ, млрд. долл.

### Результаты

Таким образом, торможение темпов экономического развития ознаменовало начало периода застоя, а в дальнейшем начало проявления негативных социально-экономических последствий – значительного социального расслоения, дифференциации доходов, снижение деловой активности, диспропорции развития отраслей и т.д.

Застойные процессы в функционировании экономических систем стали причиной торможения темпов экономического благосостояния. На рис. 2 приведены основные причины, показатели, а также источники и последствия негативных явлений, снижающих уровень благосостояния экономических систем последних лет.

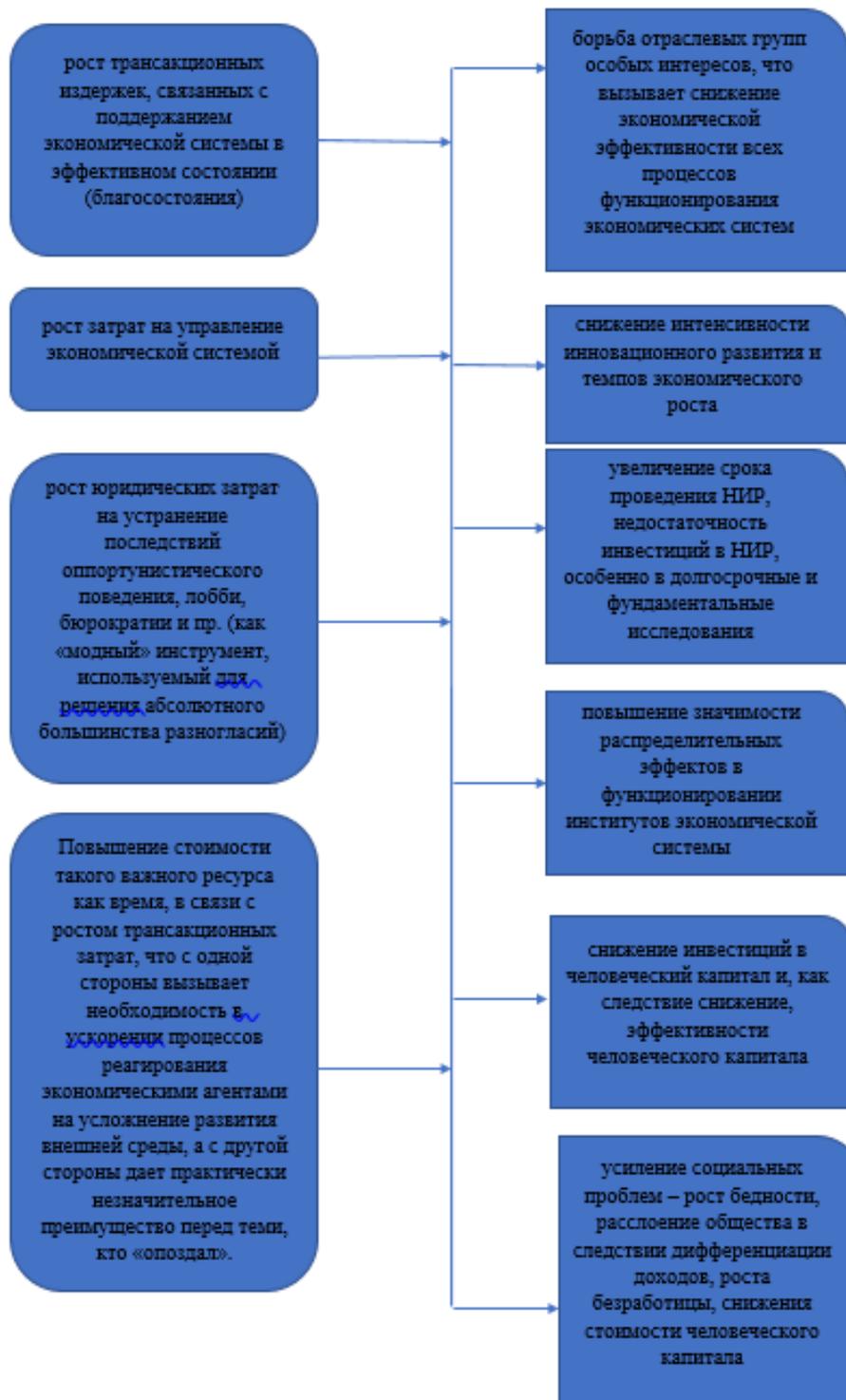


Рис.2. Некоторые причины и следствия негативных факторов благополучия экономических систем. Составлено автором

Приведенная классификация показывает, что снижение интенсивности инновационного развития и темпов роста благосостояния имеет много причин. Рассмотрение их институциональных источников необходимо. Так, усиливающаяся борьба отраслевых групп интересов снижает эффективность всех процессов функционирования экономической системы, оказывая блокирующее влияние на эффективное использование имеющихся производственных факторов и функционирование рыночных механизмов. Усложнение и бюрократизация управленческой институциональной системы вызывает увеличение срока проведения НИР, недостаточность инвестиций в НИР, особенно в долгосрочные и фундаментальные исследования. Наблюдается повышение значимости распределительных эффектов в функционировании институтов экономической системы, рост «сервисного» сектора экономики в ущерб производственному, что вызывает дисбалансы в области труда и технологий, а также инвестиций в основные сектора экономики и негативно влияет на долгосрочное благосостояние.

Долговременное уменьшение инвестиций в человеческий капитал, резкое падение качества образования и здравоохранения вызвало, как следствие, снижение эффективности человеческого капитала. Наблюдается падение потребительского спроса на ряд инновационных благ и прогрессивных технологий в следствии старения населения большинства стран, и, тем самым, изменения структуры потребительского спроса сделало такую цель, как долгосрочное развитие экономической системы, неактуальной. Рост спекулятивной нагрузки на экономику в связи с разрастанием финансового сектора, а также увеличение долговой нагрузки на экономические субъекты растет и вызывает серьезные проблемы в развитии реального сектора экономики.

Все большее усиление социальных проблем – увеличение числа бедного населения, расслоение общества в следствии дифференциации доходов, рост безработицы, снижение стоимости человеческого капитала также требует скорейшего решения. Смена общего курса парадигмы с признания первой важности обеспечения темпов положительной динамики роста экономического развития в сторону «достижения устойчивого развития», подавляющее преобладание «экономики потребления» истощает ресурсную базу современной экономики нагружая ее ростом значительных экологических проблем и проблем в области негативных экстерналий, сопровождающих резкое снижение эффективности экономической системы любого уровня.

### **Обсуждение**

Таким образом, становится очевидным факт, что следует разграничивать понятия «скорости» социально-экономического развития и темпов экономического роста. В связи с этим, по нашему мнению, становится важной задача уточнения терминов «благосостояние» и «устойчивое развитие». Нахождения причин и путей взаимосвязи между ними. Ускорение социально-экономического развития всегда связано с измерением затрат времени и других ресурсов, которые в конечном итоге определяют размер транзакционных издержек. Значительная величина которых способна свести на нет положительный результат темпов экономического роста.

В области управления национальной экономической системой в настоящее время отсутствует тесное взаимодействие между экономическими и управленческими теориями и методологией. Эффективный институт управления в целом является основным условием достижения перманентного благосостояния национальной экономики. Теоретическая база экономической науки в настоящее время такова, что она не может предоставить готовых решения для достижения конкретных задач.

Методологическая проблема, состоящая в нахождении механизмов согласования теории управления, экономической науки и практики управления тоже имеется.

Институциональное направление экономической науки характеризуется собственной методологической базой, что позволяет значительно расширить инструментарий в области принятия экономически обоснованных управленческих решений. Экономические системы любого уровня и структуры как сложные системы нуждаются в комплексном подходе изучения сущности.

Эволюция экономической науки показала, как от догматической веры в саморегулирование всех рыночных процессов, экономические системы в своем развитии общество пришло к пониманию необходимости государственного участия в регулировании макроэкономических процессов. В настоящее время экономическая наука занята поиском объяснения кризисных явлений в развитии экономики систем.

Актуальными вопросами в настоящее время являются: нахождение способов учета национальных особенностей в развитии экономических систем, механизмов выстраивания национальной концепции развития благосостояния, устойчивого развития и экономического роста. Требуется уточнение терминологического аппарата, причин неэффективного развития экономических систем, требуется уточнение понятийного аппарата и в других сферах в связи с неодинаковостью их трактовок. Еще одним важным моментом в развитии теории и практики управления экономическими системами является необходимость ухода от подражания и копирования, а также заимствования разработок зарубежных школ и теорий. В настоящее время необходимо развивать традиции отечественной экономической школы, имеющие твердый теоретический и методологический базис.

О необходимости нахождения институциональных способов решения обозначенных ранее проблем говорит даже беглый анализ эффективности аппарата управления как отдельной институциональной структуры. Данный анализ может быть охарактеризована следующими данными (табл.1.).

Таблица 1

**Некоторые показатели численности, расходов на содержания и эффективности института управления в 1980 и 2020 гг на примере СССР и РФ**

	1980	2020	+/-
Численность работников аппарата управления, тыс. чел.	2231	2400	+107,6%
В том числе на 10 тыс.чел населения	78	163	+209%
Расходы ФБ на содержание аппарата управления	2,1%	7,8%	+371%
Соотношение ЗП работника госаппарата к ЗП учителя средней школы	1,211	2,89	+239%
Место в мире по ВВП совокупному	2*	5**	-3
Место в мире по ВВП на душу населения	56*	65**	-9

Источник: Росстат

. \* . – для СССР

. \*\* - для РФ

Очевидно, что за период с 1980-2020 год происходили судьбоносные изменения в развитии экономической системы нашего государства. Они наблюдались как в политической среде, так и в социально-экономическом развитии и институциональной сфере. Усложнение хозяйственных процессов, а также институциональной среды всегда вызывают рост транзакционных издержек. Однако даже примерные расчеты, произведенные на основе ограниченного перечня показателей табл.2. показывают, что актуальность осуществления институциональных преобразований в области создания результативной системы управления благосостоянием экономической необходимы. В эпоху цифровизации и

инновационного развития экономическая система обладает всеми необходимыми возможностями для того, чтобы решить такие вопросы как избавление от ненужных структурных элементов и излишней численности института управления, в связи с тем, что чрезмерное число подсистем и элементов данной системы удлинит сроки принятия и реализации решений, сбора информации, усложняет и повышает стоимость контролирующей функции, склонна к повышению риска ошибок коммуникаций в управленческой институциональной среде и пр. Другими словами ведет к увеличению транзакционных издержек, а также снижению эффективности и благосостояния экономической системы.

### **Заключение**

Экономическая наука в настоящее время характеризуется конгломератом различных теорий, подходов, моделей, позиций – порой созвучных, порой противоречивых. Однако все они схожи в мнении о том, что выбор теорий и подходов осуществляется в рамках принятия управленческих решений и создания эффективной институциональной среды, которая стремится к снижению транзакционных издержек, экономии времени и денежных средств, необходимых для реализации мер по совершенствованию институциональной среды, ускорению процессов повышения благосостояния экономической системы. С точки зрения теории и методологии экономической науки необходимо расширить область понимания «эффективности экономической системы», особенно с точки зрения анализа долгосрочного периода, а также заботы о будущих поколениях. Необходимо проводить исследования в области теории институциональных изменений, расширять методологические возможности экономической и управленческой науки, развивать институциональную теорию технологических изменений теории благосостояния и др.

### **Список литературы**

2. Жмачинский В.И., Чернева Р.И. Методика оценки уровня жизни населения. // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 9 (456). С. 55-66.
3. Итоговый доклад о результатах работы в 2014 г. и основных направлениях деятельности Минтранса России на 2015-2017 годы. – М, 2015.
4. Калабеков И.Г. СССР и страны мира в цифрах. Справочное издание – М., 2015. – 239 с.
5. Каравашкина Р.И., Мохрякова В.А. Теория благосостояния общества в методах государственного регулирования. // В сборнике: Транспорт. Горизонты развития. Труды 2-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2022. С. 123.
6. Российское экономическое чудо сделаем сами. Прогноз развития экономики России до 2020 г. – М: Деловая литература, 2007. – 352 с.
7. Сухарев О.С. The theory of economic changes: problems and decisions. Moscow. 2013. 367 с. ISBN 978-5-396-00586-0
8. Транспортная стратегия России до 2030 г. (утв. распоряжением правительства РФ от 22.11.2008 г. № 1734-р. г. Москва).
9. Чернева Р.И. Формирование национальной концепции уровня и качества жизни: основные компоненты и принципы реализации. // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53). С. 30-35.

### **References**

1. Zhmachinsky V.I., Cherneva R.I. Methodology for assessing the living standards of the population. Economic analysis: theory and practice. 2016. No. 9 (456). pp. 55-66.
2. Final report on the results of work in 2014 and the main activities of the Ministry of Transport of Russia for 2015-2017. - M, 2015.

3. Kalabekov I.G. The USSR and the countries of the world in numbers. Reference edition - M., 2015. - 239 p.
4. Karavashkina R.I., Mokhryakova V.A. The theory of the welfare of society in the methods of state regulation. In the collection: Transport. Horizons of development. Proceedings of the 2nd International Scientific and Industrial Forum. Nizhny Novgorod, 2022, p. 123.
5. We will do the Russian economic miracle ourselves. Forecast of the development of the Russian economy until 2020 - M: Delovaya Literature, 2007. - 352 p.
6. Sukharev O.S. The theory of economic changes: problems and decisions / Moscow.- 2013. - 367 p. ISBN 978-5-396-00586-0
7. Transport strategy of Russia until 2030 (approved by order of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 No. 1734-r. Moscow).
8. Cherneva R.I. Formation of the national concept of the level and quality of life: main components and principles of implementation. Economy and entrepreneurship. 2014. No. 12-4 (53). pp. 30-35.

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

**Каравашкина Рената Ивановна**, к.э.н.,  
доцент, доцент кафедры экономики и  
менеджмента ФГБОУ ВО ВГУВТ, 603951,  
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,  
e-mail: ren3004@mail.ru

**Renata I. Karavashkina**, Candidate of Economic  
Sciences, Associate Professor, Associate  
Professor of the Department of Economics and  
Management, VSUVT. 603951, Nizhny  
Novgorod, st. Nesterova, 5, e-mail:  
ren3004@mail.ru,

Статья поступила в редакцию 28.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 28.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 338.47

DOI: 10.37890/jwt.vi77.426

## **Роль водного транспорта в освоении и развитии хозяйствующих субъектов регионов России**

**М.С. Колосова**

*ORCID: 0009-0000-7351-0333*

**Д.Ю. Фраймович**

*ORCID: 0000-0001-9702-9093*

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

**Аннотация.** В статье рассматривается роль водного транспорта в развитии различных хозяйствующих субъектов в Российских регионах. В связи с тем, что Россия обладает обширными территориями с огромным количеством рек, озер, морей и протяженностью береговой линии, водный транспорт играет важнейшую роль практически во всех без исключения сферах общества. Поэтому в статье также рассматриваются основные аспекты взаимосвязи между развитием водного транспорта и региональной экономикой, включая повышение уровня доступности для бизнеса и жителей, облегчение перевозки товаров и увеличения их объёмов, а также создание рабочих мест и стимулирование различного рода инвестиций. В статье также уделяется внимание роли водного транспорта в развитии труднодоступных и отдаленных территорий, где он является ключевым фактором преодоления географических и социально-экономических ограничений. Таким образом в статье рассматриваются различного рода вызовы и проблемы, связанные с развитием водного транспорта в различных хозяйствующих субъектах. Основная цель статьи расширить понимание роли водного транспорта в развитии регионов России, а также обратить внимание на важность сбалансированного инфраструктурного развития для экономического и социального прогресса.

**Ключевые слова.** морской транспорт, речной транспорт, транспортная инфраструктура, внешняя торговля, внутренняя торговля, хозяйствующий субъект.

## **The role of water transport in the development of economic entities in the regions of Russia**

**Maria S. Kolosova**

*ORCID: 0009-0000-7351-0333*

**Denis Yu. Fraimovich**

*ORCID: 0000-0001-9702-9093*

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

**Abstract.** The article considers the role of water transport in the development of various economic entities in Russian regions. Due to the fact that Russia has vast territories with a huge number of rivers, lakes, seas and a long coastline, water transport plays a vital role in almost all spheres of society without exception. Therefore, the article also examines the main aspects of the relationship between the development of water transport and the regional economy, including increasing accessibility for businesses and residents, facilitating the transport of goods and increasing their volumes, as well as creating jobs and stimulating various types of investment. The article also focuses on the role of water transport in the development of inaccessible and remote areas, where it is a key factor in overcoming geographical and socio-economic restrictions. Thus, the article considers various types of challenges and problems associated with the development of water transport in various

economic entities. The main goal of the article is to expand the understanding of the role of water transport in the development of Russian regions, as well as to draw attention to the importance of balanced infrastructural development for economic and social progress.

**Keywords:** maritime transport, river transport, transport infrastructure, foreign trade, domestic trade, economic entity.

### **Введение**

Наша страна является крупнейшей в мире и сосредотачивает на своей территории огромное количество рек, озер, морей, обладает огромной протяженностью береговой линии. Поэтому развитие водного транспорта дает реальные возможности для развития экономики, затрагивая как торговлю, так и промышленное производство, играет основополагающую роль в освоении и развитии труднодоступных районов.

Бесспорно, развитие транспортной инфраструктуры и эффективное функционирование транспортного комплекса, как сложного единого механизма, является ключевым фактором развития российской экономики.

Вопросы эффективности функционирования транспортной системы заслуживают особого внимания по причине больших расстояний между центрами производства и потребления продукции.

Одним из видов транспорта, с помощью которого можно выгодно, как для продавца, так и покупателя, преодолеть необъятные просторы нашей страны и зарубежья, является водный транспорт.

Так, важность функционирования водных видов транспорта в рамках поздравления работников морского и речного флота отметил заместитель председателя Совета Безопасности РФ Д. А. Медведев: «водный транспорт — один из древнейших в России — играет большую роль в нашей экономике, в развитии внешней торговли и туризма, повышении мобильности людей [4].

Также политик говорит о важнейшей роли водного транспорта в освоении труднодоступных районов Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири, без применения которого добраться туда можно только в летний период.

К вопросу развития водного транспорта обращался и председатель Государственной Думы В. В. Володин. По его словам, Россия входит в тройку стран по длине водных путей, что даёт ей некое преимущество, которое важно использовать. Также он отмечает следующий экономический факт: «километр перевозки на судне на 15% дешевле, чем по железной дороге, и на 25% – чем на автомобиле» [3].

### **Методы исследования**

Эмпирическую базу исследования составляют данные Росстата, Агентства маркетинговых исследований DISCOVERY RESEARCH GROUP. Работа проведена на основании сбора, обобщения (метода синтеза), систематизации и сравнительного анализа материалов, полученных из официальных информационных ресурсов.

### **Результаты и обсуждения**

Роль водного транспорта в Единой транспортной системе, в первую очередь, определяется его экономическими и техническими особенностями. Так, к положительным характеристикам можно отнести следующие: низкую себестоимость (примерно на 25-30 % ниже по сравнению с перевозкой на автомобиле); небольшой расход топлива в сравнении с воздушным транспортом и другие.

Таким образом, перечисленные выше особенности позволяют компаниям, активно пользующимся водными видами транспорта, как основным способом перевозки

товаров, уменьшить транспортные расходы и не повышать значительно стоимость товара для покрытия логистических издержек, а также способствуют увеличению экспорта товаров и укреплению международных экономических связей.

В целом, для расчета затрат на перевозку водными видами транспорта необходимы стоимостные и количественные оценки оказываемых услуг, вычисление которой, в свою очередь, сопряжено с получением информации о цене транспортной услуги (тарифе, фрахте или сборе).

Объём транспортных услуг учитывается в виде грузооборота в тонно-милях, пассажиро-милях, тоннах–операциях и прочих единицах.

Стоит отметить, что речные и морские порты обладают монополией на месторасположение. Услуги данных субъектов делятся на регулируемые и нерегулируемые государством.

Таким образом, в каждом порту устанавливаются собственные сборы и тарифы. Но в 2020 году государственное регулирование многих видов услуг естественных монополий отменено с целью повышения конкурентоспособности хозяйствующих субъектов и отрасли.

Но также не стоит забывать о некоторых недостатках данного вида транспорта. К ним можно отнести: невысокая скорость доставки груза; сезонность работы речного транспорта, вызванного ледоставом и обмелением рек.

Водный транспорт является одним из основополагающих факторов развития промышленности страны, поскольку активно используется для металлургического производства и нефтепереработки и практически не ограничивает размеры и массу груза.

Так, за последний год водным речным и морским транспортом было перевезено около 60% черных металлов [6].

Благодаря перевозке грузов водными видами транспорта в стране быстрыми темпами производилась модернизация энергетических, нефтехимических и геохимических заводов.

В число перечисленных выше объектов входят: Амурский газохимический комплекс, Западно-Сибирский газохимический кластер и ветровая электростанция в Тикси за Полярным кругом.

Стоит обратить внимание на то, что водные виды транспорта помогают экономить энергоресурсы, а также многие суда работают на «светлых нефтепродуктах», что снижает объём выбросов вредных веществ.

Несмотря на все указанные преимущества, как показывает зарубежная практика активного использования данного вида транспорта, он требует значительного притока инвестиций.

Для активного развития данного сектора правительство РФ проводит масштабные инвестиционные программы, направленные на ремонт судов, освоение новых водных путей в труднодоступные районы страны.

За последние пять лет динамика изменения протяжённости внутренних водных путей в России выглядит следующим образом (табл. 1) [1].

*Таблица 1*

**Протяженность внутренних водных судоходных путей (на конец года), тыс. км**

	2018	2019	2020	2021	2022
Протяженность внутренних водных судоходных путей (на конец года), тыс. км	101,5	101,6	101,6	101,6	101,6

Теперь обратим внимание на структуру перевозки грузов по видам транспорта в РФ (табл.2) (за исключением доли вновь присоединившихся в 2022 году территорий) [1, 8].

Таблица 2

**Структура перевозки грузов по видам транспорта по Российской Федерации**

	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Транспорт - всего</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>в том числе:</b>					
<b>железнодорожный</b>	17,1	16,6	17,1	17,0	15,5
<b>воздушный</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
<b>автомобильный</b>	67,1	68,0	67,9	67,6	70,7
<b>водный транспорт</b>	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6
<b>трубопроводный</b>	14,1	13,8	13,3	13,8	12,2

Из таблицы 2 видно, что доля водного транспорта в общей структуре перевозки грузов в России незначительная. Доминирующую позицию, практически  $\frac{3}{4}$  от общей доли, занимает автомобильный транспорт. Такое преобладание автомобильного транспорта в перевозках связано с ограниченными возможностями доставки в пункты назначения.

В данном случае очевиден вывод о том, что при перегрузке товара с водного транспорта на наземный и доставке в конечный пункт потребуется вложить немалое количество средств.

Также по сравнению со спецификой перевозок на автомобильном и железнодорожном транспорте доставка водным путем регламентируется более жесткими требованиями к упаковке и креплению товара [2].

Поэтому чаще всего при использовании водного транспорта, как основного способа перевозки, применяется мультимодальное перемещение грузов. Благодаря данному типу перевозки, доставка товара осуществляется из пункта отправления к пункту приема товара несколькими видами транспортных средств.

Также комбинация воздушных, наземных и водных транспортных систем является неотъемлемым элементом развития глобальной логистической и торговой сети [10, с. 55].

По описанной выше причине большинство существующих видов транспорта уступают автомобильному. В силу активного развития дорожной сети в России и за рубежом, перевозка автомобильным транспортом не сильно уступает по времени другим видам, за исключением воздушного.

Но одной из основных проблем в применении данного вида транспорта является его малая грузоподъемность.

В таблице 2 наглядно видно, что доля автомобильных перевозок товаров с каждым годом растет, что нельзя сказать о других видах доставки. Это еще раз свидетельствует о том, что в целом перемещение товаров на автомобильных видах транспорта является наиболее удобной и доступной по стоимости и времени.

Как уже было упомянуто выше, водный транспорт сыграл ключевую роль в развитии сообщения между территориями центральной России, Зауралья и Крайнего севера.

Почти до середины 19 века водный путь являлся основным, а, зачастую, и единственным путем к просторам Зауралья. Позднее активно началась деятельность по прокладке гужевых, а в последствии – автомобильных дорог.

Таким образом, роль северных водных путей ненадолго снизилась, но с этапом активного развития промышленности и массового строительства металлургических заводов, водный транспорт стал набирать популярность [5].

Одним из событий, оказавших непосредственное влияние на развитие водного транспорта, является начало строительства Транссибирской магистрали. Под её влияние попали практически все бассейны сибирских рек [8, с. 202]

На пересечении водных систем Иртыша, Енисея, Оби и железнодорожных путей появились большие транспортные узлы, сортировочные пункты, что активно способствовало развитию новых и недоступных ранее территорий.

В первую очередь, в основе пользования данными логистическими объектами лежала потребность в перевозке габаритных и опасных грузов (взрывчатых веществ, радиоактивных веществ, органических пероксидов, токсичных веществ и других грузов).

Также, в связи с природно-географическими факторами, водный транспорт является основным средством передвижения жителей Иркутской области в другие районы Сибири.

### **Заключение**

Россия является одной из крупнейших стран, где водный транспорт облегчает соединение различных регионов, обеспечивая удобство и доступность транспортировки грузов и пассажиров как внутри страны в целом, так и в её труднодоступных районах.

Также внутренние и морские водные пути представляют России возможность развития международных торговых бизнес-связей за счет возможности экспортировать товары на мировые рынки и импортировать продукцию из других стран.

Немаловажно то, что водные порты активно способствуют созданию новых рабочих мест, развитию туризма в регионах и инфраструктуры вокруг водных объектов.

Однако, развитие водного транспорта связано с рисками и угрозами. К ним относятся погодные и навигационные условия, ошибки в системе расчета грузоподъемности и другие [9, с. 78].

В целом, водный транспорт обеспечивает экономическую выгодность и эффективность перевозок пассажиров и различного вида грузов на внутренних и международных маршрутах, укрепляя надежность логистической системы России.

### **Список литературы**

1. Росстат | Транспорт | Структура перевозок грузов [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://rosstat.gov.ru> [дата обращения 07.09.2023]
2. Логистика металла: контейнерные и водные перевозки [Электронный ресурс] –Режим доступа: <https://cometal.ru> [дата обращения 07.09.2023]
3. Володин назвал развитие речного транспорта стимулом для экономики России – Ведомости [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vedomosti.ru> [дата обращения 07.09.2023]
4. Дмитрий Медведев: Водный транспорт играет большую роль в экономике России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kgd.ru> [дата обращения 07.09.2023]
5. ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ | Евразийский Союз Ученых - публикация научных статей в ежемесячном научном журнале [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://euroasia-science.ru> [дата обращения 07.09.2023]
6. Перспективы развития водного транспорта: что думают эксперты [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://portnews.ru> [дата обращения 07.09.2023]
7. Анализ рынка грузоперевозок морским и водным транспортом в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://drgroup.ru> [дата обращения 07.09.2023]
8. Левиков, Г.А. Смешанные перевозки (состояние, проблемы, тенденции) / Г.А. Левиков, В.В. Тарабанько. - 2-е изд., испр.и доп. – М. : РосКонсульт, 2016. – 224 с.

9. Лимонов, Э.Л. Внешнеторговые операции морского транспорта и мультимодальные перевозки: учебник / Э. Л. Лимонов; рек.УМО по образованию в обл.водн.транспорта ... для вузов. - 4-е изд., перераб.и доп. – СПб.: Модуль, 2019. – 636 с.
10. Бучин, Е.Д. Взаимодействие внутреннего водного транспорта с морским, железнодорожным и автомобильным. Учеб. пособие. трансп. Изд. 2-е, перераб. и доп М., «Транспорт», 1978. – 192 с.

#### References

1. Rosstat | Transport | Structure of cargo transportation [Electronic resource] – Access mode: <https://rosstat.gov.ru> [access date 09.07.2023]
2. Metal logistics: container and water transportation [Electronic resource] – Access mode: <https://cometal.ru> [access date 09.07.2023]
3. Volodin called the development of river transport an incentive for the Russian economy - Vedomosti [Electronic resource] - Access mode: <https://vedomosti.ru> [access date 09/07/2023]
4. Dmitry Medvedev: Water transport plays a big role in the Russian economy [Electronic resource] – Access mode: <https://kgd.ru> [access date 09/07/2023]
5. WATER TRANSPORT IN THE RUSSIAN ECONOMY | Eurasian Union of Scientists - publication of scientific articles in a monthly scientific journal [Electronic resource] – Access mode: <https://euroasia-science.ru> [access date 09.07.2023]
6. Prospects for the development of water transport: what do experts think [Electronic resource] - Access mode: <https://portnews.ru> [access date 09.07.2023]
7. Analysis of the market for cargo transportation by sea and water transport in Russia [Electronic resource] – Access mode: <https://drgroup.ru> [access date 09.07.2023]
8. Levikov, G.A. Multimodal transportation (status, problems, trends) / G.A. Levikov, V.V. Tarabanko. - 2nd ed., corrections and additions. – М.: RosConsult, 2016. – 224 p.
9. Limonov, E.L. Foreign trade operations of sea transport and multimodal transportation: textbook / E. L. Limonov; rec. UMO on education in the region of water transport ... for universities. - 4th ed., revised and supplemented. – St. Petersburg: Module, 2019. – 636 p.
10. Buchin, E.D. Interaction of inland water transport with sea, railway and road transport. Textbook allowance. transport Ed. 2nd, revised and additional М., “Transport”, 1978. – 192 p.

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

**Колосова Мария Сергеевна** - аналитик ВлГУ, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», 600005, г. Владимир, ул. Горького 79, e-mail: [m.e.k.06@yandex.ru](mailto:m.e.k.06@yandex.ru)

**Maria S. Kolosova**, analyst at Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletovs, 79, Gorky st., Vladimir, Russia, 600005, email: [m.e.k.06@yandex.ru](mailto:m.e.k.06@yandex.ru)

**Фраймович Денис Юрьевич** - доктор экономических наук, профессор, кафедра «Экономика инноваций и финансы», ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», 600005, г. Владимир, ул. Горького 79, e-mail: [fdu78@rambler.ru](mailto:fdu78@rambler.ru)

**Denis Yu. Frymovich**, Doctor of Economics, Professor, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, 79, Gorky st., Vladimir, Russia, 600005, email: [fdu78@rambler.ru](mailto:fdu78@rambler.ru)

Статья поступила в редакцию 06.10.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 06.10.2023; published online 20.12.2023.

УДК 336.02

DOI: 10.37890/jwt.vi77.427

## **Оценка эффективности налогового контроля в сфере водного транспорта: теория и практика**

**В.В. Крайнова**

*ORCID: 0000-0001-7960-3661*

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

**Аннотация.** Вопросы повышения эффективности налогового контроля в сфере транспорта, осуществляемого территориальными налоговыми органами ФНС России, являются неотъемлемым элементом комплексных мер, направленных на улучшение налогового администрирования. Основным инструментом налогового контроля являются налоговые проверки: камеральные и выездные. На основании анализа существующих официальных и авторских методик оценки эффективности налогового контроля в сфере водного транспорта предложена система показателей, с использованием которых автором проведена оценка контрольной деятельности налоговых органов в Нижегородской области за период 2018-2022 гг. В качестве показателей эффективности налогового контроля использовались как количественные, так и качественные показатели, характеризующие достижения налоговых ревизий.

**Ключевые слова:** налоговый контроль, выездная налоговая проверка, камеральная налоговая проверка, предпроверочный анализ, риск-ориентированный контроль, доначисления налогов, эффективность налоговых проверок, результативные проверки.

## **Assessment of the effectiveness of tax control in the Nizhny Novgorod region: theory and practice**

**Vera V. Krainova**

*ORCID: 0000-0001-7960-3661*

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

**Abstract.** The issues of increasing the effectiveness of tax control carried out by the territorial tax authorities of the Federal Tax Service of Russia are an integral element of comprehensive measures aimed at improving tax administration. The main tool of tax control are tax audits: desk and field. Based on the analysis of existing official and author's methods for assessing the effectiveness of tax control, a system of indicators is proposed, using which the author assessed the control activities of tax authorities in the Nizhny Novgorod region for the period 2018-2022.. Both quantitative and qualitative indicators characterizing the achievements of tax audits were used as indicators of the effectiveness of tax control.

**Keywords:** tax control, on-site tax audit, desk tax audit, pre-verification analysis, risk-oriented control, additional taxes, efficiency of tax audits, effective audits

### **Введение**

Эффективность функционирования налоговой системы, в том числе в сфере водного транспорта, как одно из условий общего роста экономики государства, во многом определяется системой налогового администрирования и задачами современного этапа экономического и политического развития государства. Основой налогового администрирования является контрольная деятельность налоговых органов, которая в условиях активизации внешних угроз, введения

недружественными государствами ограничительных мер, должна обеспечить собираемость налогов и достижение плановых заданий по мобилизации доходов в бюджет страны [1].

Как и в других сферах, наиболее распространёнными и эффективными формами налогового контроля в сфере водного транспорта являются выездные и камеральные налоговые проверки, эффективность которых можно рассматривать, как в целом по стране, так и по субъекту РФ. На сегодняшний день отсутствуют строго регламентированные показатели, характеризующие результат налоговых проверок [2], что так же обуславливает необходимость изучения различных методических подходов к оценке результатов налогового контроля и выработке собственных предложений по данному вопросу.

### **Методы**

В работе использовались различные методы экономических исследований: монографический, статистико-аналитический, расчетно-конструктивный. Источником информации являлись статистические данные Федеральной налоговой службы России (далее – ФНС России) и субъектов РФ.

### **Результаты, обсуждения**

Обзор методик в области оценки эффективности налогового контроля показал отсутствие единого подхода и единых методик оценки.

Под показателями эффективности понимаются различные достижения, количественный или качественный результат. Так, например, официальные методики налоговых органов разных периодов [3] включают разные показатели эффективности: результативность налоговых проверок (сумма доначисленных налогов на одну проверку), собираемость налогов и сборов, динамика задолженности по налоговым платежам, результативность налогового контроля по взысканию, результативность контроля в расчете на одного сотрудника налоговых органов и другие.

В рамках проводимого автором исследования на примере Нижегородской области заслуживает внимания «Методика оценки эффективности контрольной работы управлений МНС России по субъектам РФ» (утратила силу в 2004 году). Она предусматривала комплексный подход, хорошо подходила для сферы водного транспорта, но была достаточно громоздкой: включала 27 показателей. По мнению автора статьи, она с определёнными корректировками и «разгрузкой» от излишних показателей могла бы применяться и в настоящее время.

Имеющиеся авторские разработки по эффективности налогового контроля (авторы Алиев Г.Х., Щербинин А.Т., Бадеева Е.А., Сазонова И.В., Осипова Е.С. и др.) с разной степенью детализации характеризуют этапы и результативность налоговых проверок [1]. Вариативность подходов к оценке эффективности налогового контроля дает нам возможность для разработки собственной системы оценки.

В частности, предлагаются следующие показатели оценки эффективности контрольной работы для регионального управления ФНС России:

1. Основные количественные показатели (позволят выявить динамику налоговых процессов и служат основой для расчета качественных показателей):
  - сумма налогов и сборов, администрируемых на территории субъекта;
  - сумма недоимки (задолженности) по налогам, пеням, штрафам;
  - сумма платежей, доначисленных по результатам налоговых проверок;
  - количество результативных налоговых проверок (камеральных и выездных):

- сумма доначислений в расчете на одну результативную проверку (камеральную и выездную).
- 2. Основные качественные показатели (относительные) позволят определить сильные и слабые стороны налоговых процессов:
  - процент результативных камеральных налоговых проверок;
  - процент результативных выездных налоговых проверок;
  - удельный вес доначислений по результатам выездных налоговых проверок, которые поступают вследствие добровольной уплаты;
  - удельный вес удовлетворенных налоговых споров в пользу бюджета.

С использованием предложенных показателей произведём оценку эффективности контрольной деятельности Управления ФНС России по Нижегородской области. Рассмотрим налоговые доходы консолидированного бюджета (табл.1)

*Таблица 1*

**Поступления доходов в консолидированный бюджет РФ от налогоплательщиков, администрируемых налоговыми органами Нижегородской области в 2018-2022 гг. (в т.ч. от предприятий водного транспорта)**

Показатель	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Всего, млн руб.	279 286	288 740	335 880	425 309	509 186
- в том числе в консолидированный бюджет субъекта, млн руб.	183 398	200 906	197 691	250 074	287 726
Удельный вес администрируемых доходов консолидированный бюджет субъекта, %	66	70	59	59	57

*Составлено автором по данным аналитического портала ФНС России <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> [4].*

В течение 2018-2022 гг. наблюдается тенденция роста доходов в консолидированный бюджет Российской Федерации от налогоплательщиков, администрируемых налоговыми органами Нижегородской области. Сумма поступлений налогов, сборов и иных обязательных платежей за 2022 год составила 509,2 млрд. рублей. Темп роста к уровню поступлений аналогичного периода 2021 года составил 119 %.

Стабильно растут поступления и в консолидированный бюджет Нижегородской области: в 2022 году поступило 287,7 млрд. рублей, доходы консолидированного бюджета региона выросли на 11,5% или на 37,6 млрд. рублей. Удельный вес в общем объеме поступлений в консолидированный бюджет субъекта в течение последних четырех лет демонстрирует тенденцию к снижению (с 70% в 2019 году до 57% в 2022).

Динамика задолженности налогоплательщиков Нижегородской области перед бюджетом представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Динамика задолженности налогоплательщиков Нижегородской области по налогам, сборам, пеням и штрафам бюджетную систему РФ в 2018-2022 гг.**

Показатель	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Задолженность всего, млн руб.	13891	13066	15211	17173	23609
- в том числе по пеням и штрафам, млн руб.	8019	7997	7562	9299	13243
Удельный вес задолженности по пеням и штрафам в общей сумме задолженности, %	58	61	50	54	56

*Составлено автором по данным аналитического портала ФНС России <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> [4].*

На протяжении пяти лет наблюдается рост кредиторской задолженности налогоплательщиков Нижегородской области перед бюджетом. На 01.01.2023 недоимка по налогам составила 23 609 млн. руб., их них более половины - 56% - задолженность по пеням и штрафам, 44% - задолженность по налогам и сборам. Темп роста к уровню задолженности на 01.01.2022 составил 137,4 %. Задолженность по пеням свидетельствует о нарушении налоговой дисциплины налогоплательщиками, задолженность по санкциям - результат привлечения налогоплательщиков к налоговой ответственности в ходе контрольных мероприятий.

Основными формами проведения налогового контроля являются налоговые проверки [5], наиболее распространенными из которых являются камеральные налоговые проверки — это проверки отчетности, предоставленной налогоплательщиком в налоговый орган [6]. Анализ результативности камеральных налоговых проверок на примере Нижегородской области представлен в таблице 3.

Таблица 3

**Анализ результативности камеральных налоговых проверок в 2018-2022 гг. в Нижегородской области**

Показатель	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Количество проведенных налоговых проверок, ед.	1612957	1481270	1360670	1378304	1225485
из них, выявившие нарушения, ед.	79923	49108	44153	64611	51809
Процент результативных проверок, %	4,95	3,31	3,24	4,68	4,22

*Составлено автором по данным аналитического портала ФНС России <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> [4].*

Начиная с 2019 года в Нижегородской области наблюдается стабильное снижение количества камеральных проверок, при этом процент результативных проверок в течение последних пяти лет демонстрировал нестабильную тенденцию: имел тенденцию как к снижению (2018/2019, 2022/2021), так и к росту (2020/2019, 2021/2020). Снижение количества камеральных проверок связано со снижением количества налогоплательщиков в Нижегородской области (с 2018 года по 2022 год – на 95 тысяч единиц).

Камеральные налоговые проверки выполняют превентивную функцию налогового контроля, однако в ходе таких проверок могут выявляться налоговые правонарушения и производиться доначисления налогов [7] (табл. 4)

Таблица 4

**Анализ доначислений на одну результативную камеральную проверку в 2018-2022 гг. в Нижегородской области**

Показатель	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Доначислено платежей по результатам камеральных проверок, млн руб.	832,8	544,4	677,0	1143,6	1496,6
Количество результативных проверок, ед.	79923	49108	44153	64611	51809
Сумма доначислений в расчете на одну результативную проверку, тыс. руб.	10,4	11,1	15,3	17,7	28,9

*Составлено автором по данным аналитического портала ФНС России <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> [4].*

Несмотря на стабильное снижение количества камеральных налоговых проверок, доначисления по их результатам показывают тенденцию роста на протяжении пяти лет. В 2022 году по результатам камеральных налоговых проверок в Нижегородской области было доначислено 1496,6 млн. руб. В 2022 году прирост по сравнению с 2021 годом составил 31%, по сравнению с 2018 годом – 80%. Растет и сумма доначислений в расчете на одну результативную проверку (в 2022 году -28,9 тыс. руб.): темп роста в 2022 году по сравнению с 2021 составил 163%.

Анализ результативности выездных налоговых проверок представлен в таблице 5.

Таблица 5

**Анализ результативности выездных налоговых проверок в 2018-2022 гг. в Нижегородской области**

Показатель	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Количество проведенных налоговых проверок, ед.	483	297	105	82	150
из них, выявившие нарушения, ед.	468	246	96	74	139
Процент результативных проверок, %	96,9	82,8	91,4	90,2	92,7

*Составлено автором по данным аналитического портала ФНС России <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> [4].*

Анализ показывает рост числа завершенных выездных налоговых проверок в 2022 году по сравнению с 2020,2021 годами. На наш взгляд, такое сравнение не совсем корректно, так как 2022 год включает в себя и проверки, приостановленные в связи с мораторием во время пандемии COVID-19.

С другой стороны, еще несколько лет назад количество выездных налоговых проверок было в разы больше, чем в настоящее время [8]. Например, по сравнению с 2018 годом количество выездных налоговых проверок в 2022 году в Нижегородской области сократилось более, чем в 3 раза. Это демонстрирует модернизацию налогового администрирования: на сегодняшний день вектор контрольно-аналитической работы налоговых органов меняет свое направление в сторону добровольного уточнения налоговых обязательств [9]. В настоящее время внимание налоговых органов направлено на включение в план выездных налоговых проверок налогоплательщиков, обладающих максимальными рисками совершения налоговых правонарушений; формирование на стадии проведения предпроверочного анализа

достаточных доказательств, указывающих на совершение налогоплательщиком нарушений законодательства о налогах и сборах до назначения выездной налоговой проверки [10].

Процент результативных выездных налоговых проверок демонстрирует положительную тенденцию с 2019 года. Для анализа результативности выездного налогового контроля рассчитаем сумму доначислений на одну результативную проверку (табл.6).

Таблица 6

**Анализ доначислений на одну результативную выездную проверку в 2018-2022 гг. в Нижегородской области**

Показатель	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Доначислено платежей по результатам выездных проверок, млн руб.	5353,9	3936,6	3361,6	7314,8	13427,2
Количество результативных проверок, ед.	468	246	96	74	139
Сумма доначислений в расчете на одну результативную проверку, тыс. руб.	11439,9	16002,5	35016,8	98848,8	96598,3

*Составлено автором по данным аналитического портала ФНС России <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> [4].*

Следует обратить внимание на рекордную за последние пять лет сумму доначислений платежей в 2022 году. Рост доначислений отчасти объясняется временным ростом количества завершённых выездных налоговых проверок, а также ростом их результативности: такой результат был получен благодаря риск-ориентированному подходу при планировании выездных проверок, который в условиях цифровой трансформации налогового контроля проводится с использованием «ППА-Отбор» АИС «Налог-3», содержащей 30 «разрывных» и 57 «маркерных» критериев риска, на основании которых формируется риск-рейтинг налогоплательщиков [11].

Благодаря предпроверочному анализу в план проверок в 2022 году были включены те налогоплательщики, у которых выявляются схемы уклонения от налогов (прежде всего от уплаты НДС), вовлечение в документооборот фирм-однодневок и «технических» компаний и др. Большое значение имеет и контрольно-побудительная работа, что мотивирует налогоплательщиков к добровольной уплате налогов до проведения проверки [12].

Положительное влияние на эффективность выездных налоговых проверок в Нижегородской области с 2022 года оказало сокращения сроков их проведения: комплексные налоговые проверки назначались в исключительных случаях при наличии достаточных оснований (рисков), стандартный же срок проведения тематической выездной налоговой проверки с 01.07.2022 установлен не более трех месяцев [13].

Однако следует отметить, что только 37,2 % от общей суммы доначислений по результатам выездных налоговых проверок поступают вследствие добровольной уплаты. А по результатам досудебного и судебного урегулирования налоговых споров в пользу налоговых органов удовлетворяется около 80 % требований.

Оценивая результативность налогового контроля, считаем необходимым учесть различия между камеральными и выездными проверками, а также сравнить региональные и средние показатели результативности по стране (табл. 7)

Таблица 7

**Сравнительная характеристика результативности камеральных и выездных налоговых проверок на федеральном уровне и в Нижегородском регионе**

Показатель	2022 год	
	РФ	Нижегородская область
Процент результативных камеральных проверок, %	4,9	4,2
Процент результативных выездных проверок, %	95,1	92,7
Сумма доначислений в расчете на одну камеральную результативную проверку, тыс. руб.	35,1	28,9
Сумма доначислений в расчете на одну выездную результативную проверку, тыс. руб.	69 800,7	96 598,3

*Составлено автором по данным аналитического портала ФНС России <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> [4].*

Как видно из данных таблицы 7 процент результативных проверок камеральных проверок по Нижегородскому региону составил 4,2 %, выездных – 92,7 %, что соответственно на 0,7% и на 2,4% ниже среднего показателя по стране. Сумма доначислений на одну камеральную проверку составила в Нижегородской области 28,9 тысяч рублей, что на 6,2 тысячи рублей ниже среднероссийского показателя. А сумма доначислений в расчете на одну выездную проверку в 2022 году составила 96 598,3 тыс. рублей в Нижегородской области, что выше среднероссийского значения показателя на 26797,6 тыс. рублей или на 38%.

По всем представленным в табл.7 показателям видно, что выездные налоговые проверки являются более результативными, чем камеральные.

**Заключение**

Оценка эффективности налогового контроля необходима для измерения качества работы налоговых органов, в том числе Управлений ФНС России по субъектам РФ. Это позволяет выявить сильные и слабые стороны налоговых ревизий, выявить тренды развития и разработать мероприятия по совершенствованию налогового контроля в том или ином регионе. Результаты налогового контроля используются для внутреннего анализа и мониторинга организационной и контрольной работы региональных управлений ФНС России, для оценки эффективности деятельности территориальных органов в целях материального стимулирования руководителей и служащих налоговых органов.

Совершенствование налогового контроля, реализация его мероприятий будет способствовать росту налоговых доходов бюджета, снижению количества налоговых правонарушений, и, в конечном счете, проведению более результативной региональной налоговой политики.

**Список литературы**

1. Морозов М.С. Теория и практика оценки результативности налогового контроля // Сервис +. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoriya-i-praktika-otsenki-rezultativnosti-nalogovogo-kontrolya> (дата обращения: 06.11.2023).
2. Крайнова В.В. Оценка результатов налогового контроля в Нижегородской области в 2015-2019 гг. /Крайнова В.В., Демахин А.Е. В сборнике Инновационная траектория развития современной науки: становление, развитие, прогнозы Сборник статей V Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2021. С. 113-118.
3. Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Анализ организации и осуществления выездных налоговых проверок, взыскания доначисленных сумм в 2019–2021 годах и истекшем периоде 2022 года», Утвержден Коллегией Счетной

- палаты Российской Федерации 6 декабря 2022 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/002/fw72p873qb0b0nhuywr4g0s9g0eqzhh6.pdf> (дата обращения: 06.11.2023).
4. Налоговый паспорт субъекта Российской Федерации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> (дата обращения: 06.11.2023).
  5. Крайнова В.В. Особенности налогообложения в судоходном бизнесе Крайнова В.В. //В сборнике: Великие реки - 2020. Труды 22-го международного научно-промышленного форума. 2020. С. 159.
  6. Лаврентьева Е.А., Плавинская Г.А. Взаимосвязь имущественного налогообложения и транспортного бизнеса// Транспортное дело России. 2022. № 4. С. 22-26.
  7. Налоговая политика Российской Федерации в контексте целей устойчивого развития Майбуров И.А., Адвокатова А.С., Андриенко О.В., Багаутдинова И.В., Белозеров С.А., Беломигцева О.С., Викторова Н.Г., Галышева Ю.А., Гончаренко Л.И., Городнова Н.В., Дегтярева И.В., Долженкова Е.В., Захарова К.А., Иванов В.В., Каравасева Е.Д., Киреенко А.П., Кирова Е.А., Корецкая-Гармаш В.А., Королева Л.П., Красикова Т.Ю. и др. Москва, 2023.
  8. Александрова Е.А., Царева В.М. Анализ эффективности налогового контроля в Российской Федерации //Ступени в науку. 2021. № 2. С. 47-52.
  9. Алимova М.С. Комплексная оценка эффективности налогового контроля в целях обеспечения роста доходных показателей бюджета//Экономические и гуманитарные науки. 2021. № 11 (358). С. 84-93.
  10. Рыкалова А.М., Зима Ю.С. Особенности реализации налогового контроля в современных условиях вызовов экономики // В сборнике: Теоретические и практические аспекты трансформации налоговой системы России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2022. С. 61-68.
  11. Черноусова К.С. Оценка эффективности налогового контроля на современном этапе экономического развития Наука XXI века: актуальные направления развития. 2022. № 1-2. С. 76-80.
  12. Бочкарева Н.А., Черноусова К.С. Анализ эффективности выездных налоговых проверок на примере Самарской области //Наука XXI века: актуальные направления развития. 2020. № 1-1. С. 255-259.
  13. Lavrenteva E. TAX RISK MANAGEMENT AT THE ENTERPRISE OF THE ENERGY SECTOR//В сборнике: International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018. Серия: Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 983. Cham, 2019. С. 146-157.
  14. Крайнова В.В. Взаимосвязь систем управленческого учёта и внутреннего контроля //Научные проблемы водного транспорта. 2021. № 69. С. 176-182.
  15. Пумбрасова Н.В. Цифровая трансформация межведомственного взаимодействия как инструмент совершенствования государственного проектного управления // Научные проблемы водного транспорта. 2021. № 67. С. 123-134.

#### References

1. Morozov M.S. Theory and practice of assessing the effectiveness of tax control // Service +. 2010. No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoriya-i-praktika-otsenki-rezultativnosti-nalogovogo-kontrolya> (date of access: 11/06/2023).
2. Krainova V.V. Assessment of the results of tax control in the Nizhny Novgorod region in 2015-2019. / Krainova V.V., Demakhin A.E. In the collection Innovative trajectory of development of modern science: formation, development, forecasts Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference. Petrozavodsk, 2021. pp. 113-118.
3. Report on the results of the expert-analytical event “Analysis of the organization and implementation of on-site tax audits, collection of additional accrued amounts in 2019–2021 and the expired period of 2022”, Approved by the Board of the Accounts Chamber of the Russian Federation on December 6, 2022 [Electronic resource]. — Access mode: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/002/fw72p873qb0b0nhuywr4g0s9g0eqzhh6.pdf> (access date: 11/06/2023).

4. Tax passport of a constituent entity of the Russian Federation [Electronic resource]. — Access mode: [Electronic resource]. — Access mode: <https://old-analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm> (access date: 11/06/2023).
5. Krainova V.V. Features of taxation in the shipping business Krainova V.V. //In the collection: Great Rivers - 2020. Proceedings of the 22nd International Scientific and Industrial Forum. 2020. P. 159.
6. Lavrentyeva E.A., Plavinskaya G.A. The relationship between property taxation and transport business // Transport business of Russia. 2022. No. 4. pp. 22-26.
7. Tax policy of the Russian Federation in the context of sustainable development goals Mayburov I.A., Advokatova A.S., Andrienko O.V., Bagautdinova I.V., Belozerov S.A., Belomytseva O.S., Viktorova N. G., Galysheva Yu.A., Goncharenko L.I., Gorodnova N.V., Degtyareva I.V., Dolzhenkova E.V., Zakharova K.A., Ivanov V.V., Karavaeva E.D. , Kireenko A.P., Kirova E.A., Koretskaya-Garmash V.A., Koroleva L.P., Krasikova T.Yu. and others. Moscow, 2023.
8. Aleksandrova E.A., Tsareva V.M. Analysis of the effectiveness of tax control in the Russian Federation //Steps to science. 2021. No. 2. P. 47-52.
9. Alimova M.S. Comprehensive assessment of the effectiveness of tax control in order to ensure the growth of budget revenues // Economics and Humanities. 2021. No. 11 (358). pp. 84-93.
10. Rykalova A.M., Zima Yu.S. Features of the implementation of tax control in modern conditions of economic challenges // In the collection: Theoretical and practical aspects of the transformation of the Russian tax system. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don, 2022. pp. 61-68.
11. Chernousova K.S. Assessing the effectiveness of tax control at the present stage of economic development Science of the 21st century: current directions of development. 2022. No. 1-2. pp. 76-80.
12. Bochkareva N.A., Chernousova K.S. Analysis of the effectiveness of on-site tax audits using the example of the Samara region // Science of the XXI century: current directions of development. 2020. No. 1-1. pp. 255-259.
13. Lavrenteva E. TAX RISK MANAGEMENT AT THE ENTERPRISE OF THE ENERGY SECTOR // In the collection: International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018. Series: Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 983. Cham, 2019. pp. 146-157.
14. Krainova V.V. Interrelation of management accounting systems and internal control // Scientific problems of water transport. 2021. No. 69. pp. 176-182.
15. Pumbrasova N.V. Digital transformation of interdepartmental interaction as a tool for improving state project management // Scientific problems of water transport. 2021. No. 67. pp. 123-134.

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

**Крайнова Вера Владимировна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [krainova.vv@vsuwt.ru](mailto:krainova.vv@vsuwt.ru)

**Vera V. Krainova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport ", 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 15.11.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 15.11.2023; published online 20.12.2023.

УДК 336.2

DOI: 10.37890/jwt.vi77.428

## **Место и роль транспортного налога в налоговом потенциале регионального бюджета**

**Н.А. Маркова**

*ORCID: 0009-0005-3982-1230*

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

**Аннотация.** Улучшение качества жизни в России неразрывно связано с увеличением количества транспортных средств, находящихся в собственности, и их налогообложением. В статье приведен обзор современных исследований практики начисления и уплаты транспортного налога как в России, так и за рубежом. Проведен анализ структуры и динамики транспортного налога, подлежащего уплате в региональный бюджет по юридическим и физическим лицам; анализ состава и динамики транспортного налога по наземным видам транспорта, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, и выявлены основные тенденции изменений рассматриваемых показателей.

В ходе исследования налоговых доходов регионального бюджета определено место транспортного налога в доходах областного бюджета и дана характеристика степени собираемости транспортного налога в Нижегородской области. В статье дана оценка влияния транспортного налога на налоговый потенциал Нижегородской области и подчеркнут международный интерес к оценке налогового потенциала. Определено условие достижения прогнозных данных по поступлению транспортного налога в региональный бюджет и сформулирована роль рассматриваемого налога в налоговом потенциале Нижегородской области. Автором предложено несколько способов модернизации налогового законодательства, в части обложения транспортных средств, позволяющих решить противоречивую задачу по согласованию интересов региональных властей и собственников транспортных средств.

**Ключевые слова:** транспортный налог, транспортные средства, структура транспортного налога, доходы бюджета, региональный бюджет, сбалансированность бюджета, налоговый потенциал, Нижегородская область.

## **The place and role of the transport tax in the tax potential of the regional budget**

**Nataliya A. Markova**

*ORCID: 0009-0005-3982-1230*

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

**Abstract.** Improving the quality of life in Russia is inextricably linked with an increase in the number of vehicles owned and their taxation. The article provides an overview of modern research on the practice of calculating and paying transport tax both in Russia and abroad. The analysis of the structure and dynamics of the transport tax payable to the regional budget for legal entities and individuals is carried out; analysis of the composition and dynamics of the transport tax on land modes of transport payable to the budget of the Nizhny Novgorod region by individuals, and the main trends of changes in the indicators under consideration are revealed.

In the course of the study of the tax revenues of the regional budget, the place of transport tax in the revenues of the regional budget was determined and the degree of collection of transport tax in the Nizhny Novgorod region was characterized. The article assesses the

impact of the transport tax on the tax potential of the Nizhny Novgorod region and emphasizes the international interest in assessing the tax potential. The condition for achieving forecast data on the receipt of transport tax to the regional budget is determined and the role of the tax in question in the tax potential of the Nizhny Novgorod region is formulated. The author suggests several ways to modernize tax legislation, in terms of taxation of vehicles, allowing to solve the controversial task of coordinating the interests of regional authorities and owners of vehicles.

**Keywords:** transport tax, vehicles, structure of transport tax, budget revenues, regional budget, budget balance, tax potential, Nizhny Novgorod region.

### **Введение**

Транспортный налог был введен в России Федеральным законом от 24.07.2002 года № 110-ФЗ и в настоящее время регулируется 28 главой Налогового кодекса РФ. В соответствии с НК РФ, транспортный налог относится к региональным налогам, устанавливается и регулируется законами субъектов Российской Федерации.

Всесторонний анализ практики применения транспортного налога в России постоянно находится в зоне повышенного внимания среди отечественных ученых экономистов [1-5]. Многие из них проводят сравнительный анализ реализации налогового законодательства, в части обложения транспортных средств, как в России, так и за рубежом [3, 5], [6, с.841-847].

Оценка практики начисления и уплаты транспортного налога неразрывно связана с анализом собираемости рассматриваемого транспортного налога в РФ [5], [7, с.121-124], [8, с.55] и, безусловно, авторами подчеркивается региональный аспект [8, 9].

Проблемы формирования доходов бюджета [10] и его сбалансированности [11, с.4], [12, 13] неразрывно связаны с определением налогового потенциала региона. Теоретические основы содержания налогового потенциала; сравнительный анализ налогового потенциала различных регионов нашей страны и его взаимосвязь с транспортным налогом исследуются широким кругом отечественных ученых [14, с.61], [15], [16, с. 55], [17, 18].

Целью исследования является определение места и роли транспортного налога в налоговом потенциале Нижегородской области. Актуальность исследования обуславливается необходимостью анализа налогового потенциала Нижегородской области на современном этапе экономического развития, как фактора обеспечения сбалансированности регионального бюджета.

В ходе исследования всесторонне проанализирован размер и структура транспортного налога в разрезе налогоплательщиков; по видам транспорта. Особое внимание уделяется анализу состава и структуры транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, по наземным транспортным средствам. Анализ транспортного налога в составе и структуре доходов бюджета Нижегородской области, оценка степени собираемости транспортного налога в регионе и прогноз доходов бюджета области позволили сформулировать практические рекомендации по практике применения транспортного налога в Нижегородской области и условие ежегодного прироста поступлений по рассматриваемому налогу в части раскрытия налогового потенциала региона.

### **Материалы и методы исследования**

Источником статистической информации являются официальные данные Федеральной налоговой службы России, Министерства финансов Нижегородской области.

При выполнении исследования использованы методы анализа, синтеза, группировки, сравнения и обобщения. С помощью диаграмм и таблиц показана

структура транспортного налога, состав транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области; определено место и роль транспортного налога в доходах регионального бюджета.

### Результаты исследования и обсуждение

В современном постоянно меняющемся мире становится все сложнее выявить закономерности, проводить анализ данных и, тем более, делать прогнозы экономического развития. Правда жизни заключается в том, что вызов времени не отменяет потребность в прогнозных сценариях развития экономики страны, региона. Прогноз экономического развития опирается на анализ сложившегося положения экономики и оценку возможных перспектив развития. Рассмотрим более подробно складывающуюся ситуацию в регионе, делая акцент на определение места и роли транспортного налога в налоговом потенциале Нижегородской области.

Плательщиками рассматриваемого налога являются юридические лица, физические лица (в том числе индивидуальные предприниматели), на которых зарегистрированы в государственных органах транспортные средства.

Проанализируем размер и структуру транспортного налога в Нижегородской области за последние годы. Данные представим в таблице 1.

Таблица 1

**Структура и динамика транспортного налога в Нижегородской области, тыс. руб.**

Показатели Плательщики	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	темп роста, %		
					2019	2020	2021
Организации, - тыс. руб. - уд. вес, %	592828 13,54	689235 15,02	839297 17,72	787628 16,21	116,26	121,77	93,84
Физические лица, - тыс. руб. - уд. вес, %	3786449 86,46	3900130 84,98	3897153 82,28	4071421 83,79	103,00	99,92	104,47
Итого: - тыс. руб. - уд. вес, %	4379277 100,00	4589365 100,00	4736450 100,00	4859049 100,00	104,80	103,20	102,59

Источник данных: рассчитано автором по данным официального сайта ФНС России [www.nalog.gov.ru](http://www.nalog.gov.ru)

Анализируя данные таблицы 1 по сумме транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, можно сказать, что в абсолютном выражении размер транспортного налога увеличивается в периоде с 2018 по 2021 год. Так, в 2018 году размер транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, составил 4 379 277 тыс. руб.; в 2019 году его размер увеличился на 210 088 тыс. руб. как за счет физических лиц (в размере 113 681 тыс. руб.), так и за счет организаций, плательщиков транспортного налога, в размере 96 407 тыс. руб. В 2020 году происходит увеличение размера транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, на 147 085 тыс. руб. Как показывают аналитические данные таблицы 1, увеличение размера транспортного налога в 2020 году произошло, главным образом, за счет роста сумм начисленного транспортного налога по организациям. Ситуация меняется в 2021 году: по организациям транспортный налог, подлежащий уплате в бюджет Нижегородской области снижается на 51669 тыс. руб., а по физическим лицам существенно увеличивается (увеличение составляет 174268 тыс. руб.). Однако темп роста транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области,

снижается с 104,80% в 2019 году до 102,56% в 2021 году за счет замедления темпов роста транспортного налога по всем категориям плательщиков.

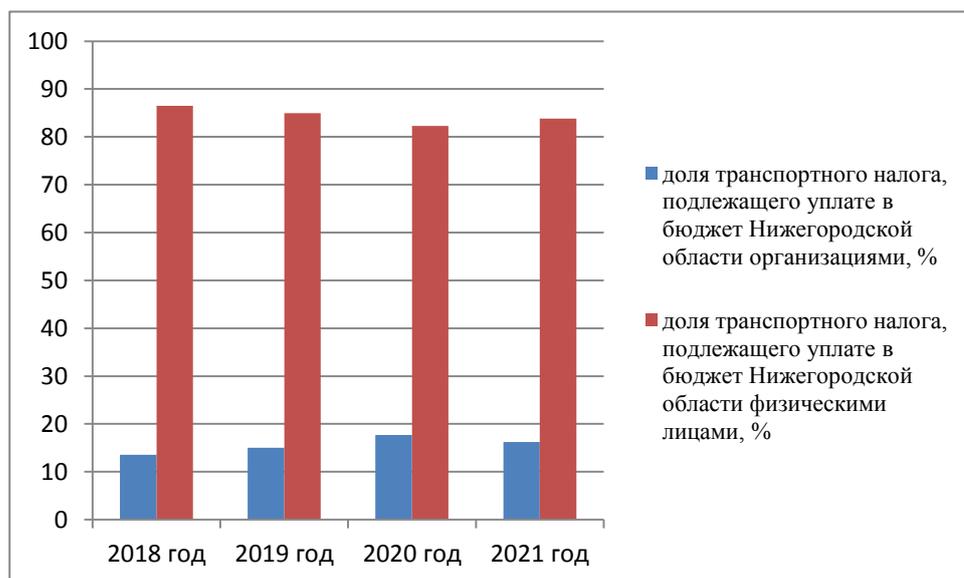


Рис. 1. Структура плательщиков транспортного налога в Нижегородской области

Структура транспортного налога в Нижегородской области по плательщикам (данные рис. 1) имеет устойчивую закономерность: доля транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет физическими лицами, почти в 5 раз превышает долю налога, подлежащего уплате в бюджет организациями Нижегородской области. Также следует отметить, что структура транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, последовательно меняется. В анализируемом периоде доля транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет организациями Нижегородской области, увеличивается с 13,54% в 2018 году до 17,72% в 2020 году, что в абсолютном выражении составляет 839 297 тыс. руб. и чуть снижается в 2020 году. Транспортный налог, подлежащий уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, имеет преобладающее значение, но сокращается с 86,46% в 2018 году до 82,28% в 2020 году соответственно. В 2021 году ситуация меняется и доля транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, увеличивается и составляет 83,79%.

Проанализируем состав и структуру транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, по видам транспортных средств отдельно по организациям и по физическим лицам. Данные представим в виде таблиц 2 и 3.

Таблица 2

**Анализ состава и структуры транспортного налога (ТН), подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, по видам транспортных средств (ТС) по организациям**

Показатели		в том числе			Всего	
		по наземным ТС	по водным ТС	по воздушным ТС		
Годы	2018	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	491205	97717	3906	592828
		- количество ТС, ед.	95884	2052	24	97960
		- уд. вес, %	82,86	16,48	0,66	100,00
	2019	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	588249	96902	4084	689235
		- количество ТС, ед.	101832	2019	24	103875
		- уд. вес, %	85,35	14,06	0,59	100,00
	2020	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	706162	131957	1178	839297
		- количество ТС, ед.	114518	3029	2	117569
		- уд. вес, %	84,14	15,72	0,14	100,00
	2021	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	701382	85187	1059	787628
		- количество ТС, ед.	85172	1763	19	86954
		- уд. вес, %	89,05	10,82	0,13	100,00
Изменения	2019	Темп роста транспортного налога, %	113,65	99,17	104,56	116,25
		Абс. изменение транспортного налога, тыс. руб.	97044	-815	178	96407
	2020	Темп роста транспортного налога, %	120,04	136,18	28,84	121,77
		Абс. изменение транспортного налога, тыс. руб.	117913	35055	-2906	150062
	2021	Темп роста транспортного налога, %	99,32	64,56	89,90	93,84
		Абс. изменение транспортного налога, тыс. руб.	- 4780	-46770	- 119	- 51669

Источник данных: рассчитано автором по данным официального сайта ФНС России [www.nalog.gov.ru](http://www.nalog.gov.ru)

Анализируя данные таблицы 2 в разрезе видов транспорта по организациям можно сказать, что транспортный налог, подлежащий уплате в бюджет Нижегородской области по наземным транспортным средствам, существенно преобладает (доля рассматриваемого налога составила 84,14% в 2020 году) и ежегодно увеличивается в абсолютном выражении (с 491205 тыс. руб. в 2018 году до 706162 тыс. руб. в 2020 году). Количество единиц наземного транспорта по организациям (учтенного в базе данных налоговых органов) также увеличивается в анализируемом периоде. Транспортный налог по водным транспортным средствам, подлежащий уплате в бюджет Нижегородской области организациями, не превышает 16%, однако его сумма увеличилась в 2020 году на 35055 тыс. руб. за счет увеличения водных транспортных средств на 1010 единиц. Доля транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области организациями, по воздушным транспортным средствам незначительна и в 2020 году составила лишь 0,14% от совокупного объема транспортного налога, что в абсолютном выражении составляет 1178 тыс. руб. Ситуация кардинально меняется в 2021 году: по всем

анализируемым видам транспортных средств организациями Нижегородской области начислено меньше транспортного налога чем в 2020 году. Наибольшее сокращение транспортного налога произошло по водным транспортным средствам и составило 46 770 тыс. руб.

Таблица 3

**Анализ состава и структуры транспортного налога (ТН), подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, по видам транспортных средств (ТС) по физическим лицам**

Показатели		в том числе			Всего	
		по наземным ТС	по водным ТС	по воздушным ТС		
Годы	2018	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	3737334	48051	1064	3786449
		- количество ТС, ед.	1134415	9743	58	1144216
		- уд. вес, %	98,70	1,27	0,03	100,00
	2019	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	3855291	43792	1047	3900130
		- количество ТС, ед.	1144510	10891	66	1155467
		- уд. вес, %	98,85	1,12	0,03	100,00
	2020	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	3851760	44306	1087	3897153
		- количество ТС, ед.	1141167	10714	56	1151937
		- уд. вес, %	98,84	1,14	0,02	100,00
	2021	- сумма транспортного налога, тыс. руб.	4029582	40 832	1007	4071421
		- количество ТС, ед.	1134693	9999	58	1144750
		- уд. вес, %	98,97	1,00	0,03	100,00
Изменения	2019	Темп роста транспортного налога, %	103,16	91,14	98,40	103,00
		Абс. изменение транспортного налога, тыс. руб.	117957	-4259	-17	113681
	2020	Темп роста транспортного налога, %	99,91	101,17	103,82	99,92
		Абс. изменение транспортного налога, тыс. руб.	-3531	514	40	-2977
	2021	Темп роста транспортного налога, %	104,62	92,16	92,64	104,47
		Абс. изменение транспортного налога, тыс. руб.	177822	- 3474	-80	174268

Источник данных: рассчитано автором по данным официального сайта ФНС России [www.nalog.gov.ru](http://www.nalog.gov.ru)

Транспортный налог, подлежащий уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами по наземным транспортным средствам (данные табл. 3), существенно преобладает и составляет более 98% ежегодно. В 2019 году происходит увеличение транспортного налога по наземным транспортным средствам физических лиц на 117 957 тыс. руб. за счет увеличения количества учтенных налоговыми органами транспортных средств на 10095 единиц, но в 2020 году количество наземных транспортных средств сократилось на 3343 единиц по сравнению с предыдущим годом, что привело к уменьшению транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами по наземным транспортным средствам, на 3531 тыс. руб. в 2020 году. В 2021 году величина

транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, по наземным транспортным средствам физических лиц увеличилась на 177 822 тыс. руб., что составило рекордное значение в 4,62 % в анализируемом периоде (данные табл.3). Доля транспортного налога по водным транспортным средствам физических лиц в Нижегородской области колеблется в пределах 1%, что в абсолютном выражении не превышает 50 млн. руб. в анализируемом периоде.

Рассмотрим более подробно размер транспортного налога по наземным транспортным средствам, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами. Данные представим в таблице 4.

Таблица 4

**Анализ состава и динамики транспортного налога по наземным транспортным средствам, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами**

Виды наземных транспортных средств	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	темп роста, %		
	сумма, тыс. руб.	сумма, тыс. руб.	сумма, тыс. руб.	сумма, тыс. руб.	2019	2020	2021
Автомобили легковые	3131102	3202232	3224896	3371220	102,27	100,71	104,54
Мотоциклы и мотороллеры	20659	21981	22462	23628	106,40	102,19	105,19
Автобусы	33255	34345	32372	34227	103,28	94,26	105,73
Автомобили грузовые	524515	560656	543641	570963	106,89	96,97	105,03
Другие самоходные ТС	24193	24884	24307	24970	102,86	97,68	102,73
Снегоходы, мотосани	3610	11193	4082	4574	310,06	36,47	112,05
Итого:	3737334	3855291	3851760	4029582	103,16	99,91	104,62

Источник данных: рассчитано автором по данным официального сайта ФНС России [www.nalog.gov.ru](http://www.nalog.gov.ru)

Сумма транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, по легковым автомобилям занимает лидирующие позиции и составляет более 83% ежегодно в анализируемом периоде (данные табл. 4 и рис. 2). Более того, размер транспортного налога по легковым автомобилям, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, в абсолютном выражении непрерывно увеличивается и прирост составляет 71130 тыс. руб. в 2019 году; 22664 тыс. руб. в 2020 году и 146324 тыс. руб. в 2021 году соответственно.

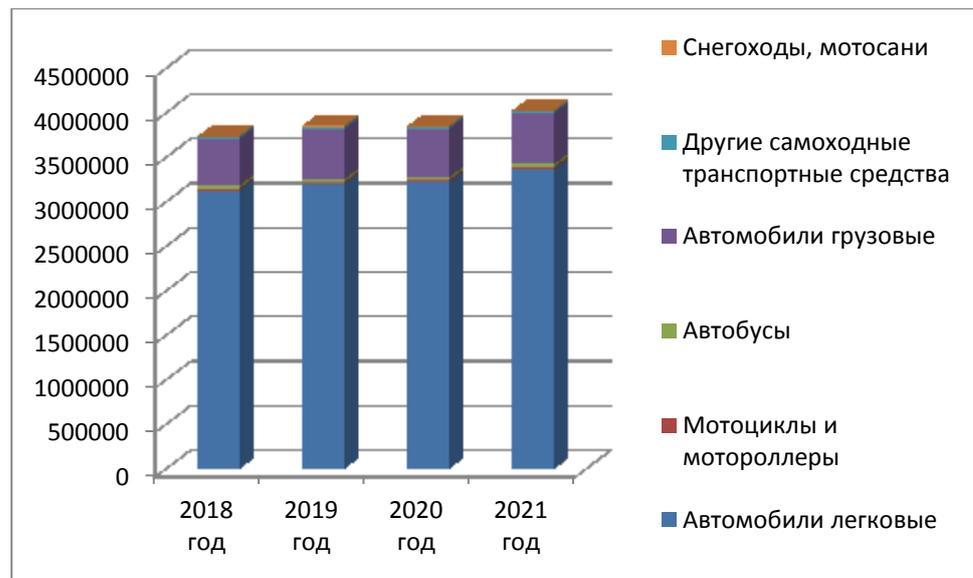


Рис. 2. Динамика транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, по наземным видам транспортных средств, тыс. руб.

Размер транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, в категории «Автобусы», «Автомобили грузовые» и другие наземные транспортные средства в 2020 году снизился (данные табл. 4 и рис. 2): по «Автобусам» снижение транспортного налога составило 1973 тыс. руб.; по «Автомобилем грузовым» налог снизился на 17015 тыс. руб.; по снегоходам и другим самоходным транспортным средствам снижение налога составило более 7600 тыс. руб. Выявленное сокращение транспортного налога обусловлено уменьшением количества единиц транспортных средств, учтенных в базе данных налоговых органов, в связи со снижением предпринимательской активности из-за пандемии COVID-19. Несмотря на пандемию, в 2021 году ситуация меняется и происходит увеличение сумм транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области физическими лицами, по всем видам наземных транспортных средств.

Как видно из проведенного анализа данных по суммам транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет Нижегородской области, наибольшие суммы приходятся на физических лиц в категории транспортных средств «Автомобили легковые». Так, в 2020 году физическими лицами Нижегородской области (плательщиками транспортного налога) было зарегистрировано в ГИБДД 985546 легковых автомобилей; наибольшее их количество приходится на машины с мощностью до 100 л. с. (449938 единиц) и на машины мощностью от 100 до 150 л. с. (425419 единиц). По данным агентства «Автостат» Нижегородская область в середине 2021 года занимала 11 место в рейтинге субъектов РФ по объему зарегистрированного автопарка.

По законодательству РФ транспортный налог относится к региональным налогам. Проанализируем место транспортного налога в доходах бюджета Нижегородской области. Данные анализа представим в виде таблицы 5 и рисунка 3.

Таблица 5

**Анализ транспортного налога в составе и структуре доходов бюджета Нижегородской области**

Показатели	2019 год	2020 год	2021 год	темпы роста, %	
				2020	2021
Доходы областного бюджета всего, млн. руб.	179584,74	211865,05	245105,94	117,97	115,69
<i>в том числе:</i>					
Налоговые доходы, млн. руб.	142430,62	140958,84	174478,13	98,97	123,78
- уд. вес, %	79,31	66,53	71,18		
<i>из них:</i>					
- транспортный налог, млн. руб.	4225,61	4542,58	4556,98	107,50	100,32
- доля транспортного налога в налоговых доходах областного бюджета, %	2,97	3,22	2,61		

Источник данных: рассчитано автором по официальным данным сайта Министерства финансов Нижегородской области [www.mf.nnov.ru](http://www.mf.nnov.ru)

Анализируя данные таблицы 5 можно сказать, что доходы бюджета Нижегородской области ежегодно увеличиваются. Так, в 2020 году фактическое поступление всех видов доходов в бюджет возросло на 17,97%, а в 2021 году на 15,69%, что в абсолютном выражении составило 32280,31 млн. руб. в 2020 году и 33240,89 млн. руб. в 2021 году соответственно. Основной источник доходов бюджета Нижегородской области - это налоговые доходы. Хотя за пандемийные 2020 и 2021 годы доля налоговых доходов в бюджет Нижегородской области сократилась и составила 66,53% в 2020 году и 71,18% в 2021 году против 79,31% в 2019 году. Снижение предпринимательской активности и экономические проблемы в этот период сыграли значительную роль в снижении налоговых поступлений в бюджет Нижегородской области. Однако имущественный налог, к которому относится транспортный налог, в пандемийные годы неуклонно увеличивался в абсолютном выражении, но его доля, как в составе налоговых доходов бюджета Нижегородской области, так и в составе доходов областного бюджета, незначительна и колеблется в диапазоне 2 - 3% (данные табл. 5 и рис. 3). В ходе исследования установили, что анализу региональной практики применения налогового законодательства, в части обложения транспортных средств, уделяется достаточное внимание в научном мире. В своих научных работах авторы [5], [9], [19, с. 410], [20, с. 144] и другие экономисты неоднократно подчеркивали незначительную долю транспортного налога в доходах региональных бюджетов на всей территории нашей страны.

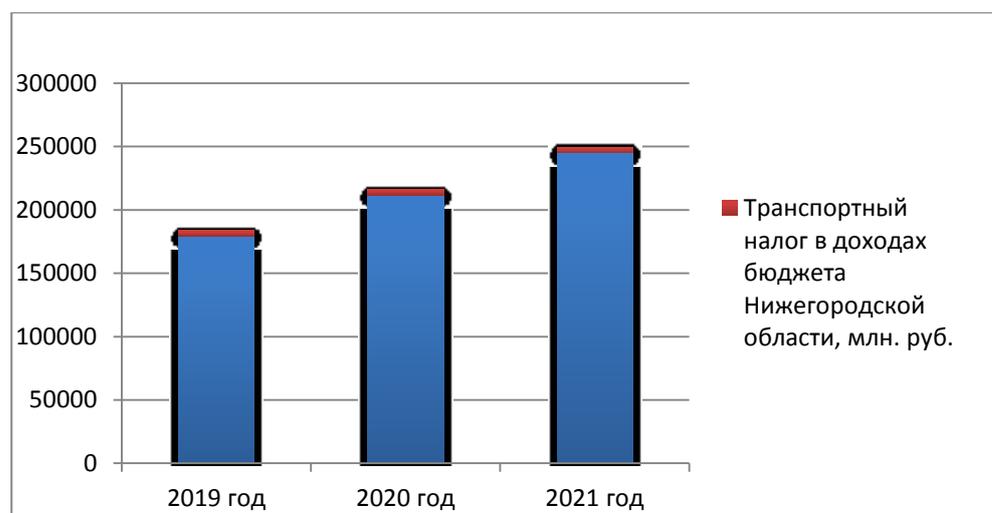


Рис. 3. Доходы бюджета Нижегородской области, млн. руб.

Данные рисунка 3 наглядно демонстрируют место транспортного налога в доходах бюджета Нижегородской области. Следует отметить, что в динамике доля транспортного налога в доходах областного бюджета ежегодно сокращалась в анализируемом периоде. В 2019 году доля транспортного налога в доходах областного бюджета составляла 2,35%, в 2020 году она снизилась до 2,14% и в 2021 году продолжала уменьшаться, достигнув значения 1,86%, то есть менее 2 % от доходов бюджета Нижегородской области. Более того, при низкой доле в доходах областного бюджета, по транспортному налогу ежегодно формируется задолженность.

Таблица 6

**Степень собираемости транспортного налога в Нижегородской области**

Годы	Начислено транспортного налога тыс. руб.	Поступило в бюджет транспортного налога, тыс. руб.	Процент исполнения, %
2018	4 379 277	3 959 168	90,41
2019	4 589 365	4 225 609	92,07
2020	4 736 450	4 542 584	95,91
2021	4 675 929	4 556 975	97,46

Анализ степени собираемости транспортного налога в Нижегородской области (данные табл. 6) показывает, что за последние 4 года ситуация в регионе кардинально изменилась. В анализируемом периоде наблюдается ежегодный рост процента собираемости транспортного налога, что является положительным моментом для экономики региона. Процент собираемости транспортного налога в Нижегородской области в 2018 году составлял 90,41%, а в 2021 году вырос до 97,46%.

Согласно Закону об областном бюджете в Нижегородской области на 2022 год и период 2023 и 2024 годов запланированы следующие параметры (данные табл. 7).

Таблица 7

**Анализ доли транспортного налога в составе прогнозируемых доходов бюджета Нижегородской области**

Показатели	2022	прогноз 2023	прогноз 2024	темп роста, %		абс. изм., млн. руб.	
	сумма, млн. руб.	сумма, млн. руб.	сумма, млн. руб.	2023	2024	2023	2024
Доходы областного бюджета	228377,21	237403,16	232881,97	103,95	98,10	9025,95	-4521,19
Транспортный налог	4713,07	4917,92	5114,64	104,35	104,00	204,85	196,72
Доля транспортного налога в составе доходов областного бюджета, %	2,06	2,07	2,20	100,49	106,28	0,01	0,13

Согласно принятым и скорректированным параметрам областного бюджета размер транспортного налога занимает своё место и составляет чуть более 2 % от совокупных доходов бюджета Нижегородской области (данные табл. 7). Этот показатель ниже, чем в предыдущем анализируемом периоде (2019 и 2020 годах), но больше чем в 2021 году (1.86 %). Хотя в абсолютном выражении запланированный размер транспортного налога увеличивается на 4,35 % в 2023 году и на 4,00 % в 2024 году соответственно. Как видно из данных таблицы 7, региональные власти планируют ежегодный прирост в доходах областного бюджета транспортного налога порядка 200 млн. руб. Оценим влияние транспортного налога на налоговый потенциал Нижегородской области. Следует отметить, что оценке налогового потенциала в настоящее время уделяют внимание не только в нашей стране (как было отмечено ранее), но и в дружественных зарубежных странах [21, 22].

В Постановлении Правительства РФ от 22 ноября 2004 года № 670 «О распределении дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации» (ред. от 24.12.2021 г.) определен порядок расчета налогового потенциала субъекта РФ (приложение №1) [23]. Согласно действующей методике в расчет налогового потенциала включают: налоговый потенциал по налогу на прибыль; налоговый потенциал по налогу на доходы физических лиц; налоговый потенциал по налогу на имущество организаций; налоговый потенциал по акцизам; налоговый потенциал по налогу на добычу полезных ископаемых и прочие налоговые доходы. Транспортный налог, таким образом, входит в состав прочих налоговых доходов субъекта РФ и не имеет детального расчета на перспективу. В пункте 4 рассматриваемой методики расчета налогового потенциала субъекта РФ представлена формула расчета налогового потенциала субъекта РФ по прочим видам налогов. Указанная формула основывается на налоговом потенциале и прогнозе поступления налоговых доходов по основным (ранее изложенным) налогам; среднегодовой численности экономически активного населения и не включает в себя детальную информацию по транспортному налогу. В сложившейся ситуации можно смело утверждать, что прогнозная величина доходов областного бюджета по транспортному налогу носит эмпирический характер.

Анализируя данные по суммам транспортного налога, подлежащего уплате в бюджет региона, составу и структуре рассматриваемого налога можно предположить, что запланированный ежегодный прирост поступлений по транспортному налогу в бюджет Нижегородской области в размере 200 млн. руб. станет реальностью только при ежегодном увеличении транспортных средств на 20000 единиц либо у физических лиц, либо у организаций, плательщиков рассматриваемого налога. Принимая во внимание складывающуюся ситуацию в экономике страны и региона в

настоящий момент: невысокую предпринимательскую активность в постпандемийный период, санкции, инфляцию и стремительный рост цен на наземные транспортные средства, а также снижение доходности россиян, нам представляется маловероятным запланированный сценарий увеличения поступлений по транспортному налогу в бюджет Нижегородской области.

Несмотря на низкую долю транспортного налога в составе доходов регионального бюджета, рассматриваемый налог затрагивает целый комплекс разнонаправленных интересов.

Региональная власть рассматривает транспортный налог в группе имущественных налогов и правомерно считает, что с ростом доходов населения и субъекты хозяйствования будут стремиться создавать себе комфортную мобильную жизнь и приобретать имущество, к которому относятся и транспортные средства, что в перспективе приведет к увеличению поступлений в региональный бюджет по транспортному налогу. На таком понимании основывается нежелание региональных властей серьезно пересматривать налоговое законодательство (в части налогообложения транспортных средств).

Однако, в последнее время в нашей стране все чаще поднимается вопрос о социальном неравенстве в обществе, которое напрямую связано с доходностью населения, его имущественной базой. В связи с этим, транспортный налог, на наш взгляд, можно отнести к группе не только имущественных налогов, но и к «налогам на роскошь», так как в современных условиях приобретение, содержание и эксплуатация транспортного средства – это дорогое удовольствие для большинства россиян и серьезно затрагивает их экономические интересы.

Нам представляется возможным решение противоречивой задачи по согласованию интересов региональных властей и собственников транспортных средств одним из следующих способов.

Первый способ заключается в пересмотре и научном обосновании методики расчета суммы транспортного налога, где акцент необходимо делать на ставке транспортного налога. Об изменении подходов к обоснованию ставки по транспортному налогу говорят многие ученые [3, 24]. Мы считаем, что ставка по транспортному налогу может зависеть не только от мощности двигателя, как сейчас, но и от пробега транспортного средства, других эксплуатационных характеристик объекта налогообложения, что справедливо будет отражать работу транспортного средства и учитывать время простоя. Разумным нам представляется и учет экологического вреда, который наносит транспортное средство в период его эксплуатации, что также необходимо учесть при обосновании ставки по транспортному налогу. Вкладом в решение вопроса о «социальной справедливости», на наш взгляд, может быть реализация предложения о значительном повышении ставки транспортного налога на дорогие транспортные средства. Вариантов обоснования ставки по транспортному налогу множество, но в настоящее время перед страной стоят более важные первоочередные задачи и налогу, который имеет низкую долю в доходах региональных бюджетов и несущественно влияет на налоговый потенциал региона, вряд ли власти будут уделять сейчас внимание. В складывающейся ситуации нам представляется более реальным второй способ решения конфликта интересов по транспортному налогу: перевод транспортного налога в категорию «налога на роскошь» и пересмотр налогового законодательства для дорогих авто, яхт, самолетов, катеров и т.п. Второй способ модернизации налогообложения дорогостоящих транспортных средств нам представляется более реалистичным, так как не связан категорией налогоплательщиков, его жизненной ситуацией (которую можно и завуалировать), а направлен на объект налогообложения. И если физическое или юридическое лицо имеет возможность приобрести и эксплуатировать дорогостоящее транспортное средство, то справедливо

полагать, что оно изыщет и возможность заплатить налог, что положительно скажется на практике собираемости транспортного налога и доходах региональных бюджетов. Можно также рекомендовать и полную отмену транспортного налога и поиск альтернативных источников формирования выпадающих доходов регионального бюджета.

### **Заключение**

Транспортный налог – имущественный налог и, прежде всего, затрагивает интересы собственников имущества, в частности: собственников транспортных средств. Особенность транспортного налога прежде всего заключается в том, что право собственности и транспортное средство может принадлежать одному физическому или юридическому лицу, а фактическое использование осуществляться другими лицами. Во-вторых, интенсивность использования транспортного средства может быть различной, а рассматриваемый налог является ежегодно уплачиваемым и степень эксплуатации транспортного средства методика его расчета не учитывает. В-третьих, любое транспортное средство в процессе эксплуатации нуждается в топливе, оплата которого включает уплату акциза, что ложится двойным бременем на владельца транспортного средства.

Указанные нюансы неоднократно поднимались в научной сфере, политиками и представителями общественности на протяжении двадцатилетней практики его применения.

Депутаты Законодательного собрания Нижегородской области (по инициативе фракции ЛДПР) еще в 2018 году предложили внести изменения в НК РФ в части отмены транспортного налога. Решение не было принято Государственной Думой РФ. Учитывая низкую долю суммы транспортного налога в доходах регионального бюджета, плательщиками которого преимущественно являются физические лица по категории «автомобили легковые» и одновременно высокую социальную значимость рассматриваемого налога, нам представляется возможной очередная инициатива по отмене транспортного налога. Более того, выпадающие доходы регионального бюджета можно с лихвой компенсировать либо гибким регулированием акцизов на топливо, либо набирающими обороты поступлениями от организованных парковок, что напрямую связано с эксплуатацией транспортного средства.

### **Список литературы**

1. Сагитова И. Ф. Повышенный транспортный налог в России: налог на "роскошь"? / И. Ф. Сагитова, К. А. Аксяева // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – Т. 2, № 11(28). – С. 947-949. – EDN YUKYCL.
2. Крайнова И. М. Транспортный налог 2022 г.: изменения и актуальные вопросы исчисления / И. М. Крайнова, С. Н. Артыкова // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт. – 2022. – № 2(40). – С. 11-14. – EDN IYDEIT.
3. Тимонина В. С. Совершенствование системы налогообложения физических лиц. Транспортный налог / В. С. Тимонина // Дневник науки. – 2019. – № 8(32). – С. 33. – EDN WIAEUI.
4. Яловая А. С. Транспортный налог в Российской Федерации: основные проблемы и пути их решения / А. С. Яловая, Ю. И. Чернов // Эпомен. – 2022. – № 68. – С. 356-362. – EDN YOOLWI.
5. Левшукова О. А. Транспортный налог: отечественный и зарубежный опыт / О. А. Левшукова, Д. В. Волошко, Д. А. Зацепилина // Вестник Академии знаний. – 2021. – № 45(4). – С. 394-399. – DOI: <https://doi.org/10.24412/2304-6139-2021-11392>. – EDN DLCAEJ.
6. Шелепова Н. В. Сравнительный анализ налогообложения транспортных средств в Российской Федерации и Японии / Н. В. Шелепова, А. С. Сергиенко // Экономика,

- предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 839-850. – DOI 10.18334/err.13.3.117420. – EDN TYNRSW.
7. Семенова Г. Н. Транспортный налог как доходный источник бюджетов субъектов Российской Федерации / Г. Н. Семенова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2022. – № 2. – С. 111-126. – DOI: <https://doi.org/10.18384/2310-6646-2022-2-111-126>. – EDN GXGUFM.
  8. Алимова М. С. Среднесрочное налоговое прогнозирование транспортного налога на региональном уровне / М. С. Алимова, С. А. Алимов // Вестник Прикамского социального института. – 2021. – № 2(89). – С. 52-60. – EDN SZZWKL.
  9. Ушаков В. Н. Оценка роли региональных налогов в динамике доходов бюджета Иркутской области: современные реалии дотационности / В. Н. Ушаков // Управленческое консультирование. – 2023. – № 3(171). – С. 57-72. – DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-3-57-72>.
  10. Маркова Н.А., Козлова К.В., Коннова А.Н. Роль налогообложения в доходах государственного бюджета РФ // Великие реки 2016: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2016. – URL: <http://вф-река-море.рф/2016/PDF/100.pdf> (дата обращения 05.06.2023).
  11. Гоманова Т. К. Развитие налогового потенциала субъекта РФ как способ обеспечения сбалансированности регионального бюджета / Т. К. Гоманова, А. В. Гришанова // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2023. – № 1(73). URL: <https://eee-region.ru/article/7307/> – EDN ILKVHE. (дата обращения 04.06.2023).
  12. Маркова Н.А., Попандопуло И.Д. Урегулирование проблем сбалансированности государственного бюджета // Великие реки 2016: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2016. – URL: <http://вф-река-море.рф/2016/PDF/102.pdf>. (дата обращения 05.06.2023).
  13. Заливалов Н. В. Бюджетный профицит. Дефицит бюджета / Н. В. Заливалов, Н. А. Маркова // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2014. – № 40. – С. 200-202. – EDN SSXSAH. – URL: [http://journal.vsuwt.ru/public/v\\_arc/v40.pdf](http://journal.vsuwt.ru/public/v_arc/v40.pdf). (дата обращения 06.06.2023).
  14. Максимчук О. В. Налоговый потенциал как фактор стимулирования эффективности инновационной экономики в современных условиях / О. В. Максимчук, Л. Н. Чижо, М. Н. Савченко // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2021. – № 2(30). – С. 60-72. – EDN VBKWFL.
  15. Рошупкина В. В. Налоговый потенциал СКФО в условиях санкций: проблемы, модели, институты обеспечения / В. В. Рошупкина // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2022. – № 6(93). – С. 40-49. – DOI: <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2022.6.5>. – EDN ELMFBY.
  16. Морозова Г. В. Оценка налогового потенциала и направления его повышения (на примере Приволжского федерального округа) / Г. В. Морозова, Д. В. Трофимова // Казанский экономический вестник. – 2021. – № 1(51). – С. 54-59. – EDN YYPHRF.
  17. Бубнов В. А. Понятийный аппарат налогового потенциала / В. А. Бубнов, Н. К. Окишева // Baikal Research Journal. – 2022. – Т. 13, № 1. – DOI 10.17150/2411-6262.2022.13(1).3. – EDN BWXXKV.
  18. Токаева С. К. Проблемы укрепления налогового потенциала субъектов Российской Федерации при действующем налогово-бюджетном механизме / С. К. Токаева, Л. А. Туаева // Финансовая жизнь. – 2021. – № 4. – С. 36-40. – EDN UCSYLX.
  19. Щербакова И. Г. Проблемы и перспективы развития транспортного налога в Удмуртской Республике / И. Г. Щербакова, Г. А. Хрипко // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2021. – Т. 31, № 3. – С. 409-414. – DOI: <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2021-31-3-409-414>. EDN NYGOPE.
  20. Зотиков Н. З. Налоги и платежи, уплачиваемые физическими лицами, влияние на их финансовое положение / Н. З. Зотиков // Вестник университета. – 2022. – № 6. – С. 140-149. – DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-6-140-149>. – EDN BSRIYP.
  21. Иброгимова А. У. Роль и значение налогово-инвестиционного потенциала в развитии национальной экономики / А. У. Иброгимова, Ф. С. Обидов // Известия Академии

- наук Республики Таджикистан. Отделение общественных наук. – 2021. – № 2(263). – С. 106-110. – EDN EENHYQ.
22. Маъмуров А. М. Арзёбии ваъзи муосири маъмурикунонии андоз дар сатҳи минтакавӣ / А. М. Маъмуров, С. Б. Саломов // Ахбори Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон. Силсилаи илмҳои ҳомашиносӣ. – 2022. – No. 2(91). – P. 82-92. – DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-1945-2022-2-82-92>. – EDN ULBGAZ.
23. Постановление Правительства РФ от 22 ноября 2004 г. N 670 "О распределении дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).
24. Шумяцкий Р. И. Транспортный налог в России: новые подходы в исчислении / Р. И. Шумяцкий // Сибирская финансовая школа. – 2021. – № 2(142). – С. 80-82. – EDN XEDLYA.

#### References

1. Sagitova I. F. Povyshennyj transportnyj nalog v Rossii: nalog na "roskosh"? / I. F. Sagitova, K. A. Aksyaeva // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*. – 2018. – T. 2, no. 11(28). – pp. 947-949. (in Russ.) – EDN YUKYCL.
2. Krajnova I. M. Transportnyj nalog 2022 g.: izmeneniya i aktual'nye voprosy ischisleniya / I. M. Krajnova, S. N. Artykova // *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya ehkonomiki: rossijskij i zarubezhnyj opyt*. – 2022. – no. 2(40). – pp. 11-14. (in Russ.) – EDN IYDEIT.
3. Timonina V. S. Sovershenstvovanie sistemy nalogooblozheniya fizicheskikh lic. Transportnyj nalog / V. S. Timonina // *Dnevnik nauki*. – 2019. – no. 8(32). – pp. 33. (in Russ.) – EDN WIAEJU.
4. Yalovaya A. S. Transportnyj nalog v Rossijskoj Federacii: osnovnye problemy i puti ikh resheniya / A. S. Yalovaya, YU. I. Chernov // *Ehpomen*. – 2022. – no. 68. – pp. 356-362. (in Russ.) – EDN YOOLWI.
5. Levshukova O. A. Transportnyj nalog: otechestvennyj i zarubezhnyj opyt / O. A. Levshukova, D. V. Voloshko, D. A. Zacepilina // *Vestnik Akademii znaniy*. – 2021. – no. 45(4). – pp. 394-399. (in Russ.) – DOI: <https://doi.org/10.24412/2304-6139-2021-11392>. – EDN DLCAEJ.
6. Shelepova N. V. Srovnitel'nyj analiz nalogooblozheniya transportnykh sredstv v Rossijskoj Federacii i Yaponii / N. V. Shelepova, A. S. Sergienko // *Ehkonomika, predprinimatel'stvo i pravo*. – 2023. – T. 13, no. 3. – pp. 839-850. (in Russ.) – DOI 10.18334/epp.13.3.117420. – EDN TYNRSW.
7. Semenova G. N. Transportnyj nalog kak dokhodnyj istochnik byudzhetrov sub"ektov Rossijskoj Federacii / G. N. Semenova // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ehkonomika*. – 2022. – no. 2. – pp. 111-126. (in Russ.) – DOI: <https://doi.org/10.18384/2310-6646-2022-2-111-126>. – EDN GXGUFM.
8. Alimova M. S. Srednesrochnoe nalogovoe prognozirovanie transportnogo naloga na regional'nom urovne / M. S. Alimova, S. A. Alimov // *Vestnik Prikamskogo social'nogo instituta*. – 2021. – no. 2(89). – pp. 52-60. (in Russ.) – EDN SZZWKL.
9. Ushakov V. N. Ocenka roli regional'nykh nalogov v dinamike dokhodov byudzheta Irkutskoj oblasti: sovremennye realii dotacionnosti / V. N. Ushakov // *Upravlencheskoe konsul'tirovanie*. – 2023. – no. 3(171). – pp. 57-72. (in Russ.) – DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-3-57-72>.
10. Markova N.A., Kozlova K.V., Konnova A.N. Rol' nalogooblozheniya v dokhodakh gosudarstvennogo byudzheta RF // *Velikie reki 2016: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii. FGBOU VO «VGUVT»*. – 2016. (in Russ.). URL: <http://vf-reka-more.rf/2016/PDF/100.pdf> (accessed 05.06.2023).
11. Gomanova T. K. Razvitie nalogovogo potenciala sub"ekta RF kak sposob obespecheniya sbalansirovannosti regional'nogo byudzheta / T. K. Gomanova, A. V. Grishanova // *Regional'naya ehkonomika i upravlenie: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal*. – 2023. – no. 1(73). (in Russ.) URL: <https://eee-region.ru/article/7307/> – EDN ILKVHE. (accessed 04.06.2023).
12. Markova N.A., Popandopulo I.D. Uregulirovanie problem sbalansirovannosti gosudarstvennogo byudzheta // *Velikie reki 2016: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii. FGBOU VO «VGUVT»*. – 2016. (in Russ.) – URL: <http://vf-reka-more.rf/2016/PDF/102.pdf>. (accessed 05.06.2023).

13. Zalivalov N. V. Byudzhetnyj proficit. Deficit byudzheta / N. V. Zalivalov, N. A. Markova // Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta. – 2014. – no. 40. – pp. 200-202. (in Russ.) – EDN SSXSAH. – URL: [http://journal.vsuwt.ru/public/v\\_arc/v40.pdf](http://journal.vsuwt.ru/public/v_arc/v40.pdf). (accessed 06.06.2023).
14. Maksimchuk O. V. Nalogovyj potencial kak faktor stimulirovaniya ehffektivnosti innovacionnoj ehkonomiki v sovremennykh usloviyakh / O. V. Maksimchuk, L. N. Chizho, M. N. Savchenko // Aktual'nye problemy ehkonomiki i menedzhmenta. – 2021. – no. 2(30). – pp. 60-72. (in Russ.) – EDN VBK WFL.
15. Roshchupkina V. V. Nalogovyj potencial SKFO v usloviyakh sankcij: problemy, modeli, instituty obespecheniya / V. V. Roshchupkina // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. – 2022. – no. 6(93). – pp. 40-49. (in Russ.) – DOI: <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2022.6.5>. – EDN ELMFBY.
16. Morozova G. V. Ocenka nalogovogo potenciala i napravleniya ego povysheniya (na primere Privolzhskogo federal'nogo okruga) / G. V. Morozova, D. V. Trofimova // Kazanskij ehkonomicheskij vestnik. – 2021. – no. 1(51). – pp. 54-59. (in Russ.) – EDN YYPHRF.
17. Bubnov V. A. Ponyatijnyj apparat nalogovogo potenciala / V. A. Bubnov, N. K. Okisheva // Baikal Research Journal. – 2022. – T. 13, no. 1. – DOI 10.17150/2411-6262.2022.13(1).3. (in Russ.) – EDN BWXXKV.
18. Tokaeva S. K. Problemy ukrepleniya nalogovogo potenciala sub"ektov Rossijskoj Federacii pri dejstvuyushchem nalogovo-byudzhetnom mekhanizme / S. K. Tokaeva, L. A. Tuaeva // Finansovaya zhizn'. – 2021. – no. 4. – pp. 36-40. (in Russ.) – EDN UCSYLX.
19. Shcherbakova I. G. Problemy i perspektivy razvitiya transportnogo naloga v Udmurtskoj Respublike / I. G. Shcherbakova, G. A. Khripko // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ehkonomika i pravo. – 2021. – T. 31, no. 3. – pp. 409-414. (in Russ.) – DOI: <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2021-31-3-409-414>. EDN NYGOPE.
20. Zotikov N. Z. Nalogi i platezhi, uplachivaemye fizicheskimi licami, vliyanie na ikh finansovoe polozhenie / N. Z. Zotikov // Vestnik universiteta. – 2022. – no. 6. – pp. 140-149. (in Russ.) – DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-6-140-149>. – EDN BSRIYP.
21. Ibrogimova A. U. Rol' i znachenie nalogovo-investicionnogo potenciala v razvitii nacional'noj ehkonomiki / A. U. Ibrogimova, F. S. Obidov // Izvestiya Akademii nauk Respubliki Tadjikistan. Otdelenie obshchestvennykh nauk. – 2021. – no. 2(263). – pp. 106-110. – EDN EENHYQ.
22. Ma"murov A. M. Arzyobii vaz"i muosiri ma"murikunonii andoz dar satxi mintakavā / A. M. Ma"murov, S. B. Salomov // Akhbori Donishgoxi davlatii хуқуқ, biznes va siyosati Тоҷикистон. Silsilai ilmҳои ҷомеашиносӣ. – 2022. – No. 2(91). – pp. 82-92. – DOI: <https://doi.org/10.24412/2411-1945-2022-2-82-92>. – EDN ULBGAZ.
23. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 22 noyabrya 2004 g. N 670 "O raspredelenii dotacij na vyравnivanie byudzhetnoj obespechennosti sub"ektov Rossijskoj Federacii" (s izmeneniyami i dopolneniyami).
24. Shumyackij R. I. Transportnyj nalog v Rossii: novye podkhody v ischislenii / R. I. Shumyackij // Sibirskaya finansovaya shkola. – 2021. – no.pp2(142). – S. 80-82. (in Russ.) – EDN XEDLYA.

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

**Наталья Андреевна Маркова**, 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, д.5, e-mail: [masha.markovka@mail.ru](mailto:masha.markovka@mail.ru)

**Nataliya A. Markova**, Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 21.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 21.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 332.146.2

DOI: 10.37890/jwt.vi77.431

## **Повышение эффективности пассажирских перевозок в условиях применения инновационных систем управления транспортными потоками**

**Н.В. Пумбрасова**

*ORCID: 0000-0001-9644-1721*

**Е.В. Упадышева**

*ORCID: 0000-0002-5400-0888*

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены возможности повышения эффективности деятельности транспортных компаний в сфере регулярных пассажирских перевозок в условиях применения инновационных систем управления транспортными потоками, определены способы повышения рентабельности пассажирских перевозок при ограниченном спросе на транспортные услуги, проведена количественная оценка возможного к получению экономического эффекта.

Целью проводимого исследования выступает определение способов повышения эффективности деятельности транспортных компаний в сфере пассажироперевозок с учетом применения инновационных систем управления транспортными потоками.

В качестве основных методов исследования авторами статьи определены: аналитический метод, наблюдение, абстрагирование, обобщение, математическое моделирование.

Результатом проведенного исследования является определение в качестве основного способа повышения эффективности пассажирских перевозок в условиях применения инновационных систем управления транспортными потоками внедрение системы интерактивной навигации, позволяющей снизить неэффективные расходы перевозчиков. При этом авторами предложено дополнение теоретических основ расчета расходов перевозчиков коэффициентом интерактивного регулирования перевозок, применение которого становится возможным в условиях цифровизации и инновационного развития транспортных систем.

**Ключевые слова:** инновации, транспорт, пассажирские перевозки, система интерактивной навигации, экономический эффект.

## **Improving the efficiency of passenger transportation in the terms of the innovative transport traffic management systems using**

**Natalia V. Pumbrasova**

*ORCID: 0000-0001-9644-1721*

**Elena V. Upadysheva**

*ORCID: 0000-0002-5400-0888*

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

**Abstract.** The article considers the possibilities of increasing the efficiency of transport companies in the terms of the innovative transport traffic management systems using, identifies ways to increase the profitability of passenger transportation with limited demand for transport services, and quantifies the possible economic effect.

The purpose of the research is to identify ways to improve the efficiency of transport companies in the field of passenger transportation, taking into account the use of innovative traffic management systems.

The main research methods identified by the authors of the article are: analytical method, observation, abstraction, generalization, mathematical modeling.

The result of this research is to determine the introduction of an interactive navigation system as the main way to increase the efficiency of passenger transportation in the terms of the innovative transport traffic management systems using, which allows reducing ineffective carrier costs. At the same time, the authors propose to supplement the theoretical foundations of calculating the costs of carriers with the coefficient of interactive transportation regulation, the use of which becomes possible in the context of digitalization and innovative development of transport systems.

**Keywords:** innovations, transport, passenger transportation, interactive navigation system, economic effect.

### **Введение**

Транспортная система любой страны выступает необходимым звеном нормального функционирования экономики. От степени развитости транспортной системы во многом зависит уровень и качество производственных отношений и товарных рынков, а также качество жизни населения в целом.

При этом тотальная цифровизация экономики делает инновации необходимым условием развития транспортной отрасли. В настоящее время наиболее актуальными для исследования в научных кругах и практического применения выступают инновации в информационном обеспечении систем управления транспортными потоками. В целях унификации подобных систем управления на различных территориях создаются единые транспортные пространства, обладающие едиными юридическими, техническими, технологическими и информационными условиями функционирования участников транспортного взаимодействия.

Так, в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года<sup>1</sup> предусмотрено инновационное развитие транспортной системы, в том числе в части развития инновационного информационного управления в данной сфере – создание единого транспортного пространства на территории Российской Федерации [1]. На практике также осуществляется создание единого транспортного пространства между странами Евразийского экономического союза, что подтверждает актуальность и необходимость инновационной и информационной интеграции в целях контроля и координирования транспортных потоков не только на макроуровне, но и в межгосударственном взаимодействии [2].

Цифровизация сферы информационного управления сделала возможным создание информационных систем для координирования транспортных потоков по различным видам транспорта. Так, к примеру, за последние годы в соответствии с целями Транспортной стратегии Российской Федерации в сфере управления водным транспортом были созданы электронные навигационные карты внутренних водных путей, в сфере управления автомобильным транспортом - введена в промышленную эксплуатацию государственная автоматизированная информационная система «ЭРА-ГЛОНАСС», в сфере управления железнодорожным транспортом - ОАО «РЖД» работает над проектом RFID<sup>2</sup>, предусматривающим маркировку высокочастотными метками железнодорожных составов (грузовых и пассажирских), а также путей и транспортных узлов, с целью контроля перемещения и формирования общей информационной системы слаженной и бесперебойной работы транспорта [3].

Применение инновационных систем управления транспортными потоками открывает новые возможности повышения эффективности деятельности транспортных компаний.

<sup>1</sup> Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.

<sup>2</sup> Radio Frequency IDentification (радиочастотная идентификация).

Способы повышения эффективности пассажирских перевозок (в городском, пригородном и междугороднем сообщениях) активно исследуются учеными по различным видам транспорта – автомобильному [4], [5], [6], железнодорожному [7], [8], водному [9], [10], [11] делаются выводы о необходимости внедрения инновационного бортового оборудования с использованием общих интерфейсов и протоколов передачи данных, а также установкой единого времени и геопозиционирования, по различным видам транспорта с целью унификации управления транспортными потоками [12], описываются возможности и преимущества применения технологии «цифровой двойник», рассматриваемые на примере зарубежного опыта [13], [14], [15], предлагаются специализированные программы по расчетно-аналитическому обеспечению автоматизированного управления перевозками [16], а также разрабатываются отечественные информационные программы и внедряются на практике<sup>3</sup>.

В большинстве исследований эффективность перевозок рассматривается с точки зрения экономической целесообразности, однако ряд ученых приводит в противовес экономической эффективности социальную, ставя ее на первое место с позиции оценки критериев повышения качества жизни [17].

Зарубежная литература также подтверждает заинтересованность ученых в исследовании как экономической эффективности транспорта в рамках городских [18], [19], [20]. туристических [21], [22] и международных перевозок [23], так и энергетической [24], [25] и экологической [26] эффективности.

В связи с этим авторы считают важным сделать оговорку, что данная статья направлена на исследование в первую очередь экономической эффективности транспорта в рамках регулярных пригородных и междугородних перевозок. Социальная и экологическая эффективность в рамках исследования рассматриваются как второстепенные категории. Энергетическая эффективность транспорта в статье не рассматривается.

**Целью научного исследования** является определение способов повышения эффективности деятельности транспортных компаний в сфере пассажироперевозок с учетом применения инновационных систем управления транспортными потоками.

**Для достижения поставленной цели** в рамках научного исследования авторами установлена необходимость выполнения следующих задач:

- 1) изучение основных характеристик инновационных систем управления транспортными потоками;
- 2) определение необходимости и возможности усовершенствования указанных систем путем расширения и улучшения их потребительских свойств;
- 3) установление взаимосвязи потребительских свойств информационных систем управления и возможностей повышения эффективности деятельности транспортных компаний;
- 4) определение положительных эффектов, возможных к получению в результате внедрения усовершенствованных информационных систем управления транспортными потоками;
- 5) количественное описание получаемых эффектов;
- 6) определение возможности апробации полученных результатов на практике.

---

<sup>3</sup> Программа определения параметров и эффективности междугородних пассажирских перевозок. Долматова Н.А., Николаев Н.Н. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018614816, 18.04.2018. Заявка № 2018611980 от 28.02.2018.

В ходе исследования авторами установлено, что инновационный подход в системе управления транспортом (электронные карты автомобильных дорог, внутренних водных и железнодорожных путей, навигационные системы и информационное интерактивное обеспечение) делает возможным снижение уровня неэффективных расходов транспортных компаний (перевозчиков).

Понятие «инновации» рассматривалось авторами в одной из предыдущих исследовательских работ [27] и определено как «внедренное или внедряемое новшество (нововведение), основанное на использовании новых информационно-коммуникационных технологий и современных технических решениях, позволяющее как повысить эффективность бизнес-процессов, так и улучшить качество продукции (транспортных услуг)».

В качестве основного способа усовершенствования потребительских свойств инновационных систем управления транспортными потоками является, по мнению авторов, внедрение системы интерактивной навигации, позволяющей потребителям транспортных услуг активно участвовать в формировании рейсов, воздействуя тем самым на повышение рентабельности деятельности перевозчиков.

Основными принципами работы данной системы должны выступать:

- 1) рациональный подход к планированию расходов перевозчика;
- 2) обеспечение обратной связи с потребителем;
- 3) прозрачность действий перевозчика и открытость системы для всех участников транспортного процесса на каждом этапе взаимодействия участников.

Изученные материалы свидетельствуют о наличии в научной среде наработок по организации управления пассажирскими перевозками на основе использования «транспорта по запросу» [28], что на первый взгляд имеет неоспоримое сходство с методом, определенным в данной статье. Однако следует отметить, что основным отличием предложений авторов настоящего исследования от научных выводов авторов указанной выше статьи является не столько принцип формирования системы заявок на перевозку, сколько первоначальные (исходные) условия осуществления перевозок и цели создания таких информационных систем, т.к. в упомянутой статье рассматривается ситуация с большим спросом на транспортные услуги и долгим временем ожидания на остановочных пунктах (цель создания системы в данном случае – улучшение условий перевозки для потребителей транспортных услуг, т.е. в приоритет ставится социальная эффективность), а в настоящем исследовании авторы отталкиваются от ситуации, когда перевозки имеют низкую рентабельность ввиду отсутствия необходимого спроса на перевозки, и основной целью создания системы управления транспортными потоками в этом случае выступает обеспечение экономической эффективности деятельности перевозчиков на низкорентабельных маршрутах.

С целью математического описания получения экономического эффекта от внедрения инноваций в виде информационной системы интерактивной навигации, авторами предлагается использовать для удобства универсальную обобщенную формулу<sup>4</sup> расходов транспортного предприятия, подходящую, по мнению авторов, для различных видов транспорта:

$$S = S_{нк} + S_{дв} \times L \quad (1)$$

---

<sup>4</sup> Экономика железнодорожного транспорта: учебник / Под ред. Н.П. Терёшиной, Л.П. Левицкой, Л.В. Шкуриной. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. — 536 с. ISBN 978-5-89035-621-5.

где  $S_{нк}$  - расходы на начально-конечные операции, руб. (на подготовку транспортного средства к рейсу, время ожидания в пунктах отправления и назначения и т.п.);

$S_{дв}$  - расходы на движущую операцию, руб./км (непосредственно на осуществление перевозки пассажиров);

$L$  - расстояние перевозки, предусмотренное маршрутом, км.

Универсальность данной формулы подтверждается, по мнению авторов, возможностью применения для расчета общих расходов перевозчика на любых видах транспорта, т.к. любые перевозки характеризуются определенной дальностью (расстоянием перевозки), от которой прямо пропорционально зависит объем расходов на движущие операции. Расходы на начально-конечные операции также характерны любым видам транспорта. Единственным уточнением для перевозок водным транспортом может быть корректировка расходов (в сторону увеличения) на расходы, предусмотренные во время шлюзования. Однако данное уточнение, на наш взгляд, в рамках приведенной формулы уместно произвести, присовокупив расходы на шлюзование к расходам на начально-конечные операции, поскольку и те и другие не имеют прямой зависимости от дальности перевозки.

Однако авторы статьи предлагают скорректировать данную формулу, выделив в составе расходов на движущую операцию постоянные расходы, не зависящие от проходимого за рейс расстояния (фиксированная заработная плата экипажа (оклад) с начислениями, лизинговые платежи при наличии, расходы на плановый ремонт и т.п.) и переменные расходы, непосредственно зависящие от проходимого судном расстояния (расходы на топливо, прочие расходные материалы, надбавки к заработной плате за выполнение планов по перевозкам, амортизация и т.п.). То есть, по мнению авторов, представить формулу общих расходов на перевозку целесообразнее следующим образом:

$$S = S_{нк} + S_{дв}^{пост} + S_{дв}^{перем} \times L \quad (2)$$

где  $S_{дв}^{пост}$  - постоянные расходы на движущую операцию, руб.,

$S_{дв}^{перем}$  - переменные расходы на движущую операцию, руб.

В качестве конечного (итогового) показателя эффективности пассажирских перевозок авторы считают наиболее целесообразным использовать показатель рентабельности перевозок ( $R_{np}$ ), определяемый по следующей формуле<sup>5</sup>:

$$R_{np} = \frac{P_p}{S} \times 100\%, \quad (3)$$

где  $P_p$  - прибыль от реализации услуг, руб.,

$S$  - затраты на реализацию услуг (расходы по обычным видам деятельности), руб.

Универсальность данной формулы для различных видов транспорта, по мнению авторов, также доказательна ввиду универсальности исходных показателей, формирующих данную зависимость.

При этом показатель затрат на реализацию услуг ( $S$ ) может быть рассчитан по формуле 1.

<sup>5</sup> Распоряжение Министерства транспорта РФ от 18 апреля 2013 г. № НА-37-р "О введении в действие Методических рекомендаций по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования"

Прибыль от реализации услуг ( $P_p$ ) определяется как разность между выручкой от реализации услуг (доходами по обычным видам деятельности) и затратами на реализацию услуг ( $S$ ):

$$P_p = B - S, \quad (4)$$

где  $B$  - выручка от реализации услуг (доходы по обычным видам деятельности), руб.,

$S$  - затраты на реализацию услуг (расходы по обычным видам деятельности), руб.

Однотипность и универсальность применяемых показателей для различных видов транспорта подтверждается практикой экономических расчетов.

Рассмотрим материалы исследования и предложения авторов более подробно.

### **Материалы и методы**

В качестве основных методов исследования авторами статьи определены: аналитический метод, наблюдение, абстрагирование, обобщение, математическое моделирование.

Изучение различных методов повышения эффективности пассажирских перевозок показало, что в условиях ограниченного спроса на перевозки наиболее действенным методом является снижение неэффективных расходов транспортного предприятия (или частного перевозчика). Авторы пришли к выводу, что в условиях цифровизации экономики и оснащения современных транспортных средств инновационными техническими устройствами, самым приемлемым и соответствующим требованиям времени способом снижения неэффективных расходов перевозчиков будет выступать внедрение единой информационной системы управления транспортными потоками, которая позволит выявлять «узкие места» и резервы повышения производительности деятельности транспортных компаний.

В ходе исследования авторами установлено, что, с одной стороны, подобные системы управления упрощают процесс мониторингования перевозок транспортными компаниями, а с другой стороны – делают транспортную систему более прозрачной для потребителей транспортных услуг (пассажиров) в случае обеспечения в инновационных системах управления обратной связи с потребителями услуг в форме интерактивной системы навигации.

Кроме того, введение системы интерактивной навигации, по мнению авторов статьи, даст возможность перевозчикам сократить неэффективные издержки по осуществлению малозаполненных рейсов (например, автобусные рейсы до отдаленных от административного центра малонаселенных пунктов, регулярные перевозки речным транспортом и др.). Работать данная система должна следующим образом (рис.1):

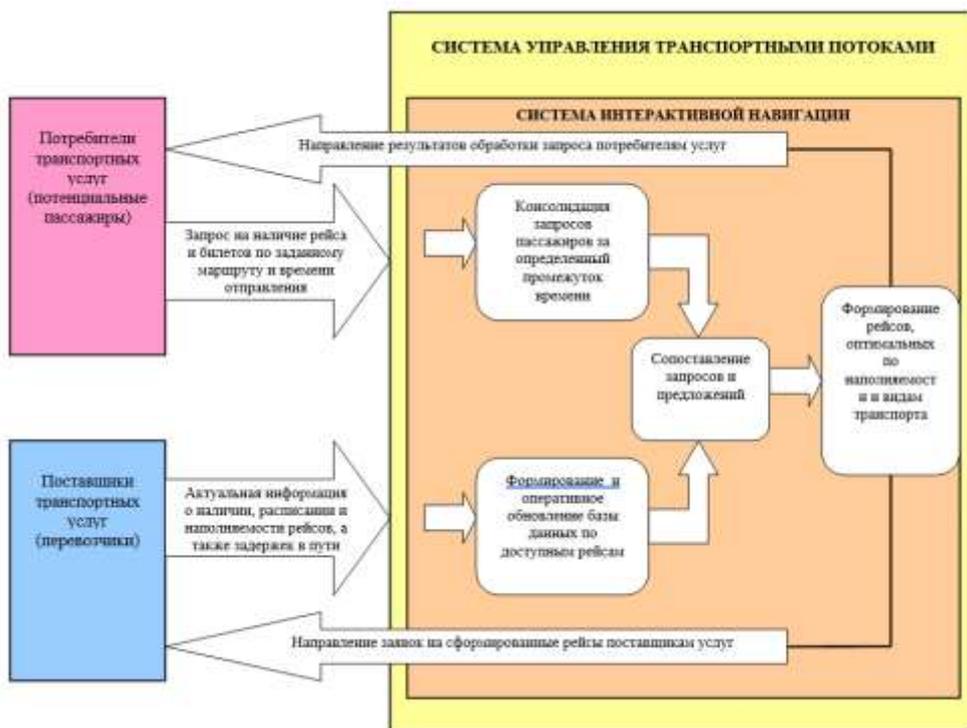


Рис. 1. Схема организации работы инновационной системы управления транспортными потоками, включающей функции системы интерактивной навигации

Как видно из представленной схемы, система управления транспортными потоками должна выступать платформой для системы интерактивной навигации. На рисунке не отображены второстепенные участники транспортного процесса (государство и посреднические организации), а только потребители транспортных услуг (пассажиры) и поставщики (исполнители) транспортных услуг, т.е. перевозчики. Данное упущение сделано для того, чтобы акцентировать внимание именно на принципе работы системы интерактивной навигации при заказе билета на выбранный рейс.

Обратная связь с потребителями транспортных услуг в режиме реального времени делает возможным отслеживание каждого рейса по интересующему виду транспорта и заданному маршруту. Система, имея данные о наличии, расписании и наполняемости рейсов (с учетом покупки билетов в кассах перевозчика), а также о возможных задержках в пути, получив запрос потенциального пассажира, обрабатывает его на предмет соотнесения с уже формируемыми (наполняемыми) рейсами по заданному направлению и отправляет заявителю результат обработки запроса в виде наиболее оптимального для него рейса по времени отправления. Условие по наполняемости рейсов до определенного уровня должно быть соблюдено в целях снижения количества нерентабельных рейсов, поскольку речь идет о регулярных пассажирских перевозках. В случае, если по заданному потребителем времени отправления рейс не наполняется до минимально допустимого уровня, то потребителю отправляется сообщение о переносе времени поездки и соответствующие координаты времени и вида транспорта. Перевозчику в свою очередь также заблаговременно направляется заявка на осуществление рейса,

сформированного (наполненного до определенного уровня) по онлайн-заявкам потенциальных пассажиров через систему.

Система интерактивной навигации, по мнению авторов, будет полезна в первую очередь для маловостребованных рейсов в пригородных и междугородних сообщениях, а также на вновь вводимых рейсах и маршрутах. Однако при грамотном использовании указанная система позволит оптимизировать транспортные потоки и снизить неэффективные расходы перевозчиков и в больших городах.

Но в данной статье авторы рассматривают процесс оптимизации пассажирских перевозок именно в пригородном и междугороднем сообщениях. Оптимизация в этом случае предусматривает оперативное регулирование количества и времени рейсов, а также дальности поездки в рамках маршрута, с учетом спроса потребителей услуг (пассажиров).

Поскольку внедрение инноваций в форме интерактивной навигации позволит сократить количество нерентабельных рейсов, либо дальность поездки на отдельных рейсах, и тем самым сэкономить эксплуатационные расходы перевозчиков на движущие операции, авторы статьи делают вывод о возможности корректировки приведенной выше формулы расчета расходов на перевозку пассажиров (формула 2) на инновационную составляющую в виде коэффициента интерактивного регулирования перевозок, влияющего на расстояние, проходимое транспортным средством за день.

Представить скорректированную формулу авторы предлагают в следующем виде:

$$S = S_{нк} + S_{дв}^{пост} + S_{дв}^{перем} \times L \times (1 - K_{рег}), \quad (5)$$

где  $K_{рег}$  - коэффициент интерактивного регулирования перевозок.

По своей сути коэффициент интерактивного регулирования – это приблизительная доля снижения планируемого к прохождению транспортным средством пути в результате оперативного сокращения, отмены либо объединения рейсов с низкой рентабельностью (последний вариант приемлем в случае, если пункты назначения расположены не последовательно друг за другом, а по разным направлениям).

Применение такого коэффициента, по мнению авторов, позволяет сделать процесс планирования расходов транспортного предприятия более удобным, особенно на начальных этапах планирования, поскольку предполагает использование сценарных подходов, ориентированных на малоизученный спрос потребителей услуг.

Кроме того, широкое применение инновационной системы управления транспортными потоками (особенно в части системы интерактивной навигации) окажет, по мнению авторов, также и положительный социальный эффект, т.к. повысит уровень мобильности населения, в том числе трудовой мобильности, а также сделает малонаселенные и отдаленные от административных центров деревни и села более доступными в транспортном плане для местных жителей и приезжих, что обеспечит привлекательность данных территорий с экономической точки зрения и впоследствии - улучшение демографической ситуации на периферии.

## Результаты

В качестве объекта исследования авторами статьи рассматривается деятельность по регулярной перевозке пассажиров речным транспортом в междугороднем сообщении в пределах Нижегородской области. По мнению авторов статьи, регулярные пассажирские перевозки именно речным транспортом в настоящее время требуют детальной теоретической проработки в целях снижения рисков деятельности в данной сфере, регулирования тарифов на перевозки и популяризации перевозок речным транспортом среди населения, что в свою очередь позволит снять нагрузку с

автомобильных дорог в летний период и улучшить экологическую обстановку в регионе.

При этом за основу берется транспортная магистраль реки федерального значения «Волга» на участке Н.Новгород – Васильсурск, обслуживаемая современными скоростными судами «Валдай 45Р» по маршруту «Н.Новгород – Кстово – Работки – Макарьево – Лысково – Просек - Бармино – Фокино - Васильсурск».

Отправной точкой (пунктом отправления) для предполагаемого маршрута выступает г.Н.Новгород (Речной вокзал).

Поскольку в данном исследовании авторы рассматривают ситуацию необходимости повышения эффективности перевозок в условиях ограниченного спроса, в качестве пунктов назначения для расчетов взяты в основном населенные пункты, имеющие сравнительно невысокую численность постоянного населения. И так речь ведется именно о регулярных пассажирских перевозках, то при расчете планируемой наполняемости судна за рейс в первую очередь используются данные о численности постоянного населения пунктов назначения по маршруту как основных потребителей рассматриваемой транспортной услуги.

При этом процентное соотношение долей наполняемости судна и численности постоянного населения, по мнению авторов, не всегда должно совпадать, т.к. потребность в перевозках может возрастать пропорционально удаленности пунктов назначения независимо от численности постоянного населения, особенно в случае сопоставимости тарифов на перевозки на различных видах транспорта (в данном случае в сопоставлении с автомобильным транспортом, т.к. основной дублирующей магистралью на рассматриваемом маршруте является автомобильная трасса федерального значения М7 «Волга»). И наоборот, близкое расположение к пункту отправления крупного населенного пункта (например, Кстово) не обязательно должно свидетельствовать о высоком спросе на перевозки речным транспортом к этому населенному пункту, т.к. высокая доступность автомобильного транспорта и небольшое расстояние между г.Кстово и г.Н.Новгородом делают перевозки речным транспортом между этими населенными пунктами менее конкурентоспособными по сравнению с автомобильными перевозками ввиду значительной разницы в тарифах.

Исключением из общей картины спроса в зависимости от численности постоянного населения выступает поселок Макарьево, являющийся одним из основных паломнических центров Нижегородской области. Поэтому авторы считают целесообразным увеличить планируемую долю спроса на перевозки по данному направлению за счет туристов и паломников.

В целях количественного определения рассматриваемых показателей эффективности авторы используют расчетные данные по доходам от перевозки пассажиров транспортным средством «Валдай 45Р» по действующему маршруту «Н.Новгород - Городец» в расчете на 1 км и условные расчетные данные по расходам на перевозку в расчете на 1 км.

Консолидация изученных фактических данных и их расчетное применение к предполагаемому маршруту «Н.Новгород – Кстово – Работки – Макарьево – Лысково – Просек - Бармино – Фокино - Васильсурск» позволяет представить исходные данные для анализа эффективности перевозок в следующем виде (таблица 1):

Таблица 1

**Исходные данные для анализа эффективности речных пассажирских перевозок скоростным судном «Валдай 45Р» на предполагаемом маршруте «Н.Новгород – Кстово – Работки – Макарьево – Лысково – Просек – Бармино – Фокино – Васильсурск»**

№ п/п	Пункт отправления	Пункт назначения	Расстояние между пунктами отправления и назначения (расчетное), км	Численность постоянного населения пункта назначения, чел.	Ожидаемая средняя наполняемость судна за рейс за счет пассажиров соответствующего пункта назначения, %
1	Н.Новгород (Речной вокзал)	Кстово	26	62208	5
2		Работки	60	1 619	10
3		Макарьево	89	120	15
4		Лысково	95	21122	15
5		Просек	108	758	10
6		Бармино	130	1284	10
7		Фокино	155	1264	10
8		Васильсурск	165	1038	15
<b>Итого:</b>			<b>165</b>	<b>89413</b>	<b>90</b>
9	Расходы на начально-конечные операции – 1280 руб. за рейс.				
10	Постоянные расходы на движущие операции – 1892,27 руб. за рейс				
11	Переменные расходы на движущие операции – 556,7 руб./км				
12	Доходы на 1 пассажира за рейс из расчета планируемой (требуемой для безубыточности) наполняемости судна пассажирами на уровне не менее 70% - 16,85 руб./км (тариф за проезд плюс субсидия из бюджета на возмещение «выпадающих доходов» от перевозки льготных категорий пассажиров)				

Вместимость судна по техническим характеристикам составляет 45 мест.

Общая протяженность маршрута ( $L$ ) составляет 165 км

Рассмотрим два варианта осуществления перевозок – оптимистичный и пессимистичный, который на сегодняшний день, к сожалению, был бы наиболее приближен к реальному (ввиду довольно высокой стоимости тарифов за проезд).

Вариант 1 (оптимистичный).

Итак, принимая в расчет данные таблицы 1, рассчитаем общие расходы за рейс с учетом прохождения полного маршрута (от Н.Новгорода до Васильсурска) и фактической наполняемости судна в соответствии с ожидаемыми значениями по каждому населенному пункту .

Используя формулу 2, получим следующее значение общих расходов за рейс ( $S$ ):

$$S = S_{нк} + S_{дв}^{пост} + S_{дв}^{пере} \times L$$

$$S = 1280 \text{ руб.} + 1892,27 \text{ руб.} + 556,7 \text{ руб./км} \times 165 \text{ км} =$$

$$= 1280 \text{ руб.} + 1892,27 \text{ руб.} + 91855,5 \text{ руб.} = 95027,77 \text{ руб.}$$

При этом предполагаемые доходы за рейс, или выручка от реализации услуг ( $B$ ) при условии наполнения судна пассажирами на 90% составят:

$$B = 45 \text{ мест} \times 90\% \times 16,85 \text{ руб./км} \times 165 \text{ км} = 112600,13 \text{ руб.}$$

Таким образом, финансовый результат от перевозки будет равен (формула 4):

$$П_p = B - S = 112600,13 \text{ руб.} - 95027,77 \text{ руб.} = 17572,36 \text{ руб. за рейс}$$

Финансовый результат в данном случае положительный (прибыль).  
Рентабельность перевозки пассажиров по данному рейсу составит (формула 5):

$$R_{np} = \frac{\Pi_p}{S} \times 100\% = \frac{17572,36 \text{ руб.}}{95027,77 \text{ руб.}} \times 100\% = 18,5\%$$

Вариант 2 (пессимистичный).

Теперь предположим, что два последних населенных пункта по маршруту не принесли доходов за рейс ввиду неостребованности в определенные дни или часы, т.е. в соответствии с таблицей 1 наполняемость судна пассажирами составит 65% (так как 90% (общая ожидаемая наполняемость судна) - 10% (Фокино) - 15% (Васильсурск) = 65%). Но маршрут пройден полностью, поскольку так изначально запланировано рейсом ( $L = 165$  км).

В таком случае расходы по рейсу составят ту же величину ( $S = 95027,77$  руб.).

Доходы при этом будут получены в следующем размере:

$$B = 45 \text{ мест} \times 65\% \times 16,85 \text{ руб./км} \times 165 \text{ км} = 81322,31 \text{ руб.}$$

Финансовый результат в этом случае будет отрицательным (убыток) и составит:

$$81322,31 \text{ руб.} - 95027,77 \text{ руб.} = -13705,46 \text{ руб.}$$

Рентабельность перевозки за такой рейс также будет отрицательной и составит:

$$R_{np} = \frac{-13705,46 \text{ руб.}}{95027,77 \text{ руб.}} \times 100\% = -14,42\%$$

Таким образом, второй вариант демонстрирует упомянутые выше неэффективные расходы перевозчика, которые следует минимизировать либо устранить вовсе в целях недопущения убыточности транспортной компании.

Предлагаемая авторами статьи система интерактивной навигации позволит заблаговременно избежать таких неэффективных расходов, поскольку рейсы будут заранее формироваться и при необходимости корректироваться в информационной онлайн-системе.

Рассмотрим влияние данной системы на эффективность деятельности перевозчика на конкретном примере.

Вариант 3. Использование системы интерактивной навигации.

Предположим, что в результате использования системы интерактивной навигации перевозчиком заблаговременно выявлено отсутствие заявок на перевозку в Фокино и Васильсурск, а также в обратном направлении из указанных населенных пунктов, т.е., по сути, в рамках рассматриваемого рейса отсутствует потребность в прохождении судном полной протяженности маршрута (до Васильурска). Достаточно пройти маршрут до последнего населенного пункта, имеющего заявки на перевозки (Бармино), и отправиться в обратный рейс.

Таким образом, с учетом корректировки протяженности пути, планируемого к прохождению за рейс, общий пройденный километраж за рейс сократится на 35 километров (от Бармино до Васильурска), или на 21,2% ( $35 \text{ км}/165 \text{ км} = 0,2121$ ). А

это означает, что коэффициент интерактивного регулирования перевозок ( $K_{PEГ}$ ) в данном случае составит 0,2121.

Используя предлагаемую авторами формулу расчета расходов на перевозку пассажиров с использованием системы интерактивной навигации (формула 5), получим следующее значение расходов в условиях ограниченного спроса на перевозки, соответствующих пессимистичному варианту:

$$S = S_{нк} + S_{дв}^{пост} + S_{дв}^{перем} \times L \times (1 - K_{PEГ})$$
$$S = 1280 \text{ руб.} + 1892,27 \text{ руб.} + 556,7 \text{ руб./км} \times 165 \text{ км} \times (1 - 0,2121) =$$
$$= 1280 \text{ руб.} + 1892,27 \text{ руб.} + 91855,5 \text{ руб.} = 72372,95 \text{ руб.}$$

Доходы перевозчика в данном случае составят то же значение, что и в пессимистичном варианте:

$$B = 45 \text{ мест} \times 65\% \times 16,85 \text{ руб./км} \times 165 \text{ км} = 81322,31 \text{ руб.}$$

Финансовый результат при этом будет получен положительный (прибыль):

$$П_p = 81322,31 \text{ руб.} - 72372,95 \text{ руб.} = 8949,36 \text{ руб. за рейс}$$

Рентабельность перевозки будет положительной и составит:

$$R_{np} = \frac{8949,36 \text{ руб.}}{72372,95 \text{ руб.}} \times 100\% = 12,37\%$$

Таким образом, количественная оценка эффективности перевозок подтверждает экономическую целесообразность применения системы интерактивной навигации с целью сокращения неэффективных расходов перевозчика.

При этом предложенный авторами коэффициент интерактивного регулирования перевозок позволит транспортным компаниям максимально удобно планировать и оперативно корректировать расходы на осуществление перевозок в изменяющихся условиях рынка, ориентированных на реальный спрос потребителей.

### **Обсуждение**

По мнению авторов статьи, в целях более рационального использования транспортного парка (в первую очередь это касается именно водного транспорта) целесообразно создавать дополнительные конечные стоянки транспортных средств (станции, причалы) в целях оперативного реагирования перевозчика на изменяющийся спрос потребителей транспортных услуг, поскольку близость пункта отправления к максимальному числу потребителей в конкретный момент, зафиксированный системой интерактивной навигации, позволит отправить в рейс транспортное средство, расположенное в ближайшем конечном пункте, что тоже будет способствовать снижению неэффективных расходов перевозчика на прохождение транспортного пути без пассажиров, как это бывает в случае наличия только одного конечного пункта стоянки транспортных средств.

При этом корректировка рейсов будет более удобной по различным направлениям следования, а не только в последовательном расположении пунктов назначения, как это было рассмотрено в приведенном выше примере.

Однако создание дополнительных конечных станций потребует значительных инвестиций в транспортную инфраструктуру, что является отдельной темой для научного исследования и экономического обоснования.

### **Выводы**

В ходе проведенных исследований авторами статьи выполнены задачи по изучению основных характеристик инновационных систем управления

транспортными потоками, определению необходимости и возможности усовершенствования указанных систем путем расширения и улучшения их потребительских свойств, установлению взаимосвязи потребительских свойств информационных систем управления и возможностей повышения эффективности деятельности транспортных компаний, определению положительных эффектов, возможных к получению в результате внедрения усовершенствованных информационных систем управления транспортными потоками, количественному описанию получаемых эффектов, определению возможности апробации полученных результатов на практике.

В качестве основного способа повышения эффективности пассажирских перевозок в условиях применения инновационных систем управления транспортными потоками внедрение системы интерактивной навигации, позволяющей снизить неэффективные расходы перевозчиков. Проведена количественная оценка получаемого положительного экономического эффекта. При этом авторами предложено дополнение теоретических основ расчета расходов перевозчиков коэффициентом интерактивного регулирования перевозок, применение которого становится возможным в условиях цифровизации и инновационного развития транспортных систем.

Апробация полученных результатов предполагаемого внедрения системы интерактивной навигации на практике на базе единой системы управления транспортными потоками будет возможна в результате незначительной технической доработки и интеграции информационных систем управления, используемых на различных видах транспорта, на единой информационной платформе (в целях унификации и удобства использования потребителями услуг).

Дискуссионным остается вопрос о возможности и целесообразности расширения транспортной инфраструктуры (в виде дополнительных конечных станций, причалов), необходимой для максимальной клиентоориентированности транспортных услуг и обеспечения эффективности деятельности перевозчиков.

#### Список литературы

1. Владимиров С.А. Об основных направлениях развития мировой транспортной системы и логистики. «Транспорт на альтернативном топливе» № 1 (49), 34 – 45 (2016).
2. Оторбай Н., Акилова П.О. Анализ рынка транспортных услуг. Экономический вестник, 3, 4, 15 – 19 (2020).
3. Равилова А.Р. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития системы отраслевого транспортного образования. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией И.Р. Салахова, 54-60 (2019).
4. Генералова К.А. Оценка эффективности программы мероприятий по повышению качества перевозок пассажирским автомобильным межрегиональным транспортом. В сборнике: Вузовская наука в современных условиях. Сборник материалов 55-й научно-технической конференции. В 3 ч. Ульяновск, 2021. С. 118-120.
5. I. Ulitskaya, J. Vasilyeva, E. Telushkina, S. Glagoleva. Development of the logistics system of urban public passenger transport. Transportation Research Procedia 63 (2022) 2857–2865.
6. Settey, T. Transport and International Bus Transport in the Slovak Republic/ T.Settey, J.Gnap // Transportation Research Procedia, Vol 44.-2020.- p. 129–136.
7. Казанская Л.Ф. Направления повышения эффективности железнодорожных пассажирских перевозок. Научное обозрение. Серия 1: Экономика и право. 2015. № 4. С. 47-55.
8. Егорова И.Н. Зарубежный опыт повышения эффективности пассажирских перевозок. Альманах мировой науки. 2015. № 3-1 (3). С. 77-79.

9. Добровольский М.А., Дьякова В.К., Заостровских Е.А., Макаров В.И. Оценка эффективности развития морских пассажирских перевозок в Приморском крае. *Modern Science*. 2020. № 11-3. С. 63-68.
10. Иванов В.М., Репина Д.А., Мосинцев А.В. Эффективность проектов организации пассажирских перевозок на водном транспорте. *Научные проблемы водного транспорта*. 2021. № 67. С. 79-93.
11. 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.
12. Ишков В.А., Денисов В.М., Радилев А.В., Титов А.Б. Обеспечение роста экономической эффективности пассажирских перевозок при переходе к новому поколению бортового оборудования. *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2019. № 1 (119). С. 30.
13. Соколовский А.В. Развитие цифрового двойника состава пассажирского поезда для повышения эффективности организации перевозок. В сборнике: *Актуальные проблемы железнодорожной науки глазами молодых исследователей. сборник материалов круглого стола, посвященного Дню железнодорожника*. Москва, 2022. С. 147-155.
14. Grieves M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. // *White paper*. 2014. Vol. 1.Pp.1-7 [Электронный ресурс]: <https://research.fit.edu/media/sitespecific/researchfitedu/camid/documents/1411.0>
15. Fei Tao, Fangyuan Sui, Ang Liu, Qinglin Qi, Meng Zhang, Boyang Song, Zirong Guo, Stephen C.-Y. Lu & A. Y. C. Nee (2018): Digital twin-driven product design framework, *International Journal of Production Research*, DOI: 10.1080/00207543.2018.1443229.
16. Королев А.В., Шкуратов В.В. Повышение эффективности пассажирских перевозок путем внедрения единой информационно-аналитической и расчетной системы пассажирского транспорта. В сборнике: *Перспективы развития транспортного комплекса. Материалы II Международной заочной научно-практической конференции. Белорусский научно-исследовательский институт транспорта«Транстехника»*. 2016. С. 253-261.
17. Кожевникова И.А. Оценка социальной эффективности общественных пассажирских перевозок. *Экономика железных дорог*. 2019. № 9. С. 32-36.
18. Y. Shamlitskiy, A. Popov, N. Saidov, D. Rogova, A. Efimov. Methods and Algorithms for Detecting Urban Passenger Traffic. *Transportation Research Procedia* 68 (2023) 426-432.
19. R. Morozov, V. Nicheporchuk, I. Perevalov. Prototype of Urban Transport Passenger Accounting System. *Transportation Research Procedia* 68 (2023) 468-474.
20. F. Russo, C. Rindone. Logical Framework Approach in Transportation Planning: The passenger services in the Messina Strait. *Transportation Research Procedia* 69 (2023) 855-862.
21. V. O’Riordan, F. Rogan, B. O’Gallachoir, T. Mac Uidhir, H. Daly. How and why we travel – Mobility demand and emissions from passenger transport. *Transportation Research Part D* 104 (2022) 103195.
22. J. Yu, S. Voß, P. Cammin. Cruise Passenger-Oriented Evaluation System for the Public Transport of Hinterland Destinations. *Transportation Research Procedia* 62 (2022) 615-623.
23. N. Ulitskaya, N. Ivanova, A. Mashkin, M. Dreitsen. Improvement of mechanisms of control of network interactions of transport in organization of international passenger transportation. *Transportation Research Procedia* 63 (2022) 2847-2856.
24. J. Zheng, J. Lin, J. M. Allwood, T. Dean. A universal mass-based index defining energy efficiency of different modes of passenger transport. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture* 4 (2021) 423 – 433.
25. A. Eisenkopf, C. Burgdorf. Policy measures and their impact on transport performance, modal split and greenhouse gas emissions in German long-distance passenger transport. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 14 (2022) 100615.
26. Lira, J.M.S., Salgado, E.G., Beijo, L.A., Silva, C.E.S.: Shedding light on the diffusion of ISO 14001 across Africa, Asia and Oceania. *Journal of Cleaner Production* 289 125724, 1 – 19 (2021).

27. N. Pumbrasova, E. Upadysheva. The Factor of Innovation in the System of Assessing the Quality of Transport Services (2022) Lecture Notes in Networks and Systems, 403 LNNS, pp. 827-836. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5\_91.
28. Домке Э.Р., Жесткова С.А., Лукьянчук Д.В. Повышение эффективности пассажирских перевозок на основе использования транспорта по запросу. Образование и наука в современном мире. Инновации. 2023. № 2 (45). С. 167-174.

### References

1. Vladimirov S.A. Ob osnovnykh napravleniyakh razvitiya mirovoi transportnoi sistemy i logistiki. «Transport na al'ternativnom toplivE» № 1 (49), 34 – 45 (2016).
2. Otorbai N., Akilova P.O. Analiz rynka transportnykh uslug. Ehkonomicheskii vestnik, 3, 4, 15 – 19 (2020).
3. Ravilova A.R. V sbornike: Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya sistemy otraslevogo transportnogo obrazovaniya. Sbornik statei Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Pod redaktsiei I.R. Salakhova, 54-60 (2019).
4. Generalova K.A. Otsenka ehffektivnosti programmy meropriyatii po povysheniyu kachestva perevozok passazhirskim avtomobil'nyim mezhregional'nyim transportom. V sbornike: Vuzovskaya nauka v sovremennykh usloviyakh. Sbornik materialov 55-i nauchno-tekhnikeskoi konferentsii. V 3 ch. Ul'yanovsk, 2021. S. 118-120.
5. I. Ulitskaya, J. Vasilyeva, E. Telushkina, S. Glagoleva. Development of the logistics system of urban public passenger transport. Transportation Research Procedia 63 (2022) 2857–2865.
6. Settey, T. Transport and International Bus Transport in the Slovak Republic/ T.Settey, J.Gnap // Transportation Research Procedia, Vol 44.-2020.- p. 129–136.
7. Kazanskaya L.F. Napravleniya povysheniya ehffektivnosti zheleznodorozhnykh passazhirskikh perevozok. Nauchnoe obozrenie. Seriya 1: Ehkonomika i pravo. 2015. № 4. S. 47-55.
8. Egorova I.N. Zarubezhnyi opyt povysheniya ehffektivnosti passazhirskikh perevozok. Al'manakh mirovoi nauki. 2015. № 3-1 (3). S. 77-79.
9. Dobrovol'skii M.A., D'yakova V.K., Zaostrovskikh E.A., Makarov V.I. Otsenka ehffektivnosti razvitiya morskikh passazhirskikh perevozok v Primorskom krae. Modern Science. 2020. № 11-3. S. 63-68.
10. Ivanov V.M., Repina D.A., Mosintsev A.V. Ehffektivnost' proektov organizatsii passazhirskikh perevozok na vodnom transporte. Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2021. № 67. S. 79-93.
11. 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.
12. Ishkov V.A., Denisov V.M., Radilov A.V., Titov A.B. Obespechenie rosta ehkonomicheskoi ehffektivnosti passazhirskikh perevozok pri perekhode k novomu pokoleniyu bortovogo oborudovaniya. Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami: ehlektronnyi nauchnyi zhurnal. 2019. № 1 (119). S. 30.
13. Sokolovskii A.V. Razvitie tsifrovogo dvoynika sostava passazhirskogo poezda dlya povysheniya ehffektivnosti organizatsii perevozok. V sbornike: Aktual'nye problemy zheleznodorozhnoi nauki glazami molodykh issledovatelei. sbornik materialov kruglogo stola, posvyashchennogo Dnyu zheleznodorozhnika. Moskva, 2022. S. 147-155.
14. Grieves M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. // White paper. 2014. Vol. 1.Pp.1–7 [Ehlektronnyi resurs]: <https://research.fit.edu/media/sitespecific/researchfitedu/camid/documents/1411.0>
15. Fei Tao, Fangyuan Sui, Ang Liu, Qinglin Qi, Meng Zhang, Boyang Song, Zirong Guo, Stephen C.-Y. Lu & A. Y. C. Nee (2018): Digital twin-driven product design framework, International Journal of Production Research, DOI: 10.1080/00207543.2018.1443229.
16. Korolev A.V., Shkuratov V.V. Povysenie ehffektivnosti passazhirskikh perevozok putem vnedreniya edinoi informatsionno-analiticheskoi i raschetnoi sistemy passazhirskogo transporta. V sbornike: Perspektivy razvitiya transportnogo kompleksa. Materialy II Mezhdunarodnoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Belorusskii nauchno-issledovatel'skii institut transporta «Transtekhnika». 2016. S. 253-261.

17. Kozhevnikova I.A. Otsenka sotsial'noi ehffektivnosti obshchestvennykh passazhirskikh perevozok. *Ehkonomika zheleznykh dorog*. 2019. № 9. S. 32-36.
18. Y. Shamlitskiy, A. Popov, N. Saidov, D. Rogova, A. Efimov. Methods and Algorithms for Detecting Urban Passenger Traffic. *Transportation Research Procedia* 68 (2023) 426–432.
19. R. Morozov, V. Nicheporchuk, I. Perevalov. Prototype of Urban Transport Passenger Accounting System. *Transportation Research Procedia* 68 (2023) 468–474.
20. F. Russo, C. Rindone. Logical Framework Approach in Transportation Planning: The passenger services in the Messina Strait. *Transportation Research Procedia* 69 (2023) 855–862.
21. V. O’Riordan, F. Rogan, B. O’Gallachoir, T. Mac Uidhir, H. Daly. How and why we travel – Mobility demand and emissions from passenger transport. *Transportation Research Part D* 104 (2022) 103195.
22. J. Yu, S. Voß, P. Cammin. Cruise Passenger-Oriented Evaluation System for the Public Transport of Hinterland Destinations. *Transportation Research Procedia* 62 (2022) 615–623.
23. N. Ulitskaya, N. Ivanova, A. Mashkin, M. Dreitsen. Improvement of mechanisms of control of network interactions of transport in organization of international passenger transportation. *Transportation Research Procedia* 63 (2022) 2847–2856.
24. J. Zheng, J. Lin, J. M. Allwood, T. Dean. A universal mass-based index defining energy efficiency of different modes of passenger transport. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture* 4 (2021) 423 – 433.
25. A. Eisenkopf, C. Burgdorf. Policy measures and their impact on transport performance, modal split and greenhouse gas emissions in German long-distance passenger transport. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 14 (2022) 100615.
26. Lira, J.M.S., Salgado, E.G., Beijo, L.A., Silva, C.E.S.: Shedding light on the diffusion of ISO 14001 across Africa, Asia and Oceania. *Journal of Cleaner Production* 289 125724, 1 – 19 (2021).
27. N. Pumbrasova, E. Upadysheva. The Factor of Innovation in the System of Assessing the Quality of Transport Services (2022) *Lecture Notes in Networks and Systems*, 403 LNNS, pp. 827-836. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5\_91.
28. Domke E.H.R., Zhestkova S.A., Luk'yanchuk D.V. Povyshenie ehffektivnosti passazhirskikh perevozok na osnove ispol'zovaniya transporta po zaprosu. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovatsii*. 2023. № 2 (45). S. 167-174.

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

**Пумбрасова Наталья Владимировна**,  
к.э.н., доцент кафедры бухгалтерского учета,  
анализа и финансов, Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова,  
5, e-mail: target75@mail.ru

**Natalya V. Pumbrasova**, Ph.D. in Economic  
Science, Associate Professor of the Department  
of accounting, analysis and Finance, Volga  
State University of Water Transport, 5,  
Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951,  
e-mail: target75@mail.ru

**Упадышева Елена Владимировна**,  
аспирант кафедры бухгалтерского учета,  
анализа и финансов, Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951,  
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,  
e-mail: upadysheva@bk.ru

**Elena V. Upadysheva**, postgraduate of the  
Department of accounting, analysis and  
Finance, Volga State University of Water  
Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod,  
603951, e-mail: upadysheva@bk.ru

Статья поступила в редакцию 13.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 13.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 328.26

DOI: 10.37890/jwt.vi77.432

## **Новации проектно – целевого подхода в системе стратегического планирования национальной экономики**

**Ж.Ю. Пыжова**

*ORCID: 0000-0003-0472-3428*

**Е.С. Лыкова**

*ORCID: 0000-0003-4058-711X*

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

**Аннотация.** В статье рассматривается возрастающая роль стратегического управления в развитии национальной экономики и роль проектно-целевого подхода как инструмента государственного регулирования, который наиболее эффективно используется для реализации государственных программ. Так же рассматриваются различные предпосылки для развития проектного подхода, а за ним и проектно-целевого подхода в управлении национальной экономикой. Изучен механизм проектно-целевого управления, выявлена его особая значимость в условиях существенных изменений в общей структуре глобальной экономики. Проведен анализ реализации государственных проектов и программ для разработки направлений совершенствования программно-целевого подхода в области государственного планирования и программирования. Изучены различные нормативно-правовые аспекты реализации данного подхода, сформулированы условия для его наиболее эффективной реализации. В статье изучаются вопросы, связанные с определением основных параметров стратегического планирования в сфере государственного стратегического управления. Особое внимание уделяется вопросам гибкого финансирования государственных программ сегодня. Также затрагивается вопрос необходимости применения цифровых технологий, а именно использование цифровых платформ, которые способны оптимизировать взаимодействие всех участников в процессе стратегического управления.

**Ключевые слова.** Проект, программа, проектное управление, государственные программы, государственное регулирование, цифровая платформа, государственное стратегическое планирование, проектно-целевой подход

## **Innovations of the project-oriented approach in the system of strategic planning of the national economy**

**Zhanna Y Pyzhova**

*ORCID: 0000-0003-0472-3428*

**Elena S Lykova**

*ORCID: 0000-0003-4058-711X*

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

**Abstract.** The article examines the increasing role of strategic management in the development of the national economy and the role of the project-oriented approach as a tool of state regulation, which is most effectively used for the implementation of government programs. Various prerequisites for the development of the project approach, followed by the project-oriented approach in the management of the national economy, are also considered. The mechanism of project-oriented management has been studied, its special importance has been revealed in the context of significant changes in the overall structure of the global economy. The analysis of the implementation of state projects and programs has been carried

out to develop directions for improving the program-oriented approach in the field of state planning and programming. Various regulatory aspects of the implementation of this approach have been studied, and conditions for its most effective implementation have been formulated. The article examines issues related to the definition of the main parameters of strategic planning in the field of public strategic management. Special attention is paid to the issues of flexible financing of government programs today. The issue of the need for the use of digital technologies is also raised, namely the use of digital platforms that are able to optimize the interaction of all participants in the strategic management process.

**Keywords.** Project, program, project management, state programs, state regulation, digital platform, state strategic planning, project-target approach

### **Введение**

Данная тема актуальна, поскольку в настоящее время усиливается нестабильность мировой экономики, наметились структурные сдвиги, что осложняется геополитической ситуацией для обеспечения устойчивого социально-экономического развития национальной экономики.

Стратегическое планирование начинается с целеполагания и формирования стратегии, которая требует тщательной проработки.

Наличие формального плана не дает гарантии на развитие. В соответствии с Федеральным законом от 28.06.2014 № 172 «О стратегическом планировании в Российской Федерации (статья 11) к документам стратегического планирования, разрабатываемым на федеральном уровне, относятся:

- 1) документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках целеполагания;
- 2) документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках целеполагания по отраслевому и территориальному принципу;
- 3) документы стратегического планирования в рамках прогнозирования;
- 4) документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках планирования и программирования.

### **Методы**

Проектно – целевой подход в стратегическом планировании. В условиях постоянных изменений под влиянием внешних и внутренних факторов меняется содержание стратегического планирования на государственном уровне, которое включает в себя интеграцию различных подходов в управлении – таких как проектный целевой, программное управление. Весь механизм управления национальной экономикой выстраивается в стройный ряд, начиная с целеполагания, и заканчивая получением результата в условиях ограниченных ресурсов, то есть контроля (рис.1).



Рис.1. Государственное стратегическое планирование<sup>6</sup>

Таким образом, совершенствование методологии программно – целевого подхода происходит посредством: дальнейшей специализации методологии и инструментов; интеграции различных подходов в управлении. Программно-целевой подход является эффективным инструментом, способным увязать в единый комплекс такие компоненты как: цели, мероприятия, расходы и сроки [3].

В настоящее время также изменился вектор бюджетного планирования, бюджетный процесс все больше отходит от «управления ресурсами» (затратами) и концентрируется на «управлении результатами» (достижение намеченных целей). Процесс разработки и реализации государственных программ регламентированы следующими документами:

- ✓ Бюджетный кодекс РФ от 31 июля 1998 г. N 145-ФЗ;
- ✓ Федеральным законом от 28.06.2014 № 172 «О стратегическом планировании в Российской Федерации»;
- ✓ Постановление Правительства РФ от 26 мая 2021 г. N 786 "О системе управления государственными программами Российской Федерации";
- ✓ Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. N 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года";
- ✓ Распоряжение Правительства РФ от 11 ноября 2010 г. N 1950-р «Перечень государственных программ Российской Федерации»;
- ✓ Постановление Правительства РФ от 02 августа 2010 N 588 «Об утверждении Порядка разработки, реализации и оценки эффективности государственных программ Российской Федерации»;
- ✓ Распоряжение Правительства РФ от 11 сентября 2014 г. N 1794-р «О дополнении перечня государственных программ Российской Федерации»;
- ✓ Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2014 года № 1507 «Об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства

<sup>6</sup>[https://mypresentation.ru/fp/?documents\\_6/623928b0a391fb57d6dcb0fc6c733121/sistema-gosudarstvennogo-strategicheskogo-planirovaniya/4](https://mypresentation.ru/fp/?documents_6/623928b0a391fb57d6dcb0fc6c733121/sistema-gosudarstvennogo-strategicheskogo-planirovaniya/4)

Российской Федерации (в т.ч. Постановления Правительства РФ от 2 августа 2010 г. №588)».

- ✓ Приказ Минэкономразвития России от 20 ноября 2013 № 690 «Об утверждении Методических указаний по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации».

Данный широкий перечень нормативно-правовых документов свидетельствует о масштабном диапазоне проделанной работы со стороны государственных органов власти в области методологии управления государственными программами. Безусловно, государственные программы являются одним из наиболее эффективных инструментов достижения приоритетов и целей социально-экономического развития страны, поэтому и доля программных расходов федерального бюджета должна расти, по оценкам экспертов, она должна составить в 2023 году — 71,3%, в 2024 году — 70,9%, в 2025 году — 69,4%. Объемы бюджетных ассигнований, предусмотренные на финансовое обеспечение национальных проектов и государственных программ в 2022–2024 годах в Российской Федерации (открытая часть), представлены в таблицах 1 и 2.

*Таблица 1*

**Параметры финансового обеспечения национальных проектов, млрд. руб.<sup>7</sup>**

Наименование проекта	2022 год	2023 год	2024 год
Всего	3180,1	2868,1	2955,7
Демография	802,8	921,0	885,7
Здравоохранение	372,2	309,9	309,1
Образование	196,1	208,1	221,5
Жилье и городская среда	185,9	178,5	175,7
Экология	128,8	119,5	88,4
Безопасные и качественные дороги	392,7	413,0	560,8
Производительность труда	5,5	5,1	6,0
Наука и университеты	125,3	144,8	154,7
Цифровая экономика	200,9	130,7	114,9
Культура	48,1	54,1	47,2
Малое и среднее предпринимательство и поддержка предпринимательской инициативы	84,9	79,5	74,7
Международная кооперация и экспорт	153,9	126,4	157,9
Туризм и индустрия гостеприимства	68,1	48,2	47,7
Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры	414,9	129,4	111,5

Основные тенденции бюджетной финансовой политики таковы:

- Расходы на реализацию 13 национальных проектов в 2023 и 2024 году меньше, чем в 2022 году,
- а также меньше, чем это было предусмотрено Законом № 390-ФЗ (в 2023 году — на 60 млрд рублей, в 2024 году — на 110 млрд рублей).
- Объем финансовых ассигнований на реализацию национальных проектов и Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры
- в 2022 году составил 10,1% всех расходов федерального бюджета,
- в 2023 году — 9,9%,
- в 2024 году — 10,1%

<sup>7</sup> Заключение Счетной палаты Российской Федерации на проект федерального закона «О федеральном бюджете на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов» (утверждено Коллегией Счетной палаты Российской Федерации (протокол от 14 октября 2022 г. № 60К (1585)

- Наибольший объем финансирования в 2023 году предусмотрен на программы (без закрытой части), входящие в состав направлений «Сохранение населения, здоровья и благополучия людей», «Комфортная и безопасная среда для жизни», «Достойный эффективный труд и успешное предпринимательство».

Таблица 2

**Финансирование государственных программ Российской Федерации по направлениям<sup>8</sup>**

Программы по направлениям	2022 год	2023 год	2024 год	2025 год
Расходы на реализацию госпрограмм,				
всего	22705,4	20709,8	20869,6	20291,3
в том числе:				
1. Сохранение населения, здоровья и благополучия людей (5 программ)	4346,6	4560,7	4636,3	4720,0
2. Возможности для самореализации и развития талантов (4 программы), без закрытой части	780,5	763,1	769,8	523,5
3. Комфортная и безопасная среда для жизни (7 программ), без закрытой части	3776,8	3406,4	3453,1	3272,7
4. Достойный эффективный труд и успешное предпринимательство (8 программ)	3227,3	2861,7	2862,1	2942,3
5. Развитие науки, промышленности и технологий (8 программ), без закрытой части	2249,1	2123,1	2222,3	1884,0
6. Цифровая трансформация (2 программы)	452,6	332,0	295,9	217,3
7. Сбалансированное региональное развитие (6 программ)	1233,5	1266,6	1273,6	1299,7
8. Обеспечение национальной безопасности и международного сотрудничества (9 программ), без закрытой части	2445,0	2395,2	2422,1	2493,0
9. Расходы на реализацию государственных программ (закрытая часть)	4193,9	3001,0	2934,4	2938,7

Наибольший объем финансирования в 2023 году предусмотрен на программы (без закрытой части), входящие в состав направлений: «Сохранение населения, здоровья и благополучия людей», «Комфортная и безопасная среда для жизни», «Достойный эффективный труд и успешное предпринимательство». Объем финансирования 49 программ составляет более половины всех программных расходов федерального бюджета.

В 2023 году на долю 48 финансируемых государственных программ приходится 78% общего объема бюджетных ассигнований. Вместе с тем, согласно перечню государственных программ, утвержденному Распоряжением Правительства

<sup>8</sup> Заключение Счетной палаты Российской Федерации на проект федерального закона «О федеральном бюджете на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов» (утверждено Коллегией Счетной палаты Российской Федерации (протокол от 14 октября 2022 г. № 60К (1585))

Российской Федерации от 11 ноября 2010 года № 1950-р в 2023 году предполагается реализация 50 государственных программ.

Не выделены бюджетные ассигнования на реализацию госпрограммы «Поддержка и продвижение русского языка за рубежом» (реализуется с 2022 года) и с 2023 года дан старт государственной программе «Строительство», которая также не обеспечена финансовой поддержкой государства. Значительный рост бюджетного финансирования предусмотрен при реализации государственных программ «Социальная поддержка граждан» (на 11,2%) и «Научно – технологическое развитие Российской Федерации» (на 7,2%). И это несмотря на достаточно низкий уровень эффективности реализации последней – финансирование системы высшего образования и науки осуществляется именно в рамках реализации подпрограмм программы «Научно – технологическое развитие Российской Федерации». Таким образом, очевиден социальный характер бюджета на 2023 и плановый 2024-2025 гг. Значительному секвестру подверглись государственные программы «Развитие транспортной системы» - на 25,7%, а также «Управление государственными финансами и регулирование финансовых рынков» - на 15,4% [4].

Очевидны проблемы управления реализацией государственных программ:

1. В соответствии с п.4 статьи 192 Бюджетного Кодекса Российской Федерации паспорт госпрограммы должен быть размещен на едином портале бюджетной системы Российской Федерации в подсистеме «Электронный бюджет». В 2023 этому требованию соответствуют лишь 38 государственных программ (открытой части).
2. Паспорт государственной программы в соответствии с пунктом 3 статьи 28 №172 – ФЗ обязан содержать подпрограммы. Вместе с тем, паспорта 6 госпрограмм не отвечают этому требованию.
3. По данным Счетной палаты за 2022 год выявлены значительные несоответствия в части определения целей и показателей госпрограмм, а также их взаимосвязи с национальными целями развития (рис.2). Государственные программы на 2023 – 2025 годы содержат 401 показатель, что на 16% ниже уровня прошлого года. В 2023 году по 42 программам предусмотрено выполнение 272 показателей (это 76% от общего количества), связанных с реализацией национальных целей.
4. Избыточность показателей, не отражающих конечный результат, либо не имеющих количественной оценки, негативно влияет на результаты реализации государственной программы в целом. Так, по данным Счетной палаты за 2021-2023 гг., доля высокоуровневых показателей (отражающих количественный эффект) в 2021 году составила лишь 22%, в 2023 г. выросла до 50%. Доля показателей, характеризующих итоговый результат соответственно составила 57% и 40%. Таким образом, диапазон результативных показателей колеблется от 77 до 90%, остальные можно рассматривать как избыточные, не оказывающие существенного влияния на достижение национальных целей развития.

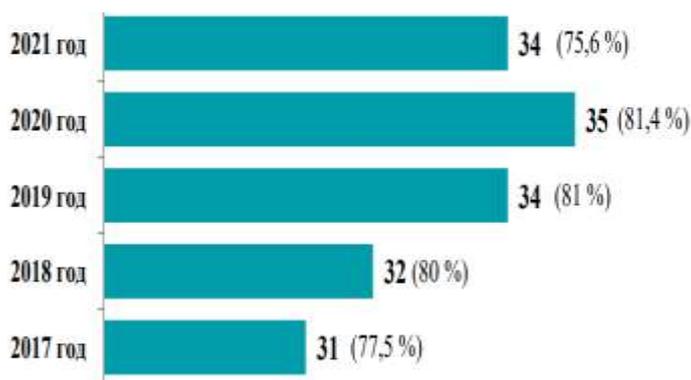


Рис. 2. Диаграмма количества госпрограмм, не соответствующих документам стратегического планирования (по оценке Счетной палаты за 2021 год)<sup>9</sup>

### Результаты

Эти и другие факторы привели к необходимости «перезапуска» системы управления реализацией государственных программ. Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 мая 2021 г. № 786 утверждено Положение о системе управления государственными программами Российской Федерации, предусматривающее радикальную трансформацию инструмента госпрограмм, пересмотр подходов к их разработке и реализации, изменение их формата таким образом, чтобы они стали компактными, но более информативными, хорошо структурированными, доступными и понятными для всех целевых аудиторий – парламента и общественности.

Новации системы управления государственными программами Российской Федерации, согласно Постановлению Правительства РФ от 26 мая 2021 г. № 786 «О системе управления государственными программами Российской Федерации», заключаются в следующем:

- Изменены подходы к системе целеполагания госпрограмм;
- Установлена связь госпрограмм с национальными целями;
- Изменены принципы формирования структуры госпрограмм;
- Реформирована система управления госпрограммами, в том числе порядок и уровни утверждения госпрограммы;
- Введена гибкая система финансирования госпрограмм.

Следует отметить, что изменился и подход к системе целеполагания госпрограмм. В настоящее время предусмотрена взаимоувязка всех госпрограмм с национальными целями развития. Подход к системе целеполагания госпрограмм и связь с национальными целями регламентируется Указом Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации до 2023 года №474 от 21.07.2020 г., который включает:

- ✓ Сохранение населения, здоровье и благополучие людей
- ✓ Возможности для самореализации и развития талантов
- ✓ Комфортная и безопасная среда для жизни

<sup>9</sup> Заключение Счетной палаты Российской Федерации на проект федерального закона «О федеральном бюджете на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов» (утверждено Коллегией Счетной палаты Российской Федерации (протокол от 14 октября 2022 г. № 60К (1585))

- ✓ Достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство
- ✓ Цифровая трансформация

Предусмотрена увязка в цифровом формате всех национальных проектов, госпрограмм, Единого плана по достижению национальных целей развития на период до 2024 года и на плановый период до 2023 года.

В настоящее время госпрограммы строятся исходя из комплексного, системного принципа, к примеру, госпрограмма имеет стратегическую часть – на основании национальных целей развития прописываются стратегические приоритеты госпрограммы, проектную часть – по аналогии с национальными проектами, процессную часть – связана с исполнением и реализацией поставленных целей. Суть проектно-целевого подхода: появилась стратегическая часть (целевой подход) и появилась проектная часть (рис.3), раньше была только процессная. Доля проектной части в госпрограммах представлено на рис.4.

<b>ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД</b>	<b>ПРОЦЕССНАЯ часть</b>
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">   </div> <div> <p>У каждой госпрограммы появилась стратегическая часть – это <b>стратегические приоритеты в сфере реализации госпрограммы (на основании национальных целей развития)</b>.</p> <p>Они утверждаются постановлением Правительства Российской Федерации и определяют приоритеты и цели госпрограммы, а также направления и механизмы ее реализации.</p> </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Комплекс мероприятий по реализации госпрограмм</li> <li>• (предоставление государственных услуг, выплаты физическим лицам, нормативное регулирование, контрольно – надзорные функции, исполнение международных обязательств РФ и т.д.)</li> </ul>

Рис.3. Проектно-целевой подход

0 %	– по 2 госпрограммам (4,3 % всех госпрограмм)
от 0 % до 5 %	– по 6 госпрограммам (12,8 %)
от 5 % до 10 %	– по 4 госпрограммам (8,5 %)
от 10 % до 50 %	– по 7 госпрограммам (14,9 %)
от 50 % до 90 %	– по 12 госпрограммам (25,5 %)
от 90 % до 99,9 %	– по 11 госпрограммам (23,4 %)
100 %	– по 5 госпрограммам (10,6 %)

Рис. 4. Доля проектной части госпрограмм в 2023 году<sup>10</sup>

Изменились и структура управления госпрограммами, так обязательны стали 2 компонента

- Куратор госпрограммы – заместитель Председателя Правительства Российской Федерации
- Управляющий совет - представители ответственных исполнителей госпрограмм, руководители ФОИВ, представители Минэкономразвития России и Минфина России.

Полномочия управляющего совета

<sup>10</sup> Заключение Счетной палаты Российской Федерации на проект федерального закона «О федеральном бюджете на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов» (утверждено Коллегией Счетной палаты Российской Федерации (протокол от 14 октября 2022 г. № 60К (1585)

- согласование стратегических приоритетов госпрограммы;
- определение целей, показателей и перечня структурных элементов госпрограммы;
- непосредственное участие в бюджетном процессе при определении объемов финансирования, необходимых для достижения установленных в госпрограммах целей, показателей и общественно значимых результатов.
- осуществление на постоянной основе контроля за реализацией госпрограммы;
- внесение изменений в госпрограмму, в том числе в части финансового обеспечения госпрограмм.

В условиях геополитического и санкционного давления на развитие российской экономики утверждены упрощенные механизмы работы с госпрограммами и ее структурными элементами в целях оптимизации и ускорения процессов принятия решений (постановление Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2022 г. № 583), а именно:

- включение в госпрограммы антикризисных мероприятий и их маркировка в составе госпрограммы;
- приостановка процесса допланирования госпрограмм, ее структурных элементов до 2030 года (планирование только на очередной финансовый год и плановый период);
- необходимость достижения установленных Президентом РФ национальных целей и иных стратегических приоритетов с учетом реализуемых антикризисных мероприятий;
- наделение кураторов госпрограмм полномочиями по принятию решений без проведения заседаний управляющих советов;
- установлен порядок и сроки внесения изменений в паспорт госпрограммы в случае внесения соответствующих изменений в сводную бюджетную роспись федерального бюджета;
- автоматизация формирования ежемесячной отчетности.

В соответствии с пунктом 2 статьи 179 Бюджетного кодекса Российской Федерации объем бюджетных ассигнований на финансовое обеспечение реализации госпрограмм утверждается законом о бюджете в соответствии с утвердившим программу нормативным правовым актом Правительства Российской Федерации. Установлено также, что госпрограммы подлежат приведению в соответствие с законом о бюджете не позднее 3 месяцев со дня вступления его в силу. Согласно Положению о системе управления государственными программами Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 26 мая 2021 г. № 786 (далее - Положение о системе управления госпрограмм), параметры финансового обеспечения реализации госпрограммы содержатся в паспорте госпрограммы, который формируется, представляется, согласовывается и утверждается в подсистеме управления государственными программами государственной интегрированной информационной системы управления общественными финансами «Электронный бюджет» (далее – система «Электронный бюджет») и не утверждается нормативным правовым актом Правительства Российской Федерации.

Следует отметить, что согласно Основным направлениям бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов, планируется закрепление в Бюджетном кодексе Российской Федерации требований о приведении финансового обеспечения госпрограмм в соответствие с

законом о бюджете до начала финансового года, для реализации этого требования предлагаются новые подходы к оперативному управлению ходом реализации госпрограмм (рис.5).



Рис. 5. Гибкая система финансирования госпрограмм

Хотелось бы отметить, что современное государственное управление сложно представить без использования информационных технологий, а в частности без использования цифровой платформы, которая позволяет оперативно согласованность действия участников на всех уровнях государственного управления в достижении поставленных целей и приоритетов. В частности, для этой цели служит проект «Формирование цифровой платформы для взаимодействия в сфере стратегического управления в целях согласованности действий участников стратегического планирования на всех уровнях государственного управления в достижении стратегических приоритетов» (включен в состав федерального проекта «Цифровое государственное управление» национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации»). На цифровой платформе создана Федеральная информационная система стратегического планирования (ФИС СП), сформирован реестр документов стратегического планирования и создан механизм общественного обсуждения стратегий, в системе отражено более 450 тыс. различных показателей, задействовано более 24 тыс. участников (на всех уровнях).

Цифровой платформе в сфере стратегического управления был пущен старт в июне 2018. Проект «Формирование цифровой платформы для взаимодействия в сфере стратегического управления в целях согласованности действий участников стратегического планирования на всех уровнях государственного управления в достижении стратегических приоритетов» (включен в состав федерального проекта «Цифровое государственное управление» национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации»). Стратегическое планирование сегодня:

- система стратпланирования определена 172-ФЗ,
- создана Федеральная информационная система стратегического планирования (ФИС СП);
- сформирован реестр документов стратегического планирования и создан механизм общественного обсуждения стратегий;
- в системе отражено более 450 тыс. различных показателей;

- в системе стратегического планирования задействовано более 24 тыс. участников (на всех уровнях);
- ежегодные расходы на обеспечение стратегического планирования на всех уровнях власти до 5 млрд.рублей.

### **Заключение**

В заключении хотелось бы отметить, что проектное управление функционирует на основе механизма, нацеленного на получение запланированных результатов в условиях ограниченных ресурсов. Посредством механизма проектного управления можно реализовать стратегические социально-экономические цели в условиях постоянно происходящих изменений [10].

Государственные программы, на наш взгляд, наиболее эффективно реализуются на основе проектно - целевого подхода, в основе которого лежит использование программно – целевого метода планирования при реализации целей национальной экономики в рамках национальных проектов. Дальнейшее использование указанного подхода требует внесения изменений в модели программно – целевого управления системы органов государственного и муниципального управления по блокам (целеполагание – стратегическое планирование – бюджетное планирование).

### **Список литературы**

1. Пыжова Ж.Ю. Тихомиров Л.Д. Стратегический анализ и оценка действий промышленного предприятия (на примере ООО «Метмаш») // Научные проблемы водного транспорта, 2009 № 26 – с.135-142 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskij-analiz-i-otsenka-deystviy-promyshlennogo-predpriyatiya-na-primere-ooo-metmash>
2. Система государственного стратегического планирования Министерство экономического развития Российской Федерации Москва, 2009 [Электронный ресурс] <https://ppt-online.org/533336>
3. Юрьева Т.В. Проектно-целевой подход и его роль в современной экономике // Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. — №6 (54). Номер статьи: 5410. Дата публикации: 08.06.2015. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://sovman.ru/article/5410/>
4. Госпрограммы: [портал государственных программ Российской Федерации]. URL: <http://programs.gov.ru/Portal/analytics/structureFin?year=2023>
5. Власова Н.Ю. Преимущества и ограничения системы стратегического планирования в Российской Федерации // Современное государственное управление: образование, наука, практика. Сборник статей международной научной конференции. Минск, 2021. – с. 80-82
6. Волкова В.Ю. Влияние национальной модели на развитие стратегического управления экономикой // Философия хозяйства. Москва, 2022 – с.159-185
7. Андрианов В.Д. Принципы разработки долгосрочной стратегии социально-экономического развития России на федеральном и региональном уровне // Россия: тенденции и перспективы развития. 2020. № 15-2. С. 17-27.
8. Кувалин Д.Б., Ленчук Е.Б., Войтоловский Ф.Г. Стратегическое планирование в государственном управлении: опыт, возможности и перспективы // Проблемы прогнозирования. 2020. № 6. С. 46-55.
9. Кульков В.М. Новое дыхание национальной экономики // Проблемы современной экономики. 2020. № 3 (75). С. 51-55.
10. Лыкова Е.С. Комплексный показатель социально-экономического развития региона: содержание, измерение, противоречия / Е.С. Лыкова // Экономика и предпринимательство. – 2015. – Выпуск № 11 (ч.2). – с. 425-429

### References

1. Pyzhova ZH.YU. Tikhomirov L.D. Strategicheskii analiz i otsenka deistvii promyshlennogo predpriyatiya (na primere ООО «MetmaSH») // *Russian Journal of Water Transport*. 2009, no. 26, pp. 135-141. (In Russ). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskii-analiz-i-otsenka-deystviy-promyshlennogo-predpriyatiya-na-primere-ooo-metmash> (accessed 22.06.2023).
2. Sistema gosudarstvennogo strategicheskogo planirovaniya Ministerstvo ehkonomicheskogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii Moskva, 2009. Available at: <https://ppt-online.org/533336> (accessed 22.06.2023).
3. Jur'eva Tat'jana Vladimirovna. Project-targeted approach and its role in the modern economy // *Modern Management Technology*. ISSN 2226-9339. — №6 (54). Art. # 5410. Date issued: 08.06.2015. Available at: <https://sovman.ru/article/5410/> (accessed 22.06.2023).
4. Gosprogrammy: [portal gosudarstvennykh programm Rossiiskoi Federatsii]. Available at: <http://programs.gov.ru/Portal/analytics/structureFin?year=2023> (accessed 22.06.2023).
5. Vlasova N.YU. Preimushchestva i ogranicheniya sistemy strategicheskogo planirovaniya v Rossiiskoi Federatsii // *Sovremennoe gosudarstvennoe upravlenie: obrazovanie, nauka, praktika. Sbornik statei mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Minsk, 2021. — pp. 80-82
6. Volkova V.YU. Vliyanie natsional'noi modeli na razvitie strategicheskogo upravleniya ehkonomikoi // *Filosofiya khozyaistva*. Moskva, 2022 — pp. 159-185
7. Andrianov V.D. Printsipy razrabotki dolgosrochnoi strategii sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya Rossii na federal'nom i regional'nom urovne // *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya*. 2020. № 15-2. — pp. 17-27.
8. Kuvalin D.B., Lenchuk E.B., Voitlovskii F.G. Strategicheskoe planirovanie v gosudarstvennom upravlenii: opyt, vozmozhnosti i perspektivy // *Problemy prognozirovaniya*. 2020. № 6. — pp. 46-55.
9. Kul'kov V.M. Novoe dykhanie natsional'noi ehkonomiki // *Problemy sovremennoi ehkonomiki*. 2020. № 3 (75). — pp. 51-55.
10. Lykova E.S. Kompleksnyi pokazatel' sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya regiona: sodержanie, izmerenie, protivorechiya / E.S. Lykova // *Ehkonomika i predprinimatel'stvo*. — 2015. — Vypusk № 11 (ch.2). — pp. 425-429

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Пыжова Жанна Юрьевна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента, проректор по экономической деятельности и информационной политике, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: pyzhova.zu@vsuwt.ru

**Zhanna Y Pyzhova**, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Vice -Rector for Economic Activity and Information Policy, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: pyzhova.zu@vsuwt.ru

**Лыкова Елена Сергеевна**, 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: likova\_elena@bk.ru

**Elena S Lykova**, 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, e-mail: likova\_elena@bk.ru

Статья поступила в редакцию 28.09.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 28.09.2023; published online 20.12.2023.

УДК: 656.025.2

[https:// 10.37890/jwt.vi77.434](https://10.37890/jwt.vi77.434)

## **Методы выбора транспортных средств в системе мультимодальных пассажирских перевозок**

**Ж.Ю. Шалаева**

*ORCID: 0000-0001-5452-2216*

**В.Н. Костров**

*ORCID: 0000-0003-1139-102X*

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

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа методов обоснования и выбора транспортных средств при организации дальних мультимодальных пассажирских перевозок с участием водного и смежных видов транспорта. Проведен анализ факторов, определяющих необходимость использования комбинированного подхода при организации перевозок пассажиров. Рассмотрены аналитические и математические методы выбора видов транспорта, в том числе методы многокритериальной оптимизации в задаче выбора транспортных средств в системе комбинированного пассажирского сообщения. Составлен алгоритм выбора транспортных средств в системе мультимодальных пассажирских перевозок, который учитывает все вышеперечисленные этапы. Проведен расчет количественных и анализ качественных показателей выбора вида транспорта с участием водных перевозок и конкретных транспортных средств на примере организации пассажирской линии «Нижний Новгород – Казань – Самара» с использованием различных схем комбинирования видов транспорта. Предложенные подход и алгоритм комплексного решения задачи обеспечивают согласование экономических интересов взаимодействующих видов транспорта и повышают привлекательность дальнего мультимодального сообщения для пассажиров.

**Ключевые слова:** взаимодействие видов транспорта, мультимодальные пассажирские перевозки, выбор транспортных средств, скоростной пассажирский флот, факторный анализ, пассажироместимость транспортных средств, метод нормализации критериев, мультимодальные маршруты.

## **Methods of vehicle selection in the multimodal passenger transportation system**

**Zhanna Yu. Shalaeva**

*ORCID: 0000-0001-5452-2216*

**Vladimir N. Kostrov**

*ORCID: 0000-0003-1139-102X*

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

**Abstract.** The article presents the results of the analysis concerning the methods of justification and choice in relation to vehicles in the organization of long-distance multimodal passenger transportation involving water and related modes of transport. The analysis of the factors determining the need to use a combined approach in the organization of passenger transportation is carried out. Analytical and mathematical methods of transport modes selecting are considered, including methods of multi-criteria optimization in the problem of selecting vehicles in the combined passenger transport system. An algorithm for selecting vehicles in the multimodal passenger transportation system has been compiled, which takes into account all of the above stages. The calculation of quantitative and analysis

touching upon qualitative indicators of the transport mode choice with the participation of water transport and specific vehicles is carried out on the example of the organization of the passenger line "Nizhny Novgorod – Kazan – Samara" using various schemes of transport modes combining. The proposed approach and algorithm for the complex solution of the problem ensure the coordination of the economic interests of the interacting transport modes and increase the attractiveness of long-distance multimodal communication for passengers.

**Keywords:** interaction of modes of transport, multimodal passenger transportation, choice of vehicles, high-speed passenger fleet, factor analysis, passenger capacity of vehicles, criteria normalization method, multimodal routes.

### **Введение**

Транспорт играет одну из основных ролей для обеспечения хозяйственной жизни страны, а пассажирские перевозки влияют на социальное и экономическое благополучие региона. Для эффективного взаимодействия между собой практически всех отраслей хозяйства требуется развитый транспортный комплекс, включающий в себя парк подвижного состава различных видов транспорта, достаточный для обеспечения спроса на перевозки, действующая транспортная инфраструктура, а также определение и организация оптимальных комбинированных транспортных маршрутов, объединяющих оба приведенных выше элемента рассматриваемого комплекса в систему.

Потребность в смешанных перевозках у пассажиров появилась давно, так как один вид транспорта не всегда может доставить людей в пункт назначения. Им часто приходится менять маршрут и пересаживаться, самостоятельно отслеживать стыковку транспортных средств и постоянно делать выбор в пользу того или иного вида транспорта. Конечно, самые востребованные у пассажиров — это бесшовные маршруты, но в сегодняшних реалиях таких путей почти не осталось. С развитой транспортной сетью повышается и транспортная доступность населения, и качество оказания транспортных услуг, и взаимодействие различных видов транспорта, тем самым все популярнее становятся мультимодальные пассажирские маршруты [1,2].

Несмотря на недостаточность законодательной и методологической базы, тема смешанных (мультимодальных) пассажирских перевозок весьма перспективная. Это доказывает Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, где основными трендами в области пассажирских перевозок является ускорение социально-экономического развития страны и клиентоориентированность. Документ впервые структурирован не по видам транспорта, а по категориям услуг для населения и бизнеса.

Выбор способа перевозки является одной из важных задач, которая в настоящее время зачастую перекладывается «на плечи» самих пассажиров [3]. При этом альтернативные варианты способа перевозки имеют два самостоятельных, но взаимосвязанных направления:

1. Выбор вида или видов транспорта;
2. Выбор определенных транспортных средств конкретного вида транспорта.

Существуют различные методы выбора вида транспорта, в основе которых лежат критерии, показатели, коэффициенты и др. [4] Но в случае с мультимодальными маршрутами принципиальным становится именно метод выбора транспортных средств. Сочетанием различных видов транспорта занимались многие ученые, такие как Телегин А.И., Копылова Е.В., Миротин Л.Б. и др., но несправедливо был упущен вопрос выбора транспортных средств этих самых видов транспорта.

Основными факторами, определяющими эффективность взаимодействия видов транспорта, являются: отсутствие прямого сообщения одним конкретным видом

транспорта между пунктами отправления и назначения, имеющиеся виды сообщений не удовлетворяют требованиям клиента, доставка пассажира по системе «от двери к двери», минимизация времени перевозки, минимизация транспортных расходов пассажиров, комфорт и безопасность перевозки, повышение транспортной мобильности населения, снижение утомляемости пассажира и др.

### **Методология и методы**

В работе авторами были изучены аналитические и математические методы выбора видов транспорта и транспортных средств в мультимодальных пассажирских перевозках.

Рассмотрим возможную методику выбора вида транспорта и конкретных транспортных средств, которая бы могла учесть приведенные выше факторы.

На первом этапе рассматривается география маршрута и технологические особенности. На этом этапе исследуется местность мультимодального маршрута. Есть ли там речная судоходная сеть или железнодорожные пути, в каком состоянии находятся автомобильные дороги [5]. Далее требуется рассмотреть существующие (прямые и альтернативные) маршруты и какие виды транспорта, в частности транспортные средства, на них задействованы. Еще одной важной задачей на этом этапе служит оценка наличия или отсутствия транспортного пересадочного узла. Так как на данный момент транспортно-пересадочными узлами служат вокзалы, станции, причалы и т.п., единой точки стыковки и пересадки на различные виды пассажирского транспорта нет [6]. Поэтому при создании комбинированных маршрутов стоит учитывать расположение мест посадки, высадки и пересадки пассажиров. В итоге в зависимости от развитости инфраструктуры, в том числе для судоходства, наличия, состояния и пропускной способности железнодорожных путей и автомобильных дорог делается выбор транспортных средств по технических характеристикам, способных бесперебойно работать на пути маршрута.

На втором этапе производится анализ сочетаемости транспортных средств на основе их преимуществ и недостатков [7]. В анализе будем учитывать три вида транспорта: водный, железнодорожный и автомобильный. Конкуренентноспособными и эффективными водными транспортными средствами авторы считают скоростные суда, поэтому именно такие суда будут учтены при анализе.

На третьем этапе сопоставляется пассажироместимость транспортных средств и расстояние маршрута [8]. Сопоставление транспортных средств по пассажироместимости является одним из главных факторов при организации бесперебойного мультимодального сообщения, так как при пересадке с одного вида транспорта на другой главное – сохранить или увеличить пассажиропоток, но ни в коем случае не уменьшить. В данном методе предлагается сравнить транспортные средства разных видов транспорта по пассажироместимости для того, чтобы установить их целесообразность взаимодействия на конкретном участке маршрута.

В то же время в методике [9] авторы уделяют основное внимание трем критериям: Минимизация транспортных расходов (стоимостной критерий):

$$\sum_{z \in Z} R_z * Y_z \rightarrow \min \quad (1)$$

1. Минимизация временных транспортных затрат (временной критерий):

$$\sum_{z \in Z} H_z * Y_z \rightarrow \min \quad (2)$$

2. Максимизация качественных параметров (критерий качества транспортных услуг):

$$\sum_{z \in Z} B_z * Y_z \rightarrow \min \quad (3)$$

где  $z$  – индекс типа транспорта,  $z \in Z$ , где  $Z$  – множество индексов  $z$ ;

$Y_z$  - количество рейсов ТС  $z$ -го типа (отправлений  $z$ -го варианта), требуемых для обеспечения потребностей пассажиров в транспортном сообщении, единиц;

$R_z$  - стоимость перевозки группы пассажиров в рамках одного рейса ТС  $z$ -го типа (отправлений  $z$ -го варианта) при нормальной загрузке транспортных средств, участвующих в перевозке, руб.

$H_z$  - коэффициент срочности доставки пассажиров рейсом транспортного средства  $z$ -го типа (отправлений  $z$ -го варианта), баллы (определяется экспертным методом).

Балльная оценка качества доставки определяется экспертным методом на основе качественных характеристик работы конкретного типа транспортного средства с учетом ресурсного, экологического и социального аспектов взаимодействия.

При модальных перевозках качество транспортного обслуживания в целом на линии ( $B_i$ ) можно определить по формуле:

$$B_i = \sum_{z \in Z_i} B_z * \frac{t_z}{\sum_{z \in Z_i} t_z} \quad (4)$$

где  $B_i$  – балльная оценка качества доставки пассажиров рейсом транспортного средства  $z$ -го типа, и входящим в состав  $i$ -ой модальной линии;  $z \in Z$ , где  $Z$  – множество индексов  $z$ , соответствующих включению отражающих их видов транспорта в  $i$ -ю модальную линию;

$t_z$  - затрачиваемое  $z$ -м видом транспорта время на перевозки в составе  $i$ -ой модальной линии, сут.

Наличие трех и более целевых ориентиров-критериев приводит к необходимости решения многокритериальной задачи. Для решения таких задач можно воспользоваться экспертно-расчетным методом агрегирования или нормализации критериев. [10,11]. Сначала все выбранные критерии экспертами разбиваются на две группы:

1. имеющие оптимум максимального значения критерия ( $\text{opt } M \rightarrow \max$ )
2. имеющие оптимум минимального значения критерия ( $\text{opt } M \rightarrow \min$ )

Далее каждому критерию, в зависимости от его ранга присваивается вес –  $\alpha$ , которые должны удовлетворять следующим условиям:

$$\text{а) } 0 \leq \alpha_z \leq 1; \quad \text{б) } \sum \alpha_z = 1$$

После формируется обобщенная функция цели (5):

– при решении задачи на максимальное значение обобщенного критерия;

$$F_0 = \sum_{z=1}^k \alpha_z M_z \rightarrow \max \quad (5)$$

– при решении задачи на минимальное значение обобщенного критерия;

$$F_0 = \sum_{z=1}^k \alpha_z M_z \rightarrow \min \quad (6)$$

где  $M_z$  - значение нормализованного критерия;

$z$  – признак критерия;  $Z=1, k$ .

При решении задачи на общий максимум:  $F_0 \rightarrow \max$  – нормализация критериев выполняется по формуле (7,8):

- для первой группы критериев:

$$M_{z1} = \frac{M_1}{\max M_1} \quad (7)$$

- для второй группы критериев:

$$M_{z2} = 1 - \frac{M_2}{\max M_2} \quad (8)$$

Решение задачи на общий минимум:  $F_0 \rightarrow \min$  представлено в формулах (9,10)

- для первой группы критериев:

$$M_{z1} = 1 - \frac{M_1}{\min M_1} \quad (9)$$

- для второй группы критериев:

$$M_{z2} = \frac{M_2}{\min M_2} \quad (10)$$

где  $M_1, M_2$  – значение критериев первой и второй группы;

$\max M, \min M$  – максимальное и минимальное значение конкретных критериев.

Выбор эффективного варианта (схемы) перевозки осуществляется по соответствующему экстремальному значению обобщенного нормализованного критерия.

Для выбора конкретного транспортного средства был выбран метод сравнительного анализа на основе соответствующих технико-эксплуатационных характеристик по установленным критериям [12]. В данном методе сначала задаются допустимые значения показателя, далее происходит сравнение на соответствие допустимому значению, на заключительном этапе происходит выбор конкретного транспортного средства по наибольшему количеству соответствий допустимым значениям.

Объединим методики для составления единого алгоритма (рис.1).

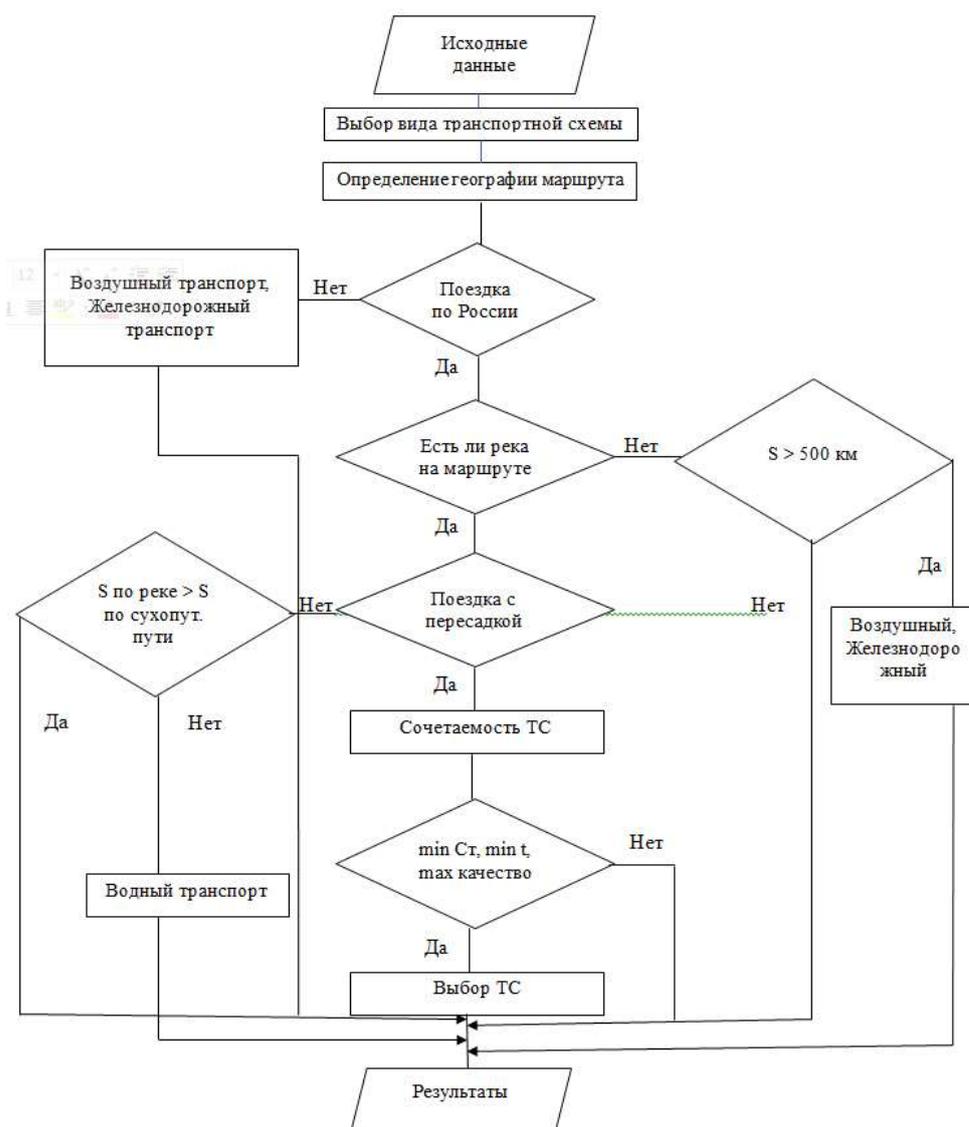


Рис.1. Алгоритм выбора транспортных средств в системе мультимодальных пассажирских перевозок (ТС – транспортное средство; S – расстояние; Ct – стоимость; t – время в пути)

**Результаты**

Рассмотрим реализацию приведенного выше алгоритма на примере организации пассажирской мультимодальной линии «Нижний Новгород – Казань – Ульяновск – Самара». Значения показателей по вариантам представлены перевозов в табл.1., а нормализованных критериев в табл.2

Таблица 1

**Значения показателей по вариантам перевозки**

Показатель	Услов. обозначение	Размерность	Автомобильный – железно-дорожный – водный	Автомобильный – водный – железно-дорожный	Железнодорожный – автомобильный – водный	Железнодорожный – водный – автомобильный	водный – железно-дорожный – автомобильный	водный – автомобильный – железно-дорожный	Автомобильный – водный (ост. Ульяновск)	Железнодорожный – водный (ост. Ульяновск)
			Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4	Схема 5	Схема 6	Схема 7	Схема 8
Расстояние	S	км	768	Нет перевозок железно-дорожным транспортом на уч. Ульяновск — Самара	959,2	991	823	Нет перевозок железно-дорожным транспортом на уч. Ульяновск — Самара	815	951
Эксплуатационные расходы	C	руб./ пасс	1479		2137	2121	1653		1383	1835
Качество перевозки	K	-	1,90		2,01	2,25	2,18		2,13	2,57
Время в пути	T	час	15,53		14,7	14,38	17		14,04	13,96

Таблица 2

**Значения нормализованных критериев по вариантам перевозок**

Критерий	Вес критерия (a)	Общий оптимум	Схема 1		Схема 3		Схема 4		Схема 5		Схема 7		Схема 8	
			M1	aM1	M2	aM2	M3	aM3	M4	aM4	M5	aM5	M6	aM6
S	0,1	max	0,23	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,18	0,02	0,04	0,00
		min	1,00	0,10	1,25	0,12	1,29	0,13	1,07	0,11	1,06	0,11	1,24	0,12
C	0,3	max	0,31	0,09	0,00	0,00	0,01	0,00	0,23	0,07	0,35	0,11	0,14	0,04
		min	1,07	0,32	1,55	0,46	1,53	0,46	1,20	0,36	1,00	0,30	1,33	0,40
K	0,3	max	0,74	0,22	0,78	0,24	0,88	0,26	0,85	0,25	0,83	0,25	1,00	0,30
		min	0,00	0,00	-0,06	-0,02	-0,19	-0,06	-0,15	-0,04	-0,13	-0,04	-0,36	-0,11
T	0,3	max	0,09	0,03	0,14	0,04	0,85	0,25	0,00	0,00	0,17	0,05	0,18	0,05
		min	1,11	0,33	1,05	0,32	1,03	0,31	1,22	0,37	1,01	0,30	1,01	0,30
F = Σ	0,25	max	0,09	0,07			0,13		0,08		0,11		0,10	
aM	0,75	min	0,57	0,66			0,63		0,59		0,50		0,54	

Наиболее эффективными вариантами перевозок в результате решения многокритериальной задачи получились (расставим схемы в порядке убывания):

- при решении на общее максимальное значение обобщенного критерия схемы перевозки пассажиров расположились в следующем порядке: схема 4, схема 7, схема 8, схема 1, схема 5, схема 3.

- при решении на общее минимальное значение обобщенного критерия схемы перевозки пассажиров расположились в следующем порядке: схема 7, схема 8, схема 1, схема 5, схема 4, схема 3.

В обоих вариантах можно выделить две схемы (7,8), при перевозке пассажиров по рассматриваемому маршруту они являются одними из наиболее эффективных. По схеме 7 перевозка осуществляется следующим образом: Нижний Новгород – Казань (автомобильный) – Казань – Ульяновск (водный) – Ульяновск – Самара (водный). По схеме 8 Нижний Новгород – Казань (железнодорожный) – Казань – Ульяновск (водный) – Ульяновск – Самара (водный). Результаты расчетов показали, что пересадка в Ульяновске на другой вид транспорта не эффективна.

Далее рассмотрим выбор конкретного транспортного средства на примере водного транспорта (табл.3).

Таблица 3

**Сравнительная характеристика скоростных пассажирских судов**

Показатель	Допустимое значение	Валдай-45Р	Метеор-120Р	Проект 04580 «Котлин»	Проект А45-2
Дальность плавания, км	не менее 450 км	400 -	600 +	1100 +	650 +
Эксплуатационная скорость, км/ч	не менее 60 км/ч	65 +	65 +	55,56 -	70 +
Расход топлива (л на 1 л.с.)	Ст → min	0,155 -	0,136 +	0,149 -	0,141 -
Пассажировместимость, чел	не менее 45 чел.	45 +	116 +	200 +	100 +

По результатам сравнительного анализа на основе соответствующих технико-эксплуатационных характеристик по установленным критериям (табл.3) выбираем транспортное средство – скоростное пассажирское судно на подводных крыльях Метеор-120Р.

В качестве автомобильного транспортного средства предлагается выбрать автобус HIGER KLQ 6129Q или эквивалентный автобус схожей пассажировместимости (49 чел.), железнодорожного транспорта – пригородный поезд (пассажировместимость 400 чел.).

В связи с выбором двух конкретных схем перевозок, приведем расстояние участков маршрута по видам транспорта:

- 1) Автомобильный транспорт на линии «Нижний Новгород – Чебоксары – Казань» (протяженность 406 км) – скоростной флот на линии «Казань – Ульяновск – Самара» (протяженность 425 км).
- 2) Железнодорожный транспорт на маршруте «Нижний Новгород – Казань» (пригородный поезд, без промежуточных остановок, протяженность 526 км) – скоростной флот на маршруте «Казань – Ульяновск – Самара» (протяженность 425 км).

В качестве основных критериев выбора видов транспорта будут использованы:

- 1) время мультимодального рейса;
- 2) совокупные эксплуатационные расходы на маршруте в расчете на 1 пассажира.

В качестве основных условий при проведении расчетов были использованы следующие:

- 1) выбранные типы подвижного состава (автобус, пригородный поезд, скоростное судно) обеспечивают только сидячие места для пассажиров;
- 2) для обеспечения сопоставимости результатов расчетов точкой отправки пассажиров в г. Нижний Новгород выбран ТПУ «Канавинский» для автобусов, железнодорожный вокзал «Нижний Новгород – Московский» - для пригородного поезда, оба объекта расположены друг от друга в шаговой доступности для пассажиров;
- 3) в расчетах учтено время на подвоз пассажиров с автовокзала «Центральный» и железнодорожного вокзала «Казань» до речного порта;
- 4) на речной линии «Казань – Ульяновск – Самара» заложено время на прохождение судоходных шлюзов №21/22, 23/24, расположенных в районе Жигулевской ГЭС;
- 5) для всех видов транспорта предполагается организация 1 рейса в день, варианты круговых рейсов рассмотрены не были для сопоставимости расчетов с водным транспортом: в соответствии с «Правилами плавания судов по внутренним водным путям» (утверждены приказом Минтранса России от 19 января 2018 года N 19) движение скоростных судов в неводоизменяющем положении разрешается только в светлое время суток при видимости километр и более;
- 6) средняя скорость движения автобуса на маршруте «Нижний Новгород – Чебоксары – Казань» - 67 км/ч с учетом загруженности автомобильных дорог, проезда через населенные пункты, остановки в г. Чебоксарах;
- 7) средняя скорость движения пригородного поезда на маршруте «Нижний Новгород – Казань» - 87,5 км/ч;
- 8) эксплуатационная скорость судна Метеор 120Р составляет 60-65 км/ч.

Результаты проведенных расчетов представлены в табл.4.

Таблица 4

**Результаты расчётов по выбранным схемам**

№ п/п	Вариант организации мультимодального маршрута	Время мультимодального рейса, ч	Совокупные эксплуатационные расходы на маршруте в расчете на 1 пассажира, тыс. руб.
1	Автомобильный транспорт – водный транспорт	14,29	4,32
2	Железнодорожный транспорт – водный транспорт	14,29	4,61

Следует отметить, что в данный момент время в пути в прямом сообщении между городами Нижний Новгород и Самара составляет (согласно «Яндекс.Расписание» и приложению ОАО РЖД):

- 1) автобус – 14,33 ч.;
- 2) железнодорожный поезд дальнего следования - 15,78 ч.

### **Обсуждение**

Таким образом, по результатам проведенных расчетов необходимо отметить, что при организации мультимодальных перевозок по указанному маршруту сокращается время рейса в сравнении с прямым сообщением, и при этом увеличивается охват крупных городов на пути маршрута. Кроме того, организация единого транспортного сообщения между такими городами как Нижний Новгород, Казань, Ульяновск, Самара (все указанные города – столицы своих регионов, трое из них – города-миллионники) позволит повысить транспортную подвижность населения.

Что касается выбора конкретного способа организации мультимодального маршрута, то данные в таблице отражают паритет между вариантами «Автомобильный транспорт – водный транспорт» и «Железнодорожный транспорт – водный транспорт» в части времени рейса. Это связано с тем, что разница в расстоянии между Нижним Новгородом и Казанью различными видами транспорта нивелируется скоростью таких видов транспорта.

В то же время по эксплуатационным расходам на 1 пассажира вариант «Автомобильный транспорт – водный транспорт» является более предпочтительным. Однако при использовании железнодорожного транспорта достаточно 2 двух вагонов с сидячими местами для полной загрузки скоростного судна в г. Казани при пересадке на Метеор 120Р, в то время как при организации автобусного сообщения между Нижним Новгородом и Казанью потребуется 3 автобуса, чтобы обеспечить перевозку 120 человек. Очевидно, фактическая загрузка судна в пункте отправления зависит не только от пассажиров, прибывающих из Нижнего Новгорода, однако в случае устойчивого спроса на такие мультимодальные перевозки автобусное сообщение проиграет конкуренцию в провозной способности железнодорожному транспорту. Кроме того, увеличение парка автобусов и частоты их рейсов неизбежно влияет на экологию в большей степени, чем дополнительные вагоны к железнодорожному составу поезда.

Не стоит забывать и об уровне комфортабельности поездок различными видами транспорта и конкретными транспортными средствами, особенно учитывая довольно продолжительное время рейса, причем как в прямом, так и мультимодальном сообщении. Для таких дальних перевозок необходимо учитывать возрастающую транспортную усталость населения и возможные варианты ее снижения.

### **Заключение**

Обобщая все описанное выше, можно сделать вывод, что мультимодальные пассажирские перевозки обладают заметным потенциалом, даже на уже сложившихся транспортных маршрутах. В то же время возникает задача построения такой модели их формирования, которая бы носила многокритериальный характер, отражала как временные, стоимостные затраты пассажиров, так и показатели качества перевозок, комфортабельности и безопасности, учитывала предпочтения населения при выборе того или иного способа перемещения, и, в конечном итоге, приводила к выбору оптимального варианта организации работы транспорта.

### **Список литературы**

1. Романов А.С. Уточнение понятийного аппарата процессов взаимодействия различных видов транспорта при организации смешанных перевозок // БРНИ. 2019. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utochnenie-ponyatiynogo-apparata-protsessov-vzaimodeystviya-razlichnyh-vidov-transporta-pri-organizatsii-smeshannyh-perevozok> (дата обращения: 09.05.2023).

2. Бафанов А.П. Методический подход к обоснованию экономической устойчивости операторов комбинированных пассажирских перевозок // Научные проблемы водного транспорта. 2022. №72(3).
3. Домнина О.Л., Обоснование организации высокоскоростных водных перевозок пассажиров в Приволжском федеральном округе / Домнина О.Л., Иванов М.В., Митрошин С.Г., Исанин К.А. // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2018. № 57. С. 191-199.
4. Миротин Л.Б. Логистика: общественный пассажирский транспорт: Учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. - М.: Издательство «Экзамен», 2003. - 224 с.
5. Домнина О.Л. Прогнозирование объемов перевозок пассажиров внутренним водным транспортом / Домнина О.Л., Шалаева Ж.Ю. // Научные проблемы водного транспорта. 2022. №72(3).
6. Домнина О.Л., Анализ состояния и проблем перевозок пассажиров в Российской Федерации / Домнина О.Л., Шалаева Ж.Ю. // В сборнике: Экономическая безопасность: проблемы, перспективы, тенденции развития. Материалы V Международной научно-практической конференции. 2019. С. 356-362.
7. Прытов А.А. Разработка метода выбора вида пассажирского транспорта в зависимости от дальности перевозок // Научный вестник МГТУ ГА № 214, 2015.
8. Soumela Pefitsi, Erik Jenelius & Oded Cats (2020) Determinants of passengers' metro car choice revealed through automated data sources: a Stockholm case study, *Transportmetrica A: Transport Science*, 16:3, 529-549, DOI: 10.1080/23249935.2020.1720040
9. Домнина О.Л., Обоснование транспортного обеспечения комбинированных туристических перевозок маршрутов с участием внутреннего водного транспорта / Домнина О.Л., Иванов М.В., Митрошин С.Г., Уртминцев Ю.Н. // Морские интеллектуальные технологии, № 4(42) том 2 2018. С.131-138.
10. Костров С. В. Методические подходы к обоснованию и выбору схем и способов организации комбинированных перевозок на водном транспорте // Научные проблемы водного транспорта. 2013. №34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-obosnovaniyu-i-vyboru-shem-i-sposobov-organizatsii-kombinirovannyh-perevozok-na-vodnom-transporte> (дата обращения: 27.05.2023).
11. Серазетдинов О.В. Организационно-экономическое развитие транспортно-экспедиционного обслуживания предприятий автомобильного транспорта // диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.05 – Н.Новгород, – 2017. – 209 с.
12. Гозбенко В.Е., Повышение эффективности функционирования транспортной сети городского пассажирского транспорта путем применения автоматизации модели выбора оптимального подвижного состава / Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Лебедева О.А., Каргапольцев С.К. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. №2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-funktsionirovaniya-transportnoy-seti-gorodskogo-passazhirskogo-transporta-putem-primeneniya> (дата обращения: 21.05.2023).

#### References

1. Romanov A.S. Clarification of the conceptual apparatus of the processes of interaction of various modes of transport in the organization of multimodal transport // BRNI. 2019. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utochnenie-ponyatiynogo-apparata-protsessov-vzaimodeystviya-razlichnyh-vidov-transporta-pri-organizatsii-smeshannyh-perevozok> (дата обращения: 09.05.2023).
2. Vafanov A.P. Methodical approach to substantiation of the economic sustainability of operators of combined passenger transportation // Scientific problems of water transport. 2022. No. 72(3).
3. Domnina O.L., Substantiation of the organization of high-speed water transportation of passengers in the Volga Federal District / Domnina O.L., Ivanov M.V., Mitroshin S.G., Isanin K.A. // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. 2018. No. 57. S. 191-199.

4. Mirotin L.B. Logistics: public passenger transport: Textbook for students of economic universities / Under the general editorship of L.B. Mirotin. - М.: Publishing house "Exam", 2003. - 224 p.
5. Domnina O.L. Forecasting the volume of passenger transportation by inland water transport / Domnina O.L., Shalaeva Zh.Yu. // Scientific problems of water transport. 2022. No. 72(3).
6. Domnina O.L., Analysis of the state and problems of passenger transportation in the Russian Federation / Domnina O.L., Shalaeva Zh.Yu. // In the collection: Economic security: problems, prospects, development trends. Materials of the V International Scientific and Practical Conference. 2019. S. 356-362.
7. Prytov A.A. Development of a method for choosing the type of passenger transport depending on the distance of transportation // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University No. 214, 2015.
8. Soumela Peftitsi, Erik Jenelius & Oded Cats (2020) Determinants of passengers' metro car choice revealed through automated data sources: a Stockholm case study, *Transportmetrica A: Transport Science*, 16:3, 529-549, DOI: 10.1080/23249935.2020.1720040
9. Domnina O.L., Substantiation of the transport provision of combined tourist transportation routes with the participation of inland water transport / Domnina O.L., Ivanov M.V., Mitroshin S.G., Urtmintsev Yu.N. // *Marine intelligent technologies*, No. 4(42) volume 2 2018. P.131-138.
10. Kostrov S. V. Methodological approaches to substantiation and selection of schemes and methods of organization of combined transportation by water transport // *Scientific problems of water transport*. 2013. No.34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-obosnovaniyu-i-vyboru-shem-i-sposobov-organizatsii-kombinirovannyh-perevozok-na-vodnom-transporte> (accessed: 05/27/2023).
11. Serazetdinov O.V. Organizational and economic development of freight forwarding services of automobile transport enterprises // dissertation for the degree of Candidate of Economic sciences: 08.00.05 – N.Novgorod, - 2017. – 209 p.
12. Gozbenko V.E., Improving the efficiency of the functioning of the transport network of urban passenger transport by using automation of the optimal rolling stock selection model / Gozbenko V.E., Kripak M.N., Lebedeva O.A., Kargapol'tsev S.K. // *Modern technologies. System analysis. Modeling*. 2017. No. 2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-funktsionirovaniya-transportnoy-seti-gorodskogo-passazhirskogo-transporta-putem-primeneniya> (date of access: 05/21/2023).

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

**Шалаева Жанна Юрьевна, аспирант,**  
Волжский государственный университет  
водного транспорта, 603950, Н.Новгород, ул.  
Нестерова, 5, e-mail: shalaeva@vsawt.com

**Zhanna Yu. Shalaeva,** graduate student,  
Volga State University of Water Transport,  
Nesterova st., 5, N. Novgorod, 603950,  
Russian Federation, e-mail:  
shalaeva@vsawt.com

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

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

Статья поступила в редакцию 26.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 26.06.2023; published online 20.12.2023.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА,  
СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА**  
**OPERATION OF WATER TRANSPORT, NAVIGATION AND  
SAFETY OF NAVIGATION**

УДК 656.62

DOI: 10.37890/jwt.vi77.447

**Совершенствование оперативного планирования работы  
судов малых судоходных предприятий**

**Е.И. Вершинина**

*ORCID: 0009-0008-6632-9681*

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

**Аннотация.** В статье проводится анализ современного состояния и перспектив развития системы планирования работы речного грузового флота. Отмечаются основные изменения в работе флота с начала 1990-х годов и необходимость совершенствования существующей системы планирования. Представлены факторы, которые необходимо учитывать при разработке системы планирования работы флота (ПРФ) конкретного судоходного предприятия. Приведен анализ понятия «малое предприятие» применительно к судоходному предприятию (СП) и указаны основные отличительные особенности малого предприятия от крупного. Отмечается необходимость разработки системы ПРФ для малых СП, которая будет учитывать современные условия хозяйствования и тенденции. Обосновывается важность и возможность применения информационных технологий в качестве базы для осуществления непрерывного рейсового планирования. Сформулированы некоторые отличительные особенности осуществления непрерывного планирования на морском транспорте и на внутренних водных путях. Представлены принципы, которым должна соответствовать система оперативного планирования в современных условиях.

**Ключевые слова:** планирование работы флота, непрерывное рейсовое планирование, регулирование работы флота, малое судоходное предприятие, информационные технологии, судовладельцы, речной грузовой флот, принципы системы оперативного планирования работы флота.

**Improvement of operational planning by small shipping  
enterprises**

**Elena I. Vershinina**

*ORCID: 0009-0008-6632-9681*

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

**Abstract.** The article analyzes the current state and prospects for the development of the system for operation planning of the river cargo fleet. The main changes in the work of the fleet since the early 1990s and the necessity for improvement of the existing planning system are noted. The factors that should be taken into account when developing a fleet operation planning system (FOP) for a particular shipping company are specified. The analysis of the "small enterprise" concept in relation to a shipping company (SC) is given and the main distinguishing features of a small enterprise from a large one are indicated. The reference is

made to the necessity of developing a FOP system for small SC, which will take into account modern economic conditions and trends. The importance and possibility of using information technologies as a basis for continuous voyage planning is substantiated. Some distinctive features of implementing continuous planning in maritime transport and on inland waterways are formulated. The principles that the operational planning system must comply with in modern conditions are presented.

**Keywords:** fleet operation planning, continuous voyage planning, fleet operation regulation, small shipping enterprise, information technologies, shipowners, river cargo fleet, principles of fleet operational planning system.

### **Введение**

Переход России от плановой экономики к рыночной в начале 1990-х годов внес значительные изменения в работу речного флота, основными из которых являются:

1. вместо крупных пароходств появилось множество судоходных предприятий (перевозчиков грузов), между которыми возникла конкурентная борьба;
2. планирование перевозок грузов стало в основном осуществляться по прямым договорам перевозок грузов в соответствии с заявками грузоотправителей, возникающими эпизодически;
3. «возникла необходимость учета большого числа факторов, влияющих на экономические показатели перевозок грузов [1]»;
4. изменилась система оперативного управления транспортными предприятиями с повышением точности расчетов при учете дополнительных рыночных факторов.

Постановка целей и решение задач по обеспечению прибыльности транспортных услуг и эффективности деятельности стала осуществляться самостоятельно судоходными предприятиями (СП), а не централизованно, как было ранее. Централизованным образом решаются только задачи по обеспечению безопасности судоходства и экологической безопасности, возложенные на Администрации бассейнов внутренних водных путей.

Кроме того, как отмечалось ранее, на рынке перевозок возникло множество мелких СП. Так, согласно данным Российского морского регистра на 2020 год в России насчитывалось 425 судоходных компаний. Большая часть из них имеет в эксплуатации от одного до нескольких десятков собственных судов или арендованных. Советская система планирования работы флота (ПРФ), включающая в себя годовое планирование, месячное планирование и оперативное управление работой флота (ОУРФ), была разработана для крупных пароходств, имеющих в эксплуатации более 100 единиц флота. Применение этой системы, для СП с небольшим числом эксплуатируемых судов в неизменном виде стало нецелесообразным и неэффективным по причине высоких удельных затрат на планирование работы флота. Каким требованиям и принципам должна соответствовать система ПРФ в современных условиях, чтобы она могла успешно применяться? Этот вопрос остается открытым и требует обоснования и исследований.

### **Особенности, тенденции, принципы и перспективы развития системы планирования работы флота**

Современная система ПРФ каждого СП должна учитывать объем и географию перевозок, число эксплуатируемых судов, степень управляемости и информатизации, уровень квалификации управляющего персонала. Одним из значимых факторов, который необходимо учитывать при разработке системы ПРФ, является принадлежность СП таким крупным объединениям как ПАО «НК «Роснефть» (АО 224

«Роснефтефлот»), ПАО «Газпром» (ООО «Газпром флот»), ПАО «Лукойл» (ООО «ЛУКОЙЛ-МаринБункер»), ПАО «ГМК «Норильский никель» и др. В зависимости от отмеченных выше факторов временные уровни планирования могут совмещаться или отсутствовать. Например, в судоходных предприятиях, имеющих несколько судов, задачи планирования, как правило, сосредоточены на уровне рейсового планирования, а месячное и навигационное планирование являются нецелесообразными и могут отсутствовать. В некоторых случаях навигационное планирование становится просто невозможным по причине отсутствия договоров на перевозку груза на столь продолжительный срок. Месячное планирование не может учесть всех изменений внешней среды (в том числе неравномерность объёмов перевозок в течение навигации) и зачастую такой план становится не актуальным и требует корректировки уже на уровне рейсового планирования.

Несмотря на то, что в последние 30 лет формирование СП с небольшим числом судов (малые СП) происходило очень активно, для отрасли водного транспорта до сих пор не было определено понятие «малое судоходное предприятие». Одной из немногочисленных работ, посвящённых деятельности малого СП, является [2]. В этой работе автор не приводит чётких отличительных особенностей малого СП от крупного, а говорит лишь о некорректности применения в судоходстве закреплённого в законодательстве термина «малое предприятие», используемого для отрасли автомобильного транспорта, к судоходному предприятию.

Что представляет собой «малое предприятие»? В настоящее время чёткое определение этому термину дано только в рамках автомобильного транспорта. Данное определение отражает именно его специфику и не учитывает особенности других видов транспорта. Согласно ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» малым считается предприятие, численность сотрудников которого составляет менее 100 человек. Но, если рассматривать всех сотрудников судоходной компании, имеющей более 5 судов, то в их число входят также экипажи судов, тогда численность сотрудников, будет уже превышать число, определённое законодательством. Это означает, что критерии, которым соответствуют малые предприятия автомобильного транспорта, некорректно использовать для транспортных предприятий водного транспорта. Водный транспорт имеет свои особенности, например, объём перевозок (за один рейс такое или большее количество груза можно доставить лишь товарным составом железнодорожного транспорта) [2].

Малые СП отличаются более оперативной реакцией на конкретные ситуации рынка транспортных услуг, чем крупные СП. Своевременность и точность реакции судовладельца сильно влияют на конкурентоспособность СП в условиях постоянно меняющейся конъюнктуры рынка. Но в то же время следует отметить то, что крупные СП (особенно входящие в состав отраслевых предприятий, указанных выше) зачастую обеспечиваются «своими» грузами. Другие крупные СП имеют долгосрочные договоры и новый, более универсальный, флот (АО «Транснефть - Приволга», ООО «Волготранс», ООО «Прайм Шиппинг» и др.). Малые СП, как правило, имеют низкое качество перевозок, так как имеют в эксплуатации флот, средний возраст которого составляет 40-50 лет. Учитывая ограниченность грузовой базы, это обстоятельство может стать причиной падения ставок фрахта.

Особенно необходимо отметить, что основной отличительной особенностью малого СП от крупного является количество основных бизнес-процессов, осуществляемых предприятием. Малые СП (МСП) осуществляют всего один основной вид деятельности, которым является перевозка грузов. «В то время как крупные СП могут осуществлять перевозку грузов, сдачу флота в аренду, ремонт судов. Другими основными бизнес-процессами могут быть погрузочно-разгрузочные работы, брокерские услуги и прочее. Количество основных процессов предприятия

зависит от финансовых возможностей компании и доли рынка, которую они занимают» [3].

Поэтому для МСП необходима своя система ПРФ, учитывающая вышеприведенные особенности. При этом необходимо учитывать современные условия хозяйствования и тенденции:

1. В современных условиях управление работой флота строится на основе разработки плана, который может корректироваться в течение навигационного периода.
2. Роль оперативного управления в рыночных отношениях возросла, а навигационное и месячное планирование, за редким исключением, перестало иметь такое важное значение, как было ранее, увеличилась сложность согласования взаимодействия участников рынка перевозок. Исключением являются предприятия, деятельность которых поддерживается на государственном уровне, как особо значимой для населения и экономики региона. Например, АО «Северное речное пароходство», ПАО «Ленское объединенное речное пароходство», которые осуществляют завоз груза в районы Крайнего Севера. Корректность навигационного планирования работы флота данных предприятий оказывает решающее влияние на выполнение плана перевозок топливно-энергетических ресурсов для обеспечения целых регионов.
3. Малые судоходные предприятия, имеющие несколько судов, в настоящее время не имеют экономической возможности использовать развитую систему ПРФ. И тем более, что решение проблемы сбора информации может быть достигнуто с меньшими финансовыми и временными затратами.
4. «Адекватность планирования эксплуатационных расходов и по возможности их минимизация являются не менее важными наряду с надёжностью выполнения договорных обязательств» [4]. Так, для судовладельцев наиболее доступным способом снижения эксплуатационных расходов является снижение затрат на топливо за счет выбора оптимального режима скорости хода. При этом в процессе ПРФ необходимо учитывать интересы всех сторон перевозочного процесса, чтобы соблюсти баланс.

Развитие информационных технологий (ИТ) и методической базы ПРФ сделали возможным применение непрерывного планирования работы флота (НПРФ). С учетом особенностей современных условий эксплуатации флота НПРФ уделяется всё большее внимание. Оно основано на единой методической базе для всех уровней планирования и подразумевает составление календарного графика персонально по судну на весь период планирования. Необходимость внедрения этого метода стала актуальна еще в 70-е годы, но в то время существовал ряд препятствий, связанных с обработкой больших объемов информации. Тем не менее на морском транспорте в 70-е годы была разработана и внедрена непрерывная схема планирования работы флота, которая описывается в трудах В.Д. Левого [5].

Применение подобной системы для ПРФ на внутренних водных путях стало возможным лишь в 90-е годы с появлением более производительных электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и более совершенных средств связи. «Очевидно, что для работы речного флота более важной оказалась та особенность непрерывного планирования, которая означала возможность гибко реагировать на изменение эксплуатационной обстановки и корректировать план работы флота» [4]. Наиболее подробно опыт и проблемы внедрения ЭВМ в отрасли водного транспорта описаны автором в работе [6].

Развитие ИТ, переход к рыночным отношениям и образование большого количества обособленных судоходных предприятий, у которых количество судов и грузопотоков значительно уменьшилось, упростило решение задачи непрерывного планирования.

Принципы, которым должна соответствовать система оперативного планирования работы речного грузового флота, были представлены в работе [7]. Можно утверждать, что реализация этих принципов может быть возможна только в случае широкого применения ИТ в процессе управления.

### **Заключение**

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Традиционная система планирования работы флота, применяемая ранее крупными пароходствами, является не эффективной для применения в сложившихся условиях рынка грузоперевозок и требует внесения значительных изменений.
2. Необходимо создание непрерывной системы ПРФ на базе ИТ, которая позволит своевременно учитывать и отражать в плане изменения эксплуатационной обстановки.
3. Планированию работы флота малых СП до настоящего времени не уделялось внимания. Тем более, что для них возможно создание системы планирования более простой, а следовательно, и с меньшими временными и финансовыми затратами на разработку по сравнению с крупными СП.

### **Список литературы**

1. Зачесов В. П., Платов Ю. И. Проблема использования информационных технологий для оперативного планирования и регулирования работы флота //Вестник ВГАВТ. 2017. №51. С. 122–125.
2. Тимошек, Е. С. Методическое обеспечение управления флотом малой судоходной компании : специальность 05.22.19 «Эксплуатация водного транспорта, судовождение» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Тимошек Елена Сергеевна ; Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского. – Владивосток, 2022. – 23 с. – Библиогр.: с. 22. – Место защиты: Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского. – Текст : непосредственный.
3. Михайлова А. В., Бородулина С. А. Особенности управления судоходными компаниями в современных условиях развития отрасли //Вестник СибАДИ. 2016. №1(47). С. 129-136.
4. Зачесов В. П., Платов Ю. И. Текущее и оперативное планирование работы флота в рыночных условиях //Транспортное дело России. 2017. №1. С. 143-144.
5. Левый В. Д. Оперативное управление работой флота. Москва.: Транспорт, 1981. 157с.
6. Платов А. Ю. Методология оперативного планирования работы речного грузового флота в рыночных условиях //Речной транспорт (XXI век). 2010. №1. С. 77-79.
7. Платов А. Ю., Платов Ю. И. Необходимые условия адекватности экономико-математических моделей на речном транспорте //Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 64. С. 172-177. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi64.108>

### **References**

1. Zachesov V. P., Platov YU. I. Problema ispol'zovaniya informacionnykh tekhnologij dlya operativnogo planirovaniya i regulirovaniya raboty flota [The problem of using information technologies for operational planning and regulation of the fleet operation] Vestnik VGAWT. 2017, no.51, pp. 122–125. (In Russ).

2. Timoshek, E. S. Metodicheskoe obespechenie upravleniya flotom maloj sudokhodnoj kompanii [Methodological support of fleet management of a small shipping company] : specialty 05.22.19 «Ehkspluatatsiya vodnogo transporta, sudovozhdenie» : abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences/ Timoshek Elena Sergeevna ; Morskoj gosudarstvennyj universitet imeni admirala G. I. Nevel'skogo. – Vladivostok, 2022. – 23 s. – Bibliogr.: s. 22. – Mesto zashchity: Morskoj gosudarstvennyj universitet imeni admirala G. I. Nevel'skogo. – Tekst : neposredstvennyj. (In Russ).
3. Mikhajlova A. V., Borodulina S. A. Osobennosti upravleniya sudokhodnymi kompaniyami v sovremennykh usloviyakh razvitiya otrasli [Features of functioning and management of shipping companies in modern conditions of development of branch] Vestnik SiBADI. 2016, no.1(47), pp. 129-136. (In Russ).
4. Zachesov V. P., Platov YU. I. Tekushchee i operativnoe planirovanie raboty flota v rynochnykh usloviyakh [Current and operational planning of the fleet in market conditions] Transport business in Russia. 2017, no1, pp. 143-144. (In Russ).
5. Levij V. D. Operativnoe upravlenie rabotoj flota [Operational management of the fleet]. Moscow.: Transport Publ, 1981. 157p. (In Russ)
6. Platov A. YU., Platov YU. I. Neobkhodimye usloviya adekvatnosti ehkonomiko-matematicheskikh modelej na rechnom transporte [Necessary conditions for the adequacy of economic and mathematical models on river transport] Russian Journal of Water Transport. 2020, no.64, pp. 172-177. (In Russ). DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi64.108>
7. Platov A. YU. Metodologiya operativnogo planirovaniya raboty rechnogo gruzovogo flota v rynochnykh usloviyakh [Methodology of operational planning of the river cargo fleet in market conditions] Rechnoj transport (XXI vek). 2010, no1, pp. 77-79. (In Russ).

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

**Вершинина Елена Ивановна**, аспирант кафедры управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [elena.vershinina.98@yandex.ru](mailto:elena.vershinina.98@yandex.ru)

**Elena I. Vershinina**, postgraduate student of the Department of Transport Management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 26.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 26.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 656.61.053(262.5/.54):004.94

DOI: 10.37890/jwt.vi77.435

## **Применение модели Эрланга для моделирования процесса пограничного контроля судов, следующих через Керчь-Еникальский канал**

**В.В. Святский**

*ORCID: 0009-0009-9094-5385*

*Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия*

**Аннотация.** Данная статья исследует особенности прохода Керчь-Еникальского канала (КЕК). Керченский пролив является одним из наиболее интенсивно используемых морских путей в Российской Федерации, что приводит к постоянному потоку судов и требует организованного движения.

Пропускная способность Керченского пролива рассчитывалась из статистических данных по количеству судов, которые ежедневно проходят через него. Количество судов, проходящих через Керченский пролив, заметно увеличивается с каждым годом. Увеличение количества судов, проходящих через пролив, создает дополнительные проблемы, связанные с безопасностью плавания и экологической устойчивостью региона. Например, увеличение количества судов может привести к повышению вероятности столкновений и аварий, а также к ухудшению экологической ситуации в районе пролива.

В работе разработан алгоритм, проведен анализ факторов, влияющих на процесс прохода КЕК. В качестве модели используется модель Эрланга. Данная модель позволяет проводить имитационное моделирование процесса таможенного контроля с количественной оценкой данных. Для построения модели была произведена статистическая обработка данных по прохождению таможенного контроля. В результате имитационного моделирования получены следующие результаты:

1. Определена максимальная пропускная способность данного участка контроля;
2. Рассчитан оптимальный состав судов таможенного контроля.

**Ключевые слова:** Керчь-Еникальский канал, системы массового обслуживания, поток Эрланга.

## **The application of Erlang model for process simulation of boundary monitoring of ships proceeding through the Kerch-Yenikalsky Strait**

**Vitalii V. Sviatskii**

*ORCID: 0009-0009-9094-5385*

*Kerch State Maritime Technological University, Russian Federation*

**Abstract.** This article investigates the peculiarities of the Kerch-Yenikalsky Channel (KEC) passage. The Kerch Strait is one of the most intensively used sea routes in the Russian Federation, which results in a constant flow of ships and requires organized traffic.

The Kerch Strait throughput capacity was calculated from statistical data on the number of vessels that pass through it on a daily basis. The number of vessels passing through the Kerch Strait increases noticeably every year.

The increase in the number of vessels passing through the Strait creates additional problems related to safety of navigation and environmental sustainability of the region. For example, an increase in the number of ships can lead to an increased probability of collisions and

accidents, as well as to the deterioration of the environmental situation in the area of the strait.

In this paper, an algorithm is developed and the factors affecting the KEC passage process are analyzed. The Erlang model is used as a model. This model allows to carry out simulation modeling of the process of customs control providing quantitative data. To build the model, statistical processing of data on the passage of customs control was performed. As a result of simulation modeling the following results were obtained:

1. The maximum throughput capacity of a given control section was determined;
2. Calculated the optimal composition of the customs control vessels.

**Keywords:** Kerch-Yenikalsky channel, mass service systems, Erlang flow.

### Введение

Керченский пролив – это узкий проход между Крымом и Таманским полуостровом на востоке Керченского полуострова, который соединяет Азовское и Черное моря. Минимальная ширина Керченского пролива составляет всего 4,5 км. Пролив считается мелководным, наименьшая глубина в центральной части пролива около 3 метров, для обеспечения судоходства построен Керчь-Еникальский канал (КЕК). Ширина канала 120 метров. По каналу могут проходить суда с осадкой до 8 метров [1].

Из-за узкости КЕК, суда в основном движутся в караванах, чтобы обеспечить безопасность прохождения. Организация движения является необходимым условием для обеспечения безопасности прохода судов.

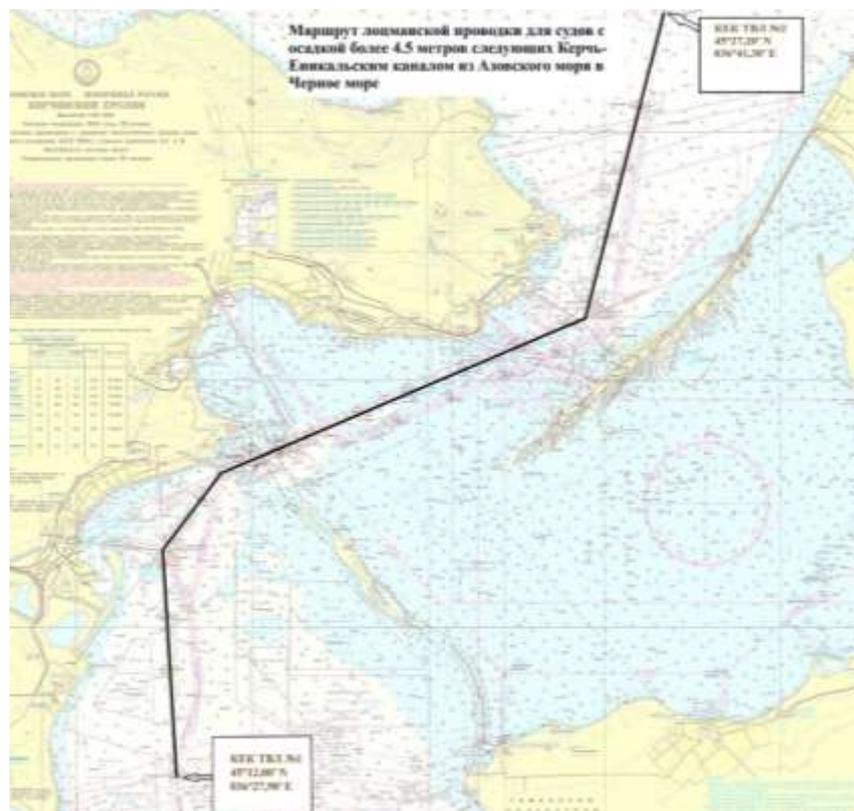


Рис. 1. Керчь-Еникальский канал

Для обеспечения безопасности движения судов в Керченском проливе, создана система управления движением судов (СУДС), которая отслеживает и регулирует движение всех судов, проходящих через пролив [2]. Проход судов через Керченский пролив осуществляется под наблюдением опытных лоцманов, которые знакомы с местными условиями плавания [3]. В Керченском проливе действуют ограничения скорости. Суда с осадкой до 5 метров могут проходить КЕК со скоростью до 12 узлов, а суда с осадкой более 5 со скоростью до 10 узлов, чтобы гарантировать безопасность и избежать возможных аварий [4, 5].

Скорость течения может достигать до 2 узлов, что усложняет прохождение пролива. Ветровые условия могут быть переменчивыми, что также повышает сложность прохождения пролива. В связи с этим, прохождение Керченского пролива требует от судов регулярного обновления навигационных данных и тщательного планирования маршрута.

Керченский пролив является одним из наиболее интенсивно используемых морских путей в Российской Федерации, что приводит к постоянному потоку судов и требует организованного движения.

Количество судов, проходящих через Керченский пролив, заметно увеличивается с каждым годом, в связи с этим актуальной задачей является обеспечение соответствующей пропускной способности канала.

Увеличение количества судов, проходящих через пролив, создает дополнительные проблемы, связанные с безопасностью плавания и экологической устойчивостью региона [6]. Например, увеличение количества судов может привести к повышению вероятности столкновений и аварий, а также к ухудшению экологической ситуации в районе пролива.

Для решения этих проблем необходимо принимать дополнительные меры и продолжать работу по модернизации инфраструктуры пролива.

**Цель исследования:** построить математическую модель потока судов для таможенного контроля на примере Керченского пролива, провести имитационное моделирование, выработать рекомендации по уменьшению времени прохождения таможенного контроля.

**Объект исследования:** поток судов при прохождении таможенного контроля.

**Предмет исследования:** параметры потока судов при прохождении таможенного контроля.

**Методы исследования:** анализ, формализация, математическое моделирование.

Рассмотрим, как работает система управления движения судов в Керченском проливе. Для того, чтобы судно могло пройти через пролив, необходимо выполнить несколько условий.

Подача заявки на проход пролива за 72 часа.

В настоящее время перед проходом КЕК все суда должны пройти пограничный досмотр. Судно не рассматривается на включение в караван до тех пор, пока не поступит информация от органов контроля о наличии свободной практики для этого судна. Досмотр проводится как при движении с юга, так и с севера.

Подача заявки на проход и обслуживание судна, а также на услуги лоцмана. Заявка должна содержать информацию о судне, грузе и планируемом времени прохода.

Наличие судна в план-графике движения по проливу. План-график издается три раза в сутки: на 15:00 - основной, на 09:00 и 21:00 - корректировки.

Судно выходит на связь за 2 часа до подхода к входу в пролив. Оператор СУДС проверяет наличие заявки, включение судна в план-график и принимает подходящую информацию. Если оба условия выполнены, после рассмотрения заявки и проверки соответствия судна всем требованиям безопасности, капитану выдается разрешение на проход через пролив и судно становится в очередь по времени подхода. Однако даже

после получения разрешения, суда могут быть ограничены в своей способности проходить через пролив в зависимости от погодных условий и других факторов.

Для судов, идущих с севера для перегрузки груза на накопитель в Таманский рейдовый перегрузочный район, есть дополнительное условие - наличие свободного борта накопителя. Если накопитель не принимает, то судно остается ожидать борта накопителя на севере, чтобы не занимать место на якорной стоянке на юге пролива.

Если все заявки поданы, подтверждены, то оператор СУДС составляет караван из судов, на которые не наложены ограничения на проход, руководствуясь временем подхода и правилами приоритета из п. 63 «Обязательных постановлений в морском порту Керчь».

В соответствии с указанными приоритетами, суда разделяются на группы и организуется их движение в караванах с учетом скорости и времени подхода к ориентирам.

Первоочередные суда - аварийные, занятые прокладкой подводных кабелей или трубопроводов, а также суда, оказывающие помощь или имеющие на борту больных. Далее следуют суда, проводящие работы по обслуживанию плавучих средств навигационного оборудования в Керченском проливе и Керченской переправе, а затем - пассажирские суда и паромы, суда со скоропортящимися грузами, суда с опасными грузами (за исключением некоторых подклассов) и суда длиной более 160 метров.

Количество судов в караване зависит от количества лоцманов и судов, которые имеют право плавания без лоцмана и готовы к проходу (обычно это от 1 до 5 судов за караван). Количество лоцманов может достигать 16-18 человек в зависимости от вахты, а с каждой стороны пролива работают по 2 катера.

Катера могут работать как одновременно, так и по очереди. Лоцманские катера с северной стороны проходят досмотр в порту Кавказ. Южные катера проходят досмотр непосредственно в порту Камыш-бурун.

Суда в караване распределяют по скорости, при этом на противоположной стороне Керченского пролива караван формируется таким же способом. Кроме того, для оптимизации организации движения судам выдается время подхода к ориентирам с интервалом 5 минут.

Таким образом, организована процедура движения судов в Керченском проливе, учитывающая приоритеты, скорость и количество судов в караване, а также количество и расположение лоцманов, все это отображено на схеме (рис. 2).

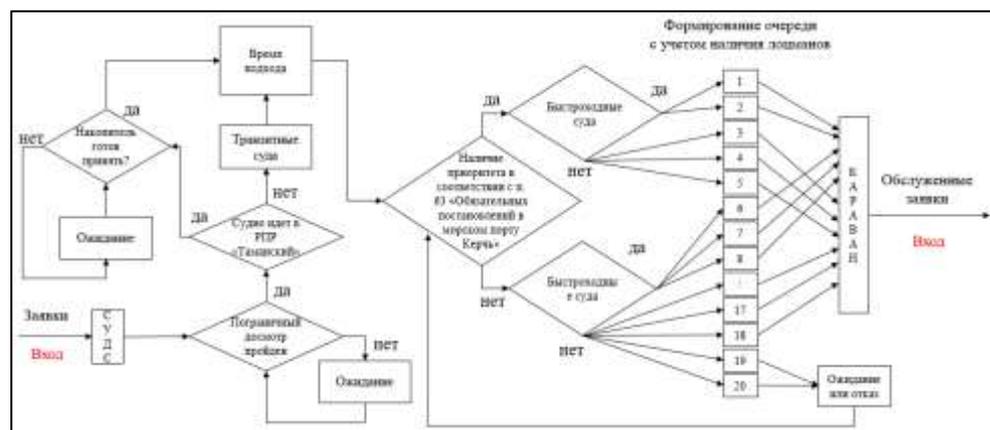


Рис. 2. Схема обслуживания судов в Керченском проливе с лоцманской проводкой

Процедура движения судов в Керченском проливе может быть рассмотрена с точки зрения теории массового обслуживания, которая изучает процессы, связанные с обслуживанием потока заявок или требований, поступающих на обработку в систему.

Рассмотрим элементы теории массового обслуживания, которые применяются в данном случае.

Поток событий представляет собой последовательность схожих событий, которые происходят в случайные моменты времени, следующие одно за другим. В данном контексте, это заявки, поступающие от судов, на проход через Керченский пролив [7].

Интенсивность потока  $\lambda$  — это среднее число событий в единицу времени. Интенсивность потока можно рассчитать экспериментально по формуле:

$$\lambda = N/T_n, \quad (1)$$

где  $N$  — число событий, произошедших за время наблюдения  $T_n$ .

Интенсивность потока представляет собой математическое ожидание количества событий, происходящих в единицу времени. Она характеризует среднюю скорость поступления событий в потоке.

Дисперсия, с другой стороны, показывает разброс во времени между событиями относительно математического ожидания. Большая дисперсия указывает на большой разброс временных интервалов между событиями, тогда как маленькая дисперсия указывает на более стабильный поток событий.

Если вероятность одновременного появления двух или более событий равна нулю, то такой поток событий называется ординарным или независимым. Это означает, что появление одного события не влияет на возникновение другого события в потоке [8].

Поток стационарный потому, что вероятностные характеристики не зависят от времени. Вероятность появления случайного события не зависит от момента совершения предыдущих событий поэтому поток без последствия. Отсутствие последствий означает, что заявки в систему поступают независимо друг от друга.

В нашем случае поток одновременно стационарен, ординарен и не имеет последствий это Пуассоновский поток (простейший).

Процесс прохода Керчь-Еникальского канала достаточно сложный для имитационного моделирования, поэтому при создании имитационной модели принято решение разбить алгоритм на несколько частей.

### **Результаты исследования**

По статистическим данным определены параметры для имитационного моделирования поступления заявок на пограничный досмотр. В частности, определен закон распределения процесса поступления заявок, который как видим из гистограммы (рис. 3) является Пуассоновским. Для оценки согласия статистических данных был использован критерий согласия Пирсона при уровне значимости  $P=0,9$ .

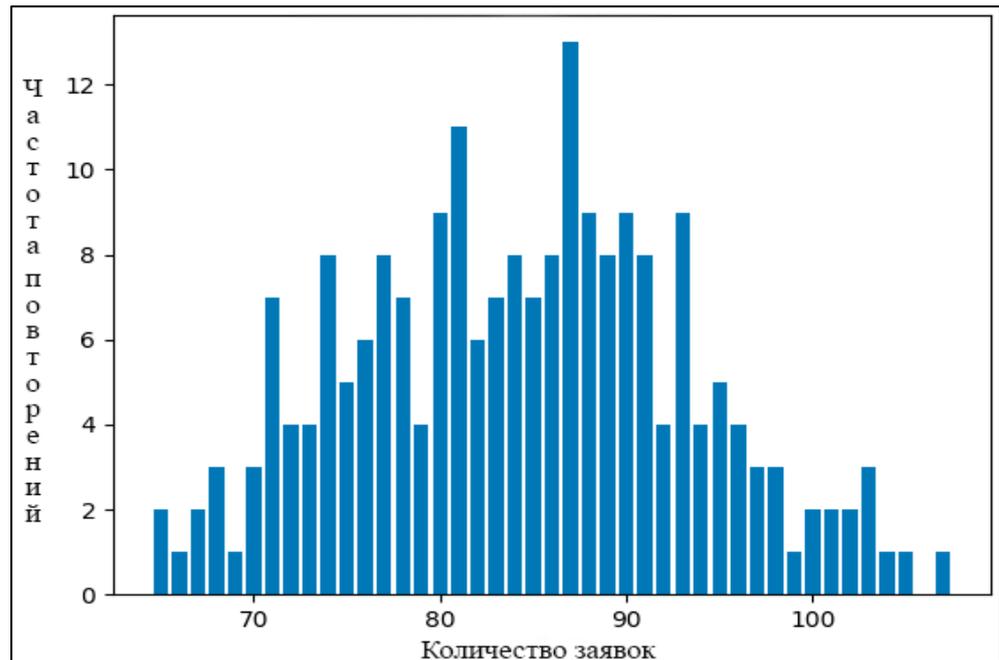


Рис. 3. Гистограмма поступления заявок

Для наглядности смоделируем проход судов за три месяца. В результате моделирования построен график поступления заявок (рис. 4).

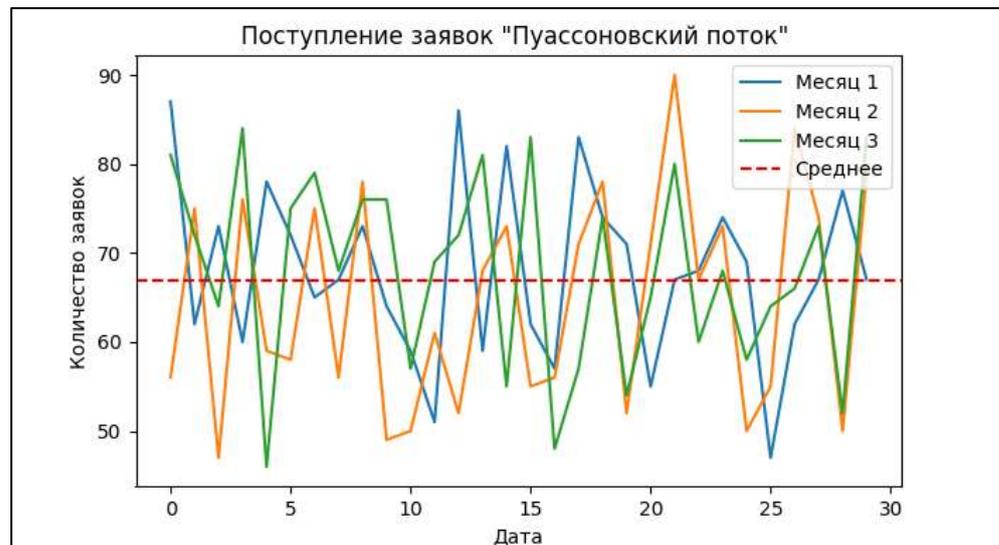


Рис. 4. График поступления заявок «Пуассоновский поток»

При составлении графика было решено выделять каждый месяц отдельной линией. Это позволяет избежать перегрузки графика и обеспечивает его лучшую читаемость, особенно на участках, где не требуется использование функции приближения.

На графике разными цветами отображены поступающие заявки за 3 месяца, а также среднее число заявок отмечено красной линией. Минимальное количество заявок – 46, а максимальное – 90 заявок в сутки. Среднее количество заявок – 67. Такой разброс обусловлен тем, что в штормовых условиях проход по Керченскому проливу запрещен, и соответственно суда ожидают улучшения гидрометеорологических условий. Как только погодные условия улучшаются, лоцмана проводят караван, но так как количество лоцманов ограничено, то в очереди суда остаются. Если внимательно посмотреть на график, то можно заметить, что чаще всего перед днями с пиковыми значениями идет снижение количества заявок, как раз за счет неблагоприятных погодных условий. Зная среднее количество судов, проходящих пролив за день, мы можем определить сколько судов остается в очереди. Формирования очереди представлено на графике (рис.5).

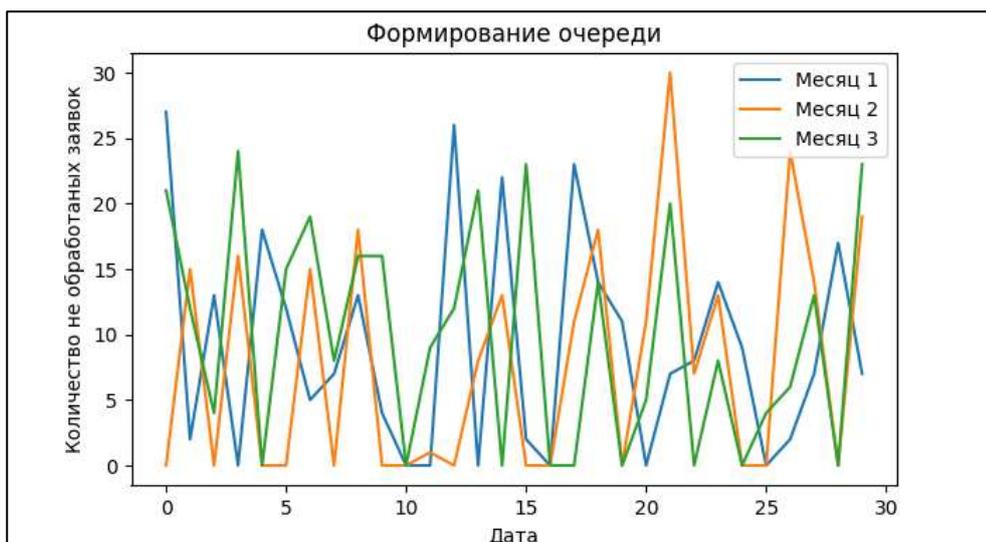


Рис. 5. Формирования очереди «Пуассоновский поток»

На графике формирования очереди мы видим, что присутствуют дни, когда очередей нет, а также дни, в которых очередь достигает отметки в 30 судов. На скопления судов в очередь влияют не только гидрометеорологические факторы, но ожидание прохождения пограничного контроля. При прохождении таможенного контроля используется 2-х канальная система, то есть суда проверяются как с юга, так и с севера канала.

Подобные графики могут быть сильно перегружены информацией, в данном примере проведено имитационное моделирование всего за 3 месяца, а если проводить моделирование за длительный период, то график получится сильно прогружен и что-то разобрать в нем будет проблематично. Чтобы избежать подобных проблем полученные данные можно преобразовать в Поток Эрланга [8].

Поток Эрланга  $k$ -го порядка — это поток случайных событий, получающийся, если в простейшем случайном потоке сохранить каждое  $k$ -е событие, а остальные отбросить [9].

Просеивание событий начинает приводить к тому, что между точками появляется последствие, детерминация, которая возрастает с увеличением значения  $k$ . С увеличением  $k$  точки ложатся на ось времени все более равномерно, разброс их уменьшается, регулярность увеличивается. Для примера построим график

поступления заявок потоком Эрланга 2-го порядка (рис. 6) – поток без последствия [10].

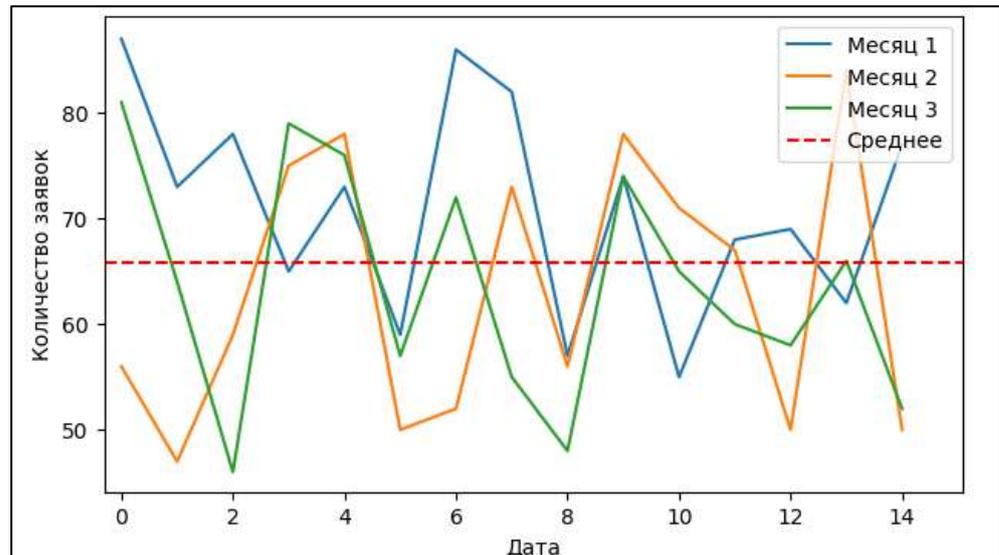


Рис. 6. График поступления заявок «Поток Эрланга 2-го порядка»

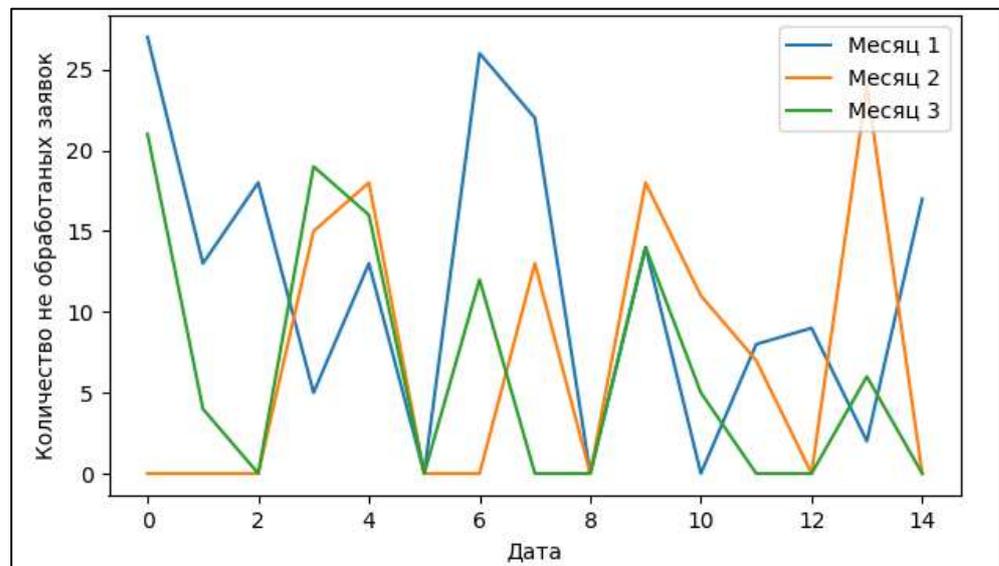


Рис. 7. Формирования очереди «Пуассоновский поток»

На графиках мы видим аналогичную ситуацию как на графике с Пуассоновским потоком, но с таким графиком уже намного проще работать. Различия, конечно, есть, но они минимальные, так что при моделировании на более долгие промежутки времени, на 6-12 месяцев можно использовать Поток Эрланга 3-го и 4-го порядка.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований была разработана математическая модель процесса таможенного контроля при прохождении Керчь-Еникальского канала.

В результате имитационного моделирования была получена количественная оценка текущей системы таможенного контроля. Результаты имитационного моделирования и реальные статистические данные хорошо согласуются.

В результате можно сказать, что максимальная очередь в пиковые периоды составляет 30 судов, что увеличивает время прохождения канала в среднем до 35 часов. Для оптимизации процесса таможенного контроля рекомендуется 4-х канальная система с максимальной очередью до 15 судов, что может снизить время прохождения канала до 12 часов. Для этой цели предполагается увеличение таможенных катеров в 2 раза и как следствие увеличение общей численности экипажей. Безусловно это повлечет дополнительные финансовые издержки, но снижение времени простоя судов в 2,5 раза увеличит судопоток и таким образом повысит доход канального сбора. Ко всему прочему данная не сложная реорганизация увеличит товарооборот с другими странами и регионами Российской Федерации.

### **Список литературы**

1. Ивановский, А. Н. Оценка безопасной ширины полосы движения судна при прохождении через Керчь-Еникальский канал / А. Н. Ивановский, Н. В. Ивановский // Молодой ученый. – 2019. – № 28(266). – С. 39-41.
2. Бабурин В. А. Организационно-правовые аспекты совершенствования обслуживания судов в портах // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2009. №3 (3). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-pravovye-aspekty-sovershenstvovaniya-obsluzhivaniya-sudov-v-portah> (дата обращения: 14.05.2023).
3. Кириченко, С. В. Интроспективный анализ энергетического потенциала ветровых условий Керченского полуострова / С. В. Кириченко // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2019. – № 1. – С. 31-37.
4. Горячев, И. С. Расчет вероятности посадки судна на мель при проходе стесненных акваторий на примере Керченского пролива / И. С. Горячев, В. В. Святский, Н. В. Ивановский // Теория и практика обеспечения навигационной безопасности на морских путях и в районах промысла : Материалы I Национальной научно-практической конференции, Керчь, 11–12 июня 2021 года / Под общей редакцией Е.П. Масюткина. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2021. – С. 87-94.
5. Приказ Минтранса России от 21.10.2015 N 313 (ред. от 10.03.2016) // "Об утверждении Обязательных постановлений в морском порту Керчь" (Зарегистрировано в Минюсте России 27.10.2015 N 39490)
6. Никонорова, М. А. Особенности правового регулирования лоцманской проводки судов по Керченскому проливу (порт Керчь) / М. А. Никонорова // Океанский менеджмент. – 2019. – № 1(4). – С. 34-40.
7. Мухин О.И. Моделирование систем. [Электронный ресурс]: <http://stratum.ac.ru/education/textbooks/modelir/lection28.html> (дата обращения: 14.05.2023).
8. Савин В. И. Математические методы оптимального планирования работы флота и портов. -М. 1969. - 168 с.
9. Куракин В.С., Пьяных С.М. Определение характеристик входящих судовых потоков при различных вариантах организации движения, труды ГИИВТ, выпуск 119, ч. 1, ГИИВТ, Горький, 1972.
10. Земсков, А. В. Аналитический метод исследования немарковских процессов с потоками Эрланга / А. В. Земсков, А. А. Сулима // Артиллерийский журнал. – 2023. – № 1. – С. 53-59.

**References**

1. Ivanovsky, A. N. Estimation of the safe width of the ship's lane when passing through the Kerch-Yenikalsky Channel / A. N. Ivanovsky, N. V. Ivanovsky // Young Scientist. - 2019. - № 28(266). - С. 39-41.
2. Baburin V. A. Organizational and legal aspects of improving the service of ships in ports // Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet Admiral S. O. Makarov. 2009. №3 (3). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-pravovye-aspekty-sovershenstvovaniya-obsluzhivaniya-sudov-v-portah> (date of reference: 14.05.2023).
3. Kirichenko, S. V. Introspective analysis of the energy potential of wind conditions Kerch Peninsula / S. V. Kirichenko // Bulletin of Kerch State Marine Technological University. - 2019. - № 1. - С. 31-37.
4. Goryachev I. S. Calculation of probability of vessel grounding when passing through cramped water areas by example of Kerch Strait / I. S. Goryachev, V. V. Svyatsky, N. V. Ivanovsky // Theory and practice of navigational safety in sea routes and fishing areas : Materials of I National Scientific-Practical Conference, Kerch, 11-12 June 2021 / Edited by E. P. Masyutkin. - Kerch: Kerch State Marine Technological University, 2021. - С. 87-94.
5. Order of the Ministry of Transport of Russia from 21.10.2015 N 313 (ed. from 10.03.2016) // "On approval of compulsory regulations in the seaport of Kerch" (Registered with the Ministry of Justice of Russia 27.10.2015 N 39490).
6. Nikonorova M.A. Features of the legal regulation of pilotage on the Kerch Strait (port of Kerch) / M.A. Nikonorova // Ocean Management. - 2019. - № 1(4). - С. 34-40.
7. Mukhin O.I. Modeling of systems. [Electronic resource]: <http://stratum.ac.ru/education/textbooks/modelir/lection28.html> (date of reference: 14.05.2023).
8. Savin V. I. Mathematical methods of optimal planning of fleet and port operation. -M. 1969. - 168 p.
9. Kurakin V.S., Pyanykh S.M. Determination of characteristics of incoming ship flows at different variants of traffic organization, Proceedings of GIWTE, issue 119, part 1, GIWTE, Gorky, 1972.
10. Zemskov, A. V. Analytical method for studying non-Markovian processes with Erlang flows / A. V. Zemskov, A. A. Sulima // Artillery Journal. - 2023. - № 1. - С. 53-59.

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

**Святский Виталий Владимирович**, преподаватель кафедры Судовождения и промышленного рыболовства «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»), 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, [vetal-s25-009@mail.ru](mailto:vetal-s25-009@mail.ru)

**Vitalii V. Sviatskii**, Lecturer of the Department of Navigation and Industrial Fishing, Kerch State Maritime Technological University, 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation, e-mail: [vetal-s25-009@mail.ru](mailto:vetal-s25-009@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 21.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 21.06.2023; published online 20.12.2023.

УДК 656.60.009.02

DOI: 10.37890/jwt.vi77.451

## **Технологические особенности перевозки негабаритных грузов морским транспортом**

**Д.Д. Стрельников**

*ORCID: 0000-0003-2957-8159*

**И.А. Стрельникова**

*ORCID: 0000-0002-9163-1136*

*Государственный морской университет им. адм. Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск, Россия*

**Аннотация:** В статье рассмотрены особенности перевозки негабаритных грузов морским транспортом на контейнерных судах. Указаны основные руководящие документы и правила подтверждения и размещения негабаритных грузов. Отражены проблемы в руководящей документации, так как на данный момент невозможно учесть все особенности конкретного негабаритного груза при создании плана погрузки и инструментов крепления груза на flat rack. Приведена схема размещения негабаритного груза на контейнерном судне. Подробно рассмотрены варианты крепления негабаритного груза к flat rack. Грузы разделены на категории, для каждой из которых приведены методы крепления в соответствии с особенностями геометрических форм груза и распределения веса. В заключении указана необходимость создания программного модуля для стандартизации правил погрузки негабаритных грузов, который позволит систематизировать все характеристики негабаритного груза, рассчитать наилучшие варианты размещения груза на судне с учетом требований безопасности и оптимальности грузового плана, снизить аварийность при погрузке / выгрузке и транспортировке. Также отмечено, что стандартизация погрузочного модуля для негабаритных грузов позволит интегрировать сведения о перевозке негабаритных грузов в общую систему определения эффективности и качества морских перевозок контейнеров.

**Ключевые слова:** негабаритный груз, морская перевозка, перевозка контейнерных грузов, крепление негабаритных грузов, стандартизация, грузовой план.

## **Technological features of OOG transportation by sea transport**

**Denis D. Strelnikov**

*ORCID: 0000-0003-2957-8159*

**Inessa A. Strelnikova**

*ORCID: 0000-0002-9163-1136*

*F.F. Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia*

**Abstract:** The article discusses the features of the transportation of oversized cargo by sea on container ships. The main governing documents and rules for the confirmation and placement of oversized cargo are indicated. The problems are reflected in the guidance documentation, since at the moment it is impossible to take into account all the features of a specific oversized cargo when creating a loading plan and cargo fastening tools on a flat rack. The scheme of placement of oversized cargo on a container ship is given. Options for attaching oversized cargo to a flat rack are considered in detail. The loads are divided into categories, for each of which the methods of fastening are given in accordance with the

peculiarities of the geometric shapes of the load and the weight distribution. The conclusion indicates the need to create a software module for standardizing the rules for loading oversized cargo, which will systematize all the characteristics of oversized cargo, calculate the best options for placing cargo on a ship, taking into account the safety requirements and optimality of the cargo plan, reduce accidents during loading / unloading and transportation. It was also noted that the standardization of the loading module for oversized cargo will allow integrating information about the transportation of oversized cargo into the overall system for determining the efficiency and quality of container shipping.

**Keywords:** OOG cargo, sea transportation, container cargo transportation, OOG cargo securing, standardization, cargo plan.

### **Введение**

Контейнерные перевозки негабаритных грузов (OOG – Out of gauge) являются одним из самых сложных элементов морской перевозки контейнерных грузов с технологической точки зрения. Согласно отчету, опубликованному Всемирным советом судоходства в июле 2020 года, в период с 2018 по 2019 год в море каждый год падало в среднем 1382 контейнера. Масштабное обрушение штабелей контейнеров часто начинается с определенного «источника аварии» (первого контейнера, который будет смещен и опрокинут), и с наибольшей вероятностью упадет верхний контейнер. В отчете о расследовании происшествий соответствующего следственного органа указывалось, что помимо чрезвычайно плохой погоды, с которой судно столкнулось во время рейса, важными причинами таких происшествий также являются плохая укладка контейнеров и дефекты крепления [1].

### **Нормативные документы для перевозки негабаритных грузов**

Процессы погрузки и крепления негабаритных грузов должны соответствовать следующим нормативным документам, представленным в табл. 1.

Данные документы, к сожалению, не способны описать каждый конкретный случай перевозки OOG, вследствие чего возникает ряд проблем:

1. Транспортировка часто осуществляется только на основе опыта соответствующего персонала, что приводит к многочисленным экономическим потерям и даже жертвам [2]. В настоящее время не существует единого решения этой проблемы.

2. В процессе разработки грузовых планов современных контейнеровозов широко используется программное обеспечение для проверки общей продольной прочности, местной прочности, прочности судна, остойчивости, стандартный план крепления контейнеров и прочность креплений для каждого судна, а также изоляция и размещение контейнеров с опасными грузами и т.д. Своевременная и эффективная передача информации о планах размещения контейнеров осуществляется посредством электронного обмена данными (EDI) [3, 4]. Для OOG не существует эффективного представления данных из-за отсутствия информации о центре масс и деталях креплений в EDI.

3. Учитывая уникальность каждого отдельного груза, невозможно создать единые крепежные устройства для OOG. Различные крепежные устройства имеют разные размеры и прочность, что означает, что они имеют разную безопасную рабочую нагрузку (SWL) и максимальную крепежную нагрузку (MSL). Следовательно, невозможно создать пособие и предусмотреть реальную эффективность крепления для каждого случая. Как правило, старший помощник каждого судна

проводит проверку фактического крепления груза на месте, чтобы определить, соблюдены ли соответствующие требования к укладке. В реальной работе капитан, старший помощник часто не проходили обучение по перевозке негабаритных грузов, а также им не хватает руководящих документов.

Таблица 1

**Нормативные документы**

Документ	Соответствующие правила
SOLAS Convention	Международная конвенция по охране человеческой жизни на море содержит соответствующие стандарты и правила безопасности при транспортировке грузов на судах и соответствующих операциях (ИМО, 2014а).
STCW Convention	Международная конвенция о стандартах подготовки, дипломирования и несения вахты моряков устанавливает квалификационные требования к морякам. Обеспечение понимания международных положений, правил и стандартов, касающихся безопасной погрузки, размещения, крепления и транспортировки грузовых единиц и способность применять соответствующие знания (ИМО, 2012).
CSS Code	Кодекс безопасной практики размещения и крепления грузов содержит методы расчета внешней силы и силы крепления нестандартных грузов [5]. Включает рекомендации и предложения по нестандартным грузам, а также содержит эксплуатационные требования по безопасной укладке, обеспечению безопасности нестандартных грузов с потенциальными рисками (ИМО, 2011).
CTU Code	В Правилах упаковки грузовых транспортных единиц приведены основные требования безопасности и рекомендации по размещению и креплению негабаритных грузов на платформенных стеллажах. В основном это касается крепления контейнерных грузов и контейнеров, которые необходимо крепить отдельно, а также длинномерных грузов, которые невозможно закрепить.
CSC Code	Международная конвенция о безопасных контейнерах применяется к новым построенных и существующих контейнеров, а также определяет испытания, проверки, одобрение и техническое обслуживание контейнеров, в том числе плоских стеллажей.
SQE Manual	Системный документ, разработанный судоходными компаниями для эксплуатации судов. Из-за особенностей груза OOG, который не имеет фиксирующего размера или конструкции, невозможно направлять и объяснять безопасную укладку, закрепляя груз OOG с помощью специальных документов.

4. Неясно, по каким правилам следует проектировать схему размещения негабаритных грузов на flat rack для морских перевозок. Принято считать, что этот процесс должен осуществляться в соответствии с Кодексом CSS, но правила Кодекса в основном применимы к непосредственной укладке нестандартного груза в контейнере, а не к укладке негабаритного груза на платформе.

### Способы размещения и крепления негабаритных грузов

В реальной морской практике можно выделить следующие правила размещения flat rack (FR) на контейнеровозе:

1. Не размещать FR внизу трюма.
2. Минимизировать мертвые зоны из-за выступов негабаритного груза за габарит.
3. По возможности размещать в трюме верхним ярусом или на палубе верхним ярусом с краю штабеля.
4. По возможности организовать легкий доступ экипажа для проверки креплений.

На рис. 1 представлено поперечное сечение контейнеровоза и варианты размещения FR с грузом OOG.

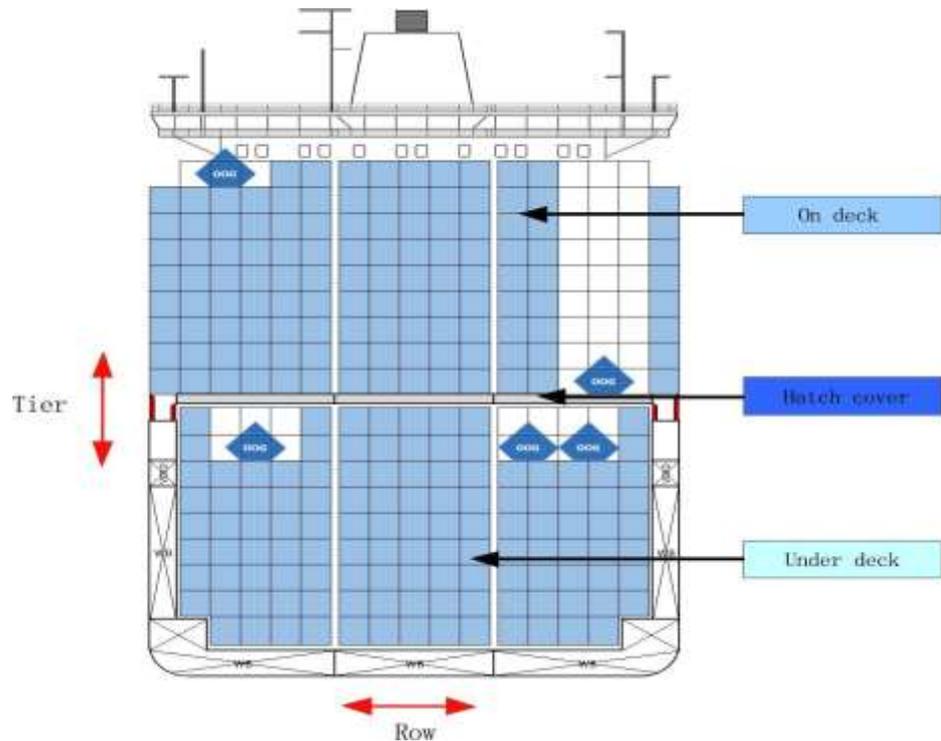


Рис. 1. Поперечное сечение контейнеровоза с вариантами размещения OOG грузов

Размещение груза также должно учитывать остойчивость судна, следовательно, тяжелые FR весом 30 т не должны быть размещены на верхнем ярусе палубы. Для контейнеров, размещенных на верхнем ярусе палубы и имеющих превышение габарита по высоте, необходимо проверить выполнение требований СОЛАС по видимости с мостика. Так как программное обеспечение не учитывает негабаритные грузы, а может посчитать груз за контейнер HQ, то вычисление видимости требуется производить вручную или вовсе убрать груз в другое место во избежание претензий.

Для крепления негабаритных грузов используются различные методы, которые можно использовать по отдельности или в сочетании, в зависимости от обстоятельств. Факторами, определяющими эффект крепления, являются качество крепежных материалов и точек крепления, а также метод крепления. Учитывая нагрузочные характеристики негабаритных грузов, длина большинства негабаритных грузов

значительно превышает ширину и высоту, расположенных в продольном направлении. Вдоль такой груз вряд ли перевернется, но для остановки движения необходимо установить подпорку. Их можно разделить на квадратные (чаще всего ящик) и цилиндрические (чаще всего резервуарные) по основанию, по форме негабаритного груза.

Для квадратных ящиков со специальными проушинами, как правило, имеются подробные схемы крепления в соответствии с проушинами. Стоит отметить, что верхняя точка крепления не должна находиться ниже центра тяжести [6].

Cross Lashing применяется к грузовым единицам с проушинами для предотвращения скольжения и опрокидывания. Относится к методу крепления, при котором один конец веревки прикрепляется непосредственно к крепежным проушинам груза, а другой конец прикрепляется к крепежным проушинам основания плоской стойки. Способ натяжения поперечного троса одной и той же стороны показан на рис. 2.

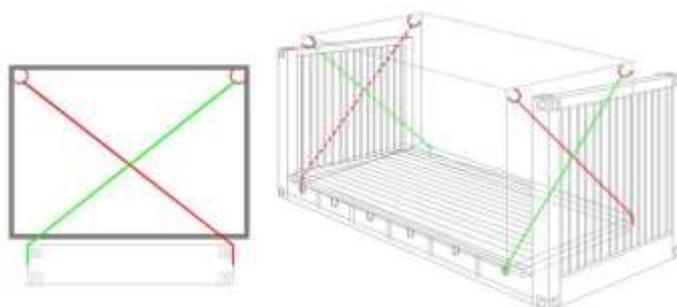


Рис. 2. Принципиальная схема перекрестного крепления квадратных ящиков

Вертикальное крепление подходит для грузов с проушинами, которые могут защитить от опрокидывания. Однако против скольжения это нехорошо, что часто применяется к найтовам, с недостаточным промежуточным пространством, которое не позволяет реализовать перекрестную фиксацию. Относится к методу крепления, при котором один конец веревки прикрепляется непосредственно к крепежным проушинам груза, а другой конец прикрепляется к крепежным проушинам основания плоской стойки. Используется принцип ближайшего крепления, как показано на рис. 3.

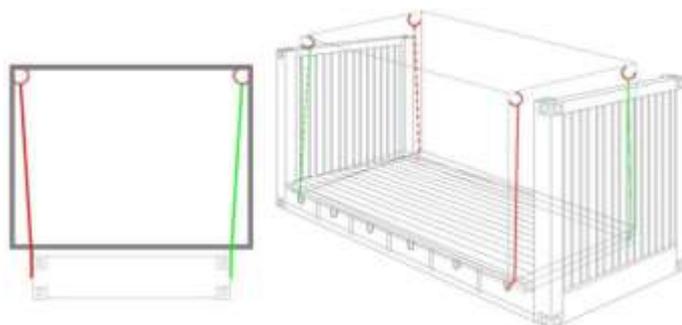


Рис. 3. Принципиальная схема вертикального крепления квадратных ящиков

Помимо поддержки или упаковки, для груза без застегивания проушин можно применять следующие методы:

Top Over Lashing наматывается на верхнюю часть груза с помощью Straight Lashing. Оба конца веревки крепятся к крепежным проушинам плоских стоек двутавровых балок, как показано на рис. 4.

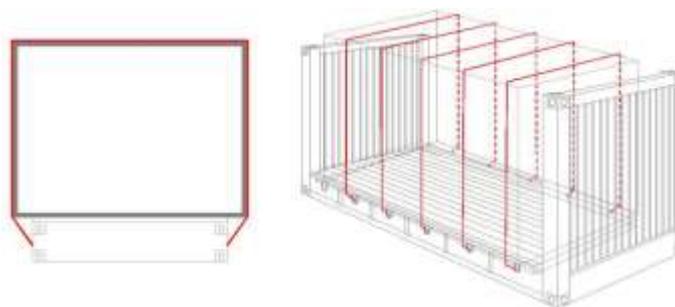


Рис. 4. Принципиальная схема верхнего крепления квадратных ящиков

Метод крепления увеличивает горизонтальное трение между нижней поверхностью груза и плоской стойкой за счет приложения давления вниз в вертикальном направлении, поэтому его также называют креплением фрикционной петли или креплением швартовкой. Хотя статическое трение между грузом и несущей поверхностью может в определенной степени препятствовать движению груза, вибрация и удары, возникающие при транспортировке груза, не могут полностью предотвратить скольжение груза в петле, оно включается в расчет силы крепления для предотвращения соскальзывания и/или опрокидывания груза. Данный метод крепления следует комбинировать с другими, которые обычно используются в сочетании с горизонтальным полупетлевым креплением, которое может предотвратить боковое скольжение груза.

Система Vertical Loop Lashing [7] оборачивает крепежный трос вокруг груза, образуя кольцевую муфту, которая фиксируется на одной стороне груза. Этот метод крепления может эффективно предотвратить соскальзывание груза на противоположную сторону и может использоваться парами симметрично слева и справа, также известный как система столкновений. Этот метод позволяет лишь ограничить боковое перемещение груза. Необходимо использовать подпорки, чтобы предотвратить продольное скольжение груза, что предпочтительно для негабаритных грузов без крепежных проушин, как показано на рис. 5.

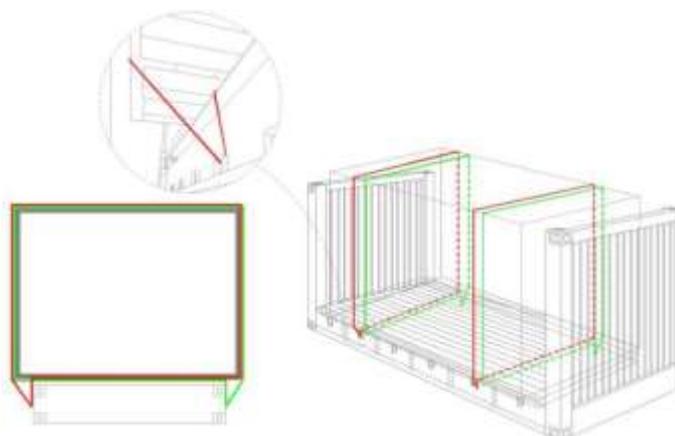


Рис. 5. Принципиальная схема вертикальной петли для крепления квадратных ящиков

Горизонтальная полупетлевая увязка (в боковом направлении) — это боковое крепление негабаритного груза, которое может эффективно предотвратить боковое скольжение. Место крепления должно быть как можно ниже. Обычно деревянные доски прибиваются к поперечной поверхности ящика, чтобы противостоять веревке и не соскальзывать вниз. Однако он не может эффективно предотвратить опрокидывание груза и обычно используется вместе с верхним креплением, как показано на рис. 6.

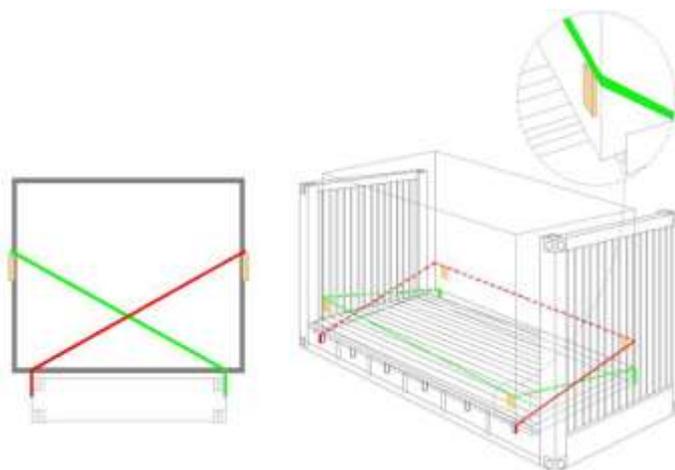


Рис. 6. Принципиальная схема горизонтального крепления полупетлей (боковое направление) для квадратных ящиков

Горизонтальное крепление полупетлей (в направлении длины) — это продольное крепление негабаритного груза, которое эффективно предотвращает продольное скольжение. Место крепления должно быть как можно ниже. Обычно деревянные доски прибиваются к продольной поверхности ящика, чтобы веревка не соскользнула вниз. Он может заменить подкладку в качестве продольной опоры, как показано на рис. 7.

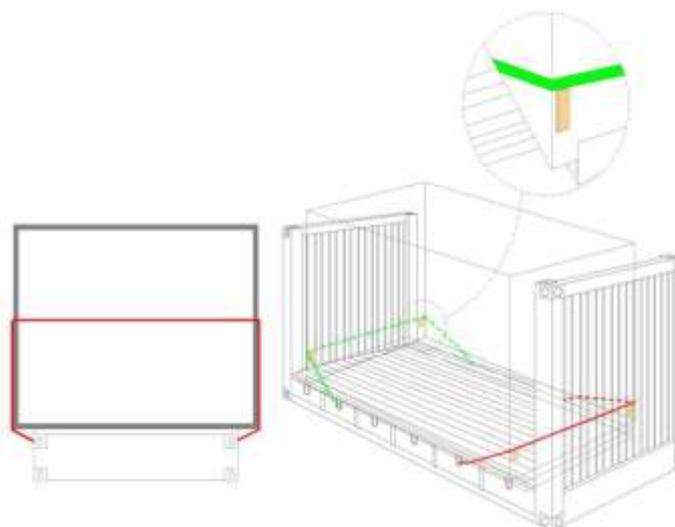


Рис. 7. Принципиальная схема горизонтального крепления полупетлей (в направлении длины) для квадратных ящиков

Перекрестная стяжка (пружинная стяжка) аналогична «кольцевой строповке», которая может быть использована для создания проушин для крепления негабаритных грузов без проушин, поэтому ее также называют строповкой с головной петлей. Ящик в целом испытывает поперечное напряжение, что является хорошим способом защиты от скольжения и опрокидывания, как показано на рис. 8.

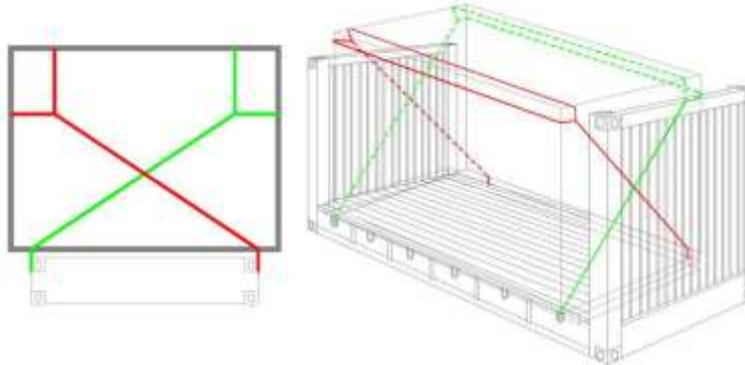


Рис. 8. Принципиальная схема крепления крестовин для квадратных ящиков

Для цилиндрического резервуара со специальными проушинами, как правило, имеется подробная схема крепления в соответствии с проушинами. Стоит отметить, что верхняя точка крепления не должна находиться ниже центра тяжести.

Cross Lashing подходит для грузовых единиц с крепежными проушинами, предотвращающими скольжение. Относится к методу крепления, при котором один конец каната прикрепляется непосредственно к крепежным проушинам груза, а другой конец – к крепежным проушинам двутавровых балок с плоскими стойками. Используется способ поперечного натяжения одного и того же бокового крепежного троса, как показано на рис. 9. Однако этот метод крепления является недопустимым способом защиты от опрокидывания. Когда груз движется параллельно из-за инерции корабля, груз может скользить задним ходом, при этом проушины будут в центре.

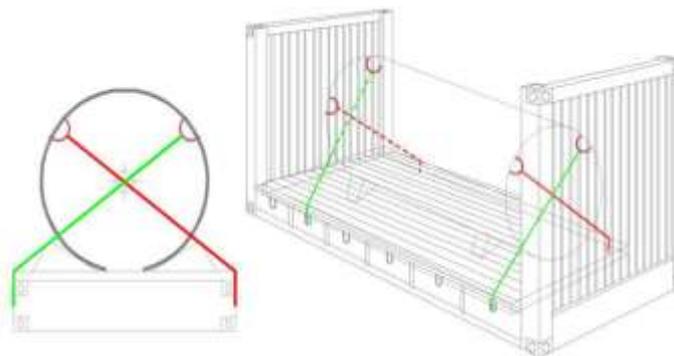


Рис. 9. Принципиальная схема поперечной увязки цилиндрического резервуара.

Вертикальная система крепления подходит для грузов с крепежными проушинами, которые эффективны против опрокидывания [8]. Но эффект против скольжения не очень хорош. Таким образом, его часто используют для крепления при недостаточном промежуточном пространстве и невозможности реализовать перекрестную фиксацию. Относится к методу крепления, при котором один конец веревки прикрепляется непосредственно к крепежным проушинам груза, а другой конец прикрепляется к крепежным проушинам основания плоской стойки (см. рис. 10).

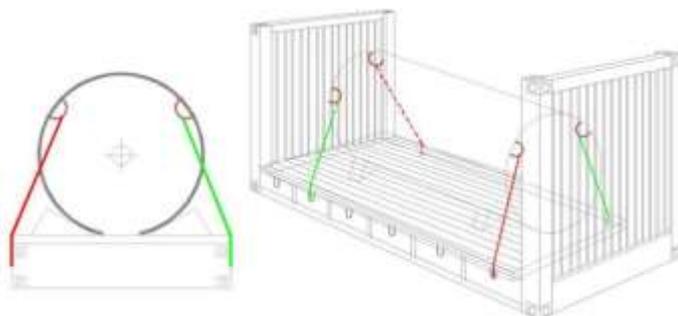


Рис. 10. Принципиальная схема вертикального крепления цилиндрического резервуара

Помимо поддержки или упаковки, для груза без застегивания проушин можно применять следующие методы:

Верхнее крепление с люлькой. Под грузом обычно используется «люлька», подходящая для груза, для ограничения бокового вращения груза при транспортировке цилиндрического груза. Обычно его необходимо настроить в соответствии с габаритами цилиндрического груза. Между внутренней стороной люльки и грузом обычно располагаются прокладки, чтобы предотвратить скольжение, как показано на рис. 11.

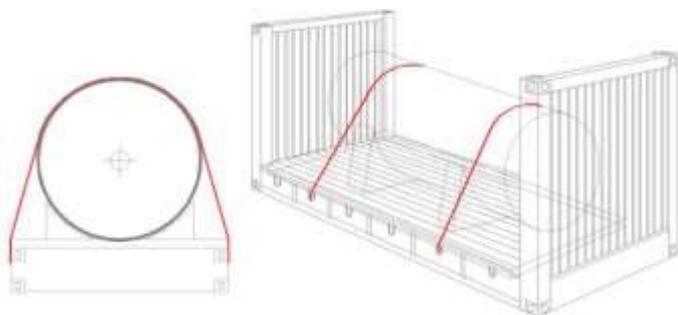


Рис. 11. Принципиальная схема верхнего крепления цилиндрического резервуара (с опорой).

Кроме того, хороший метод крепления - Top Over Lashing - используется для предотвращения перемещения негабаритного груза вверх и вниз, когда судно качка и/или качка.

Верхнее крепление без люльки. Для цилиндрических грузовых цистерн без люльки необходимо использовать принудительное верхнее крепление. Ключевым моментом является прибавление треугольных клиньев к слою твердой древесины на передней и задней сторонах цилиндрического резервуара, чтобы предотвратить перемещение колонны по плоской стойке. Однако треугольный клин разрушит

прочность деревянной планки у основания плоской стойки. Рекомендуется амортизировать всю деревянную прокладку в нижней части плоской стойки и прибить треугольный клин к прокладке, что может увеличить эффективную силу трения и избежать повреждения опорной поверхности плоской стойки. Высота клина должна составлять не менее  $R/3$  (одна треть бака цилиндра), как показано на рис. 12.

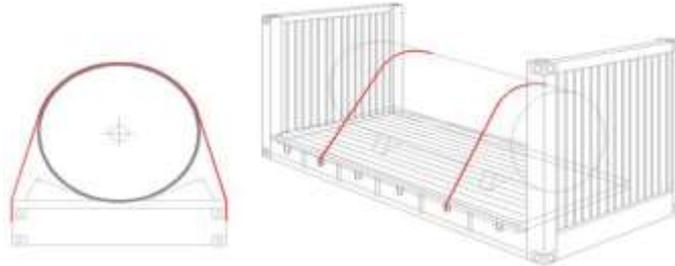


Рис. 12. Принципиальная схема верхнего крепления цилиндрического резервуара (без опоры).

Если нет специального кронштейна или треугольного клина, рекомендуется использовать вертикальную петлевую фиксацию, которую следует использовать парами и заклинивать как можно сильнее, как показано на рис. 13.

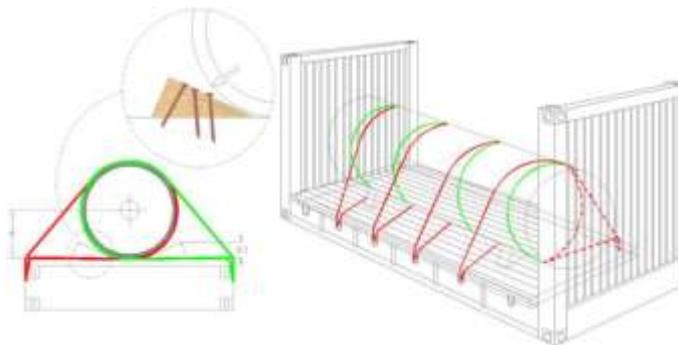


Рис. 13. Принципиальная схема верхнего крепления цилиндрического резервуара

Вертикальная петлевая увязка также рекомендуется для крепления цилиндрических резервуаров с помощью специальных кронштейнов или диагональных скоб, упомянутых выше.

При укладке, креплении колесных грузов (грузов ро-ро, например, вилочных погрузчиков, экскаваторов) необходимо учитывать размер колесной базы, чтобы определить, превышает ли груз лимит. Например, две стороны гусеницы больших экскаваторов часто превышают ширину плоской стойки. Ро-ро груз укладывают на шпалы целиком, закрепляя соответствующими тросами, а колеса закрепляют деревянными брусками. Деревянный домкрат рассчитан на поддержку оси и подъем груза ро-ро. Высота деревянных брусков должна быть такой же, как у шин, чтобы снизить давление в шинах.

Крепление негабаритного груза должно осуществляться в соответствии с Руководством по креплению груза ИМО MSC/Circ.745, а также соблюдать правила надлежащей морской практики в отношении методов крепления и требований, изложенных в Руководстве по креплению груза. Должна быть рассчитана эффективность схемы крепления. С помощью анализа напряжения негабаритного

груза определяется схема крепления, позволяющая эффективно улучшить эффект крепления.

При размещении сверхтяжелого OOG в трюм позиция должна быть определена после всестороннего анализа. Если OOG загружен на верхний ярус в трюм, то контейнеры, стоящие под ним, могут быть повреждены из-за превышения весовой нагрузки. Если OOG загружен на нижний уровень, то образуется целый вертикальный ряд мертвой зоны, поскольку загрузка других контейнеров поверх OOG запрещена.

В течение рейса крепление OOG может быть ослаблено из-за постоянной вибрации главного двигателя, качки, влияния ветра и волн (в случае размещения на палубе), следовательно, существует риск ослабления креплений и нарушения схем креплений груза к платформе. По этой причине схема крепления должна быть тщательно проверена компанией-перевозчиком и одобрена капитаном / старшим помощником. При наличии доступа экипажа к OOG возможно произвести корректировку крепления при обнаружении дефекта.

### **Заключение**

Неправильное крепление негабаритных грузов при морской перевозке может представлять серьезные риски для здоровья моряков. Правильное крепление требует учета множества факторов и соблюдение соответствующих инструкций. Обучение моряков и обновление их знаний являются важными мерами для минимизации рисков и обеспечения безопасной перевозки негабаритных грузов.

Основным технологическим вопросом в перевозке негабаритных грузов на морском транспорте является стандартизация и единый формат расчета и проверки крепления груза. В этих целях необходимо разработать программный модуль для расчета погрузки негабаритных грузов, который будет дополнять стандартный для морских контейнерных перевозок формат EDI. Основное значение модуля заключается в следующем:

1. Улучшение модели учета крепления негабаритных грузов, чтобы сделать учет более научным и стандартизированным.
2. Членам экипажей контейнеровозов удобно рассчитывать крепление груза. Его также могут использовать сотрудники логистических отделов судоходных компаний, судоходных агентств, портов и доков, а также сотрудники классификационных обществ.
3. Снижение аварийности и травмоопасности при перевозке негабаритных грузов, благодаря исключению некомпетентности в креплении грузов и их подтверждению к перевозке.
4. Реализация безбумажного расчета крепления, что удобно, быстро и практично с точки зрения документооборота.
5. Сбор, обработка и систематизация данных о качестве работ по креплению и перевозке негабаритных грузов, как часть системы качества перевозок в целом [9–12].
6. Использование для студентов учебных заведений и морских университетов.

### **Список литературы**

1. Zhou W., Wu S.G., Xiao Y.J., & Zhang, H.. Reproduction simulation of deck container accident. *Journal of Shanghai Maritime University*, (2), 47-51. 2011
2. Wang Z.H.. Research on the operation mode of “container and cargo separation” in container shipping. *Journal of Chifeng Institute (Natural Science Edition)*, (3), 107-109. 2017

3. The AI platform that redefines logistics planning [Elektron. resurs] // URL <https://www.transmetrics.ai/> (data obrashcheniya 06.09.2023 g.).
4. Böse J.W. The port interface // *Intermodal Freight Transport and Logistics*. CRC Press, 2017. С. 127-150.
5. Kaps H., Andersson P. Proposed interpretations of and amendments to annex 13 of the IMO code of safe practice for cargo stowage and securing. Bremen: Transport Information Service. 2017
6. Mu Z. Safety analysis of OOG cargo stowage and securing on flat rack. 2021.
7. Lei H., Ok M. Dangerous Goods Container Allocation in Ship Stowage Planning // *ICORES*. 2020. С. 241-246.
8. Turbaningsih O. The study of project cargo logistics operation: a general overview // *Journal of Shipping and Trade*. 2022. Т. 7. №. 1. С. 24.
9. Костров В.Н., Ничипорук А.О., Сухарев Д.Н. Концепция формирования единого отраслевого порядка мониторинга достижения целей в области качества на водном транспорте // *Актуальные решения проблем водного транспорта : Сборник материалов I Международной научно-практической конференции, Астрахань, 28 апреля 2022 года*. Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич (Издатель: Сорокин Роман Васильевич), 2022. С. 311-315. EDN FXVTVB.
10. Стрельникова И.А., Стрельников Д.Д. Базовые характеристики морского порта в национальной логистической системе // *Эксплуатация морского транспорта*. 2022. № 4(105). С. 82-89. DOI 10.34046/aumsuomtl05/19. EDN JLGPFА.
11. Телегин А.И., Ничипорук А.О., Гончарова Н.В. Метод определения стандартных показателей качества грузовых перевозок // *Транспортные системы: безопасность, новые технологии, экология : сборник трудов II международной научно-практической конференции, Якутск, 16–17 апреля 2020 года*. – Якутск: Якутский институт водного транспорта (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта», 2020. С. 250-255. EDN АТКХРV.
12. Телегин А.И., Ничипорук А.О., Гончарова Н.В. Разработка метода определения стандартных показателей сохранности перевозки грузов // *Научные проблемы водного транспорта*. 2019. № 61. С. 144-152.

#### References

1. Zhou W., Wu S.G., Xiao Y.J., & Zhang, H.. Reproduction simulation of deck container accident. *Journal of Shanghai Maritime University*, (2), 47-51. 2011
2. Wang Z.H.. Research on the operation mode of “container and cargo separation” in container shipping. *Journal of Chifeng Institute (Natural Science Edition)*, (3), 107-109. 2017
3. The AI platform that redefines logistics planning [Elektron. resurs] // URL <https://www.transmetrics.ai/> (data obrashcheniya 06.02.2023 g.).
4. Böse J.W. The port interface // *Intermodal Freight Transport and Logistics*. CRC Press, 2017. Pp. 127-150.
5. Kaps H., Andersson P. Proposed interpretations of and amendments to annex 13 of the IMO code of safe practice for cargo stowage and securing. Bremen: Transport Information Service. 2017
6. Mu Z. Safety analysis of OOG cargo stowage and securing on flat rack. 2021.
7. Lei H., Ok M. Dangerous Goods Container Allocation in Ship Stowage Planning // *ICORES*. 2020. Pp. 241-246.
8. Turbaningsih O. The study of project cargo logistics operation: a general overview // *Journal of Shipping and Trade*. 2022. Т. 7. №. 1. С. 24.
9. Kostrov V.N., Nichiporuk A.O., Sukharev D.N. Kontseptsiya formirovaniya edinogo otraslevogo poryadka monitoringa dostizheniya tselei v oblasti kachestva na vodnom transporte [The concept of forming an industry-wide order for achieving goals in the field of quality in water transport] // *Current solutions to problems of water transport: Collection of materials of the I International scientific and practical conference, Astrakhan, April 28, 2022*. Astrakhan: Individual entrepreneur Sorokin Roman Vasilievich (Publisher: Sorokin Roman Vasilievich), 2022. Pp. 311-315. EDN FXVTVB.

10. Strelnikova I.A., Strelnikov D.D. Bazovye kharakteristiki morskogo porta v natsional'noi logisticheskoi sisteme [Basic characteristics of the seaport in the national logistics system] // Exploitation of sea transport. 2022. No. 4 (105). Pp. 82-89. (In Russ). DOI 10.34046/aumsuomt105/19. EDN JLGPF A.
11. Telegin A.I., Nichiporuk A.O., Goncharova N.V. Metod opredeleniya standartnykh pokazatelei kachestva gruzovykh perevozok [Method of determining standard indicators of the quality of cargo transportation] // Transport systems: safety, new technologies, ecology : proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, Yakutsk, April 16-17, 2020. Yakutsk: Yakutsk Institute of Water Transport (branch) Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Water Transport", 2020. Pp. 250-255. (In Russ). EDN ATKXPV.
12. Telegin A.I., Nichiporuk A.O., Goncharova N.V. Razrabotka metoda opredeleniya standartnykh pokazatelei sokhrannosti perevozki gruzov [Development of a method for determining standard indicators of the safety of cargo transportation] // Russian Journal of Water Transport. 2019. No. 61. Pp. 144-152. (In Russ).

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

**Стрельников Денис Дмитриевич**, к.т.н.,  
доцент кафедры «Технология транспортных  
процессов и управление водным  
транспортом» ФГБОУ ВО «Государственный  
морской университет имени адмирала Ф.Ф.  
Ушакова», г. Новороссийск (ГМУ им. адм.  
Ф.Ф. Ушакова), e-mail:  
strelnikov.denis@mail.ru

**Denis D. Strelnikov**, PhD (technical science),  
Senior lecturer of the Department of «Transport  
process technology and water transport  
management» Admiral F.F. Ushakov State  
Maritime University, Novorossiysk, e-mail:  
strelnikov.denis@mail.ru

**Стрельникова Инесса Анатольевна**, к.э.н.,  
доцент кафедры «Технология транспортных  
процессов и управление водным  
транспортом» ФГБОУ ВО «Государственный  
морской университет имени адмирала Ф.Ф.  
Ушакова», г. Новороссийск (ГМУ им. адм.  
Ф.Ф. Ушакова), e-mail: strelnikova.ia@inbox.ru

**Inessa A. Strelnikova**, PhD (econ. science),  
Senior lecturer of the Department of «Transport  
process technology and water transport  
management» Admiral F.F. Ushakov State  
Maritime University, Novorossiysk, e-mail:  
strelnikova.ia@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 24.10.2023; published online 20.12.2023.

УДК 656.62.052.4  
DOI: 10.37890/jwt.vi77.440

## **Способ оценки поперечных усилий, развиваемых двигательно-рулевым комплексом, по результатам циркуляционных испытаний судна**

**В.И. Тихонов**

*ORCID: 0000-0002-3147-0668,*

**Ю.В. Бажанкин**

*ORCID: 0000-0001-8720-218X,*

**И.М. Осокин**

*ORCID: 0000-0002-5988-6745,*

**А.В. Мухин**

*ORCID: 0009-0004-1058-9493,*

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

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены наиболее распространенные двигательно-рулевые комплексы, используемые на судах. Приведено общее выражение для определения поперечной составляющей силы, развиваемой двигательно-рулевым комплексом любого типа. Рассмотрены значения коэффициентов, описывающих трансформацию потока корпусом судна, полученные в результате исследований А.Д. Гофмана. Описаны недостатки общего метода определения поперечных усилий, развиваемых ДРК. В данной статье предложен способ оценки поперечных усилий, развиваемых ДРК, который заключается в вычислении суммарных сил, действующих на систему корпус – винт – рулевой орган, по результатам натурных испытаний судов. По результатам натурных циркуляционных испытаний судна с использованием метода наименьших квадратов вычислены значения коэффициентов, которые характеризуют поперечную составляющую силы, развиваемой ДРК этого судна. По полученной методике были вычислены такие коэффициенты для двух проектов грузовых судов. Была выполнена проверка корректности выполненных вычислений и сделан вывод об удовлетворительной сходимости полученных результатов.

**Ключевые слова:** натурные испытания, расчетный метод, усилия на ДРК, циркуляционное движение судна, гидродинамика корпуса судна.

## **A method for estimating the transverse forces developed by the propulsion and steering complex, based on vessel circulation tests results**

**Vadim I. Tikhonov**

*ORCID: 0000-0002-3147-0668,*

**Yuriy V. Bazhankin**

*ORCID: 0000-0001-8720-218X,*

**Igor M. Osokin**

*ORCID: 0000-0002-5988-6745,*

**Alexey V. Mukhin**

*ORCID: 0009-0004-1058-9493,*

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

**Abstract.** In the article the most common ships' propulsion and steering complexes are considered. General equation for calculating transverse force developed by any type of a propulsion and steering complex is shown. The authors discuss values of flow transformation coefficients discovered by A. Gofman. Disadvantages of general method for estimating transverse propulsive forces are described. In the article the method for numerical evaluation of transverse propulsion complex forces is presented. This method is based on calculation of total force acting on hull-screw-rudder complex using full-scale trials data. Based on the results of the full-scale circulation trials coefficients values describing total force acting on propulsion and steering complex are calculated using mean least squares method. According to the presented methodology values for two cargo vessels projects were calculated. Calculation verification has been done, and the conclusion about the obtained results satisfactory convergence has been made.

**Keywords:** full-scale trials, numerical method, propulsion complex forces, ship turning motion, hydrodynamics of ship's hull.

### Введение

На подавляющем большинстве судов внутреннего плавания применяются движительно-рулевые комплексы (ДРК) двух основных типов:

одиночных или спаренных рулей, установленных за открытым гребным винтом или комплексом винт – неподвижная насадка, и соответствующих движителей;

комплексов гребной винт – поворотная направляющая насадка.

Указанные ДРК развивают как полезную тягу, необходимую для продольного перемещения судна, так и поперечную силу, которая необходима для изменения направления его движения.

В случае криволинейного движения между корпусом судна и элементами ДРК при переключке рулевого органа существует весьма сложное и многогранное динамическое взаимодействие. Применение теории крыла и идеального движителя для определения поперечных усилий, возникающих на руле или поворотной насадке, приводит к грубо приближённым результатам.

### Существующие методы расчёта поперечных усилий, развиваемых ДРК

Более или менее надёжные методы практического расчёта усилий, развиваемых ДРК, были разработаны ещё во второй половине прошлого столетия трудами А.М. Басина, А.Д. Гофмана, В.Г. Павленко, Р.Я. Першица, Г.В. Соболева и других отечественных и зарубежных учёных. Однако исследования работы движительно-рулевых комплексов различного типа в тех или иных условиях плавания до сих пор остаются актуальными, о чём свидетельствуют многочисленные научные публикации последних лет, например, [1]–[8]. В то же время общее выражение для определения поперечной составляющей силы, развиваемой указанными выше традиционными ДРК судов речного флота, имеет следующий вид [9]:

$$Y_r = \mu_r \left[ \delta_r - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega}) \right] \frac{\rho}{2} S_r v^2 \phi_K^2, \quad (1)$$

где  $Y_r$  – поперечная составляющая силы, развиваемой ДРК;

$\mu_r$  – коэффициент боковой составляющей силы, развиваемой ДРК;

$\delta_r$  – угол переключки рулевого органа;

$\kappa_r$  – коэффициент, учитывающий влияние судового корпуса и работающего винта на направление потока воды, набегающего на рулевой орган;

$\beta$  – угол дрейфа по центру масс (ЦМ) судна;

$\bar{l}_r = \frac{l_r}{L}$  – относительное расстояние от ДРК до ЦМ судна;

$L$  – расчетная длина судна;

$\bar{\omega} = \frac{L}{R}$  – безразмерная угловая скорость;

$R$  – радиус циркуляции по ЦМ судна;

$\rho$  – массовая плотность воды;

$S_r$  – площадь рулевого органа;

$v$  – линейная скорость ЦМ судна;

$\varphi_k$  – коэффициент, учитывающий влияние корпуса судна на скорость потока воды в месте расположения ДРК.

Величины  $\mu$ ,  $K_r$  и  $S_r$  для движительно-рулевых комплексов разных типов подсчитываются различно по методике, изложенной в работе [9]. При этом для определения коэффициента  $K_r$  необходимо иметь значение коэффициента  $K_k$ , учитывающего влияние судового корпуса на направление потока воды, набегающего на рулевой орган.

Для судов речного флота влияние трансформации потока корпусом судна на скорость и направление движения воды в районе расположения ДРК было экспериментально исследовано на ротативной установке и в опытовом бассейне А.Д. Гофманом. Было установлено, что коэффициенты  $K_k$  и  $\varphi_k$  существенно зависят от того, на каком борту (внешнем или внутреннем) по отношению к траектории циркуляционного движения расположен движительно-рулевой комплекс; форма обводов кормовой оконечности практически не оказывает влияния на их величину. Значения этих коэффициентов представлены в табл. 1 [9].

Таблица 1

Экспериментальные значения коэффициентов  $K_k$  и  $\varphi_k$

Коэффициент	Расположение ДРК		Среднее значение
	внешний борт	внутренний борт	
$\varphi_k$	$1,05 \pm 0,15$	$0,85 \pm 0,20$	0,95
$K_k$	$1,00 \pm 0,20$	$0,90 \pm 0,20$	0,95

Таким образом, общий метод определения поперечных усилий, развиваемых ДРК, заключается в подсчёте боковой силы, действующей на рулевой орган, расположенный за кормовой оконечностью судна и отклонённый на некоторый угол от его диаметральной плоскости (ДП), приближённой оценке коэффициентов влияния судового корпуса и работающего винта на скорость и направление потока воды, набегающего на рулевой орган, и вычислении поперечной силы, действующей на систему корпус – винт – рулевой орган, в предположении, что эта сила приложена к органу управления.

Указанный метод имеет два недостатка, которые ограничивают возможность его применения:

1) корректное расчётное определение поперечной силы ДРК возможно только при постоянной или мало меняющейся частоте вращения винта;

2) значения коэффициентов  $\varphi_K$  и  $K_K$ , приведённые в табл. 1, являются лишь ориентировочными, а для получения более точных значений этих коэффициентов применительно к конкретному судну необходимо проводить сложные, трудоёмкие и дорогостоящие модельные испытания.

**Методика оценки поперечных усилий, развиваемых ДРК, по результатам натуральных циркуляционных испытаний судна**

В данной статье предлагается способ оценки поперечных усилий, развиваемых ДРК, который заключается в вычислении суммарных сил, действующих на систему корпус – винт – рулевой орган, по результатам натуральных испытаний судов.

Общие уравнения плоского движения судна имеют следующий вид [10]:

$$\begin{aligned} & \left(m + \lambda_{11}\right) \cos \beta \frac{dv}{dt} - \left(m + \lambda_{11}\right) v \sin \beta \frac{d\beta}{dt} + \\ & + m v \omega \sin \beta = X ; \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} & -\left(m + \lambda_{22}\right) \sin \beta \frac{dv}{dt} - \left(m + \lambda_{22}\right) v \cos \beta \frac{d\beta}{dt} + \\ & + m v \omega \cos \beta + \lambda_{26} \frac{d\omega}{dt} = Y ; \end{aligned} \tag{3}$$

$$\left(J_z + \lambda_{66}\right) \frac{d\omega}{dt} - \lambda_{26} \sin \beta \frac{dv}{dt} - \lambda_{26} v \cos \beta \frac{d\beta}{dt} = M_z . \tag{4}$$

В выражениях (2) – (4) обозначено:

$m$  – масса судна;

$\lambda_{11}, \lambda_{22}$  – присоединённые массы жидкости;

$t$  – время;

$\omega$  – угловая скорость вращения судна относительно вертикальной оси  $Z$ , проходящей через его ЦМ;

$\lambda_{26}$  – присоединённый статический момент;

$J_z$  – момент инерции судна относительно вертикальной оси, проходящей через его ЦМ;

$\lambda_{66}$  – момент инерции присоединённых масс;

$X, Y$  – проекции главного вектора приложенных к судну сил неинерционной природы на оси  $X$  и  $Y$  подвижной системы координат;

$M_z$  – проекция главного момента приложенных к судну сил неинерционной природы на ось  $Z$  подвижной системы координат.

Правые части уравнений (2) – (4) могут быть представлены следующим образом [10]:

$$X = \sum_{i=1}^{z_r} X_{r_i} - X_{\Gamma} + X_a ; \quad (5)$$

$$Y = Y_{\Gamma} - \sum_{i=1}^{z_r} Y_{r_i} + Y_a ; \quad (6)$$

$$M_z = M_{\Gamma} + l_r \sum_{i=1}^{z_r} Y_{r_i} + M_a . \quad (7)$$

Здесь  $X_{\Gamma}, Y_{\Gamma}, M_{\Gamma}$  – гидродинамические усилия, действующие на подводную часть корпуса судна;

$X_a, Y_a, M_a$  – аэродинамические усилия, действующие на надводную часть судна;

$X_{r_i}, Y_{r_i}$  – составляющие усилия, развиваемого  $i$ -м ДПК;

$z_r$  – количество ДПК.

Для случая установившейся циркуляции из выражений (2)–(7) без учёта внешних факторов получим:

$$mv\omega \sin \beta = \sum_{i=1}^{z_r} X_{r_i} - X_{\Gamma} ; \quad (8)$$

$$mv\omega \cos \beta = Y_{\Gamma} - \sum_{i=1}^{z_r} Y_{r_i} ; \quad (9)$$

$$M_{\Gamma} + l_r \sum_{i=1}^{z_r} Y_{r_i} = 0 . \quad (10)$$

Усилия, действующие на подводную часть корпуса судна, принято представлять в следующей форме:

$$X_{\Gamma} = 0,5C_{x_{\Gamma}}\rho L T v^2 ; \quad (11)$$

$$Y_{\Gamma} = 0,5C_{y_{\Gamma}}\rho L T v^2 ; \quad (12)$$

$$M_{\Gamma} = 0,5C_{m_{\Gamma}}\rho L^2 T v^2 , \quad (13)$$

где  $C_{x_{\Gamma}}, C_{y_{\Gamma}}, C_{m_{\Gamma}}$  – безразмерные коэффициенты гидродинамических усилий;

$T$  – расчетная осадка судна.

Подставляя выражения (13) и (1) в равенство (10), получаем:

$$C_{m_{\Gamma}} \frac{\rho}{2} L^2 T v^2 + l_r \mu_r \left[ \delta_r - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega}) \right] \frac{\rho}{2} S_r z_r v^2 \phi_K^2 = 0 . \quad (14)$$

После несложных преобразований соотношение (14) примет вид

$$C_{m_{\Gamma}} + \bar{l}_r E_r \left[ \delta_r - \kappa_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega}) \right] = 0 . \quad (15)$$

Здесь  $E_r$  – эффективность рулевых органов, подсчитываемая по формуле [9]:

$$E_r = \frac{\mu_r S_r z_r \phi_K^2}{LT}. \quad (16)$$

На основе анализа динамического взаимодействия судна с окружающей его жидкостью и условной замены реального судового корпуса его эквивалентным аналогом в работе [10] получено следующее выражение для подсчёта коэффициента  $C_{m\Gamma}$ , учитывающее индивидуальные геометрические характеристики погруженной части судна:

$$\begin{aligned} C_{m\Gamma} &= C_{m_{\text{цир}}} + C_{m_{\text{отр}}} + C_{m_V} + C_{m_W} + C_{m_\theta} = \\ &= (B_1 + B_{1\theta}) \sin \beta \cos \beta - (B_2 + B_{2\theta} + B'_2 - B''_2) \bar{v} \cos \beta + \\ &+ (B_3 + B_{3V} + B_{3W}) \sin^2 \beta - (B_4 + B_{4V} + B_{4W}) \bar{v} \sin \beta + \\ &+ (B_5 + B_{5V} + B_{5W}) \bar{v}^2. \end{aligned} \quad (17)$$

Здесь  $C_{m_{\text{цир}}}$  – коэффициент момента гидродинамических усилий циркуляционной природы;

$C_{m_{\text{отр}}}$  – коэффициент момента гидродинамических усилий отрывной природы;

$C_{m_V}$  – коэффициент момента гидродинамических усилий вязкостной природы;

$C_{m_W}$  – коэффициент момента гидродинамических усилий волновой природы;

$C_{m_\theta}$  – коэффициент момента гидродинамических усилий, обусловленных креном судна на циркуляции.

Значения входящих в выражение (17) величин  $B_i$ , определяются следующим образом [10]:

$$B_1 = (0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{y,n}^2) \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n + (0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{y,k}^2) \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k; \quad (18)$$

$$B_2 = \frac{2}{3} \left[ \left( 0,125\sigma_n^3 - \bar{l}_{y,n}^3 \right) \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n - \left( 0,125\sigma_k^3 - \bar{l}_{y,k}^3 \right) \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k \right]; \quad (19)$$

$$B_2' = \frac{2\delta B}{L} \left[ \frac{\delta_n (0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{y,n}^2)}{4\delta} \cos^2 \bar{q}_n - \frac{\delta_k (0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{y,k}^2)}{4\delta} \cos^2 \bar{q}_k \right]; \quad (20)$$

$$B_2'' = \frac{B}{2L} \left[ \delta_n \left( 0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{y,n}^2 \right) A_{\gamma_n} \cos^2 \bar{q}_n + \delta_k \left( 0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{y,k}^2 \right) A_{\gamma_k} \cos^2 \bar{q}_k \right]; \quad (21)$$

$$B_3 = \frac{1}{2} \left[ \left( 0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{y,n}^2 \right) A_{\gamma_n} \sin^2 \bar{q}_n + \left( \bar{l}_{y,n}^2 - \bar{l}_{y,k}^2 \right) A_{\gamma_n} - \left( 0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{y,k}^2 \right) A_{\gamma_k} \sin^2 \bar{q}_k \right]; \quad (22)$$

$$B_4 = \frac{2}{3} \left[ \left( 0,125\sigma_n^3 - \bar{l}_{y,n}^3 \right) A_{\gamma_n} \sin^2 \bar{q}_n + \left( \bar{l}_{y,n}^3 + \bar{l}_{y,k}^3 \right) A_{\gamma_n} + \left( 0,125\sigma_k^3 - \bar{l}_{y,k}^3 \right) A_{\gamma_k} \sin^2 \bar{q}_k \right]; \quad (23)$$

$$B_5 = \frac{1}{4} \left[ \left( 0,0625\sigma_n^4 - \bar{l}_{y,n}^4 \right) A_{\gamma_n} \sin^2 \bar{q}_n + \left( \bar{l}_{y,n}^4 - \bar{l}_{y,k}^4 \right) A_{\gamma_n} - \left( 0,0625\sigma_k^4 - \bar{l}_{y,k}^4 \right) A_{\gamma_k} \sin^2 \bar{q}_k \right]; \quad (24)$$

$$B_{3r} = C_{V_y} \frac{B}{2T} \left[ \delta_n \left( 0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{y,n}^2 \right) - \delta_k \left( 0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{y,k}^2 \right) + \beta_n \left( \bar{l}_{y,n}^2 - \bar{l}_{y,k}^2 \right) \right]; \quad (25)$$

$$B_{4r} = C_{V_y} \frac{2B}{3T} \left[ \delta_n \left( 0,125\sigma_n^3 - \bar{l}_{y,n}^3 \right) + \delta_k \left( 0,125\sigma_k^3 - \bar{l}_{y,k}^3 \right) + \beta_n \left( \bar{l}_{y,n}^3 + \bar{l}_{y,k}^3 \right) \right]; \quad (26)$$

$$B_{5r} = C_{V_y} \frac{B}{4T} \left[ \delta_n \left( 0,0625\sigma_n^4 - \bar{l}_{y,n}^4 \right) - \delta_k \left( 0,0625\sigma_k^4 - \bar{l}_{y,k}^4 \right) + \beta_n \left( \bar{l}_{y,n}^4 - \bar{l}_{y,k}^4 \right) \right]; \quad (27)$$

$$B_{3w} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} B_3; \quad B_{4w} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} B_4; \quad B_{5w} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} B_5; \quad (28)$$

$$B_{1\theta} = \frac{B\theta}{T} \left[ \delta_n \left( 0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{y,n}^2 \right) \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n - \delta_k \left( 0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{y,k}^2 \right) \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k \right]; \quad (29)$$

$$B_{2\theta} = \frac{2B\theta}{3T} \left[ \delta_n \left( 0,125\sigma_n^3 - \bar{l}_{y,n}^3 \right) \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n + \delta_k \left( 0,125\sigma_k^3 - \bar{l}_{y,k}^3 \right) \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k \right]. \quad (30)$$

В формулах (18)–(30) обозначено:

$\sigma_n$  – коэффициент полноты носовой половины диаметрального батокса;

$\sigma_k$  – коэффициент полноты кормовой половины диаметрального батокса;

$\bar{l}_{ц.н} = l_{ц.н} / L$  – относительная длина цилиндрической вставки в носовой половине корпуса;

$\bar{l}_{ц.к} = l_{ц.к} / L$  – относительная длина цилиндрической вставки в кормовой половине корпуса;

$\bar{q}_k, \bar{q}_n$  – средние значения курсовых углов нормалей к ватерлиниям в кормовой и носовой оконечностях корпуса;

$\delta$  – коэффициент полноты водоизмещения судна;

$B$  – расчетная ширина судна;

$\delta_k$  – коэффициент полноты водоизмещения кормовой оконечности корпуса судна;

$\delta_n$  – коэффициент полноты водоизмещения носовой оконечности корпуса судна;

$A_{\gamma_n} = \cos^2 \bar{\gamma}_n$  – коэффициент, учитывающий среднее значение снижения нормалей к поверхности обшивки относительно нормалей к ватерлиниям в носовой оконечности корпуса;

$A_{\gamma_k} = \cos^2 \bar{\gamma}_k$  – коэффициент, учитывающий среднее значение снижения нормалей к поверхности обшивки относительно нормалей к ватерлиниям в кормовой оконечности корпуса;

$A_{\gamma_ц} = \cos^2 \bar{\gamma}_ц$  – коэффициент, учитывающий среднее значение снижения нормалей к поверхности обшивки относительно нормалей к ватерлиниям в области цилиндрической вставки корпуса;

$C_{V_y}$  – коэффициент вязкостного сопротивления воды поперечному движению судна;

$Fr_0$  – число Фруда при продольном движении судна со скоростью  $V_0$ ;

$\theta$  – угол крена судна на установившейся циркуляции.

Для случая установившейся циркуляции значение угла крена может быть подсчитано по выражению [10]:

$$\theta = 22 \bar{m} Fr_0^2 \bar{\omega} e^{-1,6 \bar{\omega}}, \quad (31)$$

где  $\bar{m} = 2\delta B / L$  – безразмерная масса судна.

Из соотношений (15) и (17) получаем:

$$\begin{aligned} \bar{\kappa}_r (\beta + \bar{l}_r \bar{\omega}) - E_r \delta_r = & (\bar{B}_1 \sin \beta \cos \beta - \\ & - \bar{B}_2 \bar{\omega} \cos \beta + \bar{B}_3 \sin^2 \beta - \bar{B}_4 \bar{\omega} \sin \beta + \bar{B}_5 \bar{\omega}^2) / \bar{l}_r. \end{aligned} \quad (32)$$

Здесь

$$\begin{aligned} \bar{\kappa}_r &= E_r \kappa_r; \quad \bar{B}_1 = B_1 + B_{1\theta}; \\ \bar{B}_2 &= B_2 + B_{2\theta} + B'_2 - B''_2; \quad \bar{B}_3 = B_3 + B_{3V} + B_{3W}; \\ \bar{B}_4 &= B_4 + B_{4V} + B_{4W}; \quad \bar{B}_5 = B_5 + B_{5V} + B_{5W}. \end{aligned}$$

Очевидно, что при наличии результатов натуральных циркуляционных испытаний судна уравнение (32) с использованием метода наименьших квадратов [11] позволяет вычислить значения  $E_r$  и  $\kappa_r$ , которые характеризуют поперечную составляющую силы, развиваемой ДРК этого судна.

**Полученные результаты и выводы**

По изложенной выше методике с использованием результатов натуральных циркуляционных испытаний [12], представленных в табл. 2 и 3, были определены величины  $E_r$  и  $\kappa_r$  для двух грузовых судов внутреннего плавания проектов № 550А «Волгонефть» и № 1553 «Нефтерудовоз». Значения получились следующие:

для теплохода проекта №550А  $E_r = 0,321387$ ,  $\kappa_r = 0,464459$ ;

для теплохода проекта №1553  $E_r = 0,302801$ ,  $\kappa_r = 0,345624$ .

С целью проверки корректности вычислений были подсчитаны углы перекадки рулевых органов с использованием тех же элементов циркуляций при заданных значениях  $E_r$  и  $\kappa_r$ . Полученные результаты представлены в правых колонках табл. 2 и 3.

*Таблица 2*

**Результаты натуральных циркуляционных испытаний теплохода проекта № 550А «Волгонефть»**

Угол перекадки рулевого органа, град. (эксперимент)	Радиус циркуляции по ЦМ судна, м	Угол дрейфа судна по ЦМ, град.	Угол перекадки рулевого органа, град. (расчёт)
5,0	405	13,5	5,2
10,0	275	17,0	9,9
15,0	215	19,5	14,6
20,0	175	22,0	20,1
25,0	150	23,5	25,4
30,0	135	25,5	29,8
38,0	115	27,5	38,0

*Таблица 3*

**Результаты натуральных циркуляционных испытаний теплохода проекта № 1553 «Нефтерудовоз»**

Угол перекадки рулевого органа, град. (эксперимент)	Радиус циркуляции по ЦМ судна, м	Угол дрейфа судна по ЦМ, град.	Угол перекадки рулевого органа, град. (расчёт)
5,0	295	15,0	5,4
10,0	210	19,0	10,2

15,0	170	21,5	14,8
20,0	145	24,0	19,4
25,0	125	25,5	24,8
30,0	110	27,5	30,6

Удовлетворительное совпадение экспериментальных и расчётных значений переключений рулевых органов позволяет сделать следующие выводы:

1) предлагаемый способ определения поперечных усилий, развиваемых ДРК судна, позволяет избежать оценки коэффициентов взаимодействия в системе корпус – винт – рулевой орган;

2) данный способ применим как к рулям, установленным за открытым гребным винтом или комплексом винт – неподвижная насадка, так и к комплексам гребной винт – поворотная направляющая насадка;

3) очевидно, что величины  $E_p$  и  $K_p$ , характеризующие собой поперечную силу, развиваемую судовым движительно-рулевым комплексом, не зависят от скорости судна, а следовательно, и частоты вращения винтов.

#### Список литературы

1. Бугаев В.Г., Тунг Д.В., Домашевская Я.Р., Хиеп Ф.Ч. Численное моделирование гидродинамических характеристик винто-рулевого комплекса и поворотливости рыболовного судна // Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 62. С. 29-39. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi62.13>.
2. Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Плющаев В.И. Маневровые качества судов с колесным движительно-рулевым комплексом // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 2-1 (52). С. 154-159. DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2021.52.2.022>.
3. Бычков В.Я., Грошева Л.С., Плющаев В.И. Динамика судна с колесным движительно-рулевым комплексом в условиях внешних воздействий // Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 4-2 (46). С. 139-146.
4. Ищейкин Г.Ю. Расчет усилий на движительно-рулевом комплексе при моделировании морской буксировки на примере танкера "Архангельск" // Эксплуатация морского транспорта. 2022. № 4 (105). С. 73-78. DOI: 10.34046/aumsuomt105/17.
5. Горда В.В., Ванифатьев А.В., Дегтярева С.Г., Тарасев В.А. Движительно-рулевой комплекс с электроприводом для подводного аппарата // Морской вестник. 2020. № S1 (14). С. 102-103.
6. Шаринкова О.С., Аносов А.П., Новосельцев И.А. Сравнительная оценка гидродинамических характеристик руля изменяемого профиля в составе винторулевого комплекса судна ледового класса // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2022. № 66-67. С. 49-57.
7. Долгов Д.С. Проектирование конструкции рулевого устройства морского судна как задача математического программирования // Неделя науки Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2019. Т. 1. № 1. С. 4.
8. Бычков В.Я., Грошева Л.С., Плющаев В.И. Область применимости алгоритма удержания судна с колесным движительно-рулевым комплексом на курсе // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2019. № 60. С. 26-33.
9. Павленко, В.Г. Маневренные качества речных судов (Управляемость судов и составов) / В.Г. Павленко. – М.: Транспорт, 1979. – 184 с.
10. Тихонов, В.И. Основы теории динамической системы судно–жидкость : монография / В.И. Тихонов. – Н. Новгород : ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2007. – 262с. (монография).
11. ЩигOLEV, Б.М. Математическая обработка наблюдений / Б.М. ЩигOLEV. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 344 с.
12. Справочник маневренных характеристик судов / сост. В.И. Тихонов; под ред. Д.Ф. Бирюкова. – М.: ЦБНТИ МРФ РСФСР, 1989. – 319 с.

### References

1. Bugaev V.G., Tung D.V., Domashevskaya Y.A.R., Khiep F.CH. Chislennoe modelirovanie gidrodinamicheskikh kharakteristik vinto-rulevogo kompleksa i povorotlivosti rybolovnogo sudna, Nauchnye problemy vodnogo transporta, 2020, no. 62, pp. 29-39.
2. Grosheva L.S., Merzlyakov V.I., Plyushchaev V.I. Manevroye kachestva sudov s kolesnym dvizhitel'no-rulevym kompleksom, Morskie intellektual'nye tekhnologii, 2021, no. 2-1 (52), pp. 154-159.
3. Bychkov V.YA., Grosheva L.S., Plyushchaev V.I. Dinamika sudna s kolesnym dvizhitel'no-rulevym kompleksom v usloviyakh vneshnikh vozdeistvii, Morskie intellektual'nye tekhnologii, 2019, no. 4-2 (46), pp. 139-146.
4. Ishcheikin G.YU. Raschet usilii na dvizhitel'no-rulevom komplekse pri modelirovanii morskoi buksirovki na primere tankera "Arkhangel'sk", Ehkspluatatsiya morskogo transporta, 2022, no. 4 (105), pp 73-78.
5. Gorda V.V., Vanifat'ev A.V., Degtyareva S.G., Taraseev V.A. Dvizhitel'no-rulevoi kompleks s ehlektroprivodom dlya podvodnogo apparata, Morskoi vestnik, 2020, no. S1 (14), pp. 102-103.
6. Sharinkova O.S., Anosov A.P., Novosel'tsev I.A. Sravnitel'naya otsenka gidrodinamicheskikh kharakteristik rulya izmenyaemogo profilya v sostave vintorulevogo kompleksa sudna ledovogo klassa, Nauchno-tekhnicheskii sbornik Rossiiskogo morskogo registra sudokhodstva, 2022, no. 66-67, pp. 49-57.
7. Dolgov D.S. Proektirovanie konstruksii rulevogo ustroystva morskogo sudna kak zadacha matematicheskogo programmirovaniya, Nedelya nauki Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnicheskogo universiteta, 2019, T. 1. no. 1, p. 4.
8. Bychkov V.YA., Grosheva L.S., Plyushchaev V.I. Oblast' primenimosti algoritma uderzhaniya sudna s kolesnym dvizhitel'no-rulevym kompleksom na kurse, Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta, 2019, no. 60, pp. 26-33.
9. Pavlenko, V.G. Manevrennye kachestva rechnykh sudov (Upravlyayemost' sudov i sostavov). M.: Transport, 1979. – 184 p.
10. Tikhonov, V.I. Osnovy teorii dinamicheskoi sistemy sudno-zhidkost' . – N. Novgorod: FGOU VPO VGAVT, 2007. – 262 p. (monografiya).
11. Shchigolev, B.M. Matematicheskaya obrabotka nablyudenii. M.: Gos. izd-vo fiz.-mat. lit., 1962. – 344 p.
12. Spravochnik maneverykh kharakteristik sudov / sost. V.I. Tikhonov; pod red. D.F. Biryukova. – M.: TSBNTI MRF RSFSR, 1989.– 319 p.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / IFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Тихонов Вадим Иванович**, д.т.н., профессор кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, email: vitnn12@mail.ru

**Vadim I. Tikhonov**, Dr. Sci. Tech, Professor of department of Navigation and safety of navigation, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

**Бажанкин Юрий Владимирович**, к.т.н., доцент кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, email: seaman77@mail.ru

**Yuriy V. Bazhankin**, Ph. D. in Engineering Science, associate professor of department of Navigation and safety of navigation, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

**Осокин Игорь Михайлович**, аспирант кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный

**Igor M. Osokin**, post-graduation student of department of Navigation and safety of navigation, Volga State University of Water

университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, email: osokin.igor98@mail.ru

Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

**Мухин Алексей Владимирович**, аспирант кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, email: mukhalex09@gmail.com

**Alexey V. Mukhin**, post-graduation student of department of Navigation and safety of navigation, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

Статья поступила в редакцию 09.11.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 09.11.2023; published online 20.12.2023.

УДК 629.56

DOI: 10.37890/jwt.v77.441

## **Разработка математической модели буксировки подводных объектов, на основе однозвенных и двухзвенных стержневых моделей буксирных линий**

**М.С. Тищенко**

*ORCID: 0009-0006-2920-2898*

**Н.В. Ивановский**

*ORCID: 0009-0005-3823-4413*

*Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия*

**Аннотация:** В данной работе математическая модель буксировки подводных объектов разрабатывается на примере сложного промыслового комплекса «судно – ваер – трал» путем расчета его тягово-скоростных характеристик.

Параметры буксирной линии являются важным фактором при буксировке подводного объекта, поскольку она может повлиять на остойчивость и маневренность буксирующего судна. Если ваер слишком длинный, он может создать сильное сопротивление и затруднить движение судна. С другой стороны, если ваер слишком короткий, это может привести к слишком глубокому погружению буксируемого объекта и потенциальному повреждению объекта или буксирного оборудования. Следовательно, крайне важно выбрать подходящие параметры системы буксировки, исходя из размеров и массы буксируемого объекта, глубины хода и условий окружающей среды.

Исследованы существующие методы написания моделей систем буксир – объект буксировки, а именно методы базирующиеся на стационарном и нестационарном характере представления процесса выборки ваера.

В работе приведен сравнительный анализ однозвенных и двухзвенных стержневых моделей буксирных линий. Выявлены основные погрешности при построении траекторий движения буксируемых объектов, с использованием данных типов буксирных линий.

В частности, одним из результатов исследования является, построение модели системы «судно – ваер – буксируемый объект», которая имеет схожий показатель точности с более сложными двух и трехзвенными линиями.

**Ключевые слова:** математическая модель, буксируемый объект, стержневая модель, судно, ваер, трал, буксирная линия, ваерная лебедка.

## **Development of a mathematical model of underwater towing, based on single- and double-link rod models of towing lines**

**Maksim S. Tishchenko**

*ORCID: 0009-0006-2920-2898*

**Nikolai V. Ivanovskii**

*ORCID: 0009-0005-3823-4413*

*Kerch State Maritime Technological University, Russia*

**Abstract** This paper develops a mathematical model of underwater towing by the example of a complex fishing complex "vessel - vaer - trawl" by calculating its traction and speed characteristics.

The tow line is an important factor when towing an underwater object because it can affect the stability and maneuverability of the towing vessel. If the shaft is too long, it can create a

lot of drag and make it difficult to move the boat. On the other hand, if the shaft is too short, it may cause the towed object to sink too deeply and potentially damage the object or towing equipment. Consequently, it is critical to select the proper towing system settings based on the size and weight of the object being towed, the depth of the stroke, and the environmental conditions.

Existing methods for writing models of tug - towing object systems, namely, methods based on stationary and non-stationary nature of the vaer selection process are investigated.

The paper presents a comparative analysis of single-link and two-link rod models of towing lines. The main errors in the construction of trajectories of towed objects using these types of towing lines are revealed.

In particular, one of the results of the study is, building a model of the system "ship - vaer - towed object", which has a similar accuracy index to the more complex two- and three-link lines.

**Keywords:** mathematical model, towed object, rod model, vessel, vaer, trawl, towing line, shaft winch.

### **Введение**

Системы, включающие буксировку подводных объектов, обычно используются в океанографии, военно-морском флоте, промышленном рыболовстве и других областях. Важными компонентами комплекса «судно-буксируемый объект» являются судно-буксир, подъемная лебедка, гибкие соединения (канаты, тросы и ваера) и сами подводные объекты. Улучшение конструкции и производительности этих систем невозможно без использования математических моделей.

Подводные буксируемые объекты – устройства или оборудование, предназначенные для буксировки под водой за судном или другим подводным аппаратом. Эти объекты могут служить различным целям, таким как картографирование дна океана, проведение научных исследований, размещение подводных датчиков или камер, добычи гидробионтов. Примеры подводных буксируемых объектов включают буксируемые гидроакустические системы, орудия лова и дистанционно управляемые аппараты.

Параметры буксирной линии являются важным фактором при буксировке подводного объекта, поскольку она может повлиять на остойчивость и маневренность буксирующего судна. Если ваер слишком длинный, он может создать сильное сопротивление и затруднить движение судна. С другой стороны, если ваер слишком короткий, это может привести к слишком глубокому погружению буксируемого объекта и потенциальному повреждению объекта или буксирного оборудования. Следовательно, крайне важно выбрать подходящие параметры системы буксировки, исходя из размеров и массы буксируемого объекта, глубины хода и условий окружающей среды.

**Целью исследований** является построение математической модели системы «судно-буксирная линия-буксируемый объект».

**Объект исследования:** система «судно-буксирная линия-буксируемый объект»

**Предмет исследования:** параметры движения системы «судно-буксирная линия-буксируемый объект».

**Методы исследования.** Для реализации поставленной цели нами были использованы следующие методы исследования: анализ, формализация, моделирование.

Задача обеспечения управления буксировкой объекта по заданной траектории движения может быть сложной из-за различных факторов, таких как ветер, течение и волнение, которые могут влиять на параметры движения буксируемого объекта. Анализ результатов исследований подводных буксируемых систем как объектов

управления следует считать, что к основным задачам буксировки таких приборов относятся равномерность их движения в водном пространстве на заданной глубине.

В качестве примера рассмотрим построение математических моделей сложного комплекса «судно – ваер – трал». Вопросы механизации процессов промышленного рыболовства, разработки новых промысловых машин и научно обоснованных принципов формирования промысловых комплексов, промысловой и технической эксплуатации, надежности машин приобретают все большее значение как в практике рыболовства, так и при подготовке инженерных кадров в высших учебных заведениях [1–2].

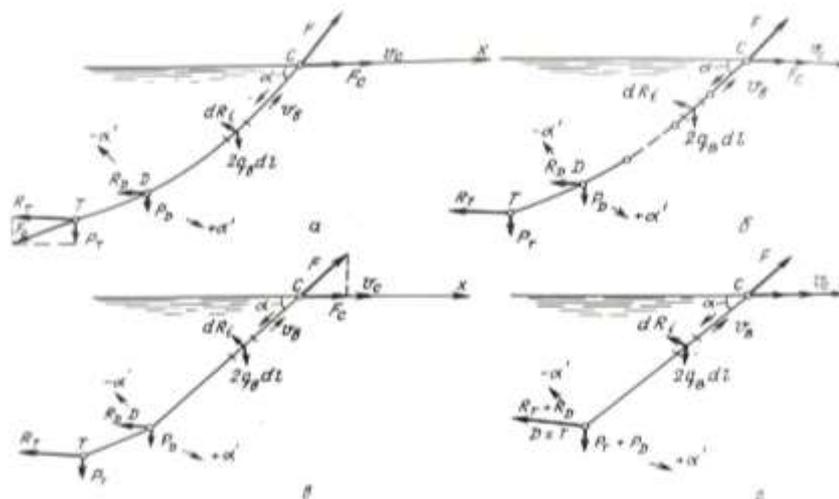


Рис. 1. Виды физических моделей системы судно – ваер – трал в режиме нестационарного движения:

а – тросовая маятниковая модель; б – многозвенная стержневая маятниковая модель; в – то же, двухзвенная; г – то же, однозвенная

Известно четыре вида физической модели системы судно – ваер – трал для решения задач тягово-скоростного взаимодействия между судном, ваерной лебедкой и тралом (рис.1) Наиболее адекватной является тросовая маятниковая модель (рис 1 а), в которой судно, траловые доски и трал заменены материальными точками С, D и Т, которые связаны между собой весомой идеально гибкой нитью (тросом). Точка С (центр судна) движется вдоль оси  $x$  со скоростью  $v_c$  а длина нити  $l$  связывающей точки С и D, изменяется со скоростью  $v_b$ . Силы веса точек D и Т равны соответственно  $P_d$  и  $P_t$ , а их силы гидродинамического сопротивления  $R_d$  и  $R_t$ . Сила веса единицы длины нити  $q$ , сопротивление участка длиной  $dl$  равно  $dR_i$ . Нагрузка в верхней точке нити (на подвешенном ваерном блоке) равна  $F$ .

Аналогом тросовой маятниковой модели является многозвенная стержневая маятниковая модель (рис. 1, б), в которой трос (нить) заменен достаточно большим количеством жестких шарнирно соединенных между собой стержней, весовые ( $q$ ) и гидродинамические ( $dR_i$ ) характеристики которых аналогичны тросу [3].

Более грубым аналогом является двухзвенная стержневая маятниковая модель (рис. 1, в). Еще более грубым – однозвенная стержневая маятниковая модель (рис. 1, г).

Конечно, интересен вопрос о правомерности замены ваера прямолинейным стержнем (или нитью). Вполне очевидно, что для донных тралов при глубине траления до 500 м криволинейность формы ваера весьма существенна. При буксировке же современных разноглубинных тралов, как показывают результаты

натурных морских исследований, форма ваера практически прямолинейная, а коэффициент пропорциональности между хордой, соединяющей точки С и D, и длиной ваера равен  $0,92 \div 0,98$ . Одновременно необходимо учесть, что по нагрузке на лебедку разноглубинный трал является наиболее представительным. Кроме того, при выборке донного трала после отрыва досок от грунта расчетная схема сил, действующих па ваер, ничем не отличается от таковой для разноглубинного трала.

Все существующие методы расчета нагрузки  $F$  при выборке (травлении) ваера можно классифицировать на две группы. К первой группе следует отнести все методы, которые базируются на стационарном или квазистационарном характере представления процесса выборки ваера. Среди этой группы методов наиболее разработанными являются метод Ш. А. Расулева, С. С. Торбана и Г. А. Траубенберга [4–5] и метод В. П. Карпенко, С. С. Торбана.[6] Ко второй группе следует отнести методы, которые базируются на нестационарном характере представления процесса выборки ваера. Это методы Б. А. Альтшуля, А. Фишера (ГДР) [7] и В П Карпенко.

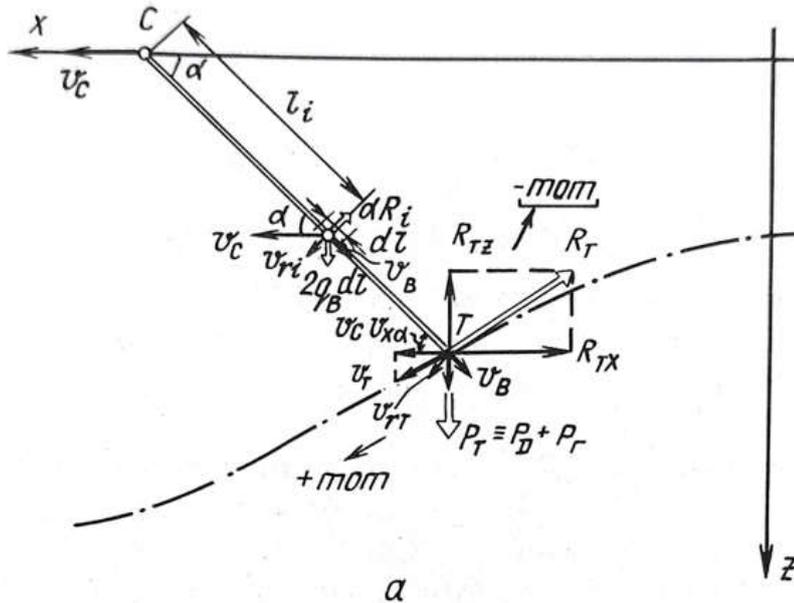
В работах А. Фишера и В. П. Карпенко построение уравнения движения системы судно трал основывается на использовании теоремы об изменении момента количества движения траловой системы, а в работах Б. А. Альтшуля для этих целей использованы уравнения Лагранжа второго рода.

Физический смысл и математическую сущность метода определения нестационарного движения системы судно трал рассмотрим на примере использования для этих целей теоремы об изменении момента количества движения траловой системы [8]. Для однозвенной модели системы судно – трал (рис. 2) имеем:

- вертикальная плоскость (1),
- горизонтальная плоскость (2).

$$\frac{dK_y}{dt} = mom_y \left\{ P_T; R_T; \sum_{i=1}^n dR_i; \sum_{i=1}^n 2q_b dl; \right\} \quad (1)$$

$$\frac{dK_z}{dt} = mom_z \left\{ R_T; \sum_{i=1}^n dR_i \right\} \quad (2)$$



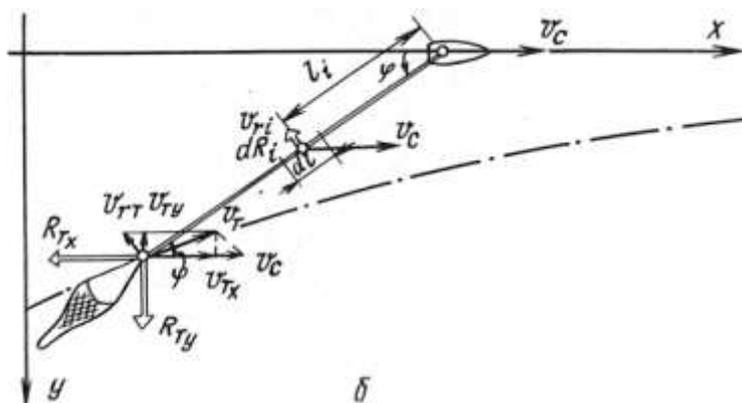


Рис. 2. Схематизация системы судно – трал:  
 а – вертикальная плоскость, б – горизонтальная плоскость.

Подставляя полученные выражения для момента количеств движения и суммарного момента внешних сил системы ваер– трал в исходное дифференциальное уравнение (1), после соответствующих преобразований получим окончательно дифференциальное уравнение углового вращения линии судно – трал в вертикальной плоскости

$$\frac{d^2 K_y}{dt^2} + a_1(a, t) \left(\frac{da}{dt}\right)^2 + a_2(a, t) \frac{da}{dt} + a_3(a, t) = 0,$$

По аналогичной схеме можно получить выражения для момента количеств движения и суммарного момента внешних сил системы ваер – трал в горизонтальной плоскости, подставляя которые в исходное дифференциальное уравнение (2) выполнив соответствующие преобразования, можно получить дифференциальное уравнение углового вращения линии судно – трал в горизонтальной плоскости

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + b_1(\varphi, t) \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + b_2(\varphi, t) \frac{d\varphi}{dt} + b_3(\varphi, t) = 0,$$

Наибольшую разработку, проверку и отладку получила модель Б. А. Альтшуля. Она имеет наибольшее число структурных модификаций и постановок задач ее решения. Для наших целей, предусматривающих главным образом связь тягового усилия ваерной лебедки с параметрами траловой системы и судна, интерес представляет модификация задачи определения закона изменения тягово-скоростных параметров выборки ваера для заданной траловой системы, когда скорость ее движения  $v_T$  относительно воды должна быть постоянной и равной скорости траления  $v_{Tr}$  (с целью сохранения улова в трале), а скорость хода судна  $v_c$  и параметры его качки  $\dot{z}_c$  и  $\ddot{z}_c$  изменяются по заданному закону[9].

При такой постановке задачи положение системы судно -ваерная лебедка – ваер – трал (рис. 3) описывается следующей системой дифференциальных уравнений второго порядка (3):

$$\left\{ \begin{aligned}
 & \left( m_D + \frac{1}{2} m_T + \frac{1}{3} m_i l_0 \right) l \ddot{a}_1 + \left( m_D + \frac{1}{2} m_T + \right. \\
 & \left. + \frac{1}{2} m_i l \right) \ddot{z}_c \cos a_1 = \left( P_D + \frac{1}{2} P_T + \frac{1}{3} q_B l \right) \cos a_1 - \\
 & - \frac{1}{2} c_0 \rho d_B l \left[ \frac{1}{4} l^2 \ddot{a}_1^2 + \frac{2}{3} l \dot{a}_1 (\dot{z}_c \cos a_1 + \dot{x}_c \sin a_1)^2 \right] - \\
 & - \frac{R_D + 0,5 R_T}{v_T} [\dot{x}_c \sin a_1 + l \dot{a}_1 + \dot{z}_c \cos a_1 + \\
 & \quad + l_K \dot{a}_2 \cos(a_1 - a_2)]; \\
 & \frac{1}{2} m_T (\ddot{z}_c \cos a_2 + l_K \ddot{a}_2) = \frac{1}{2} P_T \cos a_2 - \\
 & - \frac{R_T}{2 v_T} [\dot{x}_c \sin a_2 + \dot{z}_c \cos a_2 + l \dot{a}_1 + l_K \dot{a}_2 + \\
 & \quad + l \sin(a_1 - a_2)]; \\
 & \dot{l} = \dot{x}_c \sin a_1 - \dot{z}_c \sin a_1 - l_K \dot{a}_2 \sin(a_1 - a_2) - \\
 & - \sqrt{v_T^2 - [\dot{x}_c \sin a_1 + \dot{z}_c \cos a_1 + l \dot{a}_1 + l_K \dot{a}_2 \cos(a_1 - a_2)]^2},
 \end{aligned} \right. \quad (3)$$

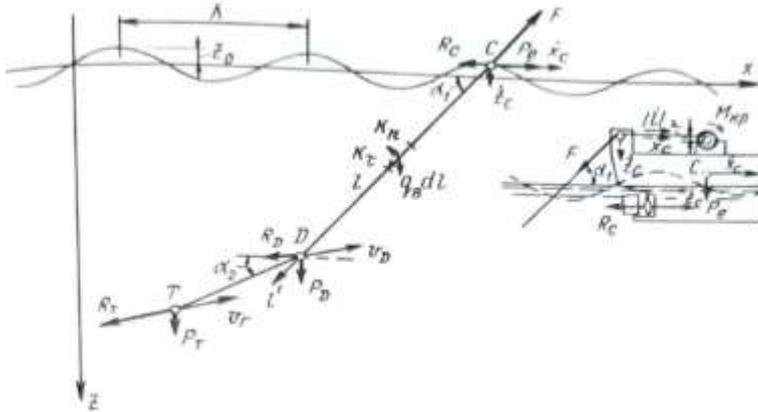


Рис. 3. Физическая модель тягово-кинематического взаимодействия системы судно – ваерная лебедка – ваер – трал при выборке трала:  
 С — центр масс судна; D — центр масс траловых досок;  
 Т — центр масс трала

где  $l_0 l$  – соответственно начальная и текущая длина ваера,  $m$ ;  $\dot{z}_c, \ddot{z}_c$  – соответственно вертикальная составляющая скорости и ускорения перемещения (качки) центра масс судна (м/с, м/с<sup>2</sup>);  $\dot{x}_c, \ddot{x}_c$  – горизонтальная составляющая скорости и ускорения центра масс судна (м/с, м/с<sup>2</sup>);  $a_1, \dot{a}_1, \ddot{a}_1$  – угловое положение линии ваера, скорость и ускорение ее вращения относительно центра масс судна;  $a_2, \dot{a}_2, \ddot{a}_2$  – соответственно угловое положение линии кабеля, скорость и ускорение ее вращения относительно точки D (центр масс траловых досок)[10].

Начальные условия для  $z_c, \dot{z}_c$ , принимаем нулевыми, так как определить их в эксплуатационных условиях с необходимой точностью не представляется возможным, но в связи с тем, что система устойчива это существенно не влияет на результат решения. Начальные параметры скорости и ускорения центра масс судна берутся с судового лага. Особую сложность, с технической точки зрения представляет

процесс определения параметров углового положения линии ваера  $a_1, \dot{a}_1$ . В процессе моделирования  $a_1$  принимали равное  $15^\circ$  (наиболее вероятное положение ваера в начале траления), с нулевым начальным ускорением. Для измерения этих параметров в экспериментальных условиях требуется разработать дополнительное оборудование что является одной из задач дальнейших исследований.

### Результаты исследования

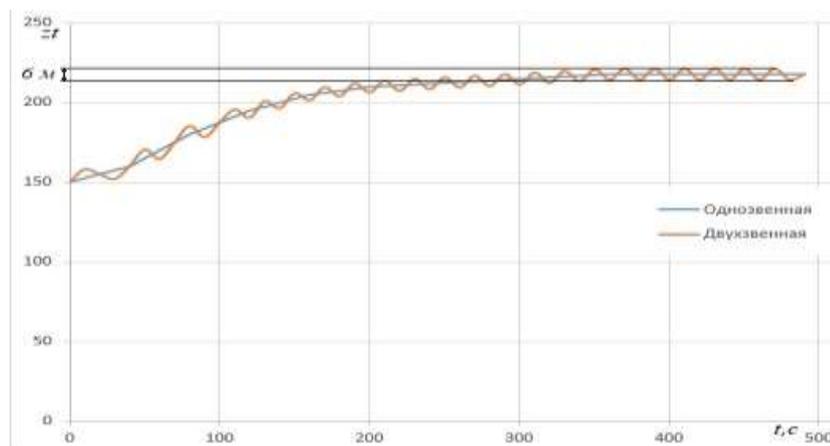


Рис. 4. Переходный процесс изменения глубины хода трала при изменении скорости хода судна

На графике (рис. 4) приведены результаты численного решения дифференциального уравнения однозвенной и двухзвенной стержневой модели углового вращения линии судно – трал и определения кинематических параметров движения трала в вертикальной плоскости, при следующих технических характеристиках траловой системы:

$$l = 500\text{ м}; P_T = 40\text{ кН}; q_B = 22\text{ Н/м}; K_T = 25 \frac{\text{кН с}^2}{\text{м}^2}; K_B = 2 \frac{\text{Н с}^2}{\text{м}^3}; g = 9,81\text{ м/с}^2.$$

Анализ переходного процесса (см. рис. 4) движения траловой системы в вертикальной плоскости указывает прежде всего на ее существенную инерционность, на большую длительность переходов трала с горизонта на горизонт при изменении скорости хода судна, а кроме того, на схожий показатель точности равный 3%

### Заключение

В работе приведен сравнительный анализ однозвенных и двухзвенных стержневых моделей буксирных линий. Выявлены основные погрешности при построении траекторий движения буксируемых объектов, с использованием данных типов буксирных линий.

В результате нашего исследования, были уточнены параметры однозвенной модели системы «судно – ваер – буксируемый объект», которая имеет показатель точности в 3% с более сложной двухзвенной стержневой маятниковой моделью.

### Список литературы

1. Ивановская, А. В. Принципы моделирования привода судового грузоподъемного оборудования / А. В. Ивановская // Вестник Керченского государственного морского

- технологического университета. – 2023. – № 1. – С. 65-72. – DOI 10.26296/2619-0605.2023.1.1.005. – EDN NPMORQ.
2. Ивановская, А. В. Особенности динамического анализа тяговой системы с конечным натяжением / А. В. Ивановская // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2022. – № 1. – С. 37-46. – DOI 10.47404/2619-0605\_2022\_1\_37. – EDN XYFIEM.
  3. Математическое обеспечение и аппаратная реализация задач управления комплексом "рыбопромысловое судно-орудия лова" / В В Антипов, В Ю Бобрович, В К Болховитинов, А А Болисов // Морской вестник. – 2011. – № 4(40). – С. 45-49. – EDN OJCZPJ.
  4. Определение параметров ваерных лебедок: Метод. указания / М-во рыб. хоз-ва СССР, ВНИИ мор. раб. хоз-ва и океанографии; [Сост. Ш.А. Расулевым и др.]. - М: ВНИРО, 1981. - 39 с.: граф.; 20 см.
  5. Методика выбора основных параметров ваерных лебедок и режимы эксплуатации траловой системы / Г. А. Траубенберг, С. С. Торбан, Ш. А. Расулев. - Л., 1978. - (Доклад; № 2.17)
  6. Карпенко В. П. Механизация и автоматизация процессов промышленного рыболовства: учебное пособие / В.П. Карпенко, С.С. Торбан. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.
  7. Динамика траловой системы / Б. А. Альтшуль, А. Л. Фридман. - Москва: Агропромиздат, 1990. - 237,[3] с. : ил.; 22 см.; ISBN 5-10-001207-2 (В пер.) : 3 р. 50 к.
  8. Савотин, Д. В. Пространственное моделирование траловой системы при стационарном движении / Д. В. Савотин // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, 24–26 марта 2015 года. Том Часть II. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2015. – С. 63-69. – EDN UDHVGR.
  9. Наумов, В. А. Моделирование гибких связей в системах буксировки подводных объектов / В. А. Наумов // Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем (ИКМ МТМТС-2019): Пятая международная научно-практическая конференция. Труды конференции, Санкт-Петербург, 10 июля 2019 года. – Санкт-Петербург: Издательство "Перо", 2019. – С. 119-123. – EDN VVFAHY.
  10. Математические моделирование элементов тралового комплекса / С. П. Голиков, Н. В. Ивановский, С. Г. Черный [и др.] // Водный транспорт. – 2013. – № 2(17). – С. 181-190. – EDN SCKWJX.

#### References

1. Ivanovskaya A. V. Principles of modeling the drive of shipboard lifting equipment / A. V. Ivanovskaya // Bulletin of Kerch State Marine Technological University. - 2023. - № 1. - С. 65-72. - DOI 10.26296/2619-0605.2023.1.1.005. - EDN NPMORQ.
2. Ivanovskaya A. V. Features of dynamic analysis of traction system with finite tension / A. V. Ivanovskaya // Bulletin of Kerch State Marine Technological University. - 2022. - № 1. - С. 37-46. - DOI 10.47404/2619-0605\_2022\_1\_37. - EDN XYFIEM.
3. Mathematical support and hardware implementation of the control tasks of the complex "fishing vessel - fishing gear" / V. Antipov, V. Bobrovich, V. Bolkhovitinov, A. Bolisov // Morskoi Vestnik. - 2011. - № 4(40). - С. 45-49. - EDN OJCZPJ.
4. Karpenko, V.P., Torban, S.S. Mechanization and automation of industrial fishery processes. М.: Ag-ropromizdat, 1990.
5. Dynamics of trawl system / B.A. Altshul, A.L. Friedman. - Moscow : Agropromizdat, 1990. - 237,[3] с. III; 22 cm.; ISBN 5-10-001207-2 (In per.) : 3 p. 50 к.
6. Determination of parameters of boat winches: Methodical instructions / Ministry of Fishery of the USSR, All-Russian Institute of Marine Economy and Oceanography ; [Compiled by Sh.A.Rasulev et al.] - MOSCOW: VNIRO, 1981. - 39 с. : graph. ; 20 cm.
7. Methodology of main parameters selection of shaft winches and operation modes of trawl system / G.A. Traubenberg, S.S. Torban, Sh.A. Rasulev. - Л., 1978. - (Report ; No.2.17)
8. Savotin, D. V. Spatial modeling of trawl system at stationary motion / D. V. Savotin // Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use : Proceedings

- of VI All-Russian Scientific and Practical Conference, Petropavlovsk-Kamchatsky, 24-26 March 2015. Volume Part II. - Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka State Technical University, 2015. - С. 63-69. - EDN UDHVGR.
9. Naumov, V. A. Modeling of flexible links in underwater towing systems / V. A. Naumov // Simulation and Integrated Modeling of Marine Equipment and Marine Transportation Systems (ICM MTMTS-2019) : Fifth international scientific and practical conference. Proceedings of the conference, St. Petersburg, July 10, 2019. - St. Petersburg: Petro Publishing House, 2019. - С. 119-123. - EDN VVFAHY.
10. Mathematical modeling of trawl complex elements / S. P. Golikov, N. V. Ivanovskii, S. G. Cherny [et al.] // Vodnyi transport. - 2013. - № 2(17). - С. 181-190. - EDN SCKWJX.

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

**Тищенко Максим Сергеевич**, ассистент кафедры судовождения и промышленного рыболовства «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»), 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, e-mail; masa.33@mail.ru

**Maksim S. Tishchenko**, professor assistant of Department of Navigation and Industrial Fishing, Kerch State Maritime Technological University, 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation, e-mail: masa.33@mail.ru

**Ивановский Николай Владимирович**, к.т.н., доцент, доцент кафедры судовождения и промышленного рыболовства «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»), 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 inv8@mail.ru

**Nikolai V. Ivanovskii**, PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Navigation and Industrial Fishing, Kerch State Maritime Technological University, 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation, e-mail: inv8@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 21.06.2023; published online 20.12.2023.

## **ВОДНЫЕ ПУТИ, ПОРТЫ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

### **WATERWAYS, PORTS, AND HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS**

УДК 627.4, 574.65

DOI: 10.37890/jwt.vi77.445

#### **Оценка влияния строительства мостового перехода (г. Нижний Новгород) на русловые процессы и устойчивость судового хода в нижнем течении р. Ока**

**А.Н. Ситнов**

*ORCID: 0000-0003-4720-8194*

**Ю.Е.Воронина**

**М.В. Шестова**

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

**Аннотация.** Для проектируемого мостового перехода через р. Ока в г. Нижний Новгород произведена оценка влияния его строительства на устойчивость русла и судового хода. Выполненное математическое моделирование гидродинамики речного потока на исследуемом участке нижнего течения Оки позволило выявить особенности русловых деформаций реки при возведении сооружений моста и создании судоходных прорезей, выполнить их анализ и разработать рекомендации по снижению негативных последствий строительства. Они касаются выбора предпочтительных вариантов очередности этапов строительства и лучшей из рассматриваемых в проекте технологических схем возведения сооружения, рекомендаций по временным периодам производства работ с учетом уровня режима реки и оценке их влияния на нижерасположенные гидротехнические сооружения. Результаты работы предназначены для использования при проектировании и строительстве объекта.

**Ключевые слова:** русловые деформации, математическое моделирование, судоходные условия, гарантированные габариты пути, дноуглубительные работы.

#### **Assessment of the impact of the construction of a bridge crossing (Nizhny Novgorod) on the channel processes and the stability of the navigation in the lower reaches of the Oka river**

**Aleksandr N. Sitnov**

*ORCID: 0000-0003-4720-8194*

**Yulia E. Voronina**

**Marina V. Shestova**

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

**Abstract** For the projected bridge over the river Oka in the city of Nizhny Novgorod, an assessment of the impact of its construction on the stability of the channel and navigation was made. The performed mathematical modeling of the hydrodynamics of the river flow in the studied section of the lower reaches of Oka made it possible to identify the features of the channel deformations of the river during the construction of the bridge and the creation of

navigable slots, to analyze them and develop recommendations to reduce the negative consequences of construction. They relate to the choice of preferred options for the sequence of construction stages and the best of the technological schemes for the construction of the structure considered in the project, recommendations on the time periods for the production of work, taking into account the level regime of the river and the assessment of their impact on the downstream hydraulic structures. The results of the work are intended for use in the design and construction of the facility.

**Keywords:** channel deformations, mathematical modeling, navigation conditions, guaranteed track gauge, dredging.

### Введение

Проектируемый мостовой переход на р. Ока, являющийся четвертой очередью объекта «Дублер проспекта Гагарина в г. Нижний Новгород» окажет определенное влияние на русловые процессы реки и устойчивость судовых ходов. Поэтому целью исследования явилось обоснование оценки такого влияния на речном участке протяженностью 20 км до места впадения Оки в Волгу (рис. 1), а задачи включали решение вопросов, связанных с устойчивостью русла реки, судовых ходов как до строительства моста, так и в периоды строительства и после его окончания.

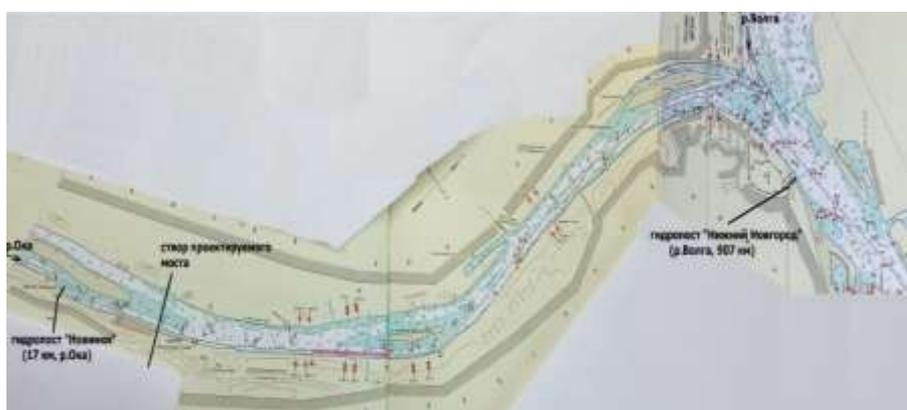


Рис. 1. Ситуационный план исследуемого участка р. Ока

### Исследование влияния строительства мостового перехода на русловые процессы и устойчивость судового хода в нижнем течении р. Ока. Математическое моделирование

Выполненные расчеты с использованием классических подходов оценки устойчивости русел по методам и критериям Ржаницына Н.А., Маккавеева Н.И., Карасева И.Ф., Гришанина К.В. и др. [1,2,3,4,5,6] показали, что русло р. Ока в нижнем течении является достаточно стабильным для выполнения каких-либо русловых работ, в том числе по возведению опор будущего мостового перехода.

Вместе с тем, возведение опор моста приведет к изменению кинематической структуры потока и русловым переформированиям. Для их оценки выполнено математическое моделирование речного потока на участке с построением математических моделей на основе подходов, изложенных в [7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17]. С учетом технологических особенностей строительства моста были созданы и смоделированы 16 расчетных вариантов для восьми моделей (этапов строительства). Модели этапов производства работ приняты в соответствии со схемами строительства моста, а само моделирование произведено при двух уровнях

воды: низком (проектном) с отметкой 63,80 мБС и расходом воды 560 м<sup>3</sup>/с и высоким уровне весеннего половодья с отметкой 66,40 мБС, которому соответствует руслоформирующий расход 2420 м<sup>3</sup>/с. Один из начальных вариантов схемы строительства приведен на рис. 2, последний на рис. 3. Соответственно им созданные модели со второй по четвертую включают удлиненную технологическую площадку у левого берега и последовательность возведения элементов моста от левого берега к правому, а модели с пятой по седьмую рассматривают укороченную технологическую площадку у левого берега и последовательность строительства от правого берега к левому. Первая и восьмая модели характерны для естественного и эксплуатационного (после окончания строительства) состояний.

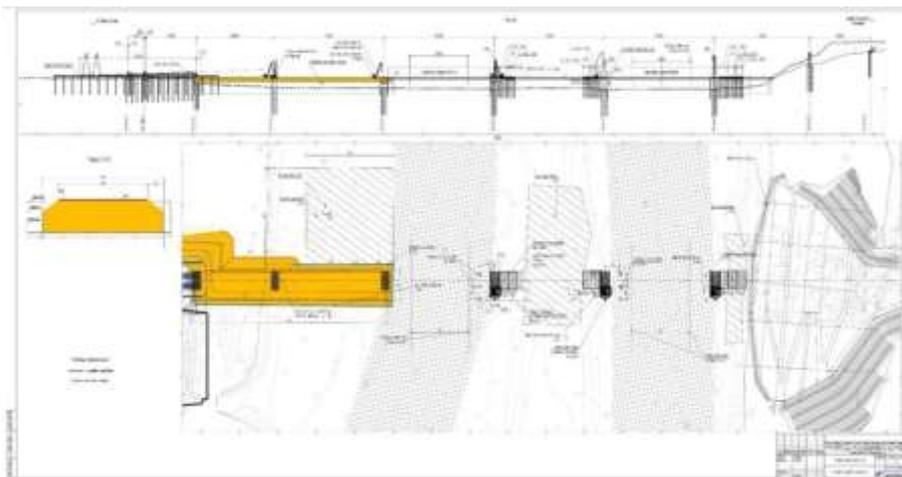


Рис. 2. Схема строительства моста (начальный вариант)

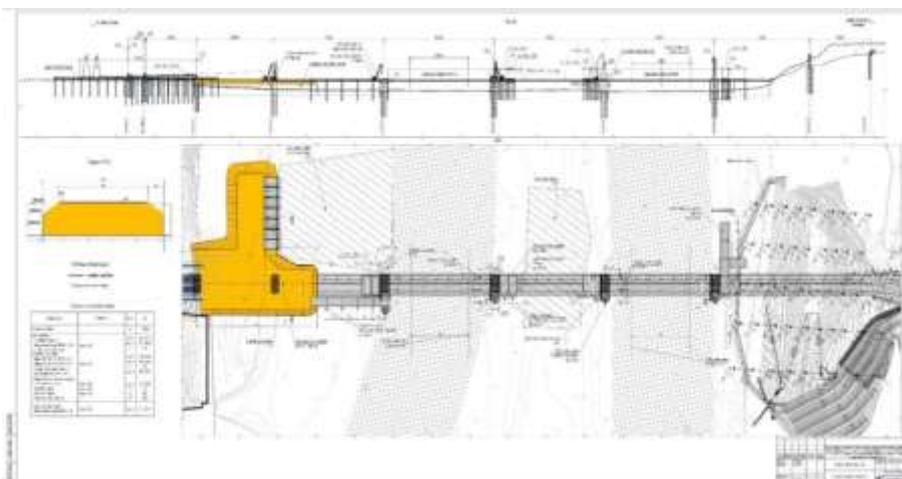


Рис. 3. Схема строительства моста (последний вариант)

Непосредственно в районе проектируемого моста дноуглубительные работы проводились в разные годы в небольших объемах. Однако в период строительства необходима разработка двух судоходных прорезей для поддержания гарантированных габаритов по имеющемуся основному и создаваемому дополнительному судовым ходам, влияние которых учтено в рассматриваемых моделях. Кроме того, ниже створа

Мызинского моста расположен пережат, представляющий большое затруднение для судоходства.

Поэтому для оценки характера и интенсивности изменения русловых процессов в период строительства и после его окончания, в большой степени влияющих на безопасность судоходства в нижнем течении р. Ока, значительное внимание уделено объектам непосредственно ниже створа будущего моста, Мызинскому пережатию и устьевому участку реки, особенности влияния на которых рассмотрены ниже.

Нужно отметить, что влияние технологии возведения опор моста и их наличие сказывается на характере русловых изменений всего исследуемого участка от створа моста до устья Оки, но с разной интенсивностью, которая по мере удаления от створа моста ослабевает и наиболее ярко проявляется непосредственно на близлежащих нижних участках. Здесь находится водозабор водопроводной станции «Малиновая гряда» (АО «Нижегородский водоканал»), которым осуществляется забор воды на 14,15 км от устья реки у правого берега и водозабор ООО «Автозаводская ТЭЦ» в 13,8 км от устья у левого берега (рис. 4).



Рис. 4 - Местоположение водозаборов в районе строительства моста

### Результаты математического моделирования

Анализ результатов моделирования показал, что при низких уровнях воды после начала строительных работ на участке до водозабора «Автозаводская ТЭЦ» начинаются активные русловые деформации. Технологические площадки у левого и правого берегов оказывают на поток воздействие, аналогичное выправительным сооружениям, которые работают как водостеснительные и увеличивают скорости течения в створе моста и ниже его (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение скоростей течения в характерных точках на участке от моста до водозабора «Автозаводская ТЭЦ» (при низких уровнях)**

Расчетная модель	Скорость течения у оголовка водозабора «Малиновая Гряда», м/с	Скорости течения в створе водозабора «Автозаводская ТЭЦ», м/с		
		Оголовок	Прибрежная зона	Максимальная в створе
модель 1 (естественное состояние)	0,31	0,26	0,30	0,30
модель 2	0,80	0,26	0,02	0,50
модель 3	0,66	0,31	0,61	0,80
модель 4	0,50	0,43	0,71	1,00
модель 5	0,12	0,41	0,44	0,47
модель 6	0,47	0,16	0,04	0,46
модель 7	0,36	0,26	0,08	0,34
модель 8 (эксплуатационное состояние)	0,30	0,28	0,10	0,30

Наиболее неблагоприятное влияние оказывает левобережная технологическая площадка, которая перенаправляет поток к правому берегу и способствует образованию локальных зон размыва у правого берега со скоростями течения до 1,0 м/с в районе створа водозабора «Автозаводская ТЭЦ».

Вдоль левого берега в районе расположения створов водозабора «Малиновая Гряда» и «Автозаводская ТЭЦ» формируются вихревые водоворотные зоны с обратным течением. По ширине они практически занимают половину поперечного сечения русла. Причем водозабор «Автозаводская ТЭЦ» оказывается в этой зоне.

В результате стеснения русла скорости течения в районе водозабора «Малиновая Гряда» увеличиваются почти в 2,5 раза до значений 0,8 м/с.

Расчеты показали, что в период строительства между створами водозаборов и ниже их структура потока нарушается и влияет на устойчивость судового хода. В эксплуатационном состоянии после разбора всех стесняющих русло технологических элементов состояние потока на участке стабилизируется. Скорости течения практически восстанавливаются до значений, соответствующих естественному состоянию потока, в том числе в районе водозаборов.

При высоких уровнях также с началом строительных работ активизируются русловые деформации.

Для примера стеснение потока левобережной технологической площадкой существенно меняет его режим в районе и ниже створа будущего мостового перехода, создавая резко выраженное неравномерное движение. В результате вдоль левого берега за этой площадкой формируется вихревая водоворотная зона течений, направленных обратно основному потоку. Граница влияния этой зоны простирается вплоть до створа Мызинского моста. Отличительной особенностью, по сравнению с полученными результатами при низких уровнях воды, является количество формируемых вихрей вдоль левого берега. В рассматриваемой модели образуется один мощный вихрь, валец которого находится между створами водозаборов «Малиновая Гряда» и «Автозаводская ТЭЦ». Он занимает порядка 54% ширины русла (при низких уровнях – до 60%). Струи вихревого потока меняют свое направление на встречное по отношению к направлению потока у левого берега, причем скорости течения здесь возрастают до 1,1 м/с (в 2,2 раза больше, чем при

низких уровнях воды), что будет способствовать развитию боковой эрозии. Этот процесс затронет и створ водозабора «Автозаводская ТЭЦ» (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение скоростей течения в характерных точках на участке от моста до водозабора «Автозаводская ТЭЦ» (при высоких уровнях)**

Расчетная модель	Скорость течения у оголовка водозабора «Малиновая Гряда», м/с	Скорости течения в створе водозабора «Автозаводская ТЭЦ», м/с		
		Оголовок	Прибрежная зона	Максимальная в створе
модель 1 (естественное состояние)	0,66	0,64	0,69	0,71
модель 2	1,46	0,26	1,18	1,48
модель 3	1,38	0,26	0,71	0,93
модель 4	1,54	0,31	1,18	1,21
модель 5	0,28	0,78	0,95	0,95
модель 6	1,12	0,41	0,46	1,05
модель 7	1,12	0,46	0,40	1,01
модель 8 (эксплуатационное состояние)	0,70	0,65	0,53	0,71

В результате стеснения русла левобережной технологической площадкой транзитный поток отклоняется к правому берегу. Сжатие ширины потока происходит на 40%, за счет чего происходит увеличение скоростей течения ниже створа моста в 2,2 раза - до значений 1,46 м/с (в районе водозабора «Малиновая гряда»). Таким образом, ниже створа моста в правобережной части русла формируется локальная зона размыва протяженностью до 1 км, в которую попадает в том числе водозабор «Малиновая Гряда».

Обобщая результаты деформаций на участке при низких и высоких уровнях воды получено, что направленность русловых деформаций в обоих случаях схожи, а отличие заключается в интенсивности происходящих процессов. Отмечается, что возведение укороченной технологической площадки (пирса) у левого берега и начало строительства с возведения технологической площадки у правого берега сопровождается менее интенсивными русловыми процессами и позволяет руслу реки быстрее адаптироваться к новым условиям.

В эксплуатационном состоянии поток в районе участка стабилизируется, в скорости течения восстанавливаются до своих естественных значений, что отражено на рис. 5.



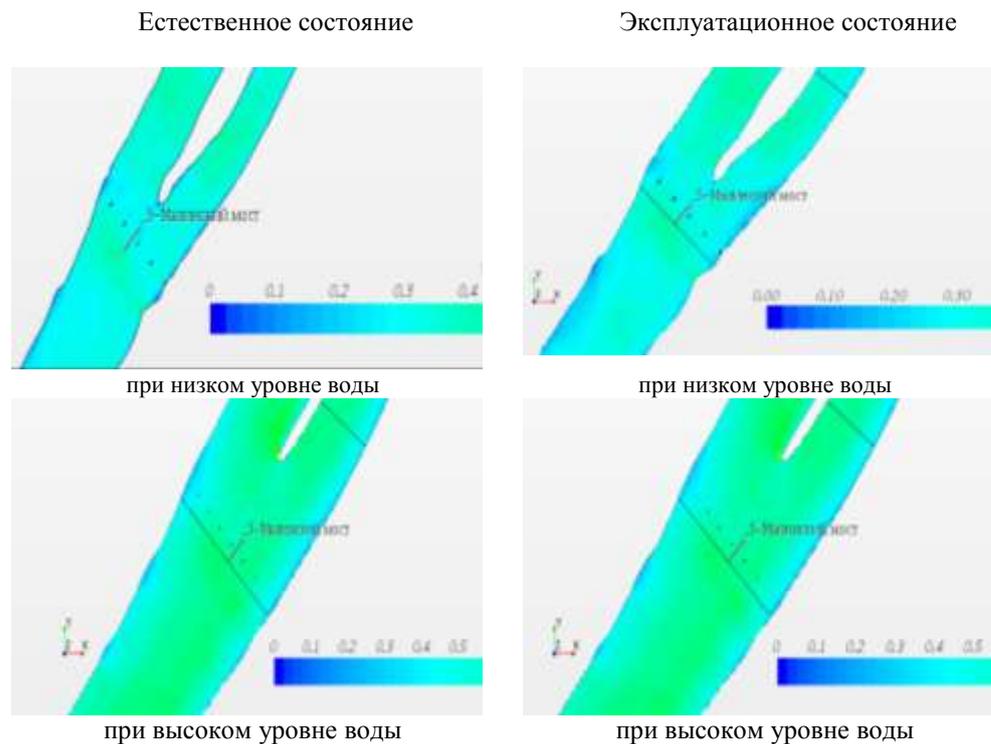


Рис. 6. Векторное отображение кинематической структуры потока в районе опор Мызинского моста г. Н. Новгород

После завершения возведения опор и разбора всех вспомогательных перемычек, технологических площадок и извлечения забитых свай поток более равномерно распределится по рукавам Мызинского узла. Приверх осередка продолжит размываться до возникновения баланса равновесия гидравлико-морфометрической системы, когда площадь живого сечения русла увеличится до параметров, необходимых для уменьшения скоростей потока ниже неразмываемых значений. В ухвостье осередка возникнут майданные течения за счет увеличенных скоростей потока, проходящих по участку в эксплуатационном состоянии. Но серьезных глубинных деформаций в русле не будет наблюдаться, а размыв правого берега у ухвостья осередка за счет длительного действия на него вдольбереговых течений благоприятно скажется на судоходстве в правом рукаве в будущем.

Участок от метромоста до Стрелки является наиболее удаленным от створа будущего мостового перехода. В естественном состоянии на нем основной поток сосредоточен в правом рукаве, сконцентрировавшись вдоль правого закрепленного берега р. Ока (рис.7). Левый берег основного русла у о. Гребневские пески на протяжении всего участка является зоной пониженных скоростей, особенно в районе опор метромоста. Опоры указанного моста играют исключительную роль в этом процессе движения потока, отжимая часть его в несудоходный рукав.

Поведение потока в районе данного участка практически по всем рассматриваемым моделям сопоставимо как с естественными условиями русла до проведения строительных работ, так и с условиями после ввода в эксплуатацию будущего моста. А в эксплуатационном состоянии линии тока максимальных скоростей перенаправятся в сторону существующего судового хода в правом рукаве, делая его более устойчивым к русловым деформациям. Вдольбереговые

вихреобразные течения у правого берега будут вымывать на участке наносы и переносить их вниз по течению. Тем самым медленно, но последовательно улучшая ситуацию с глубинами на подходах к причалам речного вокзала.

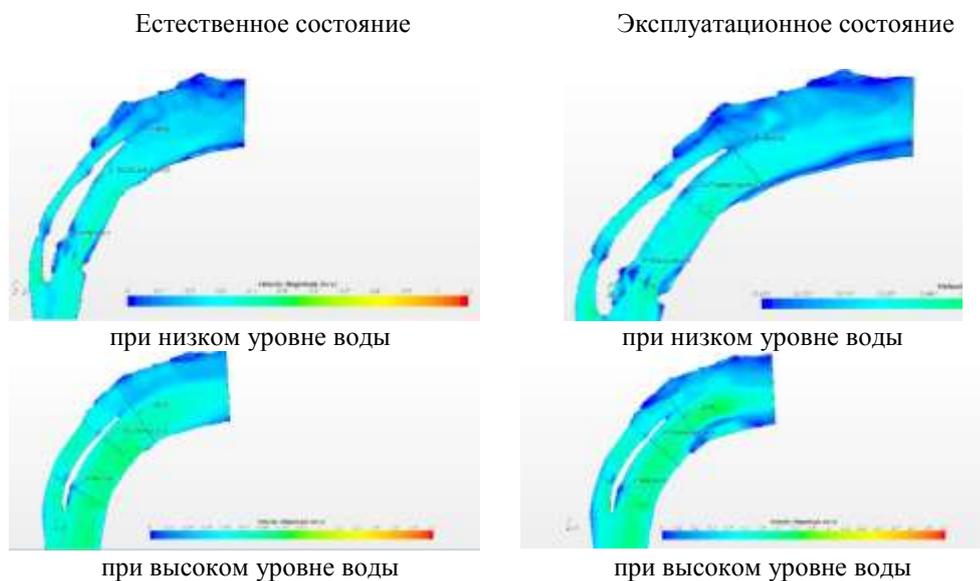


Рис. 7. Участок в районе створа метромоста до Стрелки

#### **Результаты исследований и выводы**

Результаты выполненного анализа русловых переформирований и устойчивости судового хода на исследуемом участке от створа мостового перехода до устья р. Ока использованы для разработки предложений по снижению негативных последствий строительства моста.

На основе результатов выполненных исследований сделаны основные выводы:

- влияние технологии возведения опор моста и их наличие сказывается на характере русловых изменений всего исследуемого участка от створа моста до устья Оки, но с разной интенсивностью, которая по мере удаления от створа моста ослабевает и наиболее ярко проявляется непосредственно на близлежащих нижних участках;
- характер и направленность русловых деформаций при высоких и низких уровнях воды идентичны. Отличие заключается в интенсивности протекающих русловых переформирований: при высоких уровнях воды интенсивность переформирований выше, чем при низких;
- водозаборы ниже створа мостового перехода оказываются в неблагоприятных условиях эксплуатации, так как находятся в зоне активных русловых деформаций. Однако, после разбора всех технологических площадок и сооружений (после окончания строительных работ), состояние русла в их зоне возвращается к своему естественному состоянию;
- ниже Мызинского моста влияние строительных работ минимально. Наблюдается лишь изменение русловых процессов, связанных с повышением уровня воды, которое наступает ежегодно в естественных условиях.

### **Заключение и рекомендации**

Учитывая полученные при моделировании результаты сделаны следующие рекомендации по снижению негативных последствий строительства моста:

- наиболее благоприятной по своему влиянию на гидравлику потока является модель с укороченной левобережной технологической площадкой. Чем она короче, тем меньшее влияние она оказывает на русловые деформации;
- максимальное двустороннее стеснение русла должно происходить при низких уровнях воды, в межень и по возможности носить кратковременный характер;
- наиболее предпочтительным вариантом последовательности этапов строительства является начало возведения технологической площадки у правого берега с дальнейшим возведением элементов моста к левому берегу;
- все строительные работы целесообразно вести совместно с дноуглубительными, чтобы не спровоцировать значительные негативные русловые деформации при максимальном стеснении русла р. Ока и любых уровнях воды.

Таким образом, строительство нового моста на р. Ока с проведением комплекса дноуглубительных работ в период строительства окажет влияние как на поведение потока, так и на русловые деформации в характерных участках судового хода ниже створа мостового перехода. Однако предпочтительная в соответствии с расчетами и рекомендациями очередность возведения технологических сооружений, временной аспект выполнения работ, в также разбор вспомогательных строительных конструкций после возведения опор практически полностью восстановят естественный ход русловых процессов р. Ока с сохранением и даже частичным улучшением необходимых условий судоходства на ряде проблемных участков пути. Результаты работы предназначены для использования при проектировании и строительстве объекта.

### **Список литературы**

1. Гришанин, К.В. Водные пути / К.В. Гришанин, В.В. Дегтярев, В.М.Селзнев. – М.: Транспорт, 1986. – 400 с.
2. Руководство по изысканиям и анализу руслового процесса на затруднительных участках свободных рек / Главное управление водных путей и гидротехнических сооружений Минречфлота РСФСР. – М.: Транспорт, 1981. – 36 с.
3. Чернышов Ф.М. Пути повышения эффективности дноуглубительных и выправительных работ на судоходных реках.// Труды гидротехники, вып. XXVIII./ Ф.М. Чернышов – Новосибирск, 1968. – С. 122–142.
4. Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках.// С. Петербург, 1992. – 312 с.
5. Отчет о научно-исследовательской работе. Переработать руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек (заключительный).// Л.: ЛИВТ, 1990. - 418 с.
6. Руководство по методам расчета планирования и оценки эффективности путевых работ на свободных реках.// М.: Транспорт, 1978. – 104 с.
7. Липатов И.В. Гидродинамика речных потоков и ее влияние на эксплуатационные параметры судоходных гидротехнических сооружений (Монография) - Н.Новгород, изд. ВГУВТ, 2006. - 106 с.
8. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
9. Launder, B.E., and Spalding, D.B. 1974. 'The numerical computation of turbulent flows', *Comp. Meth. in Appl. Mech. and Eng.*, 3, pp. 269-289.

10. Rodi, W. 1979. 'Influence of buoyancy and rotation on equations for turbulent length scale', Proc. 2nd Symp. on Turbulent Shear Flows.
11. El Tahry, S.H. 1983. 'k-ε equation for compressible reciprocating engine flows', *AIAA J. Energy*, 7, No. 4, pp. 345–353.
12. Gutachten über die seitliche Einleitung von Überschuswasser in den Einfahrtsbereich der Schleuse Nürnberg. Кастен Торенц, Липатов И.В. - Карлсруэ - Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) -Nr. 3.03.10043.00 – Dezember 2003.
13. Schlichting, H. "Boundary Layer Theory". 6th Edition, McGraw-Hill, New York. 1968.
14. H. Jin and R. I. Tanner, "Generation of Unstructured Tetrahedral Meshes by Advancing Front Technique", *Int. J. Numer. Methods Eng.*, 36, 1805-1823 (1993).
15. R. Lohner and P. Parikh, "Generation of Three Dimensional Unstructured Grids by the Advancing-Front Method", *Int. J. Numer. Methods Fluids*, 8, 1135-1149 (1988).
16. J. Peraire, J. Peiro, L. Formaggia, K. Morgan and O. C. Zienkiewicz, "Finite Element Euler Computations in Three Dimensions", *Int J. Numer. Methods Eng.*, 26, 2135-2159 (1988).
17. Воронина, Ю.Е. Методические подходы оценки заносимости перекатов нижнего бьефа Нижегородской ГЭС и их влияние на обеспечение судоходных глубин участка // Научные проблемы водного транспорта №72(3) – 2022 / Ю.Е.Воронина. – 2022, с.198

### References

1. Grishanin, K.V. Waterways / K.V. Grishanin, V.V. Degtyarev, V.M. Seleznev. - M.: Transport, 1986. - 400 p.
2. Guidance on surveys and analysis of the channel process in difficult sections of free rivers / Main Directorate of Waterways and Hydraulic Structures of the Minrichflot of the RSFSR. - M.: Transport, 1981. - 36 p.
3. Chernyshov F.M. Ways to improve the efficiency of dredging and straightening operations on navigable rivers.//Proceedings of hydraulic engineering, no. XXVIII./ F.M. Chernyshov - Novosibirsk, 1968. - S. 122-142.
4. Guidelines for improving navigation conditions on free rivers.// St. Petersburg, 1992. - 312 p.
5. Research report. To revise the guidelines for the design of a radical improvement in navigation conditions in difficult sections of free rivers (final). // L. : LIVT, 1990. - 418 p.
6. Guidelines on methods for calculating planning and evaluating the effectiveness of track work on free rivers.// M.: Transport, 1978. - 104 p.
7. Lipatov I.V. Hydrodynamics of river flows and its influence on the operational parameters of navigable hydraulic structures (Monograph) - N. Novgorod, ed. VGUVT, 2006. - 106 p.
8. Patankar S. Numerical methods for solving problems of heat transfer and fluid dynamics / Per. from English. – M.: Energoatomizdat, 1984. – 152 p.
9. Launder, B.E., and Spalding, D.B. 1974. 'The numerical computation of turbulent flows', *Comp. Meth. in Appl. Mech. and Eng.*, 3, pp. 269-289.
10. Rodi, W. 1979. 'Influence of buoyancy and rotation on equations for turbulent length scale', Proc. 2nd Symp. on Turbulent Shear Flows.
11. El Tahry, S.H. 1983. 'k-ε equation for compressible reciprocating engine flows', *AIAA J. Energy*, 7, No. 4, pp. 345–353.
12. Gutachten über die seitliche Einleitung von Überschuswasser in den Einfahrtsbereich der Schleuse Nürnberg. Кастен Торенц, Липатов И.В. - Карлсруэ - Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) -Nr. 3.03.10043.00 – Dezember 2003.
13. Schlichting, H. "Boundary Layer Theory". 6th Edition, McGraw-Hill, New York. 1968.
14. H. Jin and R. I. Tanner, "Generation of Unstructured Tetrahedral Meshes by Advancing Front Technique", *Int. J. Numer. Methods Eng.*, 36, 1805-1823 (1993).
15. R. Lohner and P. Parikh, "Generation of Three Dimensional Unstructured Grids by the Advancing-Front Method", *Int. J. Numer. Methods Fluids*, 8, 1135-1149 (1988).
16. J. Peraire, J. Peiro, L. Formaggia, K. Morgan and O. C. Zienkiewicz, "Finite Element Euler Computations in Three Dimensions", *Int J. Numer. Methods Eng.*, 26, 2135-2159 (1988).

17. Voronina Yu.E. Methodological approaches to assessing the drift in the tailwaters of the Nizhny Novgorod HPP and their impact on ensuring the navigable depths of the site // Scientific problems of water transport No. 72 (3) - 2022 / Yu.E. Voronina. – 2022, p.198

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

**Ситнов Александр Николаевич** профессор, д.т.н., зав. кафедрой водных путей и гидротехнических сооружений Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: stnv1952@rambler.ru

**Aleksandr N. Sitnov** professor, doctor of technical sciences, head of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

**Воронина Юлия Евгеньевна** доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: yulez@yandex.ru

**Yulia E. Voronina** Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

**Шестова Марина Вадимовна** доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: shestowam@yandex.ru

**Marina V. Shestova** Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 27.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 27.06.2023; published online 20.12.2023.

**Научные проблемы  
водного транспорта**

**Russian Journal of Water  
Transport**

**№77(4), 2023**

Формат бумаги 70x180 1/16. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 17,81. Уч.-изд. л. 24,94.  
Заказ 175. Тираж 500.

Федеральное агентство морского и речного транспорта.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса ФГБОУ ВО «ВГУВТ». Адрес 603951, Российская Федерация, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Свободная цена

Подписной индекс в каталоге  
Агентства "Книга-Сервис"  
70191

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Свидетельство ПИ № ФС77-77658 от 17 января 2020 г.

Адрес редакции и издателя:  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5

Управление научных исследований  
и инновационной деятельности  
© ВГУВТ, 30.12.2023

Научные проблемы водного транспорта № 77 (4) 2023