

DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-5-775-783

A MULTI-LEVEL SYSTEM FOR ENSURING THE RELIABILITY OF MARINE MECHANICAL SYSTEMS AT THE STAGES OF THE LIFE CYCLE

E. S. Moseyko¹, E. O. Ol'khovik², V. U. Rud²

¹ — “Iceberg” Central Design Bureau, St. Petersburg, Russian Federation

² — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The operation of vessels in the waters of the Northern Sea Route imposes additional requirements on ship mechanical equipment in accordance with Chapter 6 of the Polar Code. The most urgent scientific tasks include the following: designing new ice-class vessels for operation in the Arctic and extending the service life of the existing Arctic fleet, which should ensure operability at low air temperatures. Forecasting the service life of marine mechanical systems, taking into account the effects of external cyclic loads and the marine corrosive environment, is a complex complex task, for which it is necessary to consider all stages of the life cycle from design to the moment of termination of their operation. In order to improve the existing methods of reliability assessment, accidents on ships operating in Polar waters were considered. A resource management program is proposed that allows you to systematize organizational and technical measures not only during operation, but also allows you to make forecasts at the design stage. A risk management program is proposed that allows you to link organizational and technical measures aimed at identifying the elements of marine mechanical systems that most need attention, thereby effectively distributing maintenance. At the stages of the life cycle, a multi-level reliability assurance system is proposed, including three levels of assessment: reliability management; resource management and risk management.

Keywords: accidents, risk assessment, failure warning, ensuring reliability, system life cycle.

For citation:

Moseyko, Evgeniy S., Ol'khovik, Evgeniy O., Rud Vasily Y. “A multi-level system for ensuring the reliability of marine mechanical systems at the stages of the life cycle.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.6 (2024): 775–783. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-5-775-78.

УДК 621.78/79:629

МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Е. С. Мосейко¹, Е. О. Ольховик², В. Ю. Рудь²

¹ — АО «Центральное конструкторское бюро «Айсберг»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Темой исследования является развитие методов обеспечения надежности судовых механических систем. Эксплуатация судов в акватории Северного морского пути накладывает дополнительные требования, предъявляемые к судовому механическому оборудованию согласно гл. 6 Полярного кодекса. Актуальность исследования обусловлена тенденцией к проектированию новых судов ледового класса для работы в Арктике и продлению срока службы существующего арктического флота, который должен обеспечивать работоспособность при низких температурах воздуха. Особое внимание уделено рассмотрению прогнозирования срока службы судовых механических систем. Отмечается, что с учетом воздействия внешних циклических нагрузок и морской коррозионной среды оценка надежности является сложной комплексной задачей, для решения которой необходимо рассматривать все этапы жизненного цикла от проектирования до момента прекращения их эксплуатации. В целях улучшения существующих методов оценки надежности в процессе работы были рассмотрены аварийные случаи на судах, работающих в полярных водах. Предложена программа управления ресурсами, позволяющая систематизировать организационно-технические мероприятия в период эксплуатации, а также осуществлять прогнозирование на этапе проектирования.

Предложена программа управления рисками, позволяющая объединить организационно-технические мероприятия, направленные на определение элементов судовых механических систем, требующих особого внимания, эффективно распределяя при этом техническое обслуживание. На этапах жизненного цикла предлагается система обеспечения надежности, включающая три уровня оценки: управление надежностью, управление ресурсом и управление рисками.

Ключевые слова: аварийные случаи, оценка рисков, предупреждение отказов, обеспечение надежности, жизненный цикл системы.

Для цитирования:

Мосейко Е. С. Многоуровневая система обеспечения надежности судовых механических систем на этапах жизненного цикла / Е. С. Мосейко, Е. О. Ольховик, В. Ю. Рудь // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 5. — С. 775–783. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-5-775-783.

Введение (Introduction)

В течение последних 10 лет утверждены несколько государственных программ в области развития Северного морского пути и судостроительной промышленности на период до 2035 г., в которых строительство новых и модернизация действующих судов для Арктики является важной государственной задачей [1], [2]. Для реализации этой задачи конструкторские бюро и судостроительные заводы выполняют проектирование и строят новые транспортные суда, ледоколы, суда технического обслуживания и др.

В настоящее время осуществляется постепенный переход к применению отечественного механического оборудования, что также связано с задачами импортозамещения. На этапе выпуска конструкторской документации судовых механических систем (СМС) закладывается их надежность на основе данных технических условий на входящие элементы. Однако в условиях воздействия коррозионной среды и циклических нагрузок прогнозирование ресурса и срока службы новой техники является комплексной задачей [3].

Опыт эксплуатации показывает, что предупреждение отказов с использованием таких мер, как техническое обслуживание и ремонт, могут иметь следующие недостатки: разная интенсивность старения элементов СМС; несвоевременность поставки запасных частей; отсутствие постоянных поставщиков оборудования; завышение видов судоремонтных работ; смещение плановых сроков и др.

Одним из основных способов повышения эффективности эксплуатации судов и улучшения надежности СМС является совершенствование их методов оценки и прогнозирования. Надежность является следствием многих других свойств, таких как прочность материалов, технология изготовления, а также правильная техническая эксплуатации. Формирование этих показателей требует организованной системы обеспечения надежности на всех этапах жизненного цикла [4].

Следует также отметить результаты проведенных исследований надежности СМС на основе данных об их фактическом наблюдении в период эксплуатации, выполненных в работе [5]. Для этого были выбраны элементы оборудования общесудовых систем и систем ВЭУ за последние 10 лет после 30 лет их эксплуатации. Было выявлено, что часть насосов в составе СМС была заменена до выработки назначенного ресурса, при этом работоспособность систем в целом сохранялась; для части насосов их заданный ресурс был превышен, но при очередном техническом освидетельствовании период их эксплуатации был продлен.

Целью данной работы является систематизация показателей для обеспечения надежности на этапах жизненного цикла СМС.

В результате исследования предложен вариант построения связей между показателями надежности разных уровней.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В объеме статистических данных выполнен подробный анализ аварийных случаев (АС), полученных из открытых источников информации: Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (Ространснадзор), ФГБУ «Администрация Северного морского пути», Международной

морской организации (англ. IMO), Европейского агентства по безопасности на море (англ. EMSA), Allianz Global Corporate & Special (страховое общество), Регистра Ллойд. Определены особенности, необходимые для оценки технических рисков находящихся в эксплуатации судов, работающих в полярных водах. Отдельной задачей является постоянное дополнение статистических данных о неисправностях и предотказных состояниях СМС [3].

По результатам исследования предлагается классификация АС применительно к СМС, позволяющая объединить их в связанную систему: «элемент — СМС — судно» (рис. 1) с использованием следующих условных обозначений:

- зелеными линиями показаны инциденты, произошедшие с отдельными элементами СМС, которые не приводят к полному нарушению работоспособности СМС;
- оранжевыми линиями показаны серьезные инциденты, произошедшие с отдельной СМС, которые приводят к выходу ее из строя, при этом судно сохраняет свои эксплуатационные характеристики;
- красными линиями показана авария, произошедшая по причине нарушения работоспособности одной или нескольких СМС, которые приводят к ограничению или потере эксплуатационных характеристик судна.

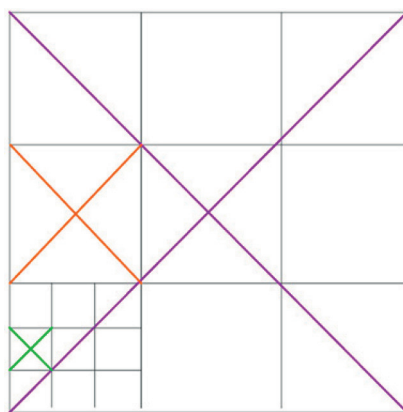


Рис. 1. Связанная система СМС судна с обозначением возможных вариантов развития АС по категориям (классификация):
— аварии; — серьезные инциденты; — инциденты, аварии

В настоящее время АС происходят стохастически и анализ их выполняется в количественных показателях. Предлагается структурировать отказы на *построечные, эксплуатационные и связанные с деградацией*. На рис. 2 приведен график развития количества инцидентов.

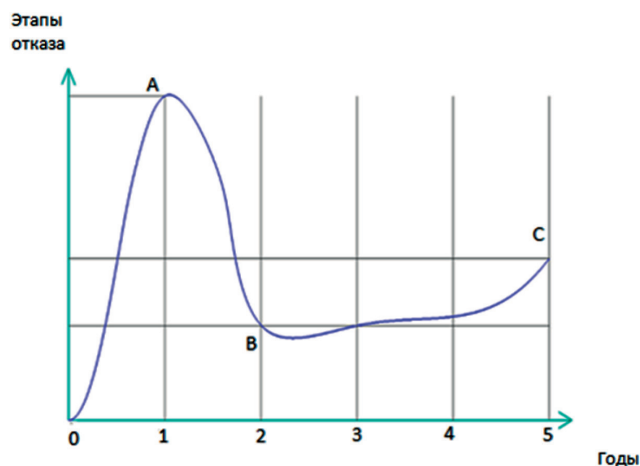


Рис. 2. График развития инцидентов, связанных с работой судовых механических систем:
А — построечные отказы; В — эксплуатационные отказы;
С — отказы, связанные с необратимой деградацией элементов СМС

Дополнительно следует отметить, что ряд АС является причиной реализации навигационных рисков, вызванных в большинстве случаев неправильными действиями судоводителя, что не связано с нарушением работы СМС.

Результаты (Results)

Предлагается проведение организационно-технических мероприятий в виде «Программы управления ресурсом судовых технических систем», общее содержание которой отражено в табл. 1. В настоящее время организационно-технические мероприятия проводятся, при этом на гражданских судах, работающих в полярных водах, они не систематизированы. В частности, замена элементов происходит в случае отказа либо после установленного срока службы. Необходимо проводить оценку функциональной надежности элементов по фактическому техническому состоянию, наработке, а также с использованием моделей прогнозирования.

Таблица 1

Основные организационно-технические мероприятия программы управления ресурсом судовых механических систем

Перечень мероприятий по управлению ресурсом	Нормативные и организационно-методические документы	Отчетные документы по управлению ресурсом
1. Проведение технического обслуживания и плановых ремонтов	ГОСТ 19439.1–74 ¹ ГОСТ 27.606–2013 ²	Техническое описание и инструкции по эксплуатации
2. Информационно-техническое обеспечение	Требует разработки в виде национального стандарта	Комплекс мониторинга: – перечень контролируемых параметров; – диагностика фактического состояния;
3. Классификационное освидетельствование	Правила РС ³	Освидетельствование надводной и подводной части судна
4. Оценка технического состояния	Правила РС ³	Заключение технического состояния судна
5. Продление срока службы	Правила РС ³	Обоснование возможности продления срока службы
6. Определение остаточного ресурса	Технические условия, технический паспорт	Анализ выработанного ресурса, событийная модель эксплуатации
7. Определение запасных частей	ГОСТ 27.507–2015 ⁴	Ведомость комплекта ЗИП по механической части

По результатам оценки и анализа риска предлагается «Программа управления рисками», общий вид которой дан в табл. 2. В свою очередь, технические решения позволяют систематизировать и установить взаимосвязь организационно-технических мероприятий, направленных на определение элементов СМС, требующих особого внимания, в целях эффективного распределения ТО.

¹ ГОСТ 19439.1–74. Типовая номенклатура документов для морских судов и судов внутреннего плавания; введ. 1976-01-01 / Государственный комитет СССР по стандартам. М.: Изд-во стандартов, 1976. 14 с.

² ГОСТ 27.606–2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность; введ. 2014-06-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Изд-во стандартов, 2013. 51 с.

³ Российский морской регистр судоходства. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации НД №2-020101-012. Изд. 2020.

⁴ ГОСТ 27.507–2015. Надежность в технике. Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов; введ. 2017-03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Изд-во стандартов, 2017. 69 с.

Таблица 2

Основные организационно-технические мероприятия программы управления рисками

Перечень мероприятий по управлению рисками	Нормативные организационно-методические документы	Отчетные документы по управлению рисками
1. Выбор предмета для анализа и определение оценки	Программа обследования технического состояния	Пояснительная записка оценки технического состояния
2. Определение опасностей	Акты и протоколы осмотра технического состояния	Заключение технического состояния
3. Оценка вероятности и последствий	ГОСТ Р 27.303–2021 ⁵	Техническое описание вероятностей и последствий
4. Приемлемость риска	ГОСТ Р 27.303–2021	Техническое описание вероятностей и последствий
5. Варианты управления риском	ГОСТ Р 27.303–2021	Автоматическое управление техническими средствами
6. Оценка рисков	ГОСТ 27.310–95 ⁶	Матрица рисков неисправностей
7. Определение критичности отказов	ГОСТ 27.310–95	Методика анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)
8. Проведение контроля строящихся и модернизируемых судов	Требует разработки в виде национального стандарта	Ведение протоколов авторского надзора

В процессе эксплуатации не всегда отказ отдельного элемента приводит к прекращению выполнения функций СМС. Поэтому предлагается универсальная матрица рисков, позволяющая присвоить уровень критичности и определить тяжесть последствия нежелательного АС методом «анализа видов, последствий и критичности отказов» с учетом ГОСТа 27.310–95. С применением матрицы рисков в процессе проведения данного исследования были распределены вероятность и последствия отказов в баллах, что позволило выявить критичные элементы СМС с точки зрения влияния на их надежность [5].

Показатели безотказности целесообразно проводить с учетом критичности отказов на основании ГОСТа 27.003–2016. Совокупность признаков, характеризующих вероятность и последствия отказов, предлагается рассчитывать через «критичность отказов». Для унификации данных в качестве альтернативы балльной системе, в свою очередь, один балл риска равен 4 % критичности отказов. При этом показатель определяется с помощью следующего выражения:

$$C = B_1 B_2,$$

где C — критичность отказов, %;

B_1, B_2 — вероятность и последствия критичных элементов, которые могут характеризовать каждый тип нежелательного АС.

Для обеспечения надежности СМС на этапах проектирования, строительства и эксплуатации предлагаются программы, включающие три уровня оценки: *управление надежностью, управление ресурсом, управление рисками*. Общий вид многоуровневой системы оценки обеспечения надежности приведен на рис. 3.

⁵ ГОСТ Р 27.303–2021. Анализ видов и последствий отказов. Изд. офиц. М.: Российский институт стандартизации, 2021.

⁶ ГОСТ 27.310–95. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. Введ. 01.01.1997 г.



Рис. 3. Многоуровневая система обеспечения надежности судовых механических систем на этапах жизненного цикла

Кроме того, предлагаемая оценка позволяет обеспечить СМС дополнительными данными на этапе проектирования для подтверждения выбора элементов и, в свою очередь, в период постройки может рассматриваться для оценки элементов СМС при монтаже, а также на стадии эксплуатации позволяет учитывать планирование ТО и ремонтов.

Обсуждение (Discussion)

В процессе сравнения полученных результатов данного исследования с работами других авторов можно выделить следующее. В работе [6] рассматривается стохастическая модель для описания надежности на примере электроэнергетических транспортных систем. В частности, на определенном временном отрезке рассматривались следующие величины: частота отказов, интенсивность отказов, а также функция уровня отказов, являющаяся математическим пределом вероятности. Однако для СМС судов, эксплуатирующихся в полярных водах, эти величины необходимо рассматривать более подробно при управлении рисками. Поэтому в данном исследовании рекомендуется изучать их уже на этапах разработки в программе управления рисками.

В работе [7] рассматривается матрица, при которой компонентам судовой энергетической установки присваивается уровень опасности нежелательного события в соответствии с методами количественной оценки рисков и анализа характера отказов и их последствий.

Близкие технические решения к проведенным исследованиям предложены в работе [8] с применением метода риск-ориентированного подхода для выявления основных проблем торгового флота. Оценка риска эксплуатации судов является важным фактором для совершенствования норм и правил постройки новых судов, а также управления технической эксплуатацией существующих судов.

Ранее в публикации [9] уже были рассмотрены эксплуатационные этапы жизненного цикла СМС, выполнено сравнение событийных моделей изменения условий эксплуатации СМС, проанализированы модели временных срезов, соответствующие плановым ремонтам и техническому обслуживанию систем, замене их элементов и непредвиденным АС. Следует также отметить результаты исследований авторов настоящего исследования, выполненных ими в публикации [10], где был рассмотрен эксплуатационный этап жизненного цикла СМС по данным технического наблюдения.

Выводы (Summary)

Разработана многоуровневая система оценки обеспечения надежности СМС (см. рис. 3), в которой могут взаимодействовать показатели разных уровней:

- долговечность ↔ техническое обслуживание;
- безотказность ↔ технический мониторинг;
- ремонтпригодность ↔ плановый ремонт;
- назначенный ресурс ↔ вероятность отказов;
- коэффициент технического использования ↔ вероятность отказов;
- техническое обслуживание ↔ последствия отказов;
- классификационное освидетельствование ↔ виды отказов;
- оценка технического состояния ↔ назначенный ресурс;
- плановый ремонт ↔ причины отказов.

Проведенные исследования выполнены на базе анализа данных из практики эксплуатации судовых механических систем, необходимости предупреждения отказов и развития системы оценки рисков.

Результатом *уровня 1* является прогнозирование срока службы для календарной продолжительности эксплуатации, возобновление работоспособного состояния после ТО и ремонта. Предложена программа обоснования надежности судовых механических систем.

Результатом *уровня 2* является снижения вероятности отказов, сбор фактических данных о нарушении работоспособного состояния, оценка изменений условий эксплуатации СМС, улучшение организационно-технических мероприятий по ТО и ремонту. Предложена программа управления ресурсом судовых механических систем.

Результатом *уровня 3* является выявление потенциальных вероятностей и последствий отказов СМС, анализ статистики неисправностей, оценка регламентированных действий для ТО и ремонта. Предложена программа управления рисками судовых механических систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плотников В. А. Транспортная стратегия России и новые задачи развития регионов / В. А. Плотников, С. И. Орешкин // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. — 2023. — № 1 (55). — С. 5–10. — EDN EPDDAM.
2. Смирнов А. Ю. План развития Северного морского пути до 2035 года как инструмент государственной инновационной политики / А. Ю. Смирнов // Вестник университета. — 2023. — № 4. — С. 57–64. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-4-57-64. — EDN FHMMVA
3. Мосейко Е. С. Оценка надежности судовых механических систем для арктического судоходства / Е. С. Мосейко, Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 1. — С. 120–128. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-1-120-128. — EDN DAFZUP.
4. Мясников Ю. Н. Анализ и совершенствование методов проектного расчета надежности судовых электромеханических систем / Ю. Н. Мясников // Судостроение. — 2019. — № 6 (847). — С. 17–31. — EDN IJDYLI.
5. Мосейко Е. С. Задачи оценки рисков и предупреждения отказов судовых механических систем / Е. С. Мосейко, Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 6. — С. 931–944. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-931-944. — EDN MBUNDL.
6. Chiodo, E. Stochastic index definition and estimation for reliability and quality assessment of transportation systems / E. Chiodo, D. Lauria // Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion. — IEEE, 2012. — Pp. 1–5.
7. Медведев В. В. Определение тяжести последствий отказа элементов в процессе прогноза риска эксплуатации СЭУ / В. В. Медведев, Д. С. Семионичев // Судостроение. — 2013. — № 3(808). — С. 25–26. — EDN QBZLPV.
8. Егоров Г. В. Риск эксплуатации транспортных судов ограниченных районов плавания / Г. В. Егоров // Морской вестник. — 2010. — № 3(35). — С. 77–81. — EDN MWGMTD.

9. Мосейко Е. С. Применение структурных методов для оценки надежности судовых механических систем / Е. С. Мосейко, Е. О. Ольховик, Никифоров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2023. — Т. 15. — № 5. — С. 834–844. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-5-834-844. — EDN NBOOCB.

10. Мосейко Е. С. Исследование надежности судовых насосов по данным технического наблюдения / Е. С. Мосейко, Е. О. Ольховик // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2021. — № 4. — С. 7–16. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-4-7-16. — EDN IPBBXZ.

REFERENCES

1. Plotnikov, V. A. and Oreshkin, S. I. “Transportnaya strategiya Rossii i novye zadachi razvitiya regionov” / V. A. Plotnikov and S. I. Oreshkin. *Teoriya i praktika servisa: ekonomika, social'naya sfera, tekhnologii* 1(55) (2023): 5–10.

2. Smirnov, A. YU. “Plan razvitiya Severnogo morskogo puti do 2035 goda kak instrument gosudarstvennoj innovacionnoj politiki.” / A. YU Smirnov. *Vestnik universiteta* 4 (2023): 57–64. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-4-57-64.

3. Mosejko, E. S. and Ol'hovik, E. O. “Ocenka nadezhnosti sudovyh mekhanicheskikh sistem dlya arkticheskogo sudohodstva.” / E. S. Mosejko and E. O. Ol'hovik. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.1 (2022): 120–128. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-1-120-128.

4. Myasnikov, YU. N. “Analiz i sovershenstvovanie metodov proektnogo rascheta nadezhnosti sudovyh energomekhanicheskikh sistem.” / YU. N. Myasnikov. *Sudostroenie* 6 (847) (2019): 17–31.

5. Mosejko, E. S. and Ol'hovik, E. O. “Zadachi ocenki riskov i preduprezhdeniya otkazov sudovyh mekhanicheskikh system” / E. S. Mosejko and E. O. Ol'hovik. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.6. (2022): 931–944. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-931-944.

6. Chiodo, Elio, and Davide Lauria. “Stochastic index definition and estimation for reliability and quality assessment of transportation systems”/ Elio Chiodo and Lauria. Davide. *Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion*. IEEE, (2012): 1–5.

7. Medvedev, V. V., Semionichev, D. S. “Opredelenie tyazhesti posledstviy otkaza elementov v processe prognoza riska ekspluatacii SEU.” *Sudostroenie* 3(808) (2013): 25–26.

8. Egorov, G. V. “Risk ekspluatacii transportnyh sudov ograniichennyh rajonov plavaniya.” / G. V. Egorov, *Morskoy vestnik* 3(35) (2010): 77–81.

9. Mosejko, E. S., Ol'hovik, E. O., and Nikiforov, V. G. “Primenenie strukturnykh metodov dlya ocenki nadezhnosti sudovyh mekhanicheskikh system” / E. S. Mosejko, E. O. Ol'hovik and V. G. Nikiforov, *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.5 (2023): 834–844. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-5-834-844.

10. Mosejko, E. S. and Ol'hovik, E. O. “Issledovanie nadezhnosti sudovyh nasosov po dannym tekhnicheskogo nablyudeniya” / E. S. Mosejko and E. O. Ol'hovik. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya* 4 (2021): 7–16. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-4-7-16.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мосейко Евгений Сергеевич —

инженер-технолог отдела технологии, экономики производства, нормирования материалов АО «Центральное конструкторское бюро «Айсберг»

199034, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Большой пр., 36

e-mail: evgeniy-moseyko@mail.ru

Ольховик Евгений Олегович —

доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

e-mail: olhovikeo@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Moseyko, Evgeniy S. —

Process Engineer of the Department of Technology, Industrial Economy and Materials Rationing

“Iceberg” Central Design Bureau

36 Bol'shoi Ave., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

e-mail: evgeniy-moseyko@mail.ru

Ol'khovik, Evgeniy O. —

Dr. of Technical Sciences, associate professor Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation

e-mail: olhovikeo@gumrf.ru

Рудь Василий Юрьевич —

доктор физико-математических наук,
доцент

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: kaf_vsi@gumrf.ru

Rud Vasily Y. —

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
associate professor

Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: kaf_vsi@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 18 сентября 2024 г.

Received: September 18, 2024.