

ASSESSMENT OF SHIP MECHANICAL SYSTEMS RELIABILITY FOR ARCTIC SHIPPING

E. S. Moseyko¹, E. O. Olhovik²

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

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

When designing marine mechanical systems, their reliability is calculated according to the technical conditions of its constituent elements with an estimated service life. As a rule, the estimated and actual operational terms do not coincide, for a number of reasons, including due to the peculiarities of the ship systems operation. Thus, forecasting the service life of new marine equipment, taking into account the impact of external cyclic loads and the marine corrosive environment, is a complex multipurpose task, for which it is necessary to consider all stages of the life cycle from design to the moment of termination of their operation. The operational stage of the life cycle of marine mechanical systems is considered in the paper. Such data will contribute to the refinement of reliability calculations and the development of regulations for maintenance, repair and instrumental diagnostics of ship equipment. Durability criteria, namely, service life, operating time, frequency of repairs are chosen as reliability indicators. Accidents on ships that occurred at sea and inland waterways are affected; the procedure for extending the service life during the classification survey in operation is reflected. During the actual operation of the vessel, industry design organizations participate in the inspection of the vessels technical condition to extend the terms of their safe operation, organize technical control and supervision. Repair, maintenance or replacement of ship equipment is carried out in accordance with the prescribed regulations or in case of an unforeseen failure. The implementation of technical monitoring can provide current information on the actual condition of ship mechanical systems, which can reduce the technical and economic costs of their maintenance. This line of research may be important for vessels of the Arctic navigation area, which are characterized by increased requirements for the vessels survivability.

Keywords: accidents, system life cycle, service life, repair, technical inspection.

For citation:

Moseyko, Evgeniy S, and Evgeniy O. Olhovik. “Assessment of ship mechanical systems reliability for arctic shipping.” *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.

УДК 621.78/79:629

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО СУДОХОДСТВА

Е. С. Мосейко¹, Е. О. Ольховик²

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 оценка надежности механических систем в процессе их проектирования, выполняемая по данным технических условий составляющих ее элементов и расчетного срока службы. Как правило, расчетный и фактический эксплуатационный сроки не совпадают по ряду причин, в том числе ввиду особенностей эксплуатации судовых систем. Таким образом, прогнозирование срока службы нового судового оборудования с учетом воздействия внешних циклических нагрузок и морской коррозионной среды — это сложная комплексная задача, для решения которой необходимо рассматривать все этапы жизненного цикла: от проектирования до момента прекращения их эксплуатации. В работе рассматривается эксплуатационный этап жизненного цикла судовых механических систем. Приведенные данные будут способствовать уточнению расчетов надежности и развитию регламентов по техническому обслуживанию, ремонту и инструментальной диагностике судового оборудования. В качестве показателей надежности

были выбраны критерии долговечности: срок службы, наработка, периодичность проведения ремонта. Рассмотрены аварийные случаи на судах, произошедшие на море и внутренних водных путях, отражен порядок продления срока службы при классификационном освидетельствовании в эксплуатации. Во время фактической работы судна отраслевые проектные организации участвуют в освидетельствовании технического состояния судов для продления сроков их безопасной эксплуатации, организуют технический контроль и надзор. Работы по ремонту, обслуживанию или замене судового оборудования производятся в соответствии с назначенными регламентами или в случае непредвиденного выхода из строя. Отмечается, что выполнение технического мониторинга может являться действующей информацией о фактическом состоянии судовых механических систем, что позволит снизить технико-экономические затраты на их содержание. Данное направление исследований может быть важным для судов арктического района плавания, для которых характерными являются повышенные требования к живучести судов.

Ключевые слова: аварийные случаи, жизненный цикл системы, срок службы, ремонт, техническое освидетельствование.

Для цитирования:

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.

Введение (Introduction)

Развитие транспортного коридора Северного морского пути РФ является важной задачей на период до 2030 г., при этом запланированный грузооборот стремительно будет возрастать до 80 млн т в год. Для обеспечения поставленных задач конструкторские бюро и судостроительные заводы проектируют и строят новые транспортные суда, ледоколы, суда технического обслуживания и др. На этапе выпуска конструкторской документации судовых механических систем закладывается их надежность по данным технических условий входящих элементов. Однако в условиях циклических нагрузок и воздействия коррозионной среды прогнозирование срока службы для новой техники это является весьма сложной комплексной задачей.

В научной литературе, в частности в работе [1], исследованы способы хранения текущих параметров технологических процессов с учетом анализа всех имеющихся приборно-измеряемых данных *методом функциональной диагностики*. Объективный приборный контроль и автоматическое прогнозирование опасных тенденций ухудшения технического состояния судового оборудования обеспечит возможность своевременного планирования текущих задач эксплуатации, включая использование судов по прямому назначению и проведение ремонтно-восстановительных работ по фактическому состоянию техники.

В работе [2] выполнен обзор и анализ стратегий технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования. Предложена стратегия и описан путь повышения эффективности технического обслуживания и ремонта оборудования роторного типа, в частности перегрузочных машин, путем использования стационарной системы мониторинга фактического состояния оборудования.

Целью данной работы является анализ этапа жизненного цикла судового оборудования в период его эксплуатации. В качестве объектов исследования были выбраны элементы, входящие в судовые механические системы электронасосов для перекачки моторного масла, дизельного топлива, охлаждения забортной и пресной воды, а также обслуживания энергетических установок.

Повышение надежности судового оборудования осуществляется за счет увеличения ресурса входящих элементов на стадиях проектирования и изготовления. В связи с этим возникает потребность в моделировании долговечности изделия по различным технологическим и конструктивным параметрам. Возможна также оценка сопротивления внешним нагрузкам (например, триботехнического характера) путем проведения прямых экспериментов [3]. Для этого необходима достоверная информация об уровне надежности системы и механизмов, позволяющая своевременно предпринять эффективные меры по обеспечению требуемой долговечности [4]. Тем не менее целесообразным является техническое обслуживание и ремонт, выполняемые по «состоянию», по результатам проведения безразборной диагностики и методов прогнозирования остаточного ресурса работы [5]. Как правило,

новая серия судов снабжается дополнительными устройствами и приборами для более эффективной и надежной эксплуатации. Возникает необходимость совершенствования технологических процессов во внеэксплуатационный период и судоремонта.

Недостаточное техническое обслуживание судового оборудования может привести к выходу его из строя, что на сегодняшний день можно предотвратить следующими способами: проведением инструментальной диагностики элементов систем; поддерживающим ремонтом независимо от текущего технического состояния; классификационным освидетельствованием в эксплуатации. Также порядок осуществления технического мониторинга может обеспечить органов управления разных уровней и отраслевых организаций действующей информацией о техническом состоянии судов для принятия решения об их дальнейшей эксплуатации.

Задача оценки технического состояния судовых систем тесно связана с прогнозированием их функциональной надежности, в том числе более сложных механических систем, представленных в работе [6]. После выполнения анализа основных видов и причин нарушений работоспособности судовых механических систем входящие элементы нуждаются в соответствующем обслуживании и контроле. Сравнительные полученные результаты подтверждены приведенными далее статистическими данными. По данным Управления государственного морского и речного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, анализ технических аварийных случаев, произошедших на море на судах РФ в период 2014–2020 гг., представлен в табл. 1. Аварийные случаи, произошедшие на море РФ и внутренних водных путях по видам судов, показаны в табл. 2. При этом в выборке статистических данных не учитывались навигационные аварийные случаи при потере остойчивости, посадки на мель, столкновении судов и др.

В работе [7] выполнен анализ причин аварийности в зоне ответственности Дальневосточного управления государственного морского надзора, рассмотрены некоторые аспекты эксплуатации судовых энергетических установок, приведен сравнительный статистический анализ аварийности в период 2014–2017 гг. В работе [8] рассмотрены аварийные случаи с дизельными ледоколами. Выделены факторы риска эксплуатации, проанализирована зависимость количества аварийных ситуаций дизельных ледоколов по годам, представлены наиболее опасные факторы для аварий, а именно: недостаточная прочность конструкций, сложные ледовые условия, человеческий фактор, случаи нарушения правил эксплуатации морского транспорта.

За последние десятилетия в Арктике зарегистрированы аварийные случаи на основе сбора эмпирических данных за период 2004–2017 гг. В работе [9] рассмотрены инциденты, произошедшие вдоль Северного морского пути РФ до введения в действие «Международного кодекса судов, эксплуатирующихся в полярных водах» (далее — «Полярный кодекс»). В качестве результатов исследования определены основные причины выявленных аварийных случаев, произошедших в Российской Арктике, и приведена их классификация в соответствии со стандартами Международной морской организации (англ. International Maritime Organization, IMO). В работе [10] предлагается создание механизма государственного контроля арктических портов для решения потенциальных проблем, связанных с внедрением «Полярного кодекса».

Таблица 1

Аварийные случаи, произошедшие на море на судах РФ в период 2014–2020 гг., шт.

Виды технических АС	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Технические АС от общего количества, %						
	48	52	35	53	44	46	50
Количество технических АС, шт.							
Повреждения механизмов и систем	18	27	21	32	30	20	20
Повреждение корпуса	2	7	1	3	1	4	2
Взрывы, пожары	2	4	5	7	9	4	4
Потеря остойчивости	–	–	2	3	6	3	4
Всего технических АС	22	38	29	45	46	31	30

Таблица 2

**Аварийные случаи, произошедшие на море на судах РФ и ВВП
 в период 2014–2020 гг., шт.**

Виды судов	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Пассажирское судно	Общее	Общее	1	1	5	3	2
Исследовательское судно			–	–	–	2	1
Танкер			9	7	14	5	9
Сухогруз			18	15	24	18	12
Буксир			10	14	13	9	3
Ледокол	44	67	–	1	3	1	1
Рефрижератор			1	–	–	2	–
Самоходный плавкран			1	–	2	1	1
Земснаряд			1	–	1	1	–
Маломерное судно			1	2	1	3	–
Рыбопромысловое судно	5	12	35	38	36	21	30
Другие			1	2	4	1	1
<i>Всего</i>	49	79	82	84	103	67	60

Методы и материалы (Methods and Materials)

В ч. VIII «Правил классификации и постройки морских судов» РМРС даны рекомендации по обеспечению производительности насосов для судовых механических систем. Операции по ремонту, техническому обслуживанию или замене судового оборудования производятся в соответствии с назначенными регламентами или в случае непредвиденного выхода из строя.

Срок службы судна до плановых и полного ремонтов устанавливается в соответствии с техническим заданием на проектирование. На стадии проекта судна закладывается ресурс основного и вспомогательного оборудования с учетом эксплуатационно-ремонтного этапа жизненного цикла. В свою очередь, прогнозируемый график отображает периодичность и продолжительность событий эксплуатации и плановых ремонтов судна в течение всего срока его службы (табл. 3). Проектное обоснование надежности выпускается на основании нормативно-технических документов и в качестве основных показателей содержит долговечность и ремонтпригодность отдельных элементов судовых механических систем. Тем не менее иногда устанавливаемые при проектировании теоретический, а при изготовлении технологический уровни надежности судового оборудования в реальных условиях не подтверждаются.

Таблица 3

Фрагмент событий эксплуатационно-ремонтного цикла судна

Событие	Периодичность по истечению, лет	Продолжительность, мес.
Техническое обслуживание	2–4	0,5
Текущий ремонт	2–3	3,0
Заводской (средний) ремонт	4–6	12,0
Доковый ремонт	10–12	2,0
Классификационное освидетельствование	5	1,0

В «Полярном кодексе» даны рекомендации для судов, эксплуатирующихся при низких температурах воздуха. Судовые системы и оборудования жизнеобеспечения должны сохранять полную работоспособность при полярной рабочей температуре в течение максимального расчетного времени с учетом обледенения или скопления снега [11]. При более детальном изучении этого документа видно, что положения не распространяются на все типы рыболовецких и небольших грузовых судов, несмотря на то, что аварии с участием судов данного типа могут не наносить такой вред окружающей среде, как с участием, например, нефтяных танкеров. При этом морские международные организации обращают внимание на актуализацию «Полярного кодекса» [12] и решение других экологических проблем арктического судоходства, предложенных в работе [13].

Во время фактической эксплуатации судна одной из функций конструкторских бюро или сторонней отраслевой организации может быть участие в освидетельствовании технического состояния с целью продления сроков службы судна. Также при продлении сроков службы с разной периодичностью и объемом освидетельствования судна необходимо руководствоваться «Правилами классификационных освидетельствований судов в эксплуатации» РМРС.

Результаты (Results)

Техническое освидетельствование рассматривается как внеэксплуатационный период жизненного цикла судна. Обеспечение существующей информацией о фактическом состоянии судовых механических систем является важной функцией управления контролем качества. Требования к качеству отражены в нормативно-технических документах и отраслевых стандартах.

На подготовительном этапе технического освидетельствования судна отраслевая организация подготавливает «Программу обследования технического состояния», устанавливающую номенклатуру работ и критерии допустимости продления срока службы. По результатам освидетельствования назначенная комиссия выпускает «Решение о продлении срока службы». После оценки существующего положения судна утверждается «Акт освидетельствования технического состояния» судового оборудования с указанием в нем выполненных мероприятий для продления срока службы или ограничений по эксплуатации в случае необходимости.

Перечень основных проверок, выполняемых при обследовании судовых механических систем:

- наличие и комплектность эксплуатационной документации (формуляры, паспорта, технические описания и инструкции по эксплуатации, вахтенные журналы);
- техническое состояние труб, сварных соединений, крепежных изделий (отсутствие механических, технологических и коррозионных повреждений и дефектов);
- техническое состояние и регулировка запорной, предохранительной, автоматической арматуры, наличие на них пломб;
- техническое состояние контрольно-измерительных приборов, наличие документов и клейм об их поверке;
- техническое состояние судового оборудования, входящего в систему (по паспортам и формулярам определяется наличие остаточного ресурса, устанавливается возможность и целесообразность в случае обнаружения неисправностей, ремонта или агрегатной замены).

Тем не менее отраслевым организациям, осуществляющим продление межремонтных интервалов, необходимо обратить внимание на актуализацию нормативно-технической документации по следующим вопросам:

- учет статистических данных технического состояния судового оборудования критериев долговечности в части назначенных сроков службы;
- дополнение технических терминов в действующих положениях, касающихся применения современных композитных материалов в судоремонте.

В качестве сокращения затрат подтверждается необходимость применения данных изменений к вновь проектируемым судам и определение возможности применения к старым проектам.

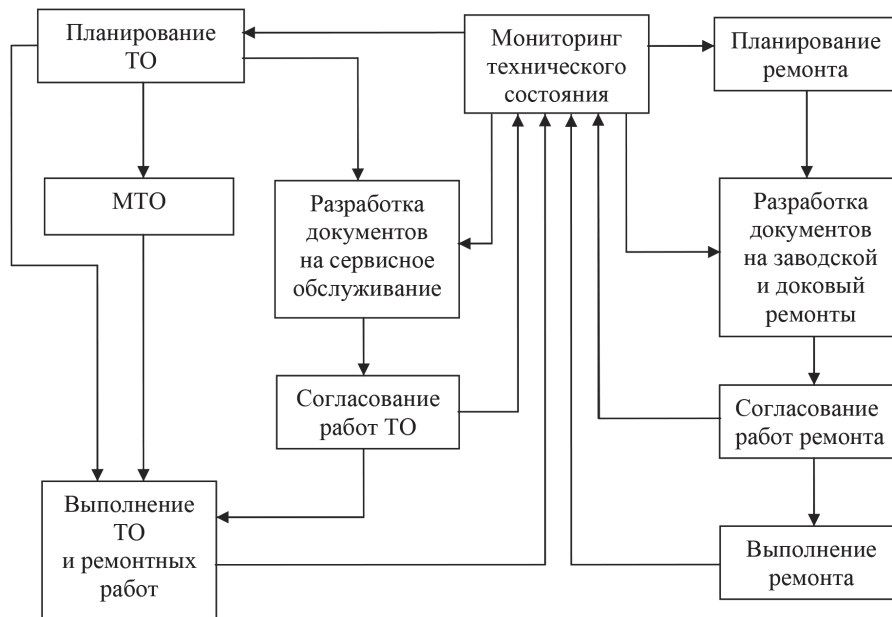
При проектировании нового судна необходимо учитывать опыт эксплуатации и оценок технического состояния с продлением межремонтных интервалов. Таким образом, возникает необходимость формирования возможной базы данных с описанием элементов судовых механических систем с фактической и плановой степенью износа и в перспективе выпуска программного обеспечения, которое при обработке базы данных будет выдавать предупреждения о комплексных показателях надежности.

Предлагаемая теоретическая модель судового оборудования (например, электронасоса) выявляет отклонения в работе по сигналам, поступающим на сервер. Далее данные поступают в контроллер, где происходит согласование диапазонов сигнала с блоком обработки. Необходимо использовать сравниваемые параметры температуры, давления, вибрации, напряжения тока и др. После

преобразования значения укладываются в показатели надежности, далее присваивается уровень технического состояния электронасоса («исправно», «требуется ремонт», «аварийное состояние»).

Для установления порядка осуществления технического мониторинга необходимо решение следующих вопросов:

- периодичность фиксации технического состояния средствами диагностирования;
- порядок привлечения отраслевых организаций к диагностированию и определению состава участников технического мониторинга;
- установление форм учета технического состояния;
- установление порядка передачи результатов технического мониторинга (виды носителей информации, периодичность передачи информации по каналам связи).



Общая схема функционирования системы технического обслуживания и ремонта судов

При этом появляется необходимость технического мониторинга для дальнейшего сбора информации отраслевыми организациями, занимающимися проектированием, эксплуатацией и ремонтом по учету технического состояния судов. В качестве одного из направлений авторского надзора конструкторским бюро и судостроительным заводом возможно осуществление технического мониторинга. Общая схема функционирования системы технического обслуживания и ремонта приведена на рисунке.

Обсуждение (Discussion results)

«Правилами классификационных освидетельствований судов в эксплуатации» РМРС предусмотрено для ответственных элементов судовых систем техническое обслуживание с полной или частичной разборкой объекта технического наблюдения. Это приводит к значительным экономическим потерям в процессе эксплуатации судов по прямому их назначению, которое в большинстве случаев заменяется на инструментальную диагностику (например, контроль вибрации, температуры и др.).

Сравнивая полученные результаты исследования с результатами, полученными другими авторами, можно отметить работу [14], где представлены фактические наблюдения по идентификации критических нарушений работоспособности нескольких взаимосвязанных судовых систем с использованием технологии искусственных нейронных сетей и гибридных методов моделирования.

Выводы (Summary)

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы

1. Судовое оборудование нуждается в соответствующем техническом обслуживании, диагностике элементов механических систем, поддерживающем ремонте, проводимом по «состоянию», и техническом освидетельствовании в эксплуатации.

2. Выполненный анализ аварийных случаев и оценка показателей надежности судовых механических систем в процессе освидетельствования их технического состояния свидетельствуют о необходимости совершенствования в организации технологических процессов во внеэксплуатационный период. При этом жизненный цикл судового оборудования может увеличиваться с учетом их фактического состояния.

3. Порядок осуществления технического мониторинга обеспечивает управление на различных уровнях предприятий промышленности действующей информацией о техническом состоянии судов при принятии решения об их дальнейшей эксплуатации. Требуется выпуск положений по организации мониторинга технического состояния, которые необходимо учесть в нормативно-технических документах.

4. Для судов, эксплуатирующихся в полярных арктических водах, также необходимо использование методов оценки рисков выхода из строя механического оборудования, развитие системы оценки предупреждения отказов и т. п. Такие данные будут также способствовать развитию регламентов по техническому обслуживанию, ремонту и инструментальной диагностике, выполняемых морскими операторами в области арктического судоходства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковтун Н. Л. Имитационный статистический анализ параметров технологических процессов на судах для прогнозирования надежности техники / Н. Л. Ковтун // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 5 (39). — С. 215–225. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-215-225.

2. Ежов Ю. Е. Пути повышения эффективности технического обслуживания промышленного перегрузочного оборудования / Ю. Е. Ежов, А. К. Бардин, В. А. Сидоренко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 1. — С. 113–120. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-113-120.

3. Кузнецов Р. В. Экспериментальное триботехническое исследование порошкового подшипника для судового машиностроения / Р. В. Кузнецов, Е. О. Ольховик // Морская радиоэлектроника. — 2020. — № 1 (71). — С. 52–55.

4. Клименко Н. П. Анализ отказов и оценка надежности центробежных насосов / Н. П. Клименко, В. В. Попов, А. С. Шаратов // Вестник Харьковского национального технического ун-та сельского хозяйства им. Петра Василенко. — 2015. — Вып. 143. — С. 147–151.

5. 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.

6. Тормашев Д. С. Оценка технического состояния и прогнозирование функциональной надежности насосов систем судовых дизелей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Д. С. Тормашев. — Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2012. — 24 с.

7. Друзь И. Б. Безопасность функционирования судовых энергетических установок возрастных судов в зоне ответственности ДВУ Госморнадзора / И. Б. Друзь [и др.] // Вестник Инженерной школы Дальневосточного Федерального университета. — 2018. — № 4 (37). — С. 41–52. DOI: 10.5281/zenodo.2008657.

8. Темникова А. А. Анализ факторов риска эксплуатации дизельных ледоколов / А. А. Темникова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2015. — № 1. — С. 42–50.

9. Fedi L. Mapping and analysis of maritime accidents in the Russian Arctic through the lens of the Polar Code and POLARIS system / L. Fedi, O. Faury, L. Etienne // Marine Policy. — 2020. — Vol. 118. — Pp. 103984. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.103984.

10. Todorov A. Russia's implementation of the Polar Code on the Northern Sea Route / A. Todorov // *The Polar Journal*. — 2021. — Vol. 11. — Is. 1. — Pp. 30–42. DOI: 10.1080/2154896x.2021.1911044.
11. International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/polar-code.aspx> (дата обращения: 06.01.2022).
12. Sun Z. The development of the Polar Code and challenges to its implementation / Z. Sun, R. Beckman // *Global Commons and the Law of the Sea*. — Brill Nijhoff, 2018. — Pp. 303–325. DOI: 10.1163/9789004373334_021.
13. Protection of the Arctic Marine Environment (PAME) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pame.is/document-library/pame-reports-new/pame-ministerial-deliverables/2021–12th-arctic-council-ministerial-meeting-reykjavik-iceland/793-assr-1-the-increase-in-arctic-shipping-2013–2019/file> (дата обращения: 06.01.2022).
14. Lazakis I. Predicting ship machinery system condition through analytical reliability tools and artificial neural networks / I. Lazakis, Y. Raptodimos, T. Varelas // *Ocean Engineering*. — 2018. — Vol. 152. — Pp. 404–415. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2017.11.017.

REFERENCES

1. Kovtun, Nikolay L'vovich. "Simulation statistical analysis of parameters of engineering processes on vessels for prediction of reliability of equipment." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 5(39) (2016): 215–225. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-215-225.
2. Ezhov, Yurii E., Aleksey K. Bardin, and Vladimir A. Sidorenko. "The ways to improve the efficiency of industrial transshipping equipment maintenance." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.1 (2019): 113–120. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-113-120.
3. Kuznetsov, R. V., and E. O. Olkhovik. "Experimental tribotechnical study of powder bearing for marine engineering." *Marine Radio-electronics* 1(71) (2020): 52–55.
4. Klimentko, N. P., V. V. Popov, and A. S. Sharatov. "Analiz otkazov i otsenka nadezhnosti tsentrobezhnykh nasosov." *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo tekhnicheskogo un-ta sel'skogo khozyaistva im. Petra Vasilenko* 143 (2015): 147–151.
5. Moseyko, Evgeniy Sergeevich, and Evgeniy Olegovich Olkhovik. "Studying reliability of marine pump systems by using technical supervision data." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies* 4 (2021): 7–16. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-4-7-16.
6. Tormashev, D. S. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya i prognozirovaniye funktsional'noi nadezhnosti nasosov sistem sudovykh dizelei. Abstract of PhD diss. Novorossiisk: GMU im. adm. F. F. Ushakova, 2012.
7. Druz, Ivan, Igor Turishchev, Mihail Gomzyakov, and Oleg Moskalenko. "Safe operation of main power plants of aging ships as a subject of control and supervision by the far eastern directorate for state maritime supervision." *FEFU: School of Engineering Bulletin* 4(37) (2018): 41–52. DOI: 10.5281/zenodo.2008657.
8. Temnikova, Alyona Aleksandrovna. "Analysis of the risk factors of exploitation of diesel icebreakers." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies* 1 (2015): 42–50.
9. Fedi, Laurent, Olivier Faury, and Laurent Etienne. "Mapping and analysis of maritime accidents in the Russian Arctic through the lens of the Polar Code and POLARIS system." *Marine Policy* 118 (2020): 103984. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.103984.
10. Todorov, Andrey. "Russia's implementation of the Polar Code on the Northern Sea Route." *The Polar Journal* 11.1 (2021): 30–42. DOI: 10.1080/2154896X.2021.1911044.
11. International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code). Web. 6 Jan. 2022. <<https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/polar-code.aspx>>.
12. Sun, Zhen, and Robert Beckman. "The development of the Polar Code and challenges to its implementation." *Global Commons and the Law of the Sea*. Brill Nijhoff, 2018. 303–325. DOI: 10.1163/9789004373334_021.
13. Protection of the Arctic Marine Environment (PAME). Web. 6 Jan. 2022 <<https://pame.is/document-library/pame-reports-new/pame-ministerial-deliverables/2021–12th-arctic-council-ministerial-meeting-reykjavik-iceland/793-assr-1-the-increase-in-arctic-shipping-2013–2019/file>>.
14. Lazakis, Iraklis, Y. Raptodimos, and T. Varelas. "Predicting ship machinery system condition through analytical reliability tools and artificial neural networks." *Ocean Engineering* 152 (2018): 404–415. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2017.11.017.

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

Olhovik, 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

*Статья поступила в редакцию 11 января 2022 г.
Received: January 11, 2022.*