

## НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

*Научный журнал*

Учредитель журнала  
Сибирский Государственный  
Университет Водного Транспорта

Журнал выходит  
на русском языке с 2002 года

Периодичность – 4 выпуска в год

*Журнал широкой научной тематики:*

- Эксплуатация и экономика транспорта
- Путь. Путевое хозяйство
- Судовождение
- Теплоэнергетика
- Электроэнергетика
- Экология
- Транспортное образование

Редакционная коллегия:

**Бернацкий Анатолий Филлипович** – докт. техн. наук, профессор кафедры Строительного производства Новосибирского государственного университета архитектуры, дизайна и искусств

**Гладков Геннадий Леонидович** – докт. техн. наук, профессор кафедры Водных путей и водных изысканий Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова

**Бунеев Виктор Михайлович** – докт. экон. наук, профессор, заведующий кафедрой Управления работой флота Сибирского государственного университета водного транспорта

**Иванова Елена Васильевна** – докт. техн. наук, профессор кафедры Электроэнергетических систем и электротехники Сибирского государственного университета водного транспорта

**Манусов Вадим Зиновьевич** – докт. техн. наук, профессор кафедры Электроэнергетических систем Новосибирского государственного технического университета

**Сальников Василий Герасимович** – докт. техн. наук, профессор кафедры Электроэнергетических систем и электротехники Сибирского государственного университета водного транспорта

**Сичкарев Виктор Иванович** – докт. техн. наук, профессор кафедры Судовождения Сибирского государственного университета водного транспорта

## NAUCHNYE PROBLEMY TRANSPORTA SIBIRI I DAL'NEGO VOSTOKA

*Science Magazine*

The founder of the journal  
Siberian State University  
of Water Transport

The magazine is published  
in Russian in 2002

Frequency – 4 issues per year

*Science magazine with the headings:*

- Transport operation and economics
- Infrastructure of transport routes
- Management and maintenance of means of transport
- Heat power industry
- Electric power industry
- Ecology
- Transport Education

Editorial team:

**Anatolii Bernatskii** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Construction Industry in Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts

**Gennady Gladkov** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Waterways and Water Surveys of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

**Victor Buneev** – Doctor of Economic Sciences, Professor at the Department of Fleet Management in Siberian State University of Water Transport

**Elena Ivanova** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Electric Power Systems and Electric Engineering in Siberian State University of Water Transport

**Vadim Manusov** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Electric Power Systems in Novosibirsk State Technical University

**Vasilii Sal'nikov** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Electric Power Systems and Electric Engineering in Siberian State University of Water Transport

**Victor Sichkarev** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Navigation in Siberian State University of Water Transport

## ABOUT THE JOURNAL

### Редакция журнала

#### *Главный редактор*

**Палагушкин Борис Владимирович**,  
докт. техн. наук, профессор

#### *Заместители главного редактора:*

**Бик Юрий Игоревич**,  
докт. техн. наук, профессор

#### **Барановский Александр Михайлович**

докт. техн. наук, профессор

#### **Горелов Сергей Валерьевич**,

докт. техн. наук, профессор

#### Межрегиональный редакционный совет:

**Малов Владимир Юрьевич** – докт. экон. наук,  
профессор Института экономики и организации  
промышленного производства СО РАН  
(г. Новосибирск)

**Черемисин Василий Титович** – д-р техн. наук,  
профессор Омского государственного  
университета путей сообщения (г. Омск)

**Худоногов Анатолий Михайлович** – докт. техн.  
наук, профессор Иркутского государственного  
университета путей сообщения (г. Иркутск)

**Кича Геннадий Петрович** – докт. техн. наук,  
профессор Морского государственного  
университета имени адмирала  
Г.И. Невельского» (г. Владивосток)

### The editorial staff

#### *Editor in Chief*

**Boris Palagushkin**  
Doctor of Technical Sciences, Prof.

#### *Deputy chief editor:*

**Yurii Bik**  
Doctor of Technical Sciences, Prof.

#### **Aleksandr Baranovskii**

Doctor of Technical Sciences, Prof.

#### **Sergei Gorelov**

Doctor of Technical Sciences, Prof.

#### Interregional editorial board:

**Vladimir Malov** – Doctor of Economic Sciences,  
Prof. of Institute of Economics and Industrial  
Engineering of  
SB RAS (Novosibirsk)

**Vasilii Cheremisin** – Doctor of Technical  
Sciences, Prof. of  
Omsk State Transport University (Omsk)

**Anatolii Hudonogov** – Doctor of Technical  
Sciences, Prof. of  
Irkutsk State Transport University (Irkutsk)

**Gennadii Kicha** – Doctor of Technical Sciences,  
Prof. of Maritime State University named  
after admiral G.I.Nevelskoi (Vladivostok)



## СИСТЕМА КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ СУДОХОДНЫХ КОМПАНИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.М. Бунеев, Е.Ю. Марченко

### THE SYSTEM OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF SHIPPING COMPANIES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

Viktor M. Buneev (D. of in Economic Sciences, Prof. of SSUWT)

Ekaterina Yu. Marchenko (Graduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** In modern economic conditions, enterprises and organizations in their activities are forced to take into account the impact of competition in the market for goods and services. The solution to this problem can be seen in the development and implementation of a system of competitive advantages. Competitive advantages can be achieved mainly through own reserves. The relevance of the chosen topic lies in the fact that the ultimate goal of any enterprise is to win the competition. Not a one-time, not an accidental victory, but as a natural result of the constant and competent efforts of the enterprise. Whether it is achieved or not - it all depends on the competitiveness of the enterprise, i.e. on how much it is better compared to analogues - products and services of other enterprises.

**Keywords:** shipping company, competitive advantages, rationale, methods

В современных экономических условиях предприятия и организации в своей деятельности вынуждены учитывать влияние конкуренции на рынке товаров и услуг. Решение этой проблемы можно увидеть в разработке и реализации системы конкурентных преимуществ. Конкурентные преимущества, могут быть достигнуты в основном за счет собственных резервов.

**Введение.** Актуальность выбранной темы заключается в том, что конечная цель любого предприятия – победа в конкурентной борьбе. Не разовая, не случайная победа, а как закономерный итог постоянных и грамотных усилий предприятия. Достигается она или нет – все зависит от конкурентоспособности предприятия, т.е. от того, насколько оно лучше по сравнению с аналогами – продукцией и услугами других предприятия.

Конкуренция на рынке товаров и услуг в современных экономических условиях является обязательным компонентом отношений между хозяйствующими субъектами. В связи с этим предприятия и организации вынуждены не только учитывать влияния этого фактора на результаты своей деятельности, но и принимать соответствующие меры реагирования для обеспечения собственной конкурентоспособности. В качестве таковых нами рассмотрена система конкурентных преимуществ. Предложена схема её формирования (рис. 1), в соответствии с которой конкурентные преимущества разрабатываются на основе принятой стратегии поведения предприятия на рынке.

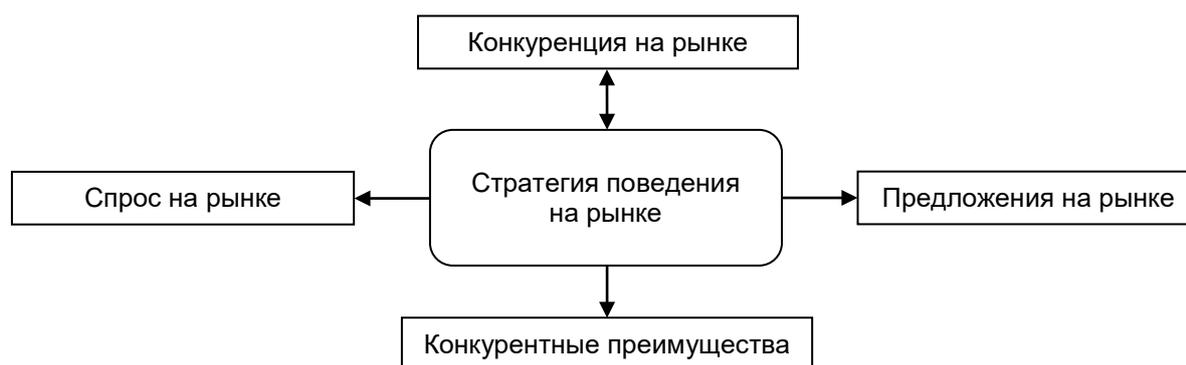


Рисунок 1 – Схема формирования системы конкурентных преимуществ

Несмотря на особенности транспортного производства, эта схема применима и на речном транспорте в судоходных компаниях. Кроме того, для обеспечения мобильности в принятии и реализации решений, их корректировке и регулирования при поступлении оперативной информации об изменениях во внешней среде необходима система управления транспортным процессом и реализацией конкурентных преимуществ (рис. 2).



Рисунок 2 – Взаимодействие основных внутренних элементов в судоходной компании

Проблеме разработки и реализации стратегии поведения на рынке посвящены работы отечественных и зарубежных авторов. Наше внимание привлекли работы американского учёного-экономиста Майкла Е. Портера, который предложил матрицу конкурентных стратегий. Выделены три ключевых стратегии: [6]

- ценовое лидерство – это минимизация издержек производства, когда фирма добивается самого низкого уровня расходов и может позволить реализацию своей продукции по более низкой цене, что способствует увеличению своего присутствия на рынке;
- дифференциация – лидерство фирмы за счет специализации в производстве продукции высокого качества, но несмотря на достаточно высокую цену покупатели его выбирают;
- лидерство в нише – фиксация сегмента рынка и концентрация усилий фирмы на нем, достаточная потребность в определенном продукте, при этом фирма должна стремиться к снижению издержек, либо проводить политику специализации, а также возможны эти два подхода.

На основании данных рекомендаций определение и выбор стратегии для конкретной фирмы осуществляется посредством общей оценки действующих факторов внутренней и внешней среды предприятия, определяется позиция стратегические цели и миссия [2,3]. В качестве таковых исследованы спрос и предложения (рис. 1) на рынке транспортных услуг водных бассейнов Сибири. Установлено, что основную структуру спроса составляют массовые грузы (минерально-строительные материалы собственной добычи, гравий, щебень, шлак, лесные и другие грузы), оборудование и машины, нефтепродукты.

Современные предприятия водного транспорта организованы в результате приватизации и акционирования речных пароходств, портов, ремонтно-эксплуатационных баз, судоремонтно-судостроительных баз и других предприятий. Техническая оснащенность их не отличается: имеют однотипный флот (буксирный – 1741, 1741А, Р-33, Р33ЛТ, Р-14А; сухогрузные несамоходные суда – Р-56, Р-29, 16800 и др.), а также плавучие и береговые краны. Из этого следует, что не одно из водных предприятий не имеет преимуществ в технической оснащённости, исключение – крупные судоходные компании: Томская судоходная компания; Обь-Иртышское речное пароходство; «Северречфлот»; Тобольский, Сургутский и Салехардский речные порты; Енисейское речное пароходство; Красноярский, Лесоосибирский и Дудинский порты, а также наиболее крупные предприятия Ленского бассейна. Их преимущества проявляется в количестве флота на балансе.

Конкурентные преимущества, в основном, могут быть достигнуты за счет реализации собственных резервов.

**Материалы и методы.** Процесс разработки и принятия решения при формировании системы конкурентных преимуществ достаточно сложный и трудоемкий. Основой методического инструментария решения задач в составе исследуемой проблемы являются теоретические предпосылки и методологические предпосылки (рис. 3).

Основные методологические принципы:

- научная обоснованность;
- комплексность и системность исследования рассматриваемой проблемы.

Это означает рассмотрение широкого комплекса задачи системы технических, экономи-

ческих компонентов, организационных и технологических, функционирующих на основе взаимодействия и соподчинения единой цели.

В состав методического инструментария решения комплекса задач входят и другие не менее значимые элементы (рис. 3): способы и методы, алгоритмы и методики.

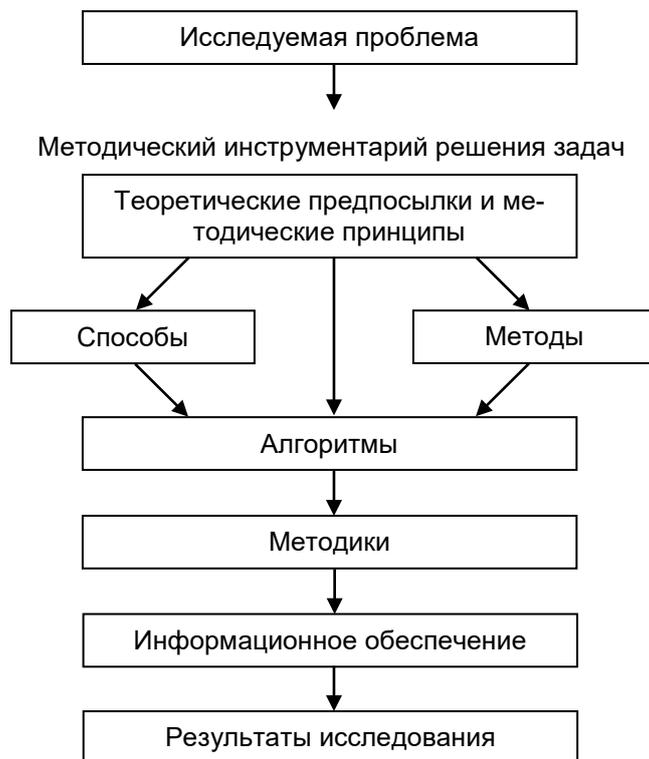


Рисунок 3 – Структура методического инструментария решения задач

На предприятиях водного транспорта при решении эксплуатационных задач достаточно широко используется метод перебора вариантов. В сочетании с многолетней практикой управления транспортным процессом он позволяет учесть конкретные условия эксплуатации и всю совокупность факторов, которые влияют на результат решения задачи. Поэтому полученный вариант решения может быть близок к оптимальному с точки зрения его обоснованности. Однако в силу присущих этому методу недостатков применение его ограничено.

Современная теория разработки оптимальных решений включает как необходимый и естественный элемент модели и методы математического программирования: параметрическое, линейное, нелинейное, целочисленное и динамическое.

Методы же параметрического программирования применяются для решения линейных задач, в которых отдельные параметры (ресурсы, показатели использования, критерии эффективности) изменяются в определенном диапазоне. На водном транспорте для оптимизации расстановки по линиям пассажирского и грузового и пассажирского флота в условиях неопределенности объема перевозок, нестабильности грузовых и пассажирских потоков, вероятностном характере эксплуатации флота и перегрузочных машин используется параметрическое программирование. [11-14]

Целочисленное программирование используется для решения линейных задач, искомого неизвестного которых в оптимальном плане должно быть выражено целыми числами. Данное дополнительное ограничение налагается при расчете оптимального плана формирования составов, разработке плана обновления технических средств, распределения нефтеперекачивающих станций по пунктам выгрузки и т.д.

Нелинейное программирование применяется для решения задач, в которых критерий оптимальности и ограничивающие условия выражаются нелинейными зависимостями от переменных. Эти методы применяются обусловлено обстоятельствами, при которых нельзя пренебречь нелинейностью зависимостей, например, оптимизация основных параметров составов и судов, разработка инвестиционных проектов, обоснование оптимальной программы формирования технических средств, и др.

Принятие и разработка оптимальных решений с помощью методов математического программирования выполняется последовательно, в несколько этапов:

- постановка задачи на основе анализа действующих факторов и взаимосвязи между ними;
- формирование матрицы исходных данных, в составе которых расчетные эксплуатационно-экономические показатели использования технических средств и оценка имеющихся ресурсов;
- математическая формализация задачи с разработкой системы уравнений и неравенств по условиям задачи;
- выбор численного метода решения задачи для получения оптимального плана с минимальными затратами труда и времени;
- оптимизация плана использования ресурсов. [15]

**Результаты.** Реализация методического инструментария принятия и разработки решений в системе конкурентных преимуществ осуществляется поэтапно, учитывая современные реалии эксплуатационной деятельности судоходных компаний, условия судоходства и осуществление перевозок, в качестве конкурентных преимуществ следующие технологические, технические и организационно-экономические мероприятия:

- 1) эксплуатация на направлениях перевозок, являющихся основными, и участках работы рациональных типов судов и составов;
- 2) реализация научно-обоснованной стратегии для использования флота, учитывая оценку факторы риска, вызывающиеся вероятностным характером изменения глубины судового хода, нестабильностью грузовых потоков и других;
- 3) разработка и внедрение энергосберегающих технологий работы буксирного флота, на основе рационализации режимов движения типовых составов;
- 4) совершенствование перевозки грузов, основывающихся на внедрении логистических технологий;
- 5) расширение сферы деятельности за счёт оказания логистических услуг и сервиса;
- 6) реализация и разработка воднотранспортных систем доставки грузов;
- 7) внедрение новых материалов и технологий в техническом обслуживании флота и судоремонте;
- 8) рационализация организационных структур управления судоходной компанией;
- 9) совершенствование маркетинговой деятельности и системы менеджмента;
- 10) совершенствование информационно-телекоммуникационной системы в менеджменте судоходной компании и разработка информационных технологий.

При разработке и принятии решения по эксплуатации оптимальных типов составов на основных направлениях маршрутных перевозок учтены факторы риска: нестабильность грузовых потоков и вероятностный характер изменения габаритов судового хода. По результатам оптимизации выявлено, что эксплуатация на участке Тобольск – Селиярово – Тобольск предпочтение отдаётся составу 1741А+2Х16800 (442,6 руб/т) по сравнению с 1741А+2ХР-56 (435,5 руб/т) и 1741А+2ХР-29 (485,6 руб/т).

В Ленском бассейне в качестве оптимальных рекомендованы составы: Р-33АТ+2ХР-56 и 1741А+2ХР-56 на самых востребованных для судоходства участках (Осетрово-Якутск: Джебарики-Хая – устье реки Алдан – Якутск и др.). При эксплуатации составов с баржами проекта 16800 себестоимость перевозок выше на 10-15% по сравнению с предыдущими.

В качестве объекта исследования рассмотрено ООО «СК Якутск».

Задача «рационализация режимов эксплуатации работы судовых двигателей и движения буксиров-толкачей с типовыми составами» реализуется с помощью разработанной в ФГБОУ ВО «СГУВТ» методики. При использовании методики снижается число оборотов судового двигателя при движении типового состава вниз до уровня, не превышающего 30% номинального значения, позволяет снизить расходы на топливо и, соответственно, себестоимость перевозок.

Выявлено, что при работе судовых двигателей на пониженных оборотах (не более 30%) себестоимость перевозок снижается на 11%-13% на основании экономии топлива. Время ходовое увеличится на 8%-9%, а провозная способность флота снижается на 2%-3%. На направление Осетрово – Якутск – Осетрово альтернативно можно идти на одном работающем двигателе. Снижение себестоимости перевозок здесь произойдет на 11%. При этом, движение на одном двигателе поочередно позволяет увеличить моторесурс каждого из них.

**Выводы.** Деятельность судоходных компаний и других предприятий водного транспорта в условиях современных экономических реалий осуществляется под влиянием определенной доли неопределённости и риска и обусловлены случайным воздействием объектив-

ного и субъективного характера, в частности, нестабильностью ситуации конъюнктуры рынка транспортных услуг и вероятностным характером колебания глубин судового хода. Величина уровня риска измеряется двумя показателями: средневзвешанное значение принятого критерия эффективности при обосновании управленческих решений и степень отклонения ожидаемого его значения от средней величины. Такая оценка в математической статистике производится путём сопоставления дисперсии и среднеквадратичного отклонения. В качестве критерия обычно используется показатель прибыли, а риск характеризуется оценкой вероятностной величины максимального и минимального отклонения его значений. При этом, чем больше диапазон между этими величинами, тем выше степень риска. Выбор решения сводится к сопоставлению показателей: «ожидаемая прибыль – риск» по каждому из альтернативных решений. При этом учитывается склонность к риску или её отсутствие у того, кто осуществляет выбор. В первом случае предпочтение отдается варианту с большим риском и максимальной ожидаемой прибылью, а во втором – с минимальным риском.

Оказывая преимущество решениям с большим или меньшим риском, необходимо брать во внимание также величину ожидаемой прибыли, поскольку риск характеризует только ожидаемое отклонение значения будущей прибыли от ожидаемой. Для оптимального выбора на основе анализа соотношения «ожидаемая прибыль – риск» с учетом склонности или не склонности к риску может использоваться функция рискового предпочтения [1]. В качестве критерия оценки эффективности могут быть использованы и другие показатели: эксплуатационные расходы, доходы, полные экономические затраты, ЧДД и другие.

Актуальность формирования системы конкурентных преимуществ судоходной компании обусловлена влиянием рыночных факторов на результаты её деятельности, стремлением к устойчивости положения на региональном рынке транспортных услуг, обеспечению стабильности функционирования и развития. Разработанный методический инструментальный решения задач может применяться на практике при организации перевозок и работы флота, повышения качества и эффективности транспортных услуг. Научная значимость авторских разработок состоит в развитии методического инструментария эксплуатационно-экономического обоснования на водном транспорте, адаптации методов математического программирования к решению эксплуатационных задач, в том числе системы конкурентных преимуществ при реализации принятой стратегии поведения на рынке транспортных услуг. Полученные результаты реализации методических разработок в условиях Обь-Иртышского и Ленского бассейнов свидетельствуют об успешности их применения и эффективности принятых конкретных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 J. Hong, Transport and the location of foreign logistics firms: the Chinese experience, *Transport. Res. Pol. Pract.*, 41 (6) (2007), doi: 10.1016/j.tra.2006.11.004.
- 2 H. Tanaka, A.Okada, Effects of market-based measures on a shipping company: Using an optimal control approach for long-term modeling, *Research in Transportation Economics*, (2019), doi: 10.1016/j.retrec.2019.01.006.
- 3 D.J. Teece, Strategies for managing knowledge assets: the role of firm structure and industrial context, *Long Range Planning*, 33 (2000), doi: 10.1016/S0024-6301(99)00117-X.
- 4 P.M. Wright, B.B. Dunford, S.A. Snell, Human resources and the resource based view of the firm, *Journal of Management*, 27 (2001), doi: 10.1016/S0149-2063(01)00120-9.
- 5 B. Slack, «Containerization, inter-port competition, and port selection», *Marit. Pol. Manag.*, 12 (4) (1985), pp. 293-303.
- 6 J.B. Barney, Resource-based theories of competitive advantage: a ten-year retrospective on the resource-based view, *Journal of Management*, 27 (2001), doi: 10.1016/S0149-2063(01)00115-5.
- 7 N.J. Foss, The resource-based perspective: an assessment and diagnosis of problems, *Scandinavian Journal of Management*, 14 (3) (1998), doi: 10.1016/S0956-5221(97)00030-4.
- 8 G.T. Hult, D.J. Ketchen, M. Arrfelt, Strategic supply chain management: improving performance through a culture of competitiveness and knowledge development, *Strategic Management Journal*, 28 (10) (2007), doi: 10.1002/smj.627.
- 9 E.-S. Lee, D.-W. Song, Knowledge management for maritime logistics value: discussing conceptual issues, *Maritime Policy and Management*, 37 (6) (2010), doi: 10.1080/03088839.2010.514959.
- 10 E.-S. Lee, D.-W. Song, The effect of shipping knowledge and absorptive capacity on organizational innovation and logistics

REFERENCES

- 1 J. Hong, Transport and the location of foreign logistics firms: the Chinese experience, *Transport. Res. Pol. Pract.*, 41 (6) (2007), doi: 10.1016/j.tra.2006.11.004.
- 2 H. Tanaka, A.Okada, Effects of market-based measures on a shipping company: Using an optimal control approach for long-term modeling, *Research in Transportation Economics*, (2019), doi: 10.1016/j.retrec.2019.01.006.
- 3 D.J. Teece, Strategies for managing knowledge assets: the role of firm structure and industrial context, *Long Range Planning*, 33 (2000), doi: 10.1016/S0024-6301(99)00117-X.
- 4 P.M. Wright, B.B. Dunford, S.A. Snell, Human resources and the resource based view of the firm, *Journal of Management*, 27 (2001), doi: 10.1016/S0149-2063(01)00120-9.
- 5 B. Slack, «Containerization, inter-port competition, and port selection», *Marit. Pol. Manag.*, 12 (4) (1985), pp. 293-303.
- 6 J.B. Barney, Resource-based theories of competitive advantage: a ten-year retrospective on the resource-based view, *Journal of Management*, 27 (2001), doi: 10.1016/S0149-2063(01)00115-5.
- 7 N.J. Foss, The resource-based perspective: an assessment and diagnosis of problems, *Scandinavian Journal of Management*, 14 (3) (1998), doi: 10.1016/S0956-5221(97)00030-4.
- 8 G.T. Hult, D.J. Ketchen, M. Arrfelt, Strategic supply chain management: improving performance through a culture of competitiveness and knowledge development, *Strategic Management Journal*, 28 (10) (2007), doi: 10.1002/smj.627.
- 9 E.-S. Lee, D.-W. Song, Knowledge management for maritime logistics value: discussing conceptual issues, *Maritime Policy and Management*, 37 (6) (2010), doi: 10.1080/03088839.2010.514959.
- 10 E.-S. Lee, D.-W. Song, The effect of shipping knowledge and absorptive capacity on organizational innovation and logistics

value, *International Journal of Logistics Management*, 26 (2) (2015), doi: 10.1108/IJLM-01-2013-0011.

11 P. Panayides, Effects of organizational learning in third-party logistics, *Journal of Business Logistics*, 28 (2) (2007), doi: 10.1002/j.2158-1592.2007.tb00061.x.

12 D.-W. Song, E.-S. Lee, Cooperative networks, knowledge acquisition and maritime logistics value, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 15 (1) (2012), doi: 10.1080/13675567.2012.662949.

13 O. Williamson, Strategizing, economizing and economic organization, *Strategic Management Journal*, 12 (1991), doi: 10.1002/smj.4250121007.

14 G.T. Hult, D.J. Ketchen, M. Arrfelt, Strategic supply chain management: improving performance through a culture of competitiveness and knowledge development, *Strategic Management Journal*, 28 (10) (2007), doi: 10.1002/smj.627.

15 T. Esper, B. Fugate, B.D. Sramek, Logistics learning capability: sustaining the competitive advantage gained through logistics leverage, *Journal of Business Logistics*, 28 (2) (2007), doi: 10.1002/j.2158-1592.2007.tb00058.x.

value, *International Journal of Logistics Management*, 26 (2) (2015), doi: 10.1108/IJLM-01-2013-0011.

11 P. Panayides, Effects of organizational learning in third-party logistics, *Journal of Business Logistics*, 28 (2) (2007), doi: 10.1002/j.2158-1592.2007.tb00061.x.

12 D.-W. Song, E.-S. Lee, Cooperative networks, knowledge acquisition and maritime logistics value, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 15 (1) (2012), doi: 10.1080/13675567.2012.662949.

13 O. Williamson, Strategizing, economizing and economic organization, *Strategic Management Journal*, 12 (1991), doi: 10.1002/smj.4250121007.

14 G.T. Hult, D.J. Ketchen, M. Arrfelt, Strategic supply chain management: improving performance through a culture of competitiveness and knowledge development, *Strategic Management Journal*, 28 (10) (2007), doi: 10.1002/smj.627.

15 T. Esper, B. Fugate, B.D. Sramek, Logistics learning capability: sustaining the competitive advantage gained through logistics leverage, *Journal of Business Logistics*, 28 (2) (2007), doi: 10.1002/j.2158-1592.2007.tb00058.x.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *судоходная компания, конкурентные преимущества, обоснование, методы*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Бунеев Виктор Михайлович, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Марченко Екатерина Юрьевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОСТРОЕНИЯ В СФЕРЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**И.В. Розов**

**THE DEVELOPMENT DIRECTIONS OF DOMESTIC SHIPBUILDING IN THE FIELD OF DIGITAL TECHNOLOGIES**  
 Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
**Ilya. V. Rozov** (Master's Degree of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article discusses the current situation in the domestic shipbuilding industry, its level of scientific and technological development in creating competitive products, the problems associated with the industry lagging behind the world leaders in shipbuilding, as well as the government's strategy for the development and support of Russian shipbuilding in the field of information and scientific and technical technologies. Examples of the implementation of projects for the transition to automation and digitalization of production at shipbuilding enterprises of the Russian Federation are given.

**Keywords:** *production automation, information technology, CAD, shipbuilding, digital shipyard, digitalization*

В статье рассматривается текущая ситуация в отрасли отечественного судостроения, его уровень научно-технического развития по созданию конкурентоспособной продукции, проблемы, с которыми связано отставание промышленности от мировых лидеров судостроения, а также стратегии правительства по развитию и поддержке российского судостроения в сфере информационных и научно-технических технологий. Приводятся примеры внедрения проектов по переходу к автоматизации и цифровизации производства на судостроительных предприятиях Российской Федерации.

С развитием информационно-коммуникационных технологий любое предприятие неизбежно приходит к оптимизации и автоматизации своего производства, чтобы иметь возможность эффективно конкурировать на рынке. Однако каждая отдельная область имеет свой уровень формализации научно-технических знаний, определяющих возможности применения электронной вычислительной техники на всех стадиях автоматизации проектирования.

Судостроительная отрасль также не является исключением и нуждается в использовании информационных технологий, включающих в себя передовые технические средства проектирования, способные скоординировать производство и решить ряд производственных задач.

Важнейшим показателем в условиях рыночной экономики была и остается себестоимость продукции. Снижение производственных затрат при проектировании и постройке судна может быть эффективно достигнуто применением средств автоматизированного проектирования (САПР).

САПР (Computer-Aided Design) – это автоматизированная технология проектирования, включающая в себя компьютерный пакет программ, предназначенный для 2D- и 3D-проектирования, создания конструкторской и технологической документации.

Безусловно, для судостроительных предприятий важно иметь наработанную базу знаний, допускающую оценить реальные сроки производства.

В настоящее время судостроительные предприятия на всех этапах жизненного цикла изделия (судна) сталкиваются с большим количеством программных продуктов разного назначения. Их использование создает постоянно растущий поток информации на всех этапах ЖЦИ, который хранится в различных системах разобленно. Поэтому для поддержки жизненного цикла судна судостроительной отрасли необходимо иметь единое информационное пространство, в котором вся созданная когда-либо информация надежно хранилась и была доступна всем участникам производственной деятельности [6].

Различные информационные системы могут быть интегрированы в единую информационную систему управления проектами (ИСУП). К ним относятся CAD/CAM/PDM/PLM-системы, системы документооборота, электронные архивы и т.д. Среди отечественных САПР, применяемых в судостроении, можно выделить КЗ-SHIP – комплекс программ трехмерного моделирования для судостроения, разработанный НВЦ «ГеоС» и Sea Solution – специализированный программный комплекс, разработанный компанией SeaTech Ltd. Однако ведущим российским разработчиком САПР является компания АСКОН, работающая на рынке с 1989 года и разрабатывающая такие массовые CAD/CAM/CAPP/PDM-системы, как [3]:

1 ЛОЦМАН:PLM – используется при управлении заказами, проектами, изделиями МСЧ и верфи;

2 САПР технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ используется для написания техпроцессов как МСЧ, так и верфи;

3 САПР КОМПАС-3D и КОМПАС-График позволяют создавать 3D-модели, оформлять текстовую и другую необходимую документацию.

К сожалению, судостроительная отрасль до сих пор остается одной из самых консервативных и в значительной степени отстает от мировых лидеров судостроения (Китай, Япония, Южная Корея). Отставание в производственно-технологической сфере связано с областями, в которых требуются средства автоматизации, роботизации производства, применение оптико-электронных компьютеризованных систем измерений, налаженная связь в работе 3D-моделирования с научно-исследовательскими, проектно-конструкторскими организациями и др. [2].

В 2017 году президентом Российской Федерации был подписан указ «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», где одной из приоритетных задач является переход к цифровой экономике производства, то есть представление всех данных в цифровом виде. Этот подход должен повысить эффективность цифровой экономики за счет внедрения технологии обработки данных, способной уменьшить затраты на производстве [1].

Минпромторгом представлена новая стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года, подписанная правительством РФ 28 октября 2019 года. Цель стратегии – создание нового конкурентоспособного производства в сфере судостроения за счет улучшения кадрового и научно-технического потенциала, материально-технической и нормативно-правовой баз и решения вопросов, связанных с импортозамещением. Предполагаемый сценарий развития будет проходить в три этапа. Первый этап (2019-2022 годы) предусматривает формирование экономических механизмов. Сюда входит обеспечение максимальной локализации производства, решение первоочередных вопросов импортозамещения, повышение конкурентоспособности спектра отечественного судового комплекующего оборудования, оптимизация производственных мощностей. На втором этапе (2023-2025 годы) предусмотрено образование единого цифрового пространства, создание на мировом рынке эффективной системы продаж, ремонта, сервисного обслуживания судов и кораблей и независимость от санкционной иностранной политики. Третий этап (2026-2035 годы) – достижение плановых показателей целевых индикаторов, улучшение условий труда, повышение уровня квалификации рабочих и использование отечественной продукции взамен иностранной [2].

ФГУП «Крыловский государственный научный центр», являющийся одним из крупнейших в мире исследовательских центров в области морской и речной техники, поделился своим взглядом и выделил несколько этапов жизненного цикла объектов МТ в задачах цифровизации [5]:

– цифровизация на стадии проектирования, куда входят: разработка проекта, выпуск

технической и эксплуатационной документации, модельные испытания, где практически везде применимо создание электронных моделей и математическое моделирование;

– цифровизация производства с использованием систем автоматизации (ERP/MES/MRP), а также средств технологической подготовки производства (CAM/CAPP), роботизации и др.;

– цифровизация на стадии приемо-сдаточных испытаний: автоматизированный сбор и обработка данных, виртуальные испытания;

– цифровизация на этапе материально-технического обеспечения, эксплуатации и ремонта: использование электронной документации по эксплуатации объектов, а также их цифровых моделей, применение интерактивных электронных технических руководств.

Крыловским научным центром было рассмотрено некоторое количество научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), в результате чего был реализован пилотный проект «Цифровой научный центр судостроения». В проект входит ряд виртуальных лабораторий, предназначенных, в основном, для автоматизированного численного моделирования и проектных расчетов в судостроении, где за основу взяты лабораторные, стендовые и натурные испытания [5]. Среди задач идет предоставление цифровых услуг судостроительным предприятиям, внедрение новейших суперкомпьютерных технологий на базе гибридного моделирования, постепенно переходящего в математическое, подготовка программ развития судостроения и робототехники [10].

На данный момент в области судостроения применяется гибридное моделирование. Это слияние физического моделирования (база экспериментальных данных, физические модельные и натурные исследования, иностранное программное обеспечение) и математического моделирования (база знаний, машинное обучение, численные модельные и натурные экспериментальные исследования, отечественное программное обеспечение). К 2030 году математическое моделирование будет использоваться, примерно, в 80% случаев.

Сегодня актуальной передовой технологией можно считать цифровой двойник (ЦД, Digital Twin), под которым понимается виртуальная копия физического объекта или процесса, в который вкладывается и повторно используется вся информация об объекте. ЦД развивается в течение всего жизненного цикла изделия и непрерывно собирает и обрабатывает от него всю актуальную информацию, при этом сохраняя их предыдущую историю [11].

В России первым проектом по переходу предприятия на модель цифровой верфи в области гражданского назначения стал Онежский судостроительно-судоремонтный завод (ОССЗ). Такая концепция позволит полностью автоматизировать большинство производственных процессов и управлять интеллектуальными системами в режиме реального времени. Это увеличит скорость выпускаемой продукции, уменьшит количество ошибок, связанных с человеческим фактором, и позволит осуществлять гибкую настройку оборудования. Реализация проекта запланирована на 2021 г. и должна завершиться к середине 2023 г [7, 9].

Продолжает реализацию своего проекта и Средне-Невский судостроительный завод (СНСЗ). Проект «Цифровая верфь» уже получил поддержку и был одобрен правительством РФ, Объединенной судостроительной корпорацией и Минпромторгом РФ. Причины, по которым реализуется проект: технологическая независимость РФ в области кораблестроения и судостроения, создание высокотехнологичных верфей в долгосрочной перспективе обеспечения конкурентоспособности и в режиме санкционных ограничений. Ключевыми компонентами этого проекта являются: цифровая платформа («экосистема»), моделирование и оптимизация, цифровые двойники [4].

Проект «Цифровая верфь» объединит такие модули, как CAD, CAM, CAE, CAO, PLM, PDM и др. в единое программное обеспечение [8].

Концепция цифровой верфи была разработана в период с июня по декабрь 2018 г., в которой участвовало около 60 специалистов. С 2019 года на базе СНСЗ началась программа «Цифровая трансформация» по обучению руководителей и специалистов предприятий. План реализации проекта рассчитан на три года (2019-2021) [4].

**Заключение.** На основе вышеизложенного автором сделан вывод, что переход судостроительной отрасли к автоматизации производства с использованием информационных технологий позволит: уменьшить сроки проектирования и строительства изделий; улучшить качество выпускаемой продукции на внутреннем и мировом рынках; повысить производительность труда и эффективность производства в целом. Однако следует решить ряд насущных, по мнению автора, производственно-технических задач:

- уменьшение трудоемкости строительства судов;
- обновление материально-технической базы;
- внедрение единой системы планирования и организации;
- обеспечение предприятий квалифицированными кадрами и необходимость в периодическом прохождении ими курсов повышения квалификации;
- увеличение финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- формирование престижности, популярности профессии кораблестроителя с помощью средств массовой информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- 1 О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы // Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017. № 203.
- 2 Об утверждении Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2035 года // Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.10.2019. № 2553-р.
- 3 Минченко, Л. В. Системы автоматического проектирования в судостроении / Л. В. Минченко, Т. А. Кандратова. – Текст: непосредственный // Современные тенденции технических наук : материалы V Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). – Казань: Бук, 2017. – С. 73-76. – URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/230/12335/> (дата обращения: 17.04.2021).
- 4 Середохо В.А., Makeev С.М. Проект «Цифровая верфь»: создание экосистемы предприятия для развития цифрового производства // Инновации. – 2019. – №9 (251). – С. 19-22.
- 5 Таранов А.Е., Скулябин М.А., Алексеев Ю.С. Сформирован комплекс первоочередных работ по данным направлениям // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2019. – №S2. – С. 233-238.
- 6 Чан Динь Тьен. Информационные технологии в судостроении: существующие системы, сферы и возможности их использования // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2009. – №1. – С. 105-109.
- 7 Проект создания «цифровой верфи» на базе Онежского судостроительного завода подготовят до конца года // «Республика» - Все новости Карелии и Петрозаводска. URL: <http://rk.karelia.ru/ekonomika/production/proekt-sozdaniya-tsifrovoy-verfi-na-baze-onezhskogo-sudostroitel'nogo-zavoda-podgotovyat-do-kontsa-goda/> (дата обращения: 17.04.2021).
- 8 Проект «Цифровая верфь» // Официальный сайт Ассоциации «Технет». URL: <https://technet-nti.ru/article/proekt-cifrovaya-verf> (дата обращения: 17.04.2021).
- 9 СПбГМТУ и Онежский ССЗ заключили договор по цифровой верфи // ПортНьюс - Информационно-аналитическое агентство. URL: <https://portnews.ru/news/279136/> (дата обращения: 17.04.2021).
- 10 СПбГПУ и КГНЦ создадут Цифровой научный центр судостроения // Новый оборонный заказ. Стратегии. URL: <https://dfnc.ru/c106-technika/spbpu-i-kgnts-sozdadut-tsifrovoy-nauchnyj-tsentr-sudostroeniya/> (дата обращения: 17.04.2021).
- 11 Эксперты Ассоциации «Технет» приняли участие в подготовке доклада РАНХиГС «Государство как платформа: люди и технологии» // Официальный сайт Ассоциации «Технет». URL: <https://technet-nti.ru/news/6852> (дата обращения: 17.04.2021).
- 1 On the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030 // Decree of the President of the Russian Federation of 09.05.2017. No. 203.
- 2 On approval of the Strategy for the development of the shipbuilding industry for the period up to 2035 // Decree of the Government of the Russian Federation of 10/28/2019. No. 2553-r.
- 3 Minchenko, L. V. Systems of automatic design in shipbuilding / L. V. Minchenko, T. A. Kandratovala. - Text: direct // Modern trends in technical sciences: materials of the V Intern. scientific conf. (Kazan, May 2017). – Kazan: Buk, 2017. – pp. 73-76. – URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/230/12335/> (date of access: 04/17/2021).
- 4 Seredokho V.A., Makeev S.M. The Digital Shipyard project: creating an enterprise ecosystem for the development of digital production // Innovations. – 2019. – No. 9 (251). – pp. 19-22.
- 5 Taranov A.E., Skulyabin M.A., Alekseev Yu.S. A set of priority works in these areas has been formulated // Proceedings of the Krylovsky State Scientific Center. – 2019. – №S2. – pp. 233-238.
- 6 Chang Dinh Tien. Information technologies in shipbuilding: existing systems, spheres and possibilities of their use // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine equipment and technology. – 2009. – No. 1. – S. 105-109.
- 7 The project to create a "digital shipyard" on the basis of the Onega shipbuilding plant will be prepared before the end of the year // "Respublika" - All news of Karelia and Petrozavodsk. URL: <http://rk.karelia.ru/ekonomika/production/proekt-sozdaniya-tsifrovoy-verfi-na-baze-onezhskogo-sudostroitel'nogo-zavoda-podgotovyat-do-kontsa-goda/> (date of access: 04/17/2021).
- 8 Project "Digital shipyard" // Official website of the Association "Technet". URL: <https://technet-nti.ru/article/proekt-cifrovaya-verf> (date of access: 04/17/2021).
- 9 SMTU and Onega Shipyard signed an agreement on a digital shipyard // PortNews - Information and Analytical Agency. URL: <https://portnews.ru/news/279136/> (date of access: 04/17/2021).
- 10 SPBSTU and FSUE "KGNTS" will create a Digital Research Center for Shipbuilding // New Defense Order. Strategies. URL: <https://dfnc.ru/c106-technika/spbpu-i-kgnts-sozdadut-tsifrovoy-nauchnyj-tsentr-sudostroeniya/> (date of access: 04/17/2021).
- 11 Experts of the Technet Association took part in the preparation of the RANEPa report «The State as a Platform: People and Technologies» // Official website of the Technet Association. URL: <https://technet-nti.ru/news/6852> (date of access: 04/17/2021).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** автоматизация производства, информационные технологии, САПР, судостроение, цифровая верфь, цифровизация

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Розов Илья Владимирович, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АКТИВИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.Е. Архипов, С.Н. Масленников, Ю.А. Субботин

STRATEGIC ASPECTS OF ENHANCING THE INTERACTION OF ELEMENTS OF THE TRANSPORT SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE RUSSIAN ARCTIC

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

Anatolii E. Arkhipov (Senior Lecturer of SSUWT)

Sergey N. Maslennikov (Ph.D. of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

Yuri A. Subbotin (Ph.D. of Economic Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article considers the development of the Northern sea route from the point of view of spatial formation of the mineral resource base, centers of economic growth and transport infrastructure. The influence of water transport on the transport system of the district as a whole and the external environment is studied. The feasibility of integrated development of the regional economy and regional transport systems with the inclusion of transport corridors in the logistics system is proved.

**Keywords:** transport infrastructure, water transport, Northern Sea Route

В статье рассматривается развитие Северного морского пути с точки зрения пространственного формирования минерально-сырьевой базы, центров экономического роста и транспортной инфраструктуры. Изучено влияние водного транспорта на транспортную систему района в целом и внешнюю среду. Доказана целесообразность комплексного развития региональной экономики и региональных транспортных систем с включением транспортных коридоров в логистическую систему.

**Введение.** В Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года подчеркнуто, что современное состояние транспортной инфраструктуры препятствует хозяйственному освоению минерально-сырьевой базы страны. Транспортное освоение месторождений в продуктивных комплексах Восточной Сибири и на севере Западной Сибири связано с преобладающим применением водного транспорта как не имеющим альтернативы. Формирование рациональных логистических связей между центрами экономического роста, обеспечение транспортной доступности регионов Сибири является определяющим фактором, сдерживающего быстрое вовлечение месторождений столь необходимое в условиях упорного конкурентного противостояния и постоянно изменяющейся внешней конъюнктуры [1].

Рациональное пространственно-экономическое формирование районов, областей и других уровней территориального разделения является частью сбалансированной государственной политики. Этот фактор зависит, с одной стороны, от уровня развития производительных сил и их размещения на территории и, с другой стороны, должно быть соответствующее состояние транспортной отрасли, объединяющей все виды транспорта совместно с масштабной инфраструктурой. Пропорциональное состояние вышеназванных элементов, а также потенциальные возможности их совершенствования позволяют формировать эффективные транспортно – логистические системы способные поддерживать необходимые параметры материального потока и обеспечивать связанность международных и региональных рынков. [2].

**Материалы и методы.** Правительство Российской Федерации неоднократно подчеркивало в своих программных документах, что состояние транспортной инфраструктуры неудовлетворительное. Техническое и технологическое состояние транспортной отрасли оказывает существенное влияние на конечные результаты экономики. Так, в России издержки транспорта в цене продукции в два раза выше у крайних потребителей, чем в США и Европе. Важнейший качественный показатель грузового потока – скорость в России в два раза ниже. Однако круг транспортных проблем не ограничивается ценой и скоростью. Все большее значение приобретает минимизация экологического ущерба и безопасность транспорта. Особую актуальность эти аспекты приобретают вследствие ускоренного развития мегаполисов и укрупнения политранспортных узлов [3].

Учитывая сырьевую направленность экономики России, в среднесрочной перспективе социально-экономическое развитие страны в значительной мере будет ориентировано на дальнейшее освоение месторождений полезных ископаемых в районах Крайнего Севера и на шельфах Арктического бассейна. Развитие экспортного потенциала в этих районах ста-

новится возможным с использованием транспортного коридора – Северный морской путь.

**Северный морской путь как эффективное средство освоения Арктики.** Энергичное формирование транспортной инфраструктуры Северного морского пути основано не только на экспорте углеводородов. Транзитные возможности этого транспортного коридора становятся с каждым годом все яснее и его преимуществами уже воспользовались КНР, Япония, Республика Корея. В 2016 году осуществлен экспериментальный рейс по ледокольному сопровождению китайского судна при движении по Северному морскому пути. Это обстоятельство свидетельствует о заинтересованности КНР в использовании Северного морского пути. Очевидно, что его транспортно-технологические возможности позволяют интегрировать его в глобальный транспортно-логистический проект «Морской Шелковый путь XXI века» и сформировать новый перспективный маршрут «порты Северо-Восточной Азии – Берингов пролив – Северный морской путь – порты Европы». В последние годы результаты эксплуатации флота и навигационно-гидрографические наблюдения подтверждают, что маршрут плавания грузовых судов по Северному морскому пути менее длительный по сравнению с движением через Суэцкий канал на 10 – 22 суток. Глобальное климатическое потепление уже оказало существенное влияние на облегчение ледовой остановки и плавание с Западной части Арктики уже сейчас становится круглогодичным.

Включение этого региона в систему внешнеэкономических связей, является предметом пристального внимания стран Арктического побережья США, Канада, Норвегия. Однако и эти высокоразвитые страны, осознавая перспективы развития Северного морского пути, понимают, что необходимо решить комплекс сложных задач, усугубленных природно-климатическими, гидрографическими и навигационными условиями Арктики [4]. Россией уже реализуются мероприятия по развитию транспортной инфраструктуры, идет строительство ледоколов, способных обеспечить безопасное судоходство в сложных навигационных условиях. Существуют реальные предпосылки для интенсивного вовлечения внутреннего водного транспорта в интегрированную систему мультимодальных перевозок в краткосрочной перспективе.

Стратегически значение Северного морского пути заключалось в транспортно-логистическом обеспечении доставки грузов в северные районы СССР (Российской Федерации) («северный завоз»), и транспортировке в обратном направлении добываемых в Арктике природных ресурсов. Следует помнить историческую ретроспективу освоения Северного морского пути. Так, значительные объемы перевозок сохранялись даже в годы Великой Отечественной войны. Они немного снизились в начале, но уже в 1945 году достигли более 500 тыс. т., с последующим ростом к 1960-му году в 1 млн. т. Пик объема перевозок по Северному морскому пути пришелся на 1987 год – 6579 тыс. т., но уже с 1988 года происходит их некоторое снижение. В 1988 году перевезено 6295 тыс. т., в 1989 году – 5823 тыс. т., 1991 году – 4804 тыс. т. В середине 1990-х годов происходит стремительное снижение объема перевозок. К 1996 году они сократились почти в 3 раза и составили 1800 тыс. т., а в Западном секторе Северного морского пути они сократились более чем в 30 раз [3].

Существенное увеличение объемов перевозок возобновилось для осуществления масштабных проектов по добыче природных ископаемых в Арктической зоне РФ с 2006 года. После работ по обустройству месторождений, проведенных с участием водного транспорта, началась отгрузка в танкера с Новопортовского нефтегазоконденсатного и Варандейского нефтяного месторождений. С уникальной отечественной морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная» с декабря 2013 года ведется добыча нефти и обрабатываются технологии работы нефтяной и транспортной отрасли на арктическом шельфе. В 2016 году объем перевозок по Северному морскому пути вырос на 36% по сравнению с 2015 годом и составил 7,26 млн. тонн.

В 2017 году был введен в эксплуатацию завод «Ямал-СПГ» и порт Сабетта в Обской губе. С декабря 2017 года рейс танкера-газовоза «Кристоф де Маржери» с грузом 172 000 м<sup>3</sup> сжиженного газа открыл новую страницу в конкурентной борьбе за сферы влияния на международном газовом рынке СПГ. Россия вошла на газовый рынок Азии и Америки. Объем перевозок грузов в 2020 году в СМП составил уже 32,97 млн. тонн.

**Вывод.** Важным представляется анализ объемов перевозки в территориальном и отраслевом разрезе с учетом динамики населения в снабжаемых регионах Крайнего Севера. Справиться с этой непростой проблемой поможет организация своеобразного «Северного пула», в задачи которого будут входить оценка ресурсного потенциала отдельных товароснабжающих регионов, формирование внутрирегиональных фондов Северного завоза. Это

будет способствовать оптимизации выбора варианта северного завоза с учетом возможности досрочной доставки грузов в навигационный период по сибирским рекам (в том числе, малым), воздушным транспортом (в том числе, по опыту Канады дирижаблями), зимниками по руслам рек и т.д. [5].

Приоритетный характер осуществления транспортных проектов, предшествующих экономическому развитию территорий, должен учитывать, что в оценка инфраструктурных проектов в модели издержки - выгоды должна производиться с учетом общественной и социальной значимости в долгосрочной перспективе. Поэтому при выработке целевых критериев проектов необходимо исходить из приоритета общественной эффективности, включающей социальные и экологические факторы, а также внеотраслевые и сопутствующие эффекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Buneev V., Vinichenco V., Maslennikov S. Forecasting of Traffic Flows and Their Development in the Implementation of the Strategy in the Far North. MATEC Web of Conferences. 2018. C. 03010.
- 2 ECMT (2005). National Systems of Transport Infrastructure Planning. Report of the One Hundred and Twenty Eight Round Table on Transport Economics, held in Paris on 26th-27th February 2004. OECD Publications, Paris, 2005.pp 173–214.
- 3 Arkhipov A., Grigoriev E., Sinitsyn M. The Northern Sea Route: a Retrospective, Strategic Solutions and Prospects of Development. E3SWeb of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, THACEE 2019, 2020. C. 11020.
- 4 Transport Canada (2011). Transport Canada's Departmental Sustainable Development Strategy (June 2011). URL: <http://www.tc.gc.ca/eng/policy/acs-sd-dsds-2675.htm>. Accessed November 2020.
- 5 Grigoriev E. The Use of the Model Apparatus in Solving Problems of Optimization of Multimodal Transport. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural.

REFERENCES

- 1 Buneev V., Vinichenco V., Maslennikov S. Forecasting of Traffic Flows and Their Development in the Implementation of the Strategy in the Far North. MATEC Web of Conferences. 2018. C. 03010.
- 2 ECMT (2005). National Systems of Transport Infrastructure Planning. Report of the One Hundred and Twenty Eight Round Table on Transport Economics, held in Paris on 26th-27th February 2004. OECD Publications, Paris, 2005.pp 173–214.
- 3 Arkhipov A., Grigoriev E., Sinitsyn M. The Northern Sea Route: a Retrospective, Strategic Solutions and Prospects of Development. E3SWeb of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, THACEE 2019, 2020. C. 11020.
- 4 Transport Canada (2011). Transport Canada's Departmental Sustainable Development Strategy (June 2011). URL: <http://www.tc.gc.ca/eng/policy/acs-sd-dsds-2675.htm>. Accessed November 2020.
- 5 Grigoriev E. The Use of the Model Apparatus in Solving Problems of Optimization of Multimodal Transport. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*транспортная инфраструктура, водный транспорт, Северный морской путь*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Архипов Анатолий Евгеньевич, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Масленников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Субботин Юрий Афанасьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОГО ПЕРИОДА БОРТОВОЙ КАЧКИ, ЗАПИСАННОЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОМ РЕЙСЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

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

**DETERMINATION OF THE PROPER PERIOD OF ON-BOARD PITCHING RECORDED IN THE OPERATIONAL CRUISING**  
 Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
**Viktor I. Sichkarev** (Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of SSUWT)  
**Viktor P. Umrikhin** (Ph.D. of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)  
**Aleksey A. Privalenko** (Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** Recording of pitching by a software and hardware complex makes it possible to perform various processing of it, including determining the periods of fluctuations and their repeatability (probability). All hypotheses expressed by shipbuilders about ways to determine their own pitching period have been tested. It is shown that the own roll period is determined by such roll periods that have the maximum repeatability in irregular waves. In this case, irregular waves should contain apparent periods close to their own period of rolling.

**Keywords:** *pitching recording, recording processing, repeatability of pitching periods, own pitching period*

Запись качки программно-аппаратным комплексом даёт возможность выполнять различную её обработку, в том числе определять периоды колебаний и их повторяемость (вероятность). Проверены все высказанные корабелями гипотезы о способах определения собственного периода качки. Показано, что собственный период бортовой качки определяют такие периоды качки, которые имеют максимальную повторяемость на нерегулярном волнении. При этом нерегулярное волнение должно содержать кажущиеся периоды, близкие к собственному периоду качки.

*Актуальность и цель работы.* В современном судовождении для оценки безопасности плавания на волнении используется обобщённый параметр характера загрузки судна – собственный период качки. В теории корабля собственный период бортовой качки определяется следующим образом:

$$T_c = 2\pi((I_x + M_{44}) / (m \cdot g \cdot h))^{1/2},$$

где  $I_x$  – момент инерции загруженного судна;

$M_{44}$  – присоединённый момент инерции;

$m$  – масса судна;

$h$  – начальная метацентрическая высота.

Помимо сложности определения фактических значений, входящих в это выражение величин, необходимо отметить, что полученный период свободных колебаний судна может использоваться при малых углах качки, пока сохраняется положение метacentра.

Естественно желание судоводителей иметь более простые методы определения собственного периода качки  $T_c$  и контролировать его величину в рейсе.

Такая возможность может возникнуть при использовании записей качки судна, осуществляемой с помощью программно-аппаратного комплекса, разработанного в СГУВТ [1-3]. Однако, для реализации этого метода в настоящее время нет прямого теоретического обоснования.

Например, Ю.В. Ремез в [4] указывает, что если в спектре возмущающих сил присутствует частота, достаточно близкая к частоте свободных колебаний системы, то воздействие этой составляющей будет резко превалировать над воздействием всех остальных частот. На этом основании делается вывод, что при любом курсе и скорости на нерегулярном волнении, в спектре которого присутствует частота, приблизительно равная собственной частоте судна, средний период бортовой качки  $\bar{\tau}$  равен периоду свободных колебаний  $T_c$  судна

$$T_c = \bar{\tau}. \quad (1)$$

В то же время Ю.В. Ремез отмечает, что амплитуды бортовой или килевой качки на нерегулярном волнении существенно увеличиваются, если кажущаяся частота максимума спектра углов волнового склона  $\omega_{\kappa \max \alpha}$  равна собственной частоте бортовой  $\omega_4$  или килевой  $\omega_5$  качки

$$\omega_4 = \omega_{\kappa \max \alpha}. \quad (2)$$

Аналогичные выводы делает А.В. Герасимов, [5].

С одной стороны: «Средняя частота стационарных случайных колебаний при некоррелированном возмущении  $\bar{\omega}_{x_0}$  является собственной характеристикой вибратора, полностью аналогичной его собственной частоте  $\omega_a$ ».

С другой стороны: «Это даёт основание ввести понятие стохастического резонанса как режима стационарных случайных колебаний при некоррелированном возмущении. Внешним признаком стохастического резонанса является равенство средней частоты колебаний собственной частоте вибратора для энергетически эквивалентной амплитуды». «Для линейных колебаний равенство средней частоты случайных колебаний и собственной частоты вибратора при стохастическом резонансе может быть получено непосредственно из спектральной теории». Далее в [5] это утверждение доказано.

Отсюда можно сделать вывод, что, определив частоты максимальных колебаний, можно тем самым определить собственные частоты качки и, соответственно, собственные периоды.

В.А. Некрасов в [6] пишет: «При качке на нерегулярном волнении судно обычно совершает колебания с некоторой «преобладающей» частотой. Такой частотой может быть или частота максимума спектра волнения, или частота свободных бортовых колебаний судна». «При малом затухании в системе, находящейся под действием случайных возмущений с малой интенсивностью и относительно широким спектром, колебания её совершаются большей частью с частотами, близкими к собственной частоте, а их амплитуда и фаза медленно меняются во времени».

Таким образом, имеется несколько разнородных утверждений: период (или соответствующая частота) свободных колебаний судна равен:

- 1) среднему периоду бортовой качки судна на нерегулярном волнении (Ю.В. Ремез);
- 2) кажущейся частоте максимума спектра углов волнового склона при резонансной качке (Ю.В. Ремез);
- 3) средней частоте стационарных случайных колебаний при некоррелированном возмущении (А.В. Герасимов);
- 4) средней частоте колебаний при стохастическом резонансе (А.В. Герасимов);
- 5) преобладающей частоте качки на нерегулярном волнении (В.А. Некрасов).

С целью проверки возможности использования записей качки судна на смешанном волнении для определения собственного периода бортовой качки в настоящей статье поставлена задача установления справедливости тех или иных приведённых утверждений относительно метода определения собственного периода качки.

*Определение полупериодов качки по записи качки программно-аппаратным комплексом.* В период с 11 по 15 марта 2019 года в трансатлантическом рейсе на контейнеровозе с расчётным собственным периодом бортовой качки  $T_c = 23$  с проведено три записи качки. В дискретном виде с шагом по времени 0,5 с записывалось оперативное время  $t$  и углы бортовой  $\theta$  и килевой  $\psi$  качки. В это время судно находилось под воздействием ветрового волнения и зыби. Из внешних гидрометеорологических источников и судовых приборов данные о движении судна и параметры волнения представлены в таблице 1.

*Таблица 1 – Параметры волнения на время записи качки*

Дата и время записи качки	Курс; скорость судна в узлах	Ветровое волнение					Зыбь				
		h, м	$K_b$	$\tau$ , с	$\lambda$ , м	$\tau_k$ , с	h, м	$K_z$	$\tau$ , с	$\lambda$ , м	$\tau_k$ , с
11.03.19 12.37	82° 21,1	2,2	45°	6,4	63,7	3,4	2,0	338°	7,1	77,1	9,3
14.03.19 19.50	105° 18,8	0,7	90°	4,8	36,0	2,1	3,4	338°	13,7	293,4	12,9
15.03.19 06.52	109° 18,9	0,9	45°	4,8	36,0	3,1	3,1	338°	13,7	293,4	19,7

Полупериоды качки определялись из записи как корни функции  $\theta(t)$ , а амплитуды – как максимальные значения крена среди всех вторичных колебаний в данном полупериоде.

Общее распределение полупериодов качки по интервалам и их вероятности представлены на гистограммах, рис. 1.

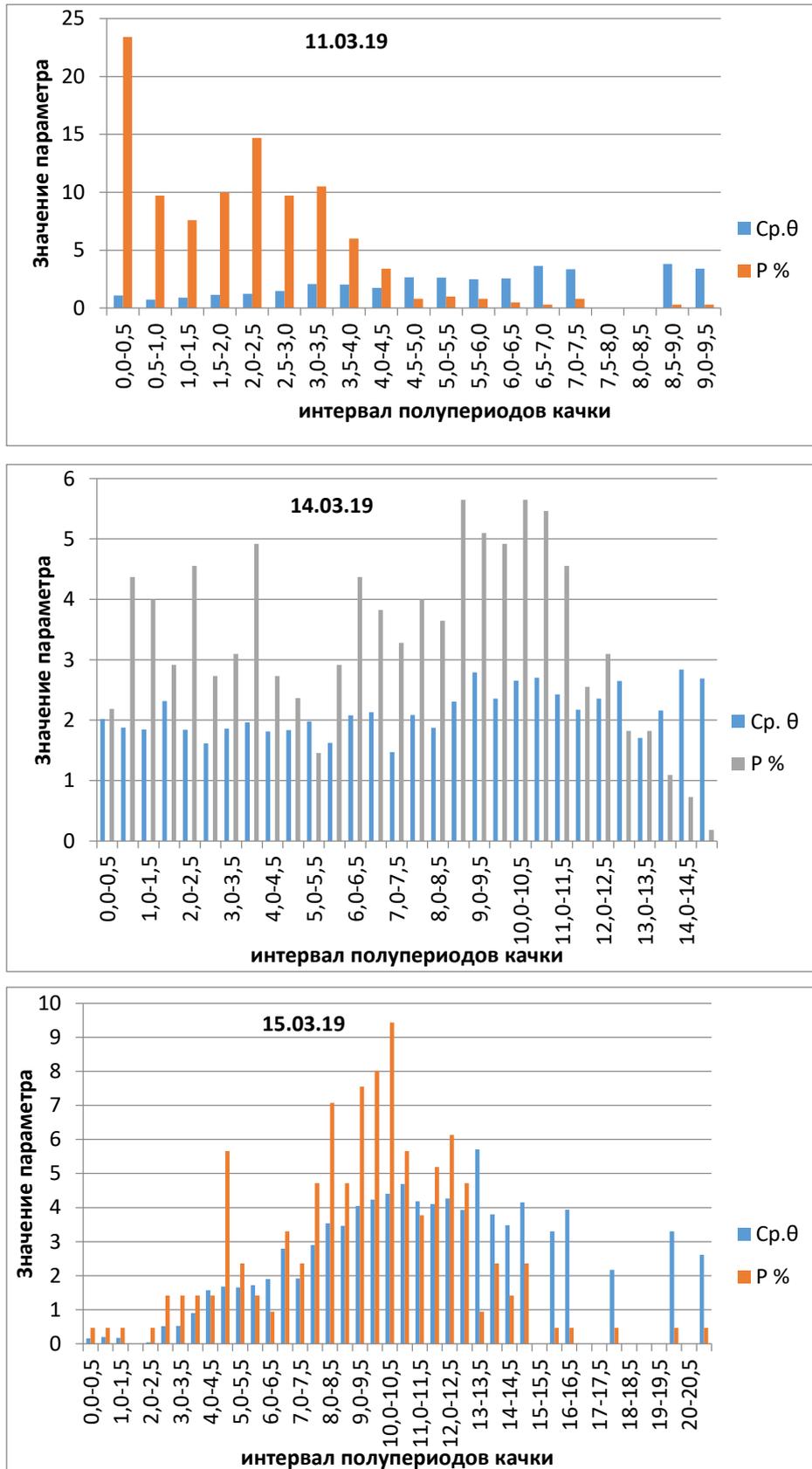


Рисунок 1 – Распределение полупериодов качки, средних интервальных амплитуд и вероятностей по датам записи качки

Средние значения полупериодов качки по датам: 11.03.19 – 4,606 с; 14.03.19 – 6,989 с; 15.03.19 – 9,698 с.

Таким образом, первое и третье утверждения в поставленной задаче на примере выполненных записей качки контейнеровоза не выполняются.

Для проверки соответствия средних периодов в резонансных колебаниях (утверждение 4) из записей качки были выбраны колебания с максимальным размахом, в которых угол крена  $\theta \geq 2\theta_{ср}$ , и по этой статистике рассчитаны средние значения полупериодов. Получены следующие результаты полупериодов: 11.03.19 – 6,250 с; 14.03.19 – 7,501 с; 15.03.19 – 10,562 с.

Таким образом, четвёртое утверждение в поставленной задаче на примере выполненных записей качки контейнеровоза не выполняется.

Понимая под преобладающей частотой частоту с наибольшей повторяемостью (вероятностью  $P$ ), согласно гистограмм рис. 1, получаем значения полупериодов качки: 11.03.19 – 2,5 с; 14.03.19 – два полупериода: 8,5 – 9,0 с и 10,0 – 10,5 с; 15.03.19 – 10,0 - 10,5 с. Полупериоды 10,0 – 10,5 с дают значение собственного периода качки  $T_c = 20 - 21$  с, что близко к расчётному периоду качки на отход судна 23 с.

Для увеличения объёма выборки полученные за 11-15.03.19 данные объединены в суммарный массив по полупериодам бортовой качки, рис. 2.

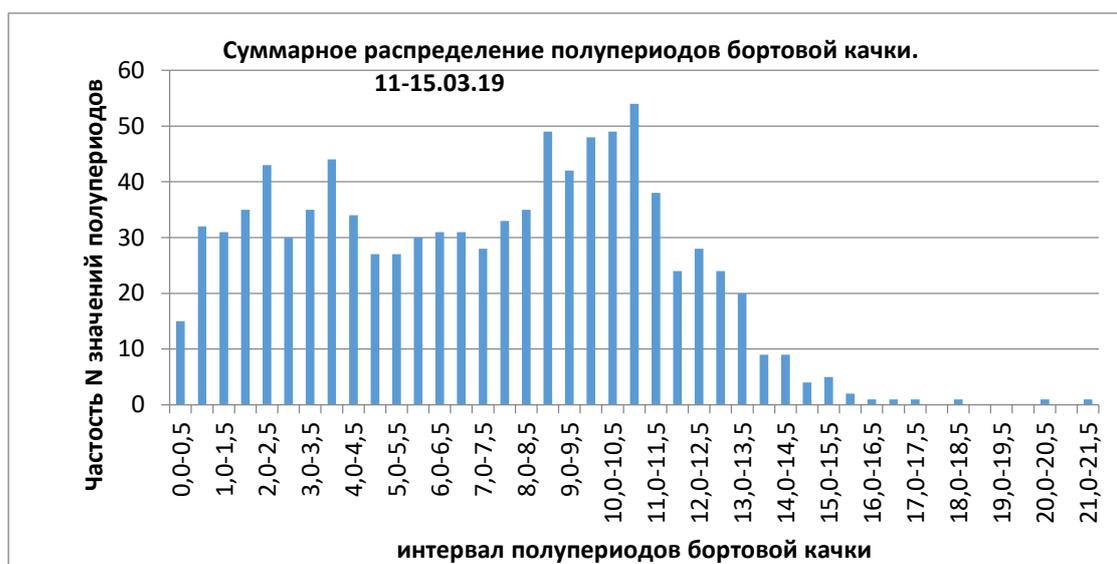


Рисунок 2 – Суммарное распределение полупериодов бортовой качки за 11-15.03.19

Суммарное распределение имеет единственный максимум повторяемости, что однозначно определяет «преобладающую» частоту или полупериод бортовой качки судна на значении  $\tau / 2 = 10,5 - 11,0$  с, что даёт значение собственного периода бортовой качки  $T_c = 21 - 22$  с. Относительное различие найденного значения собственного периода с расчётным составляет 6,5 %, причём, расчётное значение получено на отход судна, а окончательное суммарное – на вторую половину рейса, но близкие значения определялись уже и на 14.03.19.

**Результаты и выводы.** Таким образом, обработка записей качки программно-аппаратным комплексом позволяет получать значения собственного периода бортовой качки судна непосредственно в рейсе при достаточно продолжительной записи качки на волнении, содержащем частоты, близкие к собственной частоте качки судна. При этом эксперимент подтвердил утверждение В.А. Некрасова о том, что собственный период качки судна равен преобладающему периоду качки на нерегулярном волнении, если волнение содержит кажущиеся периоды, близкие к собственному периоду качки судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1 Поминов А.Г. Регистрация параметров качки судна с помощью гироскопа и акселерометра / А.Г.Поминов, В.П.Умрихин // Судовождение – 2014: сб. науч. трудов. – Новосибирск: НГАВТ, 2014. – С. 46 – 48.  
 2 Бабич С.И. Поверка автоматического регистратора параметров качки судна / С.И.Бабич, Л.В.Дьячков, В.И.Сичкарев, В.П. Умрихин // Сибирский научный вестник, №XXII, 2018. – Новосибирск: СГУВТ, 2018. - С. 42–49.  
 3 Умрихин В.П. Создание аппаратно-программного комплекса для определения параметров качки судна / В.П. Умрихин, А.Г.Поминов // Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сибирского государствен-

1 Pominov A.G. Registration of vessel roll parameters using a gyroscope and an accelerometer / A.G. Pominov, V.P. Umrikhin // Navigation - 2014: coll. scientific works. - Novosibirsk: NGAVT, 2014. - S. 46 - 48.  
 2 Babich S.I. Babich S.I., Dyachkov L.V., Sichkarev V.I., V.P. Umrikhin // Siberian Scientific Bulletin, No. XXII, 2018. - Novosibirsk: SGUVT, 2018. - P. 42–49.  
 3 Umrikhin V.P. Creation of a hardware-software complex for determining the ship's pitching parameters / V.P. Umrikhin, A.G. Pominov // Proceedings of the scientific and practical conference of the faculty of the Siberian State University of Water Transport "ARCTIC-ECOLOGY-

ного университета водного транспорта «АРКТИКА-ЭКОЛОГИЯ-ТРАНСПОРТ». – Новосибирск: СГУВТ, 2017. – С. 301-304.  
4 Рemez Ю.В. Качка корабля / Ю.В.Рemez. – Л.: Судостроение, 1983.–328 с.  
5 Герасимов А.В. Энергостатистическая теория нелинейной нерегулярной качки судна / А.В.Герасимов. – Л.: Судостроение, 1979. – 229 с.  
6 Некрасов В.А. Вероятностные задачи мореходности судов / В.А.Некрасов. – Л.: Судостроение, 1978. – 304 с.

TRANSPORT". - Novosibirsk: SGUVT, 2017. - S. 301-304.  
4 Remez Yu.V. Rocking the ship / Yu.V. Remez. - L. : Shipbuilding, 1983. - 328 p.  
5 Gerasimov A.V. Energy-statistical theory of non-linear irregular pitching of a ship / A.V. Gerasimov. - L. : Shipbuilding, 1979. - 229 p.  
6 Nekrasov V.A. Probabilistic problems of ship seaworthiness / V.A. Nekrasov. - L. : Shipbuilding, 1978. - 304 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** запись качки, обработка записи, повторяемость периодов качки, собственный период качки  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Сичкарёв Виктор Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Умрихин Виктор Павлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Приваленко Алексей Александрович, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ СУДОВОЖДЕНИЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.И. Сичкарёв, А.С. Ярославцева**

### RESEARCH OF COMPETENCIES IN THE SPECIALTY NAVIGATION

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

Viktor I. Sichkarev (Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of SSUWT)

Anna S. Yaroslavtseva (Deputy Head of the Educational Department of SSUWT)

**ABSTRACT:** The analysis of the essential part of the competencies of the MC of the STCW is carried out through the traditional disciplinary approach for our country and the functions of a boatmaster. A significant unevenness of the functional load of competencies was found, as well as the absence of differentiation of functions for different levels of education in the Russian regulatory framework. At the same time, the possible activity of boatmasters is limited only to work on ships. A new distribution of functions in the activities of the boatmaster is proposed.

**Keywords:** the regulatory framework of education, competence, the function of the competence approach

Выполнен анализ сущностной части компетенций МК ПДНВ через традиционный для нашей страны дисциплинарный подход и функции судоводителя. Обнаружена значительная неравномерность функциональной нагрузки компетенций, а также отсутствие в российской нормативной базе дифференциации функций для разных уровней образования. При этом возможная деятельность судоводителей ограничена только работой на судах. Предложено новое распределение функций в деятельности судоводителя.

Образование во все времена было непростой задачей общества. И в наше время образование по сути даётся человеку в детстве и в юности; и оно должно быть таким, чтобы в подавляющем большинстве случаев его было бы достаточно, чтобы расширяя, углубляя, дополняя его в течение всей жизни, всегда соответствовать потребностям изменяющейся современности.

Одной из динамично развивающихся отраслей мирового народного хозяйства является транспорт, в котором интересам глобализации в наибольшей степени подчинился морской транспорт как основной перевозчик грузов в дифференцированной по международному разделению труда мировой экономике. В связи с ростом дедефта судов и непреодолимым риском аварийности, как оказалось, морской флот несёт и большую потенциальную угрозу экологии планеты Земля. Добавив сюда весьма ощутимое влияние в кадровый плавсостав морских судов представителей стран, не имевших ментальности производственного океанского мореплавания, в мировом судоходстве сложилась ситуация, которая потребовала создания наднациональных требований к подготовке кадров плавсостава и к соответствующей системе их сертификации и дипломирования. Так появилась Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахт, впервые принятая в 1978 году и многократно пересмотренная позднее вплоть до значительного пересмотра и внесения значительных поправок к Конвенции и Кодексу ПДНВ на Манильской Конференции Сторон Конвенции ПДНВ 2010 года, [1]. Как указано в Предисловии, цитата: «Статьи Конвенции и приложение к ней устанавливают юридические рамки для применения обязательных технических стандартов, содержащихся в части А Кодекса ПДНВ. Часть В этого Кодекса содержит руководство для оказания помощи тем, кто занимается обучением, подготовкой или оценкой компетентности моряков или кто иным образом связан с применением положений Конвенции ПДНВ... Необходимо изучить все части настоящей публикации, с тем чтобы полностью

понять назначение Конвенции и полностью осуществить минимальные глобальные стандарты знаний, понимания, опыта и профессиональной компетентности, требуемые государствами, являющимися ее Сторонами, самой отраслью и широкой общественностью... Пересмотр имеет целью довести Конвенцию и Кодекс до уровня современных требований с учетом достижений, возникших со времени последнего полного пересмотра, и, содействуя усилиям по повышению стандартов компетентности и профессионализма моряков, от которых зависит охрана человеческой жизни, имущества и окружающей среды, дать им возможность обратиться к проблемам, предполагаемым в обозримом будущем».

Последнюю фразу приведённой цитаты нужно рассматривать скорее как призыв разработчиков Конвенции ПДНВ к морякам досконально разобраться с сутью компетенций, ибо они являются основным регулятором знаний, умений и навыков в Конвенции, с целью повышения уровня стандартов принятых компетенций и с прогнозом на будущее.

Для сопоставительного анализа компетенций полезно обратиться к существующему опыту профессиональной подготовки моряков в традиционно морских странах, к которым в полной мере относится и наша страна.

В современной истории в официальном морском образовании сложился дисциплинарный подход. Суть его состоит в том, что в профессиональной деятельности вычленяется вполне определённый вид работы, который получает собственное имя в виде дисциплины. Развиваемый в течение веков, дисциплинарный подход дал мощный толчок к созданию в рамках выделенной дисциплины своих методов научного исследования, своих методов доступного изложения полученных результатов для обучающихся на разных образовательных уровнях. Это и определяет в нашей стране образовательные уровни профессионального, среднего профессионального и высшего образования.

В судовождении на профессиональном уровне (уровень матроса на судне) требуется понимание того, что делается на уровне судоводителя и вахтенного помощника, умение выполнять необходимую работу, включая качественное наблюдение за окружающей средой, умение выполнять борьбу за живучесть судна и за личное выживание в аварийных условиях.

В судовождении на уровне среднего профессионального образования для работы на судне необходимо в полном объёме владеть всем ремеслом судовождения на уровне эксплуатации или на уровне управления (по занимаемой должности) в соответствии с требованиями МК ПДНВ и отечественным образовательным стандартом, [2].

В судовождении на уровне высшего образования для работы на судне необходимо в полном объёме владеть всем ремеслом судовождения на уровне эксплуатации или на уровне управления (по занимаемой должности) в соответствии с требованиями МК ПДНВ и отечественным образовательным стандартом. В этом отношении для работы на судне нет разницы между требованиями к образовательному уровню судоводителей, что в МК ПДНВ и отмечено отсутствием требований к уровню образования. Только в отечественной практике сложилось требование иметь диплом о высшем судоводительском образовании для претендентов на диплом капитана.

Но в странах с развитым морским флотом и морским образованием помимо работы на судах существует много других видов деятельности, в которых необходим высокий уровень профессионального образования. В частности, при дисциплинарном подходе – развитие новых технических средств, новых методов работы с ними, интеграция различных технических средств, привлечение в судовождение технических средств и методов из иных областей знания, более глубокое изучение окружающих сред корабля и свойств самого корабля в реакциях на воздействие внешних сред – всё это и многое другое требует глубоких теоретических знаний не только по специальным дисциплинам, но и по естественнонаучным, и по инженерным, и по общефилософским дисциплинам.

В итоге, сложившееся деление образования на уровни отвечает потребности народного хозяйства в специалистах для разных видов деятельности. Условно сущностную часть уровней образования можно представить формулами:

- профессиональное образование: «умей делать это...»;
- среднее образование: «делай так...»;
- высшее образование: «как сделать лучше».

Таким образом, дисциплинарный подход позволил создать соответствующие научные направления, формирующие глубокую профессиональную подготовку, необходимую в производстве и обеспечивающую как саморазвитие дисциплины, так и её интеграцию в общую

сферу знания.

Но дисциплинарный подход в образовании не лишён недостатков. Студенты, которые с третьего курса начинают последовательно изучать специальные дисциплины, формируют у себя представление, что это и есть главная работа судоводителя. Переходя на следующем курсе к изучению следующих профессиональных дисциплин, они вынуждены переформировывать своё прежнее представление, всё ещё не имея полного системного представления о всех аспектах судоводительской работы. В какой-то мере производственные практики сглаживают остроту этой проблемы, но в полной мере она не решается существующей системой практик, если в учебном плане не предусмотрена практика в должности штурманского ученика – кадета.

Вместе с тем, в практике подготовки специалистов и их последующей работы по специальности обнаруживаются странные факты. Некоторые выпускники, показавшие к окончанию вуза весьма посредственные знания по профильным дисциплинам, на производстве довольно быстро выстраивают свою карьеру и даже переходят на уровень управления отделами и службами предприятия, всего предприятия или создают собственные предприятия. И противоположный пример, когда обладатели красных дипломов образовательного учреждения оказываются не в состоянии сформировать служебную карьеру на судне, вынуждены переходить на береговую работу и осваивать другую профессию, иногда со сменой специальности. Конечно, это отдельные частные примеры, которые не должны рассматриваться в плане каких-либо обобщений, поскольку в подавляющем большинстве случаев наблюдается хорошая корреляция между качеством подготовки специалиста и его карьерным ростом. Тем не менее, даже отдельные факты могут свидетельствовать о необходимости внимательного анализа существующей системы образования, ориентированной на дисциплинарный подход.

Такие частные примеры показывают, что дисциплинарный подход к обучению специалиста по судоводению, специальности уникально многофункциональной, не является универсальным, всеобъемлющим. Одной из возможных причин этого может оказаться общая направленность деятельности судоводителя как вахтенного помощника и представителя капитана – как руководителя всех операций судна, обязанного вникать во все без исключения судовые процессы, что формирует его как системного специалиста, а не как предметника. В обиходе такая деятельность называется службой. И это в какой-то степени объясняет, почему кто-то способен быть системником, а кто-то – предметником.

В иных специальностях для изучения характера деятельности специалиста применяется метод хронометрирования, который позволяет, во-первых, составить представление о всех разнообразных видах деятельности, а во-вторых, о соотношении времени выполнения этих операций. Понятно, что в силу чрезвычайного разнообразия внешних и внутренних условий деятельности судна, такие исследования не могут быть однородными; они должны проводиться на разных судах и в разных условиях. Но, к сожалению, таких исследований деятельности судоводителя даже в простейших условиях плавания в открытом доступе пока нет.

Тем не менее, существует потребность в каких-то иных критериях для оценки подготовленности и, главное, для формирования специалиста. Именно попытка МК ПДНВ представить деятельность судоводителя иначе, чем через дисциплинарную призму, а конкретно – через компетенции судоводителя, заслуживает серьёзного внимания и тщательного изучения. В то же время необходимо понимать, что выделенные в [1] компетенции только в описании функций оказались недисциплинарными; по содержанию собственно компетенций они недалеко ушли от дисциплинарного подхода (точнее, остались дисциплинарными, но состав контента дисциплин отличается от принятого в отечественной системе образования).

Компетентностный подход, таким образом, может представлять ценность как некая точка зрения, под иным углом рассматривающая практическую деятельность судоводителя. При этом возможны крайности, к сожалению, присутствующие в [1, 2, 3], которые могут похоронить ценности иной точки зрения:

- измельчание компетенций;
- чрезмерное укрупнение компетенций.

Для того чтобы убедиться в наличии крайностей, рассмотрим состав компетенций [1].

Кодекс ПДНВ делит компетенции на уровни (вспомогательный, эксплуатации, управления) и функции (судовождение, обработка и размещение груза, управление операциями и забота о людях на судне). Для судоводителей обязательна также подготовка по радиосвязи

## MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF MEANS OF TRANSPORT

на уровне эксплуатации. Количество компетенций по этим градациям приведено в таблице 1.

*Таблица 1 – Распределение компетенций по уровням ответственности и выполняемым функциям*

Функция	Число компетенций по уровням ответственности			
	вспомогательный		эксплуатация	управление
	вахтенный матрос	матрос I класса		
судовождение	4	2	9	11
обработка и размещение груза		1	2	3
управление операциями и забота о людях на судне		4	8	6
ГМССБ			2	2
Всего	4	7	21	22

Кроме того, для всех и / или назначенных моряков определены компетенции в области:

– способов личного выживания	1
– противопожарной безопасности и борьбы с пожаром	2
– элементарной первой помощи	1
– личной безопасности и общественных обязанностей	6
– специалистов по спасательным шлюпкам, плотам	5
– по скоростным дежурным шлюпкам	5
– современных методов борьбы с пожаром	4
– оказания первой медицинской помощи	1
– медицинского ухода	2
– лиц комсостава судна, ответственных за охрану	5
– подготовки по информированности в вопросах охраны	3
– назначенных обязанностей, связанных с охраной	4
Всего	39

Всего насчитывается 54 профессиональных компетенции и 39 общих морских, т.е. 93 компетенции.

Не останавливаясь на общих морских компетенциях, рассмотрим состав профессиональных компетенций уровней эксплуатации и управления, таблица 2.

*Таблица 2 – Профессиональные компетенции уровней эксплуатации и управления Кодекса ПДНВ*

№ компетенции	Наименование компетенции	Дисциплины, закрывающие компетенцию	Комментарий
<b>Функция: Судовождение на уровне эксплуатации (ВПКМ)</b>			
1	Планирование и осуществление перехода и определение местоположения	МА, НиЛ, ТСС, ГМОС,	Основная +
2	Несение безопасной ходовой навигационной вахты	ОСС, НиЛ, МППСС-72, УРМ, УС	Основная
3	Использование радиолокатора и САРП для обеспечения безопасности плавания	РНП, ПСС, НиЛ, ПСС	Частная
4	Использование ЭКНИС для обеспечения безопасности плавания	ЭКНИС, НиЛ	Частная
5	Действия при авариях	УС, ПСС	Частная
6	Действия при получении сигнала бедствия на море	ГМССБ, УС	Частная
7	Использование Стандартного морского Разговорника ИМО и использование английского языка в письменной и устной форме	ИЯ, АЯ	Частная
8	Передача и получение информации посредством визуальных сигналов	УС, МП	Частная
9	Маневрирование судна	УС	Основная +

## СУДОВОЖДЕНИЕ

Продолжение таблицы 2

<b>Функция: Обработка и размещение грузов на уровне эксплуатации</b>			
10	Наблюдение за погрузкой, размещением, креплением и выгрузкой грузов, а также за обращением с ними во время рейса	УС, ТПГ, ТУС	Основная
11	Проверка и сообщение о дефектах и повреждениях в грузовых помещениях, на крышках люков и в балластных танках	УС, ТПГ, ТМ, ТУС	Частная
<b>Функция: Управление операциями судна и забота о людях на судне на уровне эксплуатации</b>			
12	Обеспечение выполнения требований по предотвращению загрязнения	УС, БП	Частная
13	Поддержание судна в мореходном состоянии	ТУС	Основная +
14	Предотвращение пожаров и борьба с пожарами на судах	УС, Тр. подг., БПРП	Частная
15	Использование спасательных средств	УС, Тр. подг.,	Частная
16	Применение средств первой медицинской помощи на судах	Тр. подг.	Основная
17	Наблюдение за соблюдением требований законодательства	БП	Основная
18	Применение навыков руководителя и умение работать в команде	БП, УРМ, ЛиОУЭ	Основная
19	Вклад в безопасность персонала и судна	Тр. подг.	Основная
<b>Функция: Судовождение на уровне управления (СПКМ, КМ)</b>			
20	Планирование рейса и судовождение	НиЛ, ГМОС,	Основная +
21	Определение местоположения и точность определения местоположения различными способами	НиЛ, МА, РНП,	Основная
22	Определение и учет поправок компаса	НиЛ, МА, ТСС	Частная
23	Координация поисково-спасательных операций	БП, ГМССБ	Основная
24	Организация и процедуры несения вахты	ОСС, БП, УС, УРМ	Частная
25	Обеспечение безопасного плавания путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений	НиЛ, ПСС, РНП, ТСС, БП	Частная
26	Обеспечение безопасного плавания путем использования ЭКНИС и связанных с ней навигационных систем, облегчающих процесс принятия решений	ЭКНИС, НиЛ	Частная
27	Прогноз погоды и океанографических условий	ГМОС	Основная +
28	Действия при авариях, возникающих во время плавания	УС, ГМССБ, Тр. подг., ТУС	Частная
29	Маневрирование и управление судном в любых условиях	УС, ТУС	Основная +
30	Эксплуатация систем дистанционного управления двигательной установкой и системами и службами машинного отделения	ЭСЭУ	Основная
<b>Функция: Обработка и размещение грузов на уровне управления</b>			
31	Планирование и обеспечение безопасной погрузки, размещения, крепления и выгрузки грузов, а также обращения с ними во время рейса	БП, ТУС, ТПГ, УС	Основная +
32	Оценка обнаруженных дефектов и повреждений в грузовых помещениях, на крышках люков и в балластных танках и принятие соответствующих мер	ТУС, ТМ, УС	Частная
33	Перевозка опасных грузов	БП, ТПГ	Частная
<b>Функция: Управление операциями судна и забота о людях на судне на уровне управления</b>			
34	Контроль за посадкой, остойчивостью и напряжениями в корпусе	ТУС, ТПГ, УС	Частная

*Продолжение таблицы 2*

35	Наблюдение и контроль за выполнением требований законодательства и мер по обеспечению охраны человеческой жизни на море, охраны и защиты морской среды	БП, УС, МП	Основная
36	Обеспечение безопасности членов экипажа судна и пассажиров и эксплуатационного состояния спасательных средств и устройств, противопожарной системы и других систем безопасности	БП, УС, Тр. подг.	Частная
37	Разработка планов действий в аварийных ситуациях и схем по борьбе за живучесть судна, а также действия в аварийных ситуациях	УС, БП, МП	Основная
38	Применение навыков руководителя и организатора	ЛиОУЭ, УРМ	Основная +
39	Организация и руководство оказанием медицинской помощи на судне	МП, Тр. подг.	Основная
<b>Функция: Радиосвязь на уровне эксплуатации (ГМССБ для ВПКМ, СПКМ, КМ)</b>			
52	Передача и прием информации, используя подсистемы и оборудование ГМССБ, а также выполнение функциональных требований ГМССБ	ГМССБ, МП, АЯ	Основная
53	Обеспечение радиосвязи при авариях	ГМССБ, АЯ	Основная

Здесь аббревиатурой обозначены следующие дисциплины (в сущностной части, поскольку каждый разработчик ОПОП может по-своему называть почти любую базовую дисциплину): АЯ – английский язык; БП – безопасность плавания; БПРП – борьба с пожаром по расширенной программе; ГМОС – гидрометеорологическое обеспечение судовождения; ГМССБ – подготовка оператора (оператора ограниченного района) ГМССБ; ИЯ - иностранный язык; ЛиОУЭ – лидерство и основы управления экипажем; МА – мореходная астрономия; МП – морское право; МППСС-72 – раздел в дисциплине управление судном; Нил – навигация и лодия; ОСС – организация службы на судах; ПСС – предупреждение столкновения судов; РНП - радионавигационные приборы; ТМ – теоретическая механика и теория механизмов и машин; ТПГ – технология перевозки грузов; Тр. подг. – различные виды тренажерной подготовки; ТСС – технические средства судовождения; ТУС – теория и устройство судов; УРМ – управление ресурсами мостика; УС – управление судном; ЭКНИС – подготовка по использованию электронной навигационной информационной системы; ЭСЭУ - эксплуатация судовой энергетической установки.

В графе Комментарии приведена авторская оценка соответствия компетенции основному содержанию указанных дисциплин или только какому-то их разделу. При этом знаком + отмечены компетенции, которые в указанных дисциплинах закрываются несколькими разделами, т.е. весьма укрупненные компетенции.

Немного статистики к обсуждению содержания таблицы 2. Из 41 приведённой компетенции 22 (53,7%) относятся к основным, причём 8 из них отмечены знаком +, а 19 (46,3%) – к частным. Таким образом, в Кодексе ПДНВ присутствует неравномерность весомости компетенций, причём, почти половина из них недогружены (возможно, по причине относительной новизны некоторых технических средств, на которые опирается компетенция).

В среднем основные компетенции закрываются  $2,27 \pm 1,16$  дисциплинами, а частные –  $2,84 \pm 0,96$  дисциплинами. Это означает, что материал частных компетенций более расплывлён по различным дисциплинам и если возникнет необходимость подготовки учебно-методического обеспечения по компетенциям, то наибольшая надобность в нём возникнет среди частных компетенций.

Основной вывод из приведённого анализа компетенций Кодекса ПДНВ состоит в отмеченной ранее их неравномерной нагруженности: присутствует как измельчение компетенций, так и чрезмерное укрупнение компетенций. Это факторы, которые мешают использованию компетентностного подхода в качестве путеводной звезды для внедисциплинарного взгляда на подготовку судоводителей.

С некоторой надеждой можно смотреть на МК ПДНВ в плане выделения функций в деятельности судоводителя. С учётом практического опыта и МК ПДНВ, но не ограничиваясь

ей, просматривается примерно следующая функциональность: судовая служба, собственно судовождение и управление судном, управление энергетической установкой, радиосвязь, размещение грузов на судне, сохранная перевозка и обработка грузов, управление операциями судна, забота о людях на судне, обеспечение выживания в аварийных условиях, предотвращение загрязнения среды. На основе приведённого примера просматривается необходимо разработать хорошо продуманную систему функций судоводителя, которая и должна быть положена в основу соответствующего отечественного стандарта профессиональной деятельности судоводителя.

Хороший пример этого направления организационной работы представлен в [3], где приведено 8 универсальных компетенций (УК) и 6 общепрофессиональных (ОПК). К сожалению, все профессиональные компетенции (ПК) этого документа просто-напросто скопированы из МК ПДНВ.

Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 ноября 2019 г. № 745н «Об утверждении профессионального стандарта «Судоводитель» (регистрационный № 58540 Минюста РФ, 02.06.2020 г.), [2], в описании трудовых функций существенно уточняет описание трудовых действий, а также подразделяет их на уровни квалификации (образования). Однако, этому стандарту недостаёт широты охвата видов деятельности и, соответственно, компетенций, изложенных в [3]. Отсюда следует необходимость продолжения системной работы над совершенствованием отечественной нормативной базы подготовки судоводителей, имея в виду, что в основе подготовки будет оставаться дисциплинарный подход, модулированный неким (пока гипотетическим) внедисциплинарным покрывалом.

В целом совершенствование федеральной нормативной базы потребует внесения изменений во всю бюрократическую цепочку документации до уровня конкретного преподавателя и студента, которым должен быть предоставлен учебный план с дисциплиной и её расписанием и учебно-методическое обеспечение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- |  |  |
|--|--|
| <p>1 Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (с поправками). – ИМО: Лондон, 2013. – 425 с.</p> <p>2 Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 ноября 2019 г. № 745н «Об утверждении профессионального стандарта «Судоводитель».</p> <p>3 Минтранс РФ. ФАМРТ. Примерная основная образовательная программа. Направление подготовки (специальность) 26.05.05 Судовождение. Уровень высшего образования Специала-литет. – 2019. – 164 с.</p> | <p>1 International Convention on the Training, Certification and Watchkeeping of Seafarers (as amended). - IMO: London, 2013. - 425 p.</p> <p>2 Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation dated November 29, 2019 No. 745n "On approval of the professional standard "Navigator".</p> <p>3 Ministry of Transport of the Russian Federation. FAMRT. Exemplary basic educational program. Direction of training (specialty) 26.05.05 Navigation. Level of higher education Specialist. - 2019. - 164 p.</p> |
|--|--|

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** нормативная база образования, компетенции, функция компетентностного подхода  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Сичкарёв Виктор Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Ярославцева Анна Сергеевна, заместитель начальника учебно-методического отдела ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ПОЛУЧЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ БОРТОВОЙ КАЧКИ КОНТЕЙНЕРОВОЗА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ КАЧКИ КОРАБЛЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.И. Сичкарёв, В.П. Умрихин, А.А. Приваленко**

**OBTAINING THE STRUCTURAL DEPENDENCE OF THE AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE ON-BOARD PITCHING OF A CONTAINER SHIP BASED ON THE METHODS OF THE THEORY OF SHIP PITCHING**  
 Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
**Viktor I. Sichkarev** (Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of SSUWT)  
**Viktor P. Umrikhin** (Ph.D. of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)  
**Aleksey A. Privalenko** (Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The structure of the expression of the amplitude-frequency characteristics of the ship's onboard pitching, obtained in the theory of pitching on the basis of a shortened pitching equation, is considered. Numerical values of coefficients for the vessel under study are determined. The ways to refine the coefficient values based on the results of processing the pitching record in an operational flight are outlined.

**Keywords:** amplitude-frequency response of pitching, formula structure, refinement of coefficient values

Рассмотрена структура выражения амплитудно-частотной характеристики бортовой качки корабля, получаемая в теории качки на основе укороченного уравнения качки. Определены числовые значения коэффициентов для исследуемого судна. Намечены способы уточнения значений коэффициентов на основе результатов обработки записи качки в эксплуатационном рейсе.

В теории качки корабля [1, 2, 3] получение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) качки корабля принято выполнять в следующей последовательности:

- составить дифференциальные уравнения качки;
- определить частное решение, соответствующее установившимся колебаниям под действием периодической возбуждающей силы;
- найти АЧХ и фазово-частотную характеристику (ФЧХ) качки как отношение амплитуд качки к амплитудам возбуждающего процесса.

Полученная в теории качки корабля система из шести дифференциальных уравнений качки распадается (в линейной постановке) на три независимых блока. При этом бортовая качка оказывается в блоке, описывающем бортовую, поперечно-горизонтальную качку и рыскание. В этом случае во взаимосвязи находятся не только величины линейных и угловых перемещений в системе координат  $Ox\eta z$ , связанной с судном, относительно скользящей системы координат  $O\xi\eta\zeta$ , но и присоединённые массы  $\mu_{ij}$  и коэффициенты демпфирования  $\lambda_{ij}$ . При некоторых упрощающих допущениях бортовая качка и поперечные горизонтальные колебания изолируются в систему двух взаимосвязанных уравнений.

В обозначениях, использованных в [1], блок уравнений бортовой качки и поперечно-горизонтальных перемещений представляется в виде

$$(M + \mu_{\eta\eta}) \cdot \ddot{\eta} + \lambda_{\eta\eta} \cdot \dot{\eta} + \mu_{\eta\theta} \cdot \ddot{\theta} + \lambda_{\eta\theta} \cdot \dot{\theta} = Y(t); \quad (1)$$

$$(I_x + \mu_{\theta\theta}) \cdot \ddot{\theta} + \lambda_{\theta\theta} \cdot \dot{\theta} + Dh\theta + \mu_{\eta\theta} \cdot \ddot{\eta} + \lambda_{\eta\theta} \cdot \dot{\eta} = M_x(t), \quad (2)$$

где  $M, D$  – масса и водоизмещение судна;

$\eta$  – поперечно-горизонтальные перемещения судна;

$\theta$  – углы крена;

$I_x$  – поперечный момент инерции судна;

$\mu_{ij}$  – соответствующие присоединённые массы;

$\lambda_{ij}$  – соответствующие коэффициенты демпфирования.

В [1], ссылаясь на исследования В.А. Мореншильдт о погрешности в 2 – 3% для поперечно-горизонтальных колебаний и менее чем 15% для бортовой качки при использовании вместо (1, 2) упрощённого изолированного уравнения бортовой качки, принято для описания бортовой качки пользоваться укороченным уравнением

$$(I_x + \mu_{\theta\theta}) \cdot \ddot{\theta} + \lambda_{\theta\theta} \cdot \dot{\theta} + Dh\theta = k\alpha_0 D \cdot h \cdot \sin(\omega_k \cdot t), \quad (3)$$

где  $k$  – редуцированный коэффициент;

$\omega_k$  – кажущаяся частота волны.

Это уравнение принято представлять в виде

$$\ddot{\theta} + 2 \cdot \nu_\theta(\dot{\theta})\dot{\theta} + n_\theta^2 \theta = n_\theta^2 \cdot k \cdot \alpha_0 \cdot \sin(\omega_k \cdot t), \quad (4)$$

где  $2 \cdot \nu_\theta(\dot{\theta}) = \frac{\lambda_\theta}{I_x + \mu_{\theta\theta}}$  – коэффициент затухания (сопротивления) качки, зависящий от скорости качки; (5)

$$n_\theta^2 = \frac{Dh}{I_x + \mu_{\theta\theta}} \text{ – квадрат собственной частоты бортовой качки.} \quad (6)$$

Частное решение уравнения (4) для установившихся колебаний

$$\theta = \theta_0 \cdot \sin(\omega_k \cdot t - \varepsilon), \quad (7)$$

где

$$\theta_0 = \frac{r \cdot \omega^2 \cdot k \cdot n_\theta^2}{g \sqrt{(n_\theta^2 - \omega_k^2)^2 + 4 \cdot \nu_\theta^2 \cdot \omega_k^2}}; \quad (8)$$

$$\text{tg}(\varepsilon) = \frac{2\nu_\theta \omega_k}{n_\theta^2 - \omega_k^2}; \quad (9)$$

$r$  – амплитуда волны;

$\omega$  – истинная частота волны.

Тогда АЧХ бортовой качки

$$\Phi_{r\theta}(\omega_k) = \frac{\theta_0}{r} = \frac{\omega^2}{g} \cdot \frac{k \cdot n_\theta^2}{\sqrt{(n_\theta^2 - \omega_k^2)^2 + 4 \cdot v_\theta^2 \cdot \omega_k^2}} \quad (10)$$

Таким образом, для расчёта бортовой качки по укороченному уравнению необходимо знать:

- редуцированный коэффициент  $k$  главной части возмущающего момента;
- собственную частоту бортовой качки судна  $n_\theta$ ;
- коэффициент сопротивления  $2 \cdot v_\theta(\dot{\theta})$ , который зависит от скорости накренения судна  $\dot{\theta}$ .

Рассмотрим порядок определения необходимых величин для достаточно крупного контейнеровоза при конкретной его загрузке в трансатлантическом рейсе.

**1. Данные о судне**

Главные размерения судна LxBxT = 244,8x32,25x11 м.

Осадка носом, кормой, на миделе: 10,32x10,53x10,43 м.

Метацентрическая высота  $h = 1,26$  м.

Собственный период бортовой качки  $T_c = 23$  с.

Собственная частота бортовой качки  $n_\theta = 0,27318$  с<sup>-1</sup>.

Поперечный метацентрический радиус  $r = z_m - z_c = 9,276$  м.

Возвышение центра тяжести над основной плоскостью  $z_g = 13,756$  м. (11)

Для средней осадки  $d_m = 10,43$  м значения основных корпусных величин представлены в таблицах 1, 2.

*Таблица 1 – Корпусные характеристики контейнеровоза*

V, м <sup>3</sup> Объёмное водоизмещение	D, т Водоизмещение	LCB, м Абсцисса центра плавучести от кормового перпендикуляра	VCB Z <sub>c</sub> , м	LCF, м Абсцисса центра тяжести ватерлинии от кормового перпендикуляра	KMT, Z <sub>m</sub> , м	МТС, тм /см Момент, дифференцирующий на 1 см	TPC, т/см Число тонн на 1 см осадки	WSA, м <sup>2</sup> Площадь погруженной части корпуса
50889,5	52421,3	117,477	5,740	109,257	15,016	876,34	64,02	9699,26

*Таблица 2 – Коэффициенты полноты корпуса контейнеровоза*

CB, $\delta = V/LBT$	CW, $\alpha = S_{WL}/LB$	CP, $\varphi = V/LS_{WL}$	CM, $\beta = S_{WL}/BT$	Коэффициент вертикальной полноты $\chi = \delta/\alpha$
0,62031	0,78953	0,63628	0,97489	0,78567

**2. Момент инерции**

Собственная частота бортовой качки описывается формулой (6), [5], из которой при известной частоте собственных колебаний можно определить эффективный момент инерции ватерлинии

$$I_x + \mu_{\theta\theta} = \frac{Dh}{n_\theta^2} = \frac{52421,3}{0,27318^2} = 885075,931 \text{ тм}^2 \quad (12)$$

Собственно момент инерции  $I_x$  можно определить, используя связь [5]

$$r = \frac{I_x}{V}, \quad (13)$$

где  $r$  известно из (11), что даёт

$$I_x = r \cdot V = 9,276 \cdot 50889,5 = 472051,002 \text{ м}^4.$$

### 3. Присоединённые массы и моменты инерции

Для определения коэффициента сопротивления качки  $2v_\theta$  необходимо определить гидродинамические характеристики  $\mu$  и  $\lambda$ . В уравнениях (1 – 4) силы и моменты представлены относительно осей, проходящих через центр тяжести судна, тогда как гидродинамические коэффициенты принято определять относительно судовых осей, лежащих в плоскости ватерлинии. Если отстояние центра тяжести  $G$  от ватерлинии  $WL$   $z_0$  ( $z_0 > 0$ , если  $G$  выше  $WL$ ), то [1]

$$\lambda_{44} = z_0^2 \cdot \lambda_{22}^0 + 2 \cdot z_0 \cdot \lambda_{42}^0 + \lambda_{44}^0, \quad (14)$$

где  $\lambda_{22}^0$ ,  $\lambda_{42}^0$ ,  $\lambda_{44}^0$  необходимо определять методами, изложенными в теории качки корабля, например, в [4].

Величина  $z_0$  в данной загрузке контейнеровоза

$$z_0 = z_g - d_m = 13,756 - 10,43 = 3,326 \text{ м}.$$

В [4] приведены приближённые формулы М.Д. Хаскинда для корпуса с симметричной ватерлинией и симметричной формой диаметрального батокса:

$$\lambda_{22}^0 = \frac{\lambda_{22M} \cdot L \cdot 2 \cdot \beta_0^2 \cdot \mu(\lambda)}{1 + \beta_0}, \quad (15)$$

$$\lambda_{24}^0 = \frac{\lambda_{24M} \cdot L \cdot \left( \frac{2 \cdot \alpha^2}{1 + \alpha} - S_1^2 \right) \cdot \mu(\lambda)}{1 - S_1^2}; \quad (16)$$

$$\lambda_{44}^0 = \frac{\lambda_{44M} \cdot L \cdot \left( S_1^4 - \frac{4 \cdot S_1^2 \cdot \alpha^2}{1 + \alpha} + \frac{12 \cdot \alpha^4}{(1 + \alpha) \cdot (2 + \alpha) \cdot (1 + 3 \cdot \alpha)} \right) \cdot \mu_1(\lambda)}{(1 - S_1^2)^2}, \quad (17)$$

где  $\alpha, \beta$  – коэффициенты полноты площади ватерлинии и мидель-шпангоута;

$$S_1 = \frac{2 \cdot T}{B};$$

$\lambda_{ijM}$  – присоединённые массы мидель-шпангоута;

$\mu(\lambda), \mu_1(\lambda)$  – поправки на торцевое обтекание тела конечной длины  $\lambda = \frac{L}{2 \cdot T}$ .

Присоединённые массы мидель-шпангоутов, определённые по методу дублированных моделей, в конформном отображении на внешность единичного круга определяются двумя параметрами ( $p, q$ ) – через значения  $S_1 = \frac{2 \cdot T}{B}$  и коэффициент полноты  $\beta$ .

Для исследуемого судна  $S_1 = \frac{2 \cdot T}{B} = 0,64682$ ;  $\alpha = 0,78953$ ;  $\beta = 0,97489$ .

В [6] по этим параметрам из таблицы (стр. 268-269) находим  $p = -0,19237$ ;  $q = -0,11568$ . С учётом величин параметров  $p$  и  $q$ , принимая плотность воды  $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$ , получим

$$\lambda_{22M} = \frac{\rho \pi T^2 \cdot \left[ (1+p)^2 + 3 \cdot q^2 \right]}{2(1+p+q)^2} = 253,295 \frac{\text{т}}{\text{м}}; \quad (18)$$

$$\lambda_{24M} = \frac{\rho T^3 \cdot \left\{ \frac{8p(1+p)}{3} + \frac{16q^2(20+7p)}{35} + q \left[ \frac{4(1+p)^2}{3} - \frac{4(1-p)(7-5p)}{5} \right] \right\}}{2 \cdot (1+p+q)^2} = 580,250 \text{ т}; \quad (19)$$

$$\lambda_{44M} = \frac{\rho \pi B^4 \cdot 16 \cdot \left[ p^2(1+q)^2 + 2 \cdot q^2 \right]}{256(1-p+q)^4} = 9023,897 \text{ тм}. \quad (20)$$

После этого вычисления по (15 – 17) с  $\lambda = \frac{L}{2 \cdot T} = 11,735$ ;  $\frac{2T}{B} = 0,647$ ;  $\frac{L}{B} = 7,59$ ;  $\mu_1 = 0,88$ ;

$\mu = 0,96$  дают следующие значения:

$$\lambda_{22}^0 = 253,294 \cdot 244,8 \cdot \frac{2 \cdot 0,97489}{1,97489} \cdot 0,96 = 57293,794 \text{ т}; \quad (21)$$

$$\lambda_{24}^0 = \frac{580,25 \cdot 244,8 \cdot 0,96}{1 - 0,41861} \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,62336}{1,78953} - 0,647^2 \right) = 65218,757 \text{ ТМ}; \quad (22)$$

$$\lambda_{44}^0 = \frac{9023,897 \cdot 244,8}{0,33802} \cdot \left( 0,647^2 - \frac{4 \cdot 0,41861 \cdot 0,62336}{1,78953} + \frac{12 \cdot 0,38857}{1,78953 \cdot 2,78953 \cdot 3,36895} \right) = -854431,822 \text{ ТМ}^2 \quad (23)$$

Далее по (14) находим искомую величину  $\lambda_{44}$  для контейнеровоза

$$\lambda_{44} = z_0^2 \cdot \lambda_{22}^0 + 2 \cdot z_0 \cdot \lambda_{42}^0 + \lambda_{44}^0 = 3,326^2 \cdot 57293,794 + 2 \cdot 3,326 \cdot 65218,757 - 854431,822 = 213203,113 \text{ ТМ}^2 \quad (24)$$

#### 4. Коэффициент сопротивления качке

Таким образом, располагая значениями присоединённых масс и моментов инерции, по (24) и (12) можно определить значение коэффициента сопротивления качке (5)

$$2 \cdot v_\theta(\dot{\theta}) = \frac{\lambda_0}{I_x + \mu_{\theta\theta}} = \frac{213203,113}{885075,931} = 0,240887 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \quad (25)$$

В [1] неоднократно отмечается, что этот коэффициент зависит от угловой скорости  $\dot{\theta}$  что, однако не нашло отражения в (25). Поэтому в [1] предложено выражение коэффициента  $v_\theta$  в виде

$$v_\theta = (v_{\theta 1} + v_{\theta 2}) \cdot n_\theta, \quad (26)$$

где

$$v_{\theta 1} = 0,000392 \cdot (1 - 0,0439 \cdot \bar{\tau}_\theta) \cdot (1 + 0,1 \frac{\dot{\theta}_0}{n_\theta}) \cdot \left[ 1 + 0,0284 \left( \frac{B}{T} \right)^4 + 5,95 \cdot \left( 1 - 1,85 \frac{T}{B} \right) \cdot \bar{S}_k \right] \cdot \frac{B}{h}; \quad (27)$$

$$v_{\theta 2} = \frac{8 \cdot r_m \cdot T}{L} \cdot \left( \frac{z_g}{h} - 0,67 \cdot \frac{T}{h} \right) \cdot \frac{\sqrt{L} \cdot Fr}{\delta \bar{\tau}_\theta}, \quad (28)$$

где  $\bar{\tau}_\theta = \tau_0 \cdot \sqrt{\frac{g}{B}}$  – безразмерный период бортовой качки;

$\bar{S}_k = \frac{S_k \cdot 100\%}{\alpha \cdot B \cdot L}$  – относительная площадь скуловых килей, %;

$r_m = 0,48 \cdot \left[ (1 + 0,16 \cdot \delta) \cdot \left( 1 + 0,59 \cdot \delta \cdot \frac{B}{T} \right) - 1,32 \cdot \left( 1 - \frac{z_g}{T} \right) \right]$ ; – относительная площадь скуловых килей, %; (29)

$z_g$  – аппликата центра тяжести судна, м;

$\tau_0$  – собственный период бортовой качки, с;

$h$  – метацентрическая высота, м.

Для исследуемого контейнеровоза выражения (26-29) на рейс 14.03.18 можно привести к расчётному виду, приняв относительную площадь скуловых килей 3 %:

$$v_{\theta 1} = 0,04788 \cdot (1 + 0,36606 \cdot \dot{\theta}); \quad (30)$$

$$r_m = 1,32678;$$

$$v_{\theta 2} = 0,85068 \cdot Fr; \quad (31)$$

$$v_\theta = [0,04788 \cdot (1 + 0,36606 \cdot \dot{\theta}) + 0,85068 Fr] \cdot n_\theta. \quad (32)$$

Допустим, при  $n_\theta = 0,27318$

$$v_\theta = 0,01308 + 0,00479 \cdot \dot{\theta} + 0,23248 Fr \quad (33)$$

или

$$2 \cdot v_\theta = 0,02616 + 0,00958 \cdot \dot{\theta} + 0,00940 \cdot v, \quad (34)$$

где  $v$  – скорость судна, м/с.

Принимая, например, скорость крена  $\dot{\theta} = 10$  градусов/с,  $v = 10$  м/с, по (34) получаем

$$2 \cdot v_\theta = 0,16806. \quad (35)$$

Сравнение (35) с (25) показывает значительную разницу в величинах коэффициента сопротивления.

### 5. Редукционный коэффициент бортовой качки

В [1, 3] представлен приближённый метод расчёта редукционного коэффициента  $k$  к главной части возмущающего момента. В общем случае  $k$  зависит от геометрических элементов корпуса и волны, от возвышения центра тяжести судна.

На основе исследований ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова введена обобщённая характеристика судна [1]:

$$R = \frac{\chi \cdot n_{\theta} \cdot \sqrt[4]{\frac{B \cdot T \cdot \chi \cdot r}{h}}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot g}}, \quad (36)$$

где  $\chi = \frac{\delta}{\alpha}$  – коэффициент вертикальной полноты;

$r$  – поперечный метацентрический радиус;

$h$  – начальная метацентрическая высота;

$n_{\theta}$  – частота собственных бортовых колебаний.

Для исследуемого судна

$$R = 0,78567 \cdot 0,27318 \cdot \sqrt{\frac{32,25 \cdot 10,43 \cdot 0,78567 \cdot \frac{9,276}{1,26}}{2 \cdot \pi \cdot g}} = 0,181599. \quad (37)$$

С использованием обобщённой характеристики корпуса  $R$  редукционный коэффициент достаточно точно аппроксимируется зависимостью

$$k(\omega_K) = e^{-4,2 \left( \frac{R \cdot \omega_K}{n_{\theta}} \right)^2}. \quad (38)$$

Для исследуемого контейнеровоза с учётом (37)

$$k(\omega_K) = e^{-1,856 \cdot \omega_K^2}. \quad (39)$$

### 6. Расчётное выражение АЧХ качки

Расчётное выражение АЧХ бортовой качки (10) с учётом полученных значений редукционного коэффициента и коэффициента сопротивления по (39) и (34) или (25) приобретает следующий вид (с (25)):

$$\Phi_{r\theta}(\omega_K) = \frac{\theta_0}{r} = \frac{\omega^2}{g} \cdot \frac{k \cdot n_{\theta}^2}{\sqrt{(n_{\theta}^2 - \omega_K^2)^2 + 4 \cdot v_{\theta}^2 \cdot \omega_K^2}} = \frac{\omega^2}{g} \cdot \frac{n_{\theta}^2 \cdot e^{-1,856 \cdot \omega_K^2}}{\sqrt{(n_{\theta}^2 - \omega_K^2)^2 + 0,24089^2 \cdot \omega_K^2}}. \quad (40)$$

Таким образом, выражение (40) определило структуру формулы, описывающей амплитудно-частотную характеристику бортовой качки.

При этом необходимо принять к сведению предупреждения [1] о недостаточной точности теоретических методов определения гидродинамических характеристик качки судна и предпочтении экспериментальных методов. Поэтому при разработке новой концепции определения АЧХ по результатам обработки записей качки следует выделить те параметры, которые, с одной стороны, влиятельны, но недостаточно точны, а с другой стороны – сравнительно легко могут быть определены каким-либо методом статистической обработки записей качки. Тогда, сохраняя структуру АЧХ в виде (40), введём в неё экспериментально определяемые параметры А, Б, В:

$$\Phi_{\varepsilon\theta}(\omega_K) = A \omega^2 \cdot \frac{n_{\theta}^2 \cdot e^{-B \cdot \omega_K^2}}{\sqrt{(n_{\theta}^2 - \omega_K^2)^2 + B^2 \cdot \omega_K^2}}. \quad (41)$$

В этой структуре некоторые из определяемых параметров могут оказаться функциями истинной частоты волнения  $\omega$  или кажущейся частоты волнения  $\omega_K$ .

Возможна более простая форма АЧХ с меньшим числом экспериментально определяемых параметров:

$$\Phi_{\varepsilon\theta}(\omega_K) = 0,102 \cdot \omega^2 \cdot \frac{n_{\theta}^2 \cdot e^{-B \cdot \omega_K^2}}{\sqrt{(n_{\theta}^2 - \omega_K^2)^2 + B^2 \cdot \omega_K^2}}. \quad (42)$$

Таким образом, представленный способ формирования АЧХ для фактической загрузки судна в обычном эксплуатационном рейсе позволяет существенно упростить задачу получения достоверной АЧХ с целью её использования в задачах оптимизации плавания в сложных гидрометеорологических условиях, добиваясь недопущения критических значений качки.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Бородай И.К. Мореходность судов / И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев. – Л.: Судостроение, 1982. – 288 с.
- 2 Ремез Ю.В. Качка корабля. – Л.: Судостроение, 1983. – 328 с.
- 3 Маков Ю.Л. Качка судов. – Калининград: КГТУ, 2007. – 321 с.
- 4 Короткин А.И. Присоединённые массы судна: Справочник. – Л.: Судостроение, 1986. – 312 с.
- 5 Семёнов-Тян-Шанский В.В. Статика и динамика корабля. – Л.: Судостроение, 1973. – 608 с.
- 6 Хаскинд М.Д. Гидродинамическая теория качки корабля. – М.: Наука, 1973. – 328 с.

**REFERENCES**

- 1 Borodai I.K. Seaworthiness of ships / I.K. Borodai, Yu.A. Netsvetaev. - L.: Shipbuilding, 1982. - 288 p.
- 2 Remez Yu.V. The pitching of the ship. - L.: Shipbuilding, 1983. - 328 p.
- 3 Makov Yu.L. Rolling ships. - Kaliningrad: KSTU, 2007. - 321 p.
- 4 Korotkin A.I. Attached Masses of Vessels: A Handbook. - L.: Shipbuilding, 1986. - 312 p.
- 5 Semyonov-Tyan-Shansky V.V. Statics and dynamics of the ship. - L.: Shipbuilding, 1973. - 608 p.
- 6 Haskind M.D. Hydrodynamic theory of ship roll. – M.: Nauka, 1973. – 328 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** амплитудно-частотная характеристика качки, структура формулы, уточнение значений коэффициентов

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Сичкарёв Виктор Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Умрихин Виктор Павлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Приваленко Алексей Александрович, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## КОНТРОЛЬ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.В. Мукасеев

### CONTROL OF THE THERMAL STATE OF PARTS OF MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

Aleksandr V. Mukaseev (Ph.D. of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The modern transport industry is characterized by constant updating of technologies for designing and building ships. But even now there are a number of structural imperfections that require special attention during the operation of the ship.

**Keywords:** forcing, engine, heat stress, thermomonitoring, control, temperature

Современная транспортная отрасль характеризуется постоянным обновлением технологий проектирования и создания судов. Но даже сейчас существует ряд конструктивных несовершенств, требующих отдельного внимания во время эксплуатации судна.

Особенностью в работе речных судов является то, что в зависимости от ряда условий, таких как мелководье, сужение фарватера, перекаты и т.п., периодически приходится значительно форсировать главные двигатели. Очень часто перед судоводителями возникает вопрос: что сделать? Либо необходимо форсировать до предела дизели и избежать аварийной ситуации или же сохранить двигатели и подвергнуть судно аварийной опасности. Практически судоводитель всегда отдает предпочтение первому варианту [3].

Форсировка двигателей, прежде всего, приводит к росту тепловыделения в цилиндре и повышению процесса теплообмена между рабочим телом (газами), деталями цилиндропоршневой группы и остова. Как видим, тепловая напряженность дизеля формируется как температурное положение его деталей, рассчитанное по отношению к некоторым его критическим характеристикам с учетом свойств и условий работы материала [1].

Количественно тепловая напряженность воспринимается температурными напряжениями, а также их отношением к соответствующей характеристике механической прочности материала и уровнями температуры в различных ответственных местах детали, отнесенными к ее критическим значениям. Температуру и температурные напряжения обобщенно называют параметрами тепловой напряженности.

Развивающиеся в деталях двигателя температурные напряжения обуславливаются их конструктивной формой, теплофизическими характеристиками материала и тепловым состоянием самой детали и сопряженных с ней элементов. При этом температурное поле детали или определяющие его характеристики (уровни температуры в характерных точках и температурные градиенты) при прочих равных условиях являются итоговыми [4].

Для обеспечения надежности работы дизелей вводят конструктивные усовершенствования. Однако в условиях непредвиденной тяжелой навигационной обстановки или из-за несоблюдения правил технической эксплуатации по тепловой напряженности, часто ситуация приводит к нежелательным последствиям и нередко к авариям [3].

Если в дизелях типа 6ЧН12/14, ЧН15/18, ЧН18/22, 6ЧН36/45, ЧН18/26, ЧН 24/36, ЧН32/48 и других теплонапряженность существенно влияет на показатели надежности, прежде всего, цилиндропоршневой группы; то в высокофорсированных двигателях, у которых среднее эффективное давление превышает 2 МПа, она оказывает также влияние и на показатели безотказности и ресурса деталей остова: крышек и блока цилиндров, анкерных связей и шпилек, особенно при работе дизеля во время пуска, на переменных режимах и при перегрузках [4].

Для оценки теплового и теплонапряженного состояния цилиндропоршневой группы используются термометрирование. Измерения чаще всего проводятся в тех местах, где возможна установка термомпар. В результате указанный метод находит применение не только в исследовательской практике, а также в условиях эксплуатации. Тепловой контроль судового двигателя внутреннего сгорания (СДВС) производится косвенными методами по температуре рабочих сред (отработавших газов, надувочного воздуха, охлаждающей жидкости и масла), что дает только качественную и осредненную картину теплонапряженного состояния СДВС. Причем система автоматического регулирования поддерживает значения температур

охлаждающей жидкости и масла примерно постоянными, что резко снижает информативность даже косвенного метода [2].

Время длительной безаварийной эксплуатации судовых дизелей с высокой тепловой напряженностью может быть обеспечена экипажем путем применения новых методов и средств контроля теплового состояния деталей судовых дизелей. К их числу относятся: тепловизоры, пирометры, контактные термометры и термоиндикаторные краски, которые могут применяться сами по себе и в сочетаниях друг с другом [5, 6].

Тепловизор – это устройство для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности.

При выборе аппарата необходимо учитывать целый ряд важных характеристик: температурное разрешение, размер изображения, скорость формирования изображения, спектральный диапазон, диапазон измеряемых температур, автокомпенсацию воздействия внешних факторов и др.

Вследствие ограниченного пространства машинных помещений важным параметром является поле зрения тепловизора, описывающее размеры пространства при съемке объекта и размер чувствительного детектора (матрицы), способного обеспечить высокую плотность считывания информации в фокальной плоскости.

Пирометр – это прибор для бесконтактного измерения температуры тел.

Принцип его действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта преимущественно в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света.

При выборе пирометра необходимо учитывать технические характеристики аппарата, определяющие его технический уровень и соответствие поставленной задачи.

Термоиндикаторы – это особые вещества, изменяющие свой цвет под воздействием температуры.

Например, термоиндикаторы плавления (ТИП) представляют собой высокодисперсные суспензии термочувствительных веществ на основе органических и неорганических химических соединений и связующих, содержащих растворы синтетических лаков и смол в органических растворителях. ТИП обеспечивают повышенную контрастность цветового перехода и рекомендуются для контроля и измерения температуры нагреваемых поверхностей объектов, выполненных из любых конструкционных материалов.

На точность показаний ТИП (погрешность измерения которыми составляет не более  $\pm 1\%$ ) не влияют повышенная влажность, солнечная радиация, перепады температур.

На тех же физико-химических основах основано применение термоиндикаторных карандашей, представляющих собой металлический цилиндр с внутренним стержнем из лакополимерного композита. Материал стержня плавится при определенной температуре, называемой номиналом карандаша. Для определения момента достижения определенной температуры на контролируемую поверхность наносят метку термоиндикаторным карандашом соответствующего номинала. При температуре нагрева исследуемой поверхности до номинального значения метка расплавится и превратится в глянцевый мазок. Глянцевый вид мазка сохранится и после охлаждения поверхности.



Рисунок 1 – Тепловизор  
NEC TH7700/7800



Рисунок 2 – Термоиндикаторный карандаш

Термоиндикаторные карандаши имеют диапазон температурного перехода от 50 до 1200 °С при точности измерения температуры  $\pm 1\%$ . Применение термоиндикаторов для визуального контроля теплового состояния остова дизелей также позволяет просто и надежно регистрировать переход работы его отдельных элементов за предельно допустимые значения параметров.

Для исследования динамики изменения теплового состояния остова судового дизеля в процессе запуска, прогрева и при изменении режимов работы, создания соответствующих термограмм необходимо провести одновременные замеры температуры в целом ряде характерных точек остова.

Такие измерения целесообразно проводить с помощью термометров с контактными датчиками, оснащенными терморегистрирующими устройствами. Указанные регистраторы являются полностью автономными устройствами, имеющими в составе своей конструкции собственный источник энергии, микропроцессорное устройство управления, большой объем энергонезависимой памяти для хранения накапливаемых данных, узел часов реального времени.

Их применение исключает необходимость прокладки проводных каналов связи, дает возможность устанавливать датчики, а также считывать информацию в труднодоступных местах остова дизелей и другого судового оборудования. В качестве чувствительного элемента контактных датчиков в устройствах используются прецизионные платиновые терморезисторы, обеспечивающие регистрацию температуры в диапазоне от  $-75$  до  $+500$  °С.

Погрешность измерений при температуре окружающего воздуха от  $+5$  до  $+45$  °С составляет  $\pm 1,8$  °С.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Васильев Б. В., Ханин С. М. Надежность судовых дизелей. – М.: Транспорт, 1989.
- 2 ГОСТ Р 8.619-2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Приборы тепловизионные измерительные.
- 3 Кондратьев Н. Н. Отказы и дефекты судовых дизелей. – М.: Транспорт, 1985.
- 4 Конкс Г. А., Лашко В. А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта. – М.: Машиностроение, 2005.
- 5 Пахомов Ю. А. Основы научных исследований и испытаний тепловых двигателей. – М.: ТрансЛит, 2009.
- 6 Лепский А. Г., Дамаскин А. А. Анализ возможности формирования интегрального показателя для оценки теплонапряженности деталей судового двигателя // Вестник МГТУ. – 2008. – № 3. – Т. 11. – С. 451–455.

## REFERENCES

- 1 Vasiliev B. V., Khanin S. M. Reliability of marine diesel engines. - M.: "Transport", 1989.
- 2 GOST R 8.619-2006. National standard of the Russian Federation. Thermal imaging measuring devices.
- 3 Kondratiev N. N. Failures and defects of marine diesel engines. - M.: "Transport", 1985.
- 4 Konks G. A., Lashko V. A. World ship diesel industry. Design concepts, analysis of international experience. - M.: "Mashinostroenie", 2005.
- 5 Pakhomov Yu. A. Fundamentals of scientific research and testing of thermal engines. - M.: "TransLit", 2009.
- 6 Lepsky A. G., Damaskin A. A. Analysis of the possibility of forming an integral indicator for assessing the heat stress of ship engine parts. "Vestnik MGTU". - 2008. - No. 3. - Vol. 11. - pp. 451-455.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** форсировка, двигатель, теплонапряжённость, термометрирование, контроль, температура  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Мукасеев Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.В. Загоровский**

### APPLICATION OF WATER-FUEL EMULSIONS IN SIBERIA

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
**Vladimir V. Zagorovsky** (Ph.D. of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article discusses the factors that affect the possibility of using water-fuel emulsions in internal combustion engines with compression ignition (diesel internal combustion engines) in the conditions of the Siberian region. An analysis is given of ways to increase the stability of the "diesel fuel-water" emulsion.

**Keywords:** water-fuel emulsion, engine, diesel fuel, Siberia

В статье рассматриваются факторы, влияющие на возможности использования водотопливных эмульсий в двигателях внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия (дизельных ДВС) в условиях Сибирского региона. Приводится анализ способов, позволяющих увеличить стабильность эмульсии «дизельное топливо-вода».

Сибирь занимает значительную часть территории России. Однако, заселена она очень неравномерно - большая часть населения проживает на юге Сибирского региона.

Климат Западной Сибири – континентальный, арктический и субарктический на севере и умеренный на остальной территории. Он более суровый, чем на Русской равнине, но более мягкий, чем в Восточной Сибири. Континентальность нарастает к юго-востоку равнины.

Летом над Западной Сибирью давление понижается постепенно к юго-востоку. Ветры

преобладают в северном направлении. При этом усиливается роль западного переноса. Июльские изотермы принимают широтные направления. На севере Ямала средняя июльская температура  $+4^{\circ}\text{C}$ , вблизи Полярного круга  $+14^{\circ}\text{C}$ , на юге равнины  $+22^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум  $+45^{\circ}\text{C}$  (крайний юг).

Лесостепь протягивается неширокой полосой (150-300 км) от Урала до Салаирского кряжа и Алтая. Климат умеренный континентальный, с суровой малоснежной зимой и жарким сухим летом. Средняя температура января  $-17^{\circ}\text{C}$ - $20^{\circ}\text{C}$ , а июля  $+18^{\circ}\text{C}$ + $20^{\circ}\text{C}$ , (максимум  $+41^{\circ}\text{C}$ ).

Все крупные города находятся на юге Сибири – Новосибирск, Красноярск, Омск, Томск и другие мегаполисы. Интенсивное автомобильное движение в них приводит к сильнейшему загрязнению атмосферного воздуха, увеличению в нем токсичных компонентов.

В настоящее время, большая часть флота, работает в городах. Соответственно вносит свою лепту в загрязнение атмосферы.

Работы по сокращению токсичности отработавших газов (ОГ) транспортных энергетических установок проводятся по следующим основным направлениям: уменьшение токсичности двигателей внутреннего сгорания и созданию малотоксичных энергетических установок с ДВС.

Известные в настоящее время мероприятия по обезвреживанию отработавших газов при помощи специальных устройств – нейтрализаторов, встраиваемых в выпускную систему дизеля, заключаются в плазменном и каталитическом дожигании, адсорбции на поверхностно-активных веществах и фильтрации.

Следующее направление объединяет разнообразные технические мероприятия, затрагивающие рабочий процесс дизеля, и часто воздействующие на процессы образования вредных веществ в цилиндрах. Сюда относят, например, применение определенного способа смесеобразования, изменение угла опережения впрыска топлива, перепуск части отработанных газов на всасывание, применение специальных прокладок к топливу и т.п.

Особняком в этом перечне стоит применение водотопливных эмульсий (ВТЭ), которое, по многочисленным исследованиям, не только снижает токсичность ОГ, но и позволяет снизить расход топлива.

Использование ВТЭ для улучшения экологических показателей ДВС – это единственный способ, при котором (как единодушно отмечают исследователи) без ухудшения экономических показателей снижается содержание практически всех токсичных составляющих ОГ.

Эмульсии на основе дизельного топлива применяются крайне редко вследствие их малой стабильности. Стабильность – одно из важнейших свойств ВТЭ – способность эмульсии сохранять со временем дисперсность (агрегатная стабильность) и равномерность распределения (кинетическая стабильность) водной фазы. Для повышения стабильности ВТЭ в них добавляют поверхностно – активные вещества (ПАВ). Наиболее распространено мнение о том, что отличным эмульгатором является мазут. Но проведенные нами эксперименты свидетельствуют о том, что при сравнительно небольшом увеличении стабильности заметно ухудшаются свойства топлива ввиду присутствия в мазутах тяжелых углеводородов. Другие ПАВ – оматы ангидросилитов, полиэтиленгликолевые эфиры ангидроспиритов, эфиры триэтаноламина олеиновой кислоты т.п. – трудно применимы вследствие их недоступности и дороговизны. Поэтому было решено провести поиск других путей увеличения стабильности.

Известен способ приготовления топливно-водяной смеси для питания двигателей внутреннего сгорания, заключающийся в том, что топливо и воду перед подачей в смеситель обрабатывают во вращающемся магнитном поле, что позволяет улучшить качество смеси и уменьшить нагарообразование в двигателе. Но в данном исследовании ничего не сообщается о влиянии магнитного поля на стабильность приготовленной смеси. Из анализа работ (или авторских свидетельств) можно заключить, что магнитное поле оказывает благотворное влияние на свойства смешиваемых продуктов. Других исследований по данной проблеме не обнаружено.

Автором были проведены исследования по изучению влияния магнитного поля на стабильность эмульсии «вода-дизельное топливо».

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Воздействие магнитного поля постоянного направления на ВТЭ, в процессе ее приготовления, оказывает положительное влияние на ее стабильность.

2. Обработка магнитным полем не привела к увеличению размеров частиц воды в эмульсии, по сравнению с эталонной ВТЭ.

3. Обработка воды магнитным полем повышает стабильность эмульсии.

Реализация данного способа приготовления эмульсии может в значительной мере повысить возможность ее использования в качестве топлива для дизелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Лебедев О.Н., Сомов В.А., Калашников С.А. Двигатели внутреннего сгорания речных судов: Учеб. Для вузов. М.: Транспорт, 1990. - 328 с.  
2 Либенфорт Г.Б. Судовые двигатели и окружающая среда. - Л.: Судостроение, 1979. - 144 с.

REFERENCES

1 Lebedev O.N., Somov V.A., Kalashnikov S.A. Internal combustion engines of river vessels: Proc. For universities. M.: Transport, 1990. - 328 p.  
2 Liebefort G.B. Marine engines and the environment. - L.: Shipbuilding, 1979. - 144 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** водотопливная эмульсия, двигатель, дизельное топливо, Сибирь  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Загорский Владимир Викторович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ БЕРЕГОВЫХ И ПЛАВУЧИХ ОБЪЕКТОВ В АКВАТОРИЯХ ПОРТОВ (ПРИЧАЛОВ)

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО  
«Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, Е.В. Иванова, В.Г. Сальников**

### CONTROL OF THE THERMAL STATE OF PARTS OF MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
Omsk Institute of Water Transport (branch), Siberian State University of Water Transport  
(OIWT) 4, Ivan Alekseev St., Omsk, 644099, Russia

**Juliya M. Denchik** (Ph.D. of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**Dmitry A. Zubanov** (Senior Lecturer of OIWT)

**Elena V. Ivanova** (Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of SSUWT)

**Vasily G. Sal'nikov** (Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article deals with topical issues of ensuring coordinated power supply of coastal and floating objects in the waters of ports (berths). The subject of the study is the processes occurring in the electrical network when supplying ships of the technical fleet and floating objects from the shore, causing the need for automated calculation of low-frequency conductive electromagnetic interference for their subsequent suppression and provision of coordinated power supply to onshore and floating facilities, which is one of the ways to increase energy efficiency in accordance with the state program of the Russian Federation "Energy Development". An algorithm for calculating the parameters of the electromagnetic environment based on slow voltage changes in the electrical network, as well as a developed computer program that makes it possible to study slow voltage changes when the electrical network load changes, are presented. A method for ensuring coordinated power supply of coastal and floating facilities in the waters of ports (berths) is proposed.

**Keywords:** *electromagnetic environment, low-frequency conductive electromagnetic interference, slow voltage changes, floating object, electromagnetic compatibility*

В статье рассмотрены актуальные вопросы обеспечения согласованного электроснабжения береговых и плавучих объектов в акваториях портов (причалов). Предметом исследования являются процессы происходящие в электрической сети при питании судов технического флота и плавучих объектов с берега, обуславливающие потребность в автоматизированном расчёте кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех для последующего их подавления и обеспечения согласованного электроснабжения береговых и плавучих объектов, что является одним из направлений повышения энергоэффективности в соответствии с государственной программой Российской Федерации «Развитие энергетики». Представлены алгоритм расчета параметров электромагнитной обстановки по медленным изменениям напряжения в электрической сети, а также разработанная программа для ЭВМ, позволяющая проводить исследование медленных изменений напряжения при изменении нагрузки электрической сети. Предложен способ обеспечения согласованного электроснабжения береговых и плавучих объектов в акваториях портов (причалов).

**Введение.** Экономика регионов Сибири и Севера России исторически развивается на основе единой системы сначала водного, а потом и электрифицированного железнодорожного транспорта. В настоящее время на долю внутреннего водного транспорта в Российской Федерации приходится менее 1,5 процента общего объема перевозок грузов и грузооборота всех видов транспорта, в то время как в Германии – 11 процентов, Нидерландах – 34 процента, Франции – 10 процентов грузооборота при устойчивой тенденции роста речных перевозок, прежде всего грузов в контейнерах. При этом соотношение протяженности внутренних водных путей, железнодорожных и автомобильных дорог составляет только в Европейской части России – 1:1:8, в Германии – 1:6:92, во Франции 1:6:190 и в Нидерландах – 1:0.5:23. Позиция внутреннего водного транспорта в транспортной системе России за 1989 – 2014 годы существенно ослабла. Объем перевозок грузов уменьшился в 4,6 раза.

Для повышения эффективности водного транспорта принята «Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. № 327-р, в рамках которой должно осуществляться строительство современных портов, причалов, перегрузочных центров, а также развитие инфраструктуры прибрежных территорий. Это требует интенсивного улучшения состояния водных акваторий, что в свою очередь осуществляется с помощью судов технического флота и плавучих объектов. При этом значительная роль при осуществлении этих планов отводится электрификации. В нашем случае экономически обосновано осуществлять электроснабжение этих объектов с берега.

В соответствии с «Планом развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 года», утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2019 г. № 3120-р, также предусматривается реализация мероприятий, необходимых для обеспечения перспективного спроса на электрическую энергию и мощность на прибрежных территориях Северного морского пути. Система электроснабжения береговых объектов должна развиваться с учетом электрических нагрузок судов технического флота и плавучих объектов, работающих в акватории.

Электрические сети среднего напряжения (6-10 кВ) удаленных береговых объектов (порты, причалы) характеризуются низкой интегральной характеристикой (незначительными мощностями полного трёхфазного короткого замыкания). Они являются фактическими рецепторами к качеству электроэнергии. Судовые электроэнергетические системы (ЭЭС) также характеризуются незначительными интегральными показателями. Причем наблюдается бесконтрольная эскалация в судовые ЭЭС судов технического флота и плавучих объектов нелинейных и резкопеременных нагрузок. Электрическая нагрузка эксплуатируемых в акватории объектов сопоставима с мощностью береговых источников электроэнергии.

В связи с изложенным, обеспечение согласованного электроснабжения береговых и плавучих объектов является одним из направлений повышения энергоэффективности в соответствии с государственной программой Российской Федерации «Развитие энергетики», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации № 321 от 15 апреля 2014 г.

**Постановка проблемы.** Проблема обеспечения согласованного электроснабжения береговых и плавучих объектов является частью проблемы электромагнитной совместимости судовых технических средств и береговой электрической сети. Она относится к глобальной проблеме в электроэнергетике – электромагнитной совместимости (ЭМС) линий электропередач различного напряжения с техническими средствами, в том числе и между собой.

Основным научным направлением решения этой глобальной проблемы, развитым учёными многих стран мира является улучшение электромагнитной обстановки (ЭМО) путём повышения показателей качества электроэнергии и подавления кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП) [1-6]. Тема электромагнитной совместимости береговой и судовой электрических сетей имеет слабую освещённость. Хотя известно, что электроснабжение судов от береговых сетей примерно в два раза дешевле, чем электроэнергия, вырабатываемая судовыми генераторами. При этом электроснабжение судов от береговой системы с заземлённой нейтралью должно осуществляться с помощью четырехжильного кабеля или трехжильного кабеля или специально проложенной четвёртой (нулевой) жилы. Четвёртая жила связывает корпус судна с нейтралью трансформатора и повышает электробезопасность судовой ЭЭС в случае ухудшения её изоляции. Применение четвёртой жилы способствует также уменьшению электрокоррозии судна под действием блуждающих токов.

Однако комплексная задача по обеспечению эффективного режима напряжения в пределах нормируемых показателей качества электроэнергии в электрической сети при питании судов технического флота и плавучих объектов с берега не решена [7-8].

Для этого нужен постоянный мониторинг за качеством электроэнергии, специальные компьютерные программы для обработки данных результатов измерений показателей качества электроэнергии и расчёта кондуктивных низкочастотных ЭМП. Существующие компьютерные программы не имеют функциональных возможностей автоматизированного определения кондуктивных низкочастотных ЭМП. В частности, отсутствуют компьютерные программы и алгоритмы автоматизированного расчёта этих кондуктивных низкочастотных ЭМП.

**Методологический подход и решение.** В связи с тем, что медленные изменения напряжения характеризуются ГОСТ 32144-2013 интегральными параметрами ( $U_{(-)} = -10\% U_{НОМ}$ ,  $U_{(+)} = 10\% U_{НОМ}$ ) необходимо иметь специальные измерительные системы, например «Ресурс-ПКЭ» и компьютерные программы для обработки данных и расчета кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП) [ГОСТ Р 51317.2.5-2000 (МЭК 61000-2-5-95)]. В частности существующие компьютерные программы не имеют функциональных возможностей автоматического определения указанных помех.

При превышении допустимых значений медленного изменения напряжения ( $\pm 10\% U_{НОМ}$ ) часть поля событий обуславливает кондуктивную низкочастотную ЭМП, вызванную особенностями технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Процесс возникновения кондуктивной низкочастотной ЭМП по медленным изменениям

напряжения представляется математической моделью

$$\delta U \left[ \begin{array}{l} P(-\infty < \delta U < \delta U_{(-)}) \neq 0; \\ P(\delta U_{(+)} < \delta U < \infty) \neq 0 \end{array} \right] \subset \delta U_{\Pi},$$

где  $\delta U$  – значение отклонения напряжения, %;

$\delta U_{\Pi}$  – кондуктивная низкочастотная ЭМП по медленным изменениям напряжения, %.

Кондуктивная низкочастотная ЭМП возникает, если значение  $\delta U_{\Pi}$  в течение периода измерений не равно нулю. Эта кондуктивная низкочастотная ЭМП также появляется при выполнении только одного условия, является производящей функцией непрерывно распределенной случайной величины  $\delta U$ .

Интегральная функция распределения  $\delta U$  определяется по интервалам:

интервал  $(-\infty; \delta U_{(-)})$

$$P(-\infty < \delta U < \delta U_{(-)}) = \int_0^{\delta U_{(-)}} \psi(\delta U) d(\delta U);$$

интервал  $(\delta U_{(+)}; \infty)$

$$P(\delta U_{(+)} < \delta U < \infty) = \int_{\delta U_{(+)}}^{\infty} \psi(\delta U) d(\delta U);$$

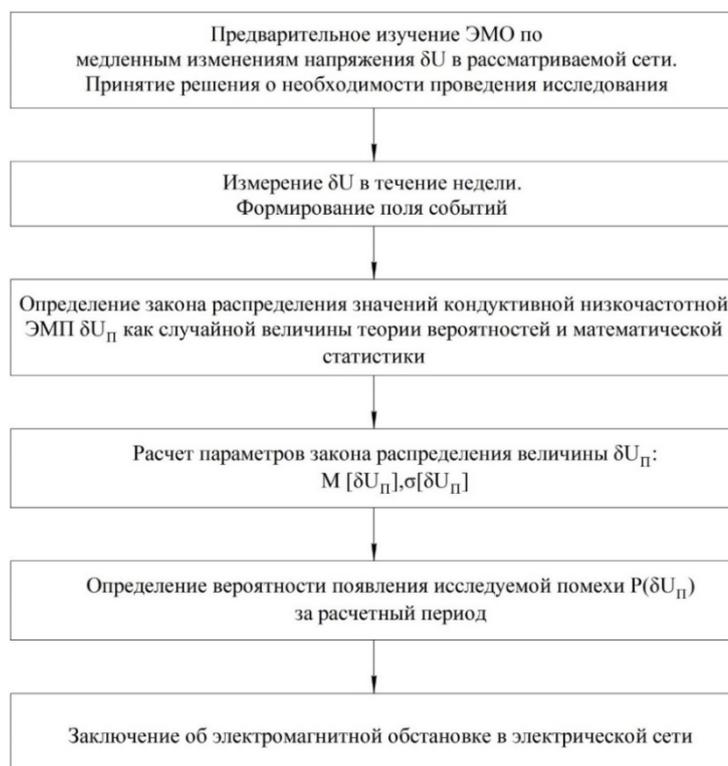
где  $\psi(\delta U)$  – плотность вероятности распределения величины  $\delta U$ , 1/%.

Вероятность появлений этой помехи определяется по формуле:

$$P(\delta U_{(+)} < \delta U < \infty) = \int_{\delta U_{(+)}}^{\infty} \psi(\delta U) d(\delta U);$$

Полученные параметры кондуктивной низкочастотной ЭМП и вероятность её появления за расчётный период позволяют оценить ЭМО по медленным изменениям напряжения в электрической сети в соответствии с алгоритмом, схема которого представлена на рисунке 1. На данный алгоритм получено свидетельство о регистрации электронного ресурса (№23253) в объединённом фонде электронных ресурсов «Наука и образование».

В соответствии с этим алгоритмом разработано специальное программное обеспечение для ЭВМ «Программа для исследования медленных изменений напряжения при изменении нагрузки электрической сети» (рисунок 2), зарегистрированное в ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (№2016615972). В качестве среды разработки была выбрана система автоматизированного проектирования LabVIEW фирмы National Instruments, основанная на языке графического программирования [9].



*Рисунок 1 – Алгоритм расчёта параметров электромагнитной обстановки по медленным изменениям напряжения в электрической сети*

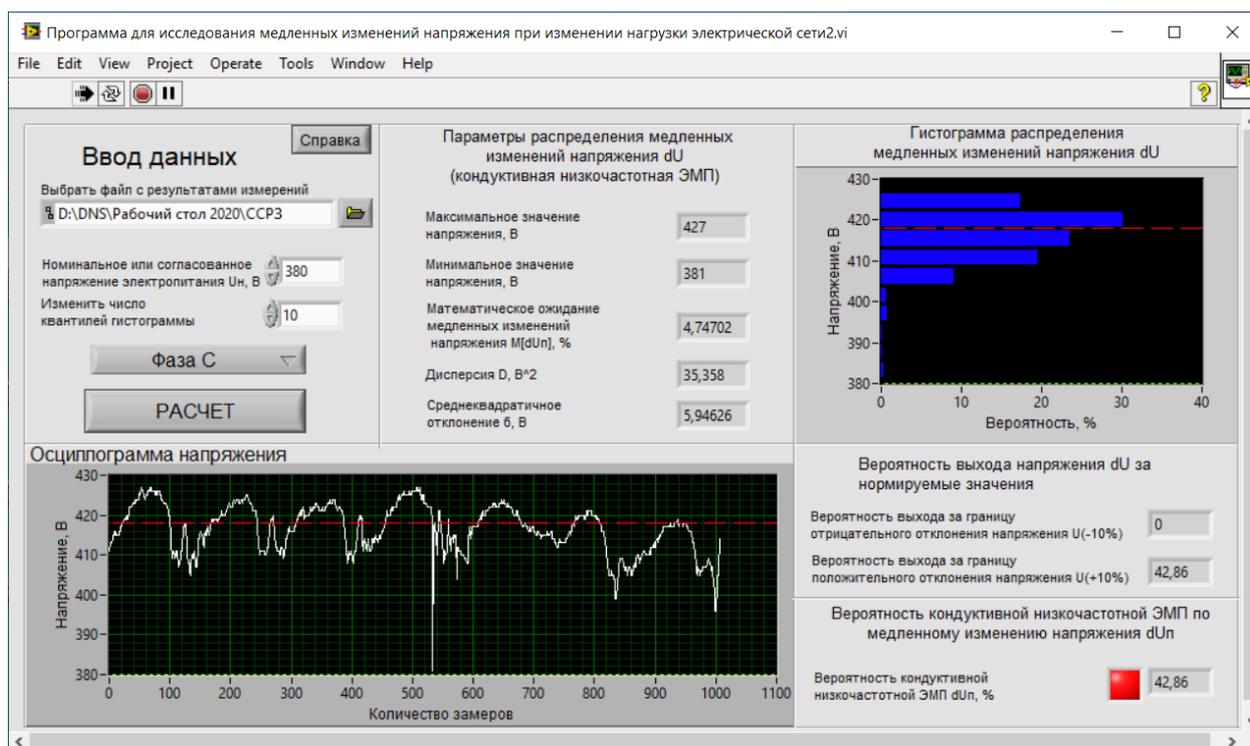


Рисунок 2 – Интерфейс «Программы для исследования медленных изменений напряжения при изменении нагрузки электрической сети»

Результатами расчета являются:

- Осциллограмма напряжения.
- Гистограмма распределения медленных изменений напряжения, совмещенная с нормируемыми значениями.
- Параметры распределения медленных изменений напряжения (максимальное и минимальное значения, математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратичное отклонение).
- Вероятность выхода напряжения за нормируемые значения.
- Параметры кондуктивной низкочастотной ЭМП по медленному изменению напряжения.

В случае появления помехи загорается соответствующий световой сигнал.

Данная программа использовалась при оценке ЭМО в электрических сетях Омского судоремонтно-судостроительного завода (Омский ССРЗ). В результате исследований установлено, что напряжение в электрической сети с вероятностью 42.86% выходит за нормируемые границы, установленные ГОСТ 32144-2013. Параметры распределения кондуктивной низкочастотной ЭМП составляют (рисунок 2):

- Математическое ожидание  $M[\delta U_n] = 4.747\%$ .
- Среднеквадратичное отклонение  $\sigma[\delta U_n] = 5.946\text{В}$ .
- Вероятность появления  $P(\delta U_n) = 42.86\%$ .

Таким образом, кондуктивная низкочастотная ЭМП по медленным изменениям напряжения в электропередаче «берег-судно» по своему физическому смыслу является параметром, достоверно (с вероятностью 0,95) характеризующим режим напряжения сети за расчетный период и электромагнитную обстановку в этой электропередаче.

Математическое ожидание  $M[\delta U_n]$  в электропередаче 0,4 кВ «берег-судно» является основной величиной, на которую необходимо изменить уставку автоматического регулятора напряжения (АРН) на понижающем трансформаторе, питающем систему электропередачи «берег-судно» (рисунок 3). Если напряжение в электрической сети повышено, то величина изменения уставки определяется по формуле

$$\Delta U_p = -K_3 \cdot M[\delta U_n], \quad (1)$$

где  $K_3 = 1,15$  – коэффициент запаса настройки регулятора напряжения.

Если напряжение понижено, то величина изменения уставки определяется по формуле

$$\Delta U_p = K_3 \cdot M[\delta U_n]. \quad (2)$$

Принимая это во внимание, закон регулирования напряжения в электропередаче «берег-судно» представляется математической моделью

$$U_p = U_n \left( 1 \pm K_3 \frac{M[\delta U_n]}{U} \right), \quad (3)$$

где  $M[\delta U_n]$  – математическое ожидание кондуктивной низкочастотной ЭМП по медленным изменениям напряжения, %;

$U$  – фактическое напряжение в сети, В;

$U_p$  – напряжение, установившееся в результате действия регулятора, В;

$U_n$  – номинальное напряжение сети, В.

На рисунке 3 представлена блок-схема автоматического регулятора напряжения (АРН), реализующего предложенный закон стабилизации напряжения.

**Реализация.** В системе питания плавкрана проекта Р99, работающего в акватории реки Иртыш, повышена эффективность электроснабжения. Проверена эффективность закона регулирования в электропередаче 0,4 кВ «берег-судно». Кондуктивная низкочастотная ЭМП ( $M[\delta U_n] = 4.74\%$ ,  $\sigma[\delta U_n] = 5.95\%$ ,  $P(\delta U_n) = 42.86\%$ ) подавлена путем согласованного режима береговой электрической сети и электропередачи «берег-судно».

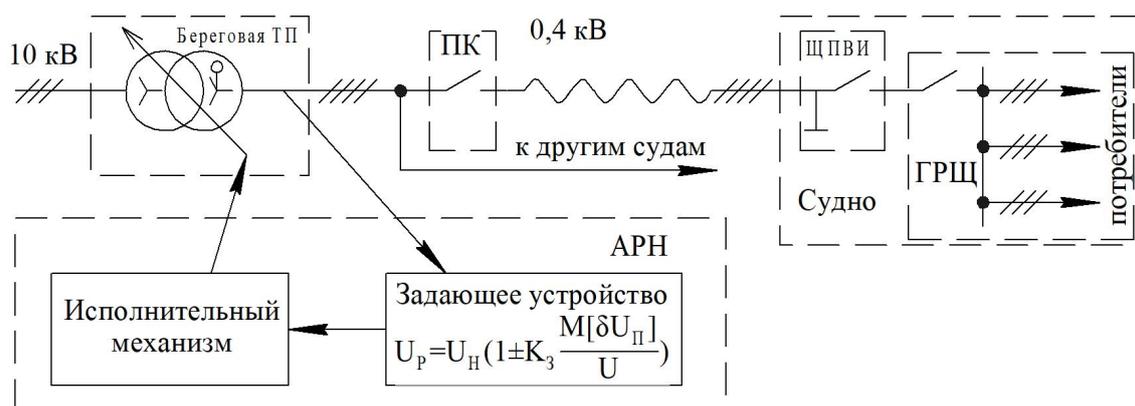


Рисунок 3 – Блок-схема автоматического регулятора, реализующего предложенный закон стабилизации напряжения в электропередаче «берег-судно»

**Заклучение:**

- Техническая задача по обеспечению согласованного электроснабжения береговых и плавучих объектов может быть решена только при полном подавлении кондуктивной низкочастотной ЭМП по медленным изменениям напряжения.

- Для повышения энергетической эффективности электропередачи «берег-суда технического флота и плавучие объекты» необходимо разработать соответствующие директивные документы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- 1 Dovgun V P, Egorov D E and Shevchenko E S 2016 Parametric synthesis of passive filtercompensating devices Russian Electrical Engineering 87(1) 28–34.
- 2 Arrillaga, J., Bradley, D.A., and Bodger, P.S., Power System Harmonics, John Wiley and Sons, 1985.
- 3 Zhelezko Y S, Kostyushko V A, Krylov S V, Nikiforov E P, Savchenko O V, Timashova L V and Solomonik E A 2005 Power losses in electrical networks depending on weather conditions Power Technology and Engineering 39(1) 51–6.
- 4 Zhezhelenko I, Sayenko Y, Baranenko T and Pawelek R 2014 Engineering methods of evaluation of additional power losses in electric power networks at non-sinusoidal conditions PrzegladElektrotechniczny 90(7) 226–9.
- 5 Zhezhelenko I V 2018 The main directions of improving the efficiency of production, transmission and distribution of electrical energy Energetika, Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Association 61(1) 28–35.

- 1 Dovgun V P, Egorov D E and Shevchenko E S 2016 Parametric synthesis of passive filtercompensating devices Russian Electrical Engineering 87(1) 28–34.
- 2 Arrillaga, J., Bradley, D.A., and Bodger, P.S., Power System Harmonics, John Wiley and Sons, 1985.
- 3 Zhelezko Y S, Kostyushko V A, Krylov S V, Nikiforov E P, Savchenko O V, Timashova L V and Solomonik E A 2005 Power losses in electrical networks depending on weather conditions Power Technology and Engineering 39(1) 51–6.
- 4 Zhezhelenko I, Sayenko Y, Baranenko T and Pawelek R 2014 Engineering methods of evaluation of additional power losses in electric power networks at non-sinusoidal conditions PrzegladElektrotechniczny 90(7) 226–9.
- 5 Zhezhelenko I V 2018 The main directions of improving the efficiency of production, transmission and distribution of electrical energy Energetika, Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Association 61(1) 28–35.

6 Bader M P 2015 The prospects for development of renewable power engineering and providing electrical safety and electromagnetic compatibility Russian Electrical Engineering 86(9) 519–23.

7 C. Iris, J.S.L. Lam A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems Renew. Sustain. Energy Rev., 112 (2019), pp. 170-182.

8 R. Winkel, U. Weddige, D. Johnsen, V. Hoen, S. Paepfthimiou Shore Side Electricity in Europe: Potential and environmental benefits Energy Policy, 88 (2016), pp. 584-593.

9 Lu Q, Huang Yu, Wang T, Sun L 2012 T. 2. № 1. A data analysis and evaluation system on labview International Journal of Education and Management Engineering. C. 59-66.

6 Bader M P 2015 The prospects for development of renewable power engineering and providing electrical safety and electromagnetic compatibility Russian Electrical Engineering 86(9) 519–23.

7 C. Iris, J.S.L. Lam A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems Renew. Sustain. Energy Rev., 112 (2019), pp. 170-182.

8 R. Winkel, U. Weddige, D. Johnsen, V. Hoen, S. Paepfthimiou Shore Side Electricity in Europe: Potential and environmental benefits Energy Policy, 88 (2016), pp. 584-593.

9 Lu Q, Huang Yu, Wang T, Sun L 2012 T. 2. № 1. A data analysis and evaluation system on labview International Journal of Education and Management Engineering. C. 59-66.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *электромагнитная обстановка, кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха, медленные изменения напряжения, плавучий объект, электромагнитная совместимость*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Зубанов Дмитрий Александрович, старший преподаватель ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
644099, г. Омск, ул. И. Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

---

## ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ПЛАВСОСТАВА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет»

Л.А. Гиренко

### INDICATORS OF PHYSICAL HEALTH OF FLOATING STAFF AS THE MOST IMPORTANT FACTOR OF SAFETY IN WATER TRANSPORT

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
Novosibirsk State Pedagogical University (NSPU) 28, Vilyuyskaya St., Novosibirsk, 630126, Russia  
Larisa A. Girenko (Ph.D. of Biological Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The study provides data on the risks associated with the professional activities of seafarers in the conditions of performing professional activities on water transport. The analysis of scientific literature on the dangerous impact of environmental, natural and social factors on the health of seafarers is given. The problem of searching for a model for maintaining the physical health of sailors by means of using physical exercises and self-diagnosis of physical indicators is indicated. This article proposes methods for assessing the physical development and self-diagnosis of the functional state of fleet workers, which can be used in conditions of insufficient medical equipment and diagnostic equipment. This study presents the results of diagnosing the indicators of physical health of seafarers who are in training sessions at the University of Water Transport. 45 percent of seafarers were of average fitness, 38 percent were above average, and 17 percent were below average. The condition of the muscular system in more than 50 percent of sailors is low or below average. 67% of seafarers did not meet the normative values according to gender and age for practically healthy men. According to the calculation of the Quetelet index, the number of men with excess body weight and obesity was 22 and 11.7 percent, respectively, which is alarming, especially in the current sanitary and epidemiological situation with the spread of a new coronavirus infection, the course of which can be aggravated in people with disharmonious physical development in excess body weight and low functional reserves of the respiratory and cardiovascular systems. It is important that the health of seafarers is the most important factor in ensuring safety in water transport.

**Keywords:** sailors, diagnostics, physical development level, health, safety, water transport

В исследовании приведены данные о рисках, связанных с профессиональной деятельностью моряков в условиях выполнения профессиональной деятельности на водном транспорте. Приведен анализ научной литературы об опасном влиянии экологического, природного и социального факторов на здоровье работников плавсостава. Обозначена проблема поиска модели сохранения физического здоровья моряков средствами использования физических упражнений и самодиагностики физических показателей. В настоящей статье предложены методы оценки физического развития и самодиагностики функционального состояния работников флота, которые можно использовать в условиях недостаточности медицинской оснащённости и диагностического оборудования. В настоящем исследовании приведены результаты диагностики показателей физического здоровья работников плавсостава, находящихся на учебных занятиях в университете водного транспорта. 45 процентов моряков имели средний уровень физического развития, 38 процентов – выше среднего и 17 процентов ниже среднего. Состояние мышечной системы более, чем у 50 процентов моряков низкое и ниже среднего. 67 % моряков не уложились в нормативные значения согласно пола и возраста для практически здоровых мужчин. Согласно расчёту индекса Кетле количество мужчин с избытком массы тела и ожирением составили 22 и 11,7 процентов, соответственно, что тревожно особенно в условиях современной санитарно-эпидемиологической ситуации с распространением новой коронавирусной инфекции, течение которой может усугубляться у лиц с дисгармоничным физическим развитием по избытку массы тела и низкими функциональными резервами дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Важно, что здоровье моряков является важнейшим фактором обеспечения безопасности на водном транспорте.

**Введение.** В современной научно-практической литературе исследователи изучают условия труда, влияющие на здоровье и благополучие моряков на борту судов. Авторы научных статей интересуются соблюдением экологических требований, что снизит опасности для здоровья и улучшит безопасность на рабочем месте. Всем известно, что профессиональная деятельность плавсостава может отрицательно влиять на здоровье моряков. Однако характер и степень гиподинамии по уровню физического развития на рабочем месте, связанного с деятельностью плавсостава, ранее не изучались среди работников, выполняющих эту работу время от времени и в качестве неспециалистов. Исследование с использованием качественного анкетирования было проведено в британской глобальной судоходной компании и на борту двух её судов. В ходе интервью определены отражающие условия работы факторы, опасные для здоровья и личности моряка. Среди них оказались управленческие решения, межличностные конфликты, вопросы карьерного роста и что немаловажно физические условия, в том числе сохранение физического здоровья в рейсе. Несоответствие

требованиям охраны окружающей среды негативно влияет на здоровье и благополучие судовых экипажей, увеличивается доля тяжелой рабочей нагрузки и продолжительность рабочего времени, с которыми судовые экипажи сталкиваются. Понимание того, как соблюдение экологических норм влияет на долгосрочное здоровье, имеет важнейшее значение [1; 2; 3; 4; 6; 13].

В морской индустрии разных держав жизненно важно, чтобы персонал на борту судов был ознакомлен с планировкой судна, а также с оборудованием и процессами обеспечения личной безопасности каждого моряка и экипажа судна. Международные морские правила требуют, чтобы весь персонал, работающий или занятый на морском судне, прошел надлежащую ознакомительную подготовку. Нынешняя ознакомительная практика студентов и работников на судне сопряжена с рядом сложностей: в частности, студенты плавательных специальностей профильных вузов по водному транспорту должны быть максимально физически и психически здоровы [1; 9; 10; 12; 13].

В начале 2019 года были исследованы условия труда, благосостояние и соответствующая гигиена 668 китайских моряков с целью проведения систематического обзора условий труда и здоровья китайских моряков. Оказалось, что примерно большинство моряков получают заработную плату выше, чем в среднем по стране, а китайские моряки имеют высокую удовлетворенность качеством питания на борту. Тем не менее, имеются важные проблемы: длительные поездки, длительный ежедневный рабочий день, влияние природных факторов на судне, социальная изолированность от близких, ограниченное пространство для досуга и лечения. Полученные данные требуют от судоходных компаний, директивных органов и международных организаций совместных усилий, направленных на улучшение условий труда, графика сменности и другого общего управления моряками, улучшение коммуникации между моряками и их семьями, повышение доступности медицинской помощи и психологического консультирования, использования оптимальных средств двигательной активности, и разработку надлежащих механизмов принятия мер по обеспечению гигиены труда моряков [9; 14; 15; 16].

Моряки вносят важнейший вклад в развитие гражданского общества, однако здоровью моряков в морском мире уделяется сравнительно мало внимания. Например, Китай имеет самый большой штат моряков, и китайские моряки работают на борту торговых судов под разными флагами. Так, Конвенция 2006 года о труде в морском судоходстве вступила в силу в Китае в ноябре 2016 года, и она уже оказала значительное влияние на политику, законодательство и морскую практику. Однако, несмотря на то, что во многих странах, особенно в развитых, лечение моряков значительно улучшилось, китайские моряки все еще сталкиваются с некоторыми проблемами, связанными со здоровьем, такими как продолжительный рабочий день, недостаточное питание, недостаточный отдых и плохое физическое и психическое здоровье. В исследовании авторы Кум Файюэн, Кевин Ли, Фейма, Сюэцин Ванг также указывают на факторы, влияющие на безопасное поведение моряков, мотивируют и убеждают работников о возможности сохранения здоровья физического и психического использованием физических упражнений, ведение здорового образа жизни и безопасного поведения, снижения угрозы несчастного случая. Психологическая поддержка, доступность использования средств физической культуры в 61% располагает к безопасному поведению [3; 14; 15].

Исследователи стараются разработать модель, которая обладает адекватным воздействием с учетом возраста, опыта и уровня подготовки моряков и обогатить современную научную литературу по мероприятиям, направленным на безопасное поведение моряков с точки зрения мотивационного состояния к собственному здоровью и физической подготовке, что подразумевает политику безопасности и управления человеческими ресурсами по улучшению психического и физического здоровья моряков. Передовые технологии рационализировали и упростили операции на море, однако это развитие привело к более высоким требованиям, предъявляемым к оператору. Хорошее состояние здоровья стало важным фактором безопасности: хорошее состояние здоровья имеет решающее значение как для предотвращения стрессовых травм, так и для обеспечения бдительности и оптимальной производительности труда. Физическая активность является мощным профилактическим "лекарством" для поддержания хорошего здоровья и профилактики избыточного веса и заболеваний опорно-двигательного аппарата [5; 9; 10; 14; 15].

Работа в море связана с работой в смену, а отсутствие сна и усталость существенно влияют на работоспособность. Нарушения опорно-двигательного аппарата являются одной

из наиболее распространенных причин длительных отпусков по болезни и пенсий по инвалидности среди физических лиц. Важными факторами в решении проблем, связанных с работой на море, являются также общая психосоциальная нагрузка и преодоление стресса. Таким образом, хорошее здоровье является важным фактором безопасности. Физические упражнения рекомендуются в качестве профилактической меры против нарушений опорно-двигательного аппарата, а также улучшают общее состояние здоровья. Моряки остаются на борту в течение четырех и более недель, поэтому существует большой потенциал для того, чтобы включить регулярные физические упражнения в свой ежедневный распорядок дня на борту. Рыбаки, подвергающиеся воздействию неблагоприятных условий окружающей среды, страдают от негативных последствий для здоровья. Симптомы опорно-двигательного аппарата были обнаружены у выборочной популяции американских рыбаков, особенно в нижней части спины и кистях или запястьях, и являлись обычным состоянием для работников. Другое американское исследование выявило несколько профессиональных рисков, которые могут способствовать накопительному эффекту, таких как монотонная работа, физические нагрузки, неловкие или статические позы, низкие температуры, вибрация и напряжение мышц, вызванные необходимостью постоянного поддержания равновесия [1; 2; 5; 10; 11; 13].

За последние десять лет более 6000 моряков стали заложниками пиратов. Имеется небольшая, но развивающийся массив исследований, показывающих, что эти моряки могут столкнуться с долгосрочными проблемами при выздоровлении. У 25,77% бывших заложников проявляются симптомы, согласующиеся с психотравмирующим синдромом и ухудшением физического здоровья. Опыт нахождения в заложниках и другие морские травмы могут влиять на благополучие моряков и принятие решений о продолжении работы в судоходстве. Кроме того, есть данные, которые дают представление о заболеваниях и смертности на море в США. Отчеты по Варицелле являются наиболее часто получаемыми отдельными сообщениями о заболеваниях. В ходе контактных расследований были выявлены случаи разных заболеваний [7; 11; 16].

Таким образом, все эти исследовательские данные в мировой научной литературе углубило понимание экологических, психических и физических факторов, влияющих на состояние здоровья моряков. Возникло понимание крайней важности, что для улучшения здоровья плавсостава, необходимы профилактические меры, связанные со своевременной диагностикой своего физического состояния, направленные на снижение уровня напряжения и воздействия, связанного с работой. Что и послужило основанием для выбора темы, постановки цели и задач настоящего исследования. В связи с этим, целью настоящего исследования явилось изучение показателей физического здоровья работников судовых экипажей. Для достижения цели настоящего исследования были определены следующие задачи: изучить индексы плотности телосложения; диагностировать гармоничность физического здоровья и развитие мышечной системы; выявить возможный риск для физического здоровья.

**Материалы и методы.** В первую очередь показателями самодиагностики и оценки здоровья и физического развития плавсостава можно отнести кистевую динамометрию, состояние мышечной системы, соотношение длины тела и массы тела пульс, кровяное давление, частоту дыхания, задержку дыхания. За динамикой изменений можно проследить в период нахождения на судне и во время использования занятий по физической культуре и спорту. Оценка физического развития – необходима для прогнозирования и управления качеством физического воспитания. Основа методики комплексной педагогической оценки – тестирование. Отслеживая динамику показателей здоровья, осуществляется индивидуальный подход к физическому воспитанию, ведется поиск путей оптимизации учебного процесса, как со стороны преподавателя, так и со стороны студента. Важно удерживать хорошую физическую форму, предупредить раннее старение организма и сохранить хорошую трудовую активность длительное время; предупредить склонность к набору лишней массы тела; укрепить функции сердца, сосудов и органов дыхания.

Оценка физического развития проводилась в виде тестирования физического развития студентов 4 курса заочного обучения, специальностей судоходства в зале гимнастики на базе кафедры физического воспитания и самостоятельно обучающимися. Педагогическое тестирование физических качеств и упражнения с дозированной разминочной физической нагрузкой выполнялись не ранее 10 часов утра. В это время организм уже готов к основной трудовой деятельности, в мышцах активно циркулирует кровь, органы дыхания, сердце и кровообращение в должном тонусе. Способы выполнения тестовых упражнений и замеров

строго регламентированы. Моряки выполняли те тестовые контрольные упражнения, которые им по силам и разрешены врачом. Измерения показателей физического развития и функционального состояния проводятся в условиях относительного покоя. Преподаватель, медсотрудник или работник плавсостава, контролируют нагрузку согласно частоте сердечных сокращений, кровяного давления и самочувствию моряков. Тесты помогают не только оценить физическую подготовленность обучающихся, но и выявить навыки и умения, формирование которых вызывает затруднение.

Оценивали антропометрические параметры массы тела (кг); роста (см). Использовали медицинские весы, медицинский ростомер. Для выявления избыточной массы тела и ожирения, в ориентировочной оценке соматотипа и функциональных возможностей системы внешнего дыхания используется индекс Кетле (ИК). Ориентировочная нормальная величина ИК составляет 20-24 кг/м<sup>2</sup>. Если значение индекса превышает 30, то это свидетельствует о вредном для организма избытке массы тела. В расчётах использовали фактический показатель массы тела в кг, который делили на величину роста, возведенную в квадрат. Оценка мышечной системы включала изучение измерений силы отдельных мышц (определялась с помощью кистевого и станового динамометров). Диагностику силы мышц-сгибателей кисти проводили кистевым динамометром: в положении стоя сжимали оборудование правой и левой кистями рук. Становая сила (или сила разгибателей мышц спины) определялась становым динамометром. Точность измерения до 5 кг. Кистевой индекс (КИ) вычисляли по формуле:  $КИ = КС / МТ$ , где КС – кистевой индекс, МТ – масса тела. Также проводили педагогическое тестирование скоростно-силовых качеств мышц туловища, в частности мышц брюшного пресса. Моряки выполняли подъём туловища из положения лежа, ноги согнуты в коленях, стопы стоят на полу. Нужно было выполнить максимальное количество подъёмов туловища за одну минуту [8; 9; 10].

Для обработки полученных данных использовали пакет-анализ для статистической обработки Microsoft Excel. Рассчитывали распределения отдельных параметров и производили оценку основных областей распределения по средним арифметическим значениям –  $M$  и ошибке среднего признака –  $m$ ).

**Результаты.** Социологический опрос, проведённый среди моряков, выявил опасения работников плавсостава о негативном влиянии их профессии на здоровье и благополучие. Средний стаж работы в судоходстве около 8 лет. Около 90 процентов моряков указывают на отрицательное влияние на организм профессиональной деятельности судовых экипажей в условиях повседневного труда. Профессиональные обязанности связаны с интенсивностью труда, которая увеличивает долю тяжелой физической нагрузки и увеличивает продолжительность рабочего времени, с которыми работники судовых экипажей уже сталкиваются. Понимание того, как соблюдение режима по гигиене труда и отдыха, в частности укрепления своего тела и восстановление с помощью физических упражнений общеразвивающей, дыхательной и других направленностей могут положительно влиять на долгосрочное здоровье, имеет важнейшее значение. Долгосрочное здоровье можно сохранить с помощью физического развития и диагностики своих показателей физического и функционального состояния. В это связи, диагностика показателей физического здоровья, проведённая во время учебной сессии, при обучении на Элективных дисциплинах по физической культуре и спорту позволили морякам узнать о своём уровне физического развития и функционального состояния.

По результатам фактических измерений и расчетов для каждого студента в мониторинге отслеживается динамика качественных и количественных характеристик. Анализ стандартных показателей физического развития показал, что в группе моряков выявлены разные уровни физического развития мышечного аппарата, дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Оценка физического развития предполагала изучение основных показателей указанных систем организма, зафиксированных в учебной программе по общей физической подготовке для студентов заочного отделения 4 курсов. Физическое развитие оценено и проанализировано у 64 студентов заочного обучения в группах плавательных специальностей. Физическое развитие оценивалось в 2019 и 2020 году.

*Таблица 1 – Показатели физического развития плавсостава, средние по группе (M сr±m)*

Кол-во человек, n	Возраст, лет	Индекс Кетле, кг/м <sup>2</sup>	Кистевая сила (правая + левая)/2, кг	Кистевой индекс, кг/кг	Пресс (кол-во раз за 1 минуту)	Уровень физического развития в баллах
64	25.9±3,1	25.8±4,8	48.5±3,9	0.6±0.05	41.3±3.1	19.4±0,9
	Уровень физического развития	2.9	3.7	2.0	4.2	3.3

Критерии уровня физического развития определяли с учётом бальной оценки: низкий уровень физического развития 1 балл, ниже среднего – 2 балла, средний – 3 балла, 4 – выше среднего, высокий – 5. Оценка телосложения, соотношения массы тела и длины тела, показатели мышечной силы позволили выяснить, что 58.9 процентов работников плавсостава имели высокий уровень развития по физическим показателям здоровья, 11.7 – средний, 29.4 процента обследованных моряков – низкий. Распределение участников исследования на три группы физического здоровья обращает внимание на группу моряков с низким уровнем физического здоровья.

Затем был проведён анализ всех изученных показателей физического развития и функционального состояния обследованных мужчин данной категории. Результаты проведенной диагностики выявили количественные и качественные особенности физического развития. Так, например, среди обучающихся заочно моряков по специальности: Судовождение 45 процентов имели средний уровень физического развития, 38 процентов – выше среднего и 17 процентов ниже среднего. Возраст работников плавсостава от 23 до 28 лет, что предполагает крепкое здоровье и профессиональную пригодность к профессии на водном транспорте. Между тем, нужно отметить, что по функциональным показателям, характеризующим состояние кардио-респираторной системы и адаптацию к элементарным дозированным физическим нагрузкам достаточно много обследованных мужчин показали низкий и ниже среднего уровень физического развития. Соответственно, 67 % участников исследования не уложились в нормативные значения согласно пола и возраста для практически здоровых мужчин. Кроме того, важно обратить внимание на количество работников плавсостава с избытком массы тела и ожирением. Согласно расчёту Индекса Кетле, который используется при постановке диагнозов эндокринологических заболеваний и нарушения обмена веществ в медицине, таких студентов по специальности: Судовождение выявлено 33 процента. Это очень тревожный показатель, особенно в условиях современной санитарно-эпидемиологической ситуации с распространением новой коронавирусной инфекции, течение которой может усугубляться у лиц с дисгармоничным физическим развитием по избытку массы тела и низкими функциональными резервами дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Данное исследование привлекает внимание к важным факторам для управления безопасностью, таким как здоровье, обучение, образование, физическая культура и спорт, и имеет все возможности для продолжения научных изысканий и компромиссных решений по снижению уровня травм при судоходстве, несчастных случаев, аварий, повышению уровня резервных возможностей физической подготовленности и функционального состояния организма моряков.

**Обсуждение.** Проведенное исследование определяет важность использования диагностики собственного физического состояния для предотвращения заболеваний мышечной системы и обмена веществ, углеводного и липидного обмена у моряков, а значит укрепления опорно-двигательного аппарата, предупреждения ожирения и обеспечение безопасности на водном транспорте, зависящую от человеческого ресурса. Все изученные показатели физического здоровья помогут снизить влияние факторов, создающих риски для ухудшения здоровья работников плавсостава в условиях профессиональной деятельности. Снижение качества физического и психического здоровья моряков в разных странах, связано с монотонной работой, поднятием тяжестей, длительным напряжением мышечной системы, влиянием экологических факторов, температуры воздуха помещений, концентрации в воздухе токсичных веществ, влажность, погодные условия, качка, невозможность получения экстренной медицинской помощи, отсутствие знаний о возможных средствах улучшения своего физического состояния [1; 2; 3; 4; 7; 13; 16].

По данным ряда авторов, на основе опросов, проведенных среди моряков разных стран,

получены данные о значительных изменениях в состоянии здоровья, связанные с нарушениями опорно-двигательного аппарата (5,4%), травмами рук (11,3%), ног (8,4%) и спины (0,9%). Во время опроса 61% и 43% сообщили, что они выполняли монотонные работы и тяжелые подъемные работы часто. Тридцать три процента испытывали боль в шее, плечах, руках часто или очень часто в течение предыдущих 12 месяцев, а 93% считали, что это полностью или частично связано с их рабочей ситуацией. Анкета среди членов экипажа траулера показала, что 57% и 60% испытывали скованность и боль в шее, плечах и нижней части спины, пояснице, соответственно, в течение предыдущих 12 месяцев. Данные исследования и вопросника подтвердили, что проблемы с мускуло-скелетом широко распространены среди моряков и связаны с их рабочей ситуацией. Однако 77% рыбаков во всех группах судов и на борту пяти траулеров сообщили о своем собственном здоровье как об очень хорошем или удовлетворительном [5; 10; 11; 15; 16]. В нашем исследовании были использованы не только опросы работников плавсостава, но и фактические данные проведенного исследования при замерах основных показателей телосложения и мышечной системы. Результаты нашего исследования указывают на аналогичные симптомы у моряков, обследованных нами фактически. На хорошее самочувствие при этом могут рассчитывать не более 50 процентов участников нашего исследования. Несмотря на то, что средний уровень физического развития показателей физического здоровья преобладает у моряков, в среднем уровень состояния мышечной системы получен 2 балла, а это относится к уровню физического развития ниже среднего и указывает, что опорно-двигательный аппарат работников плавсостава претерпевает изменения не в лучшую сторону. Соотношение массы тела и длины тела моряков выявило среди них 12 процентов работников с ожирением 1 и 2 степени, что указывает на риски, связанные с сердечно-сосудистыми заболеваниями и сахарным диабетом.

**Выводы.** Таким образом, студенты заочного обучения плавательных специальностей на учебных занятиях по общей физической подготовке научились оценивать своё физическое развитие, а значит состояние физического и функционального здоровья. Аргументированность обсуждения с обучающимися, работниками плавсостава по аспектам их физического развития и физической подготовленности позволяют их также приобщить к научному поиску в области здорового образа жизни и физического воспитания. Моряки получают мотивацию к улучшению своих физических и функциональных показателей для сохранения хорошей работоспособности, профпригодности, продолжительной и безопасной жизни. Данные о рисках, связанных с профессиональной деятельностью моряков в условиях выполнения профессиональной деятельности на водном транспорте способствуют поиску модели сохранения физического здоровья моряков средствами физической культуры и самодиагностики физических показателей. Предложены методы оценки физического развития и самодиагностики функционального состояния работников флота, которые можно использовать в условиях недостаточности медицинской оснащённости и диагностического оборудования. Получены результаты диагностики показателей физического здоровья работников плавсостава, находящихся на учебных занятиях в университете водного транспорта. У 45 процентов моряков выявлен средний уровень физического развития, 38 процентов – соответствовали уровню выше среднего и 17 процентов отнесены к группе здоровья ниже среднего. Показатели мышечной системы более, чем у 50 процентов моряков оказались низкие и ниже среднего. 67 % работников плавсостава не уложились в нормативные значения согласно пола и возраста для практически здоровых мужчин. Согласно расчёту весо-ростового показателя, количество мужчин с избытком массы тела и ожирением составили 22 и 11,7 процентов, соответственно. Это вызывает озабоченность особенно в условиях современной санитарно-эпидемиологической ситуации с распространением новой коронавирусной инфекции, течение которой может ухудшаться у лиц с дисгармоничным физическим развитием по избытку массы тела и низкими функциональными резервами дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Важно, что здоровье моряков является важнейшим фактором обеспечения безопасности на водном транспорте.

Исследование проводилось в рамках мониторинга физического развития и физической подготовленности студентов СГУВТ на практических занятиях по Элективным дисциплинам по физической культуре и спорту в 2019 – 2021 гг.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Dovgun V P, Egorov D E and Shevchenko E S 2016 Parametric synthesis of passive filtercompensating devices Russian Electrical Engineering 87(1) 28–34.

## REFERENCES

1 Dovgun V P, Egorov D E and Shevchenko E S 2016 Parametric synthesis of passive filtercompensating devices Russian Electrical Engineering 87(1) 28–34.

2 Arrillaga, J., Bradley, D.A., and Bodger, P.S., Power System Harmonics, John Wiley and Sons, 1985.

3 Zhelezko Y S, Kostyushko V A, Krylov S V, Nikiforov E P, Savchenko O V, Timashova L V and Solomonik E A 2005 Power losses in electrical networks depending on weather conditions Power Technology and Engineering 39(1) 51–6.

4 Zhezhelenko I, Sayenko Y, Baranenko T and Pawelek R 2014 Engineering methods of evaluation of additional power losses in electric power networks at non-sinusoidal conditions PrzegladElektrotechniczny 90(7) 226–9.

5 Zhezhelenko I V 2018 The main directions of improving the efficiency of production, transmission and distribution of electrical energy Energetika, Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Association 61(1) 28–35.

6 Bader M P 2015 The prospects for development of renewable power engineering and providing electrical safety and electromagnetic compatibility Russian Electrical Engineering 86(9) 519–23.

7 C. Iris, J.S.L. LamA review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systemsRenew. Sustain. Energy Rev., 112 (2019), pp. 170-182.

8 R. Winkel, U. Weddige, D. Johnsen, V. Hoen, S. Pa-paeftimiou Shore Side Electricity in Europe: Potential and environmental benefits Energy Policy, 88 (2016), pp. 584-593.

9 Lu Q, Huang Yu, Wang T, Sun L 2012 T. 2. № 1. A data analysis and evaluation system on labview International Journal of Education and Management Engineering. C. 59-66.

2 Arrillaga, J., Bradley, D.A., and Bodger, P.S., Power System Harmonics, John Wiley and Sons, 1985.

3 Zhelezko Y S, Kostyushko V A, Krylov S V, Nikiforov E P, Savchenko O V, Timashova L V and Solomonik E A 2005 Power losses in electrical networks depending on weather conditions Power Technology and Engineering 39(1) 51–6.

4 Zhezhelenko I, Sayenko Y, Baranenko T and Pawelek R 2014 Engineering methods of evaluation of additional power losses in electric power networks at non-sinusoidal conditions PrzegladElektrotechniczny 90(7) 226–9.

5 Zhezhelenko I V 2018 The main directions of improving the efficiency of production, transmission and distribution of electrical energy Energetika, Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Association 61(1) 28–35.

6 Bader M P 2015 The prospects for development of renewable power engineering and providing electrical safety and electromagnetic compatibility Russian Electrical Engineering 86(9) 519–23.

7 C. Iris, J.S.L. LamA review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systemsRenew. Sustain. Energy Rev., 112 (2019), pp. 170-182.

8 R. Winkel, U. Weddige, D. Johnsen, V. Hoen, S. Pa-paeftimiou Shore Side Electricity in Europe: Potential and environmental benefits Energy Policy, 88 (2016), pp. 584-593.

9 Lu Q, Huang Yu, Wang T, Sun L 2012 T. 2. № 1. A data analysis and evaluation system on labview International Journal of Education and Management Engineering. C. 59-66.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*моряки, диагностика, уровень физического развития, здоровье, безопасность, водный транспорт*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:**

*Гиренко Лариса Александровна, канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630126, г. Новосибирск, ул. Вилюйская, 28, НГПУ*

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

### TRANSPORT OPERATION AND ECONOMICS

<b>Бунеев В.М., Марченко Е.Ю.</b> СИСТЕМА КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ СУДОХОДНЫХ КОМПАНИЙ.....	5
<b>Розов И.В.</b> НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОСТРОЕНИЯ В СФЕРЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	10
<b>Архипов А.Е., Маслеников С.Н., Субботин Ю.А.</b> СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АКТИВИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ .....	14

<b>V.M. Buneev, E.Yu. Marchenko</b> THE SYSTEM OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF SHIPPING COMPANIES.....	5
<b>I.V. Rozov</b> THE DEVELOPMENT DIRECTIONS OF DOMESTIC SHIPBUILDING IN THE FIELD OF DIGITAL TECHNOLOGIES.....	10
<b>A.E. Arkhipov, S.N. Maslennikov, Yu.A. Subbotin</b> STRATEGIC ASPECTS OF ENHANCING THE INTERACTION OF ELEMENTS OF THE TRANSPORT SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE RUSSIAN ARCTIC.....	14

### СУДОВОЖДЕНИЕ

### MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF MEANS OF TRANSPORT

<b>Сичкарёв В.И., Умрихин В.П., Приваленко А.А.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОГО ПЕРИОДА БОРТОВОЙ КАЧКИ, ЗАПИСАННОЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОМ РЕЙСЕ.....	17
<b>Сичкарёв В.И., Ярославцева А.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ СУДОВОЖДЕНИЕ .....	21
<b>Сичкарёв В.И., Умрихин В.П., Приваленко А.А.</b> ПОЛУЧЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ БОРТОВОЙ КАЧКИ КОНТЕЙНЕРОВОЗА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ КАЧКИ КОРАБЛЯ .....	27

<b>V.I. Sichkarev, V.P. Umrikhin, A.A. Privalenko</b> DETERMINATION OF THE PROPER PERIOD OF ON-BOARD PITCHING RECORDED IN THE OPERATIONAL CRUISING .....	17
<b>V.I. Sichkarev, A.S. Yaroslavtseva</b> RESEARCH OF COMPETENCIES IN THE SPECIALTY NAVIGATION .....	21
<b>V.I. Sichkarev, V.P. Umrikhin, A.A. Privalenko</b> OBTAINING THE STRUCTURAL DEPENDENCE OF THE AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE ON-BOARD PITCHING OF A CONTAINER SHIP BASED ON THE METHODS OF THE THEORY OF SHIP PITCHING.....	27

### ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

### HEAT POWER INDUSTRY

<b>Мукасеев А.В.</b> КОНТРОЛЬ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	34
<b>Загоровский В.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ.....	36

<b>A.V. Mukaseev</b> CONTROL OF THE THERMAL STATE OF PARTS OF MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES.....	34
<b>V.V. Zagorovsky</b> APPLICATION OF WATER-FUEL EMULSIONS IN SIBERIA .....	36

### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

### ELECTRIC POWER INDUSTRY

<b>Денчик Ю.М., Зубанов Д.А., Иванова Е.В., Сальников В.Г.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ БЕРЕГОВЫХ И ПЛАВУЧИХ ОБЪЕКТОВ В АКВАТОРИЯХ ПОРТОВ (ПРИЧАЛОВ).....	39
--	----

<b>J.M. Denchik, D.A. Zubanov, E.V. Ivanova, V.G. Sal'nikov,</b> CONTROL OF THE THERMAL STATE OF PARTS OF MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES.....	39
---	----

### ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

### TRANSPORT EDUCATION

<b>Гиренко Л.А.</b> ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ПЛАВСОСТАВА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	45
--	----

<b>L.A. Girenko</b> INDICATORS OF PHYSICAL HEALTH OF FLOATING STAFF AS THE MOST IMPORTANT FACTOR OF SAFETY IN WATER TRANSPORT.....	45
---	----

## ПОРЯДОК ПРИЕМА МАТЕРИАЛОВ

### Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока» приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в очередном номере журнала. Материалы (заявку и статью) просим высылать ответственному секретарю журнала Коновалову В.В. по электронной почте: [konovalov@nsawt.ru](mailto:konovalov@nsawt.ru). Оригиналы по почте на адрес Университета с пометкой для Коновалова В.В.

#### Заявка на публикацию научной статьи

	на русском языке	на английском языке
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (от 3 до 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес работы каждого из авторов)		
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность, числовой идентификационный номер автора: Author ID в системе РИНЦ)		
Количество ссылок на литературу		
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		

\*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, о рецензировании статьи компетентным по тематике статьи лицом не возражаем.

Дата

Подпись(и)

#### Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD (объем 3-5 страниц А4, шрифт Arial размер 14, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD на публикацию научной статьи.
- 3 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×15 см; глубина цвета – оттенки серого.
- 4 Ширина таблиц не более 15 см.
- 5 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (Mathtype и др.), шрифт Arial.
- 6 Обязательные ссылки на список литературы выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник должны быть ссылки в тексте статьи.

**Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)**

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Коновалова Валерия Владимировича по электронной почте: [konovalov@nsawt.ru](mailto:konovalov@nsawt.ru). Почтовый адрес: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», а также на интернет-странице по адресу: <http://www.ssawt.ru> в разделе «Наука-Научные издания». Для аспирантов очного отделения публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ  
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока  
№3 за 2021 год

Главный редактор – Палагушкин Б.В.

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.  
Перевод на английский язык – Руденко К.Д.

Подписано в печать 08.10.2021 г. с оригинал-макета  
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.  
Усл. печ. л. 6,05; тираж 500 экз. Заказ № 99  
Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68,  
факс (383)222-49-76

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-22440 выдано 20.12.2005 г.

ISSN 2071-3827

Подписной почтовый индекс 62390