

На правах рукописи



Гомзяков Михаил Владимирович

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК  
НА БАЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО–УРОВНЕВОГО АНАЛИЗА  
ИХ ЭРГАТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА**

Специальность 2.5.20 – Судовые энергетические установки и их элементы  
(главные и вспомогательные)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Владивосток – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского»

Научный консультант: доктор технических наук, профессор,  
Соболенко Анатолий Николаевич

Официальные оппоненты:

Коньков Алексей Юрьевич – доктор технических наук, доцент,  
Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС),  
профессор кафедры транспорта железных дорог

Руднев Борис Иванович – доктор технических наук, профессор,  
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный  
университет (Дальрыбвтуз), профессор кафедры холодильной техники,  
кондиционирования и теплотехники, заслуженный работник рыбного хозяйства  
России

Туркин Владимир Антонович – доктор технических наук, профессор,  
Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова,  
профессор кафедры эксплуатации судовых механических установок

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Государственный  
университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

Защита состоится 30 апреля 2026 года в 14.00 часов  
на заседании диссертационного совета 45.2.004.01 при Морском  
государственном университете им. адм. Г. И. Невельского по адресу: 690003,  
г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50А, ауд. 241, e-mail: office@msun.ru, факс:  
(423) 251-76-39.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Морского  
государственного университета имени адмирала Г. И. Невельского,  
[http://msun.ru/ru/csi\\_dissovet\\_ref](http://msun.ru/ru/csi_dissovet_ref)

Автореферат разослан 12 декабря 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

доктор технических наук, доцент  Гриняк Виктор Михайлович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Безопасность мореплавания имеет большое экономическое значение для народно–хозяйственного комплекса страны и репутационное значение для Российской Федерации как страны-участницы международного морского судоходства. Стратегией развития морской деятельности РФ до 2030 года предусмотрено «достижение стратегических целей морской деятельности государства», которое обеспечивается федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации. В документе с учетом современного состояния морской деятельности, основных мировых тенденций ее развития выявлены и определены основные проблемы морской отрасли и перспективные пути ее развития. Развитие надежности и эффективности отечественного морского флота способствует повышению его конкурентоспособности в международном судоходстве. К стратегическим задачам следует отнести транспортную безопасность страны в виде грузовых и пассажирских перевозок морским транспортом, а также продовольственную безопасность, реализуемую рыболовными судами при добыче морских биоресурсов.

Надежность судовых технических средств (СТС) и качественная их эксплуатация критически необходимы для обеспечения эффективной работы морского судна. Бесперебойная и безаварийная работа судовой энергетической установки (СЭУ) является одним из важнейших условий безопасности мореплавания (БМ). Экономические показатели эксплуатации морского судна тесно связаны с функционированием СЭУ и основных ее элементов, затратами на такие мероприятия, как диагностика, ремонт, техническое обслуживание. Стремление к максимальному извлечению прибыли в условиях жесткой конкуренции на рынке морских грузовых и пассажирских перевозок обусловило тенденцию эксплуатации СЭУ на режимах, близких к предельным характеристикам механизмов, что создает предпосылки для технических отказов и поломок главных двигателей (ГД) и судовых вспомогательных механизмов (СВМ). С целью снижения риска гибели людей и судна Международной морской организацией (ИМО) посредством принятия в 1993 году резолюции А.741 (18) в следующем, 1994, году в Международную конвенцию по охране человеческой жизни на море (СОЛАС–74) была введена глава IX – «Управление безопасной эксплуатацией судов», или Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (МКУБ, Кодекс), вступивший в силу с 1 июля 1998 года для некоторых категорий морских судов и с 1 июля 2002 года для всех грузовых судов валовой вместимостью 500 и более. С момента вступления в силу Кодекс корректировался резолюциями MSC.104(73), MSC.179(79), MSC.195(80), MSC.273(85), MSC.353(92). Поправки, принятые в 2013 году резолюцией MSC–353(92), вступили в силу в 2015 году. При этом

основная цель Кодекса – соблюдение международного стандарта по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращению загрязнения – осталась неизменной. В рамках стандартов судоходным компаниям предписывается разработать собственные системы управления безопасностью (СУБ), позволяющие снизить до минимума риски гибели людей, загрязнения окружающей среды, а также вероятности возникновения неожиданных отказов СЭУ в процессе эксплуатации.

С целью стандартизации требований к использованию и эксплуатации СТС в 1978 году ИМО была разработана и принята Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ–78, STCW–78) – одна из основополагающих морских конвенций, принятых под эгидой Международной морской организации. В рамках ПДНВ–78 в Российской Федерации с 2000 по 2005 годы произошел первый обмен морских дипломов с одновременной аттестацией на уровень минимальных стандартов компетентности (МСК). Морские профессиональные навыки были структурированы по компетенциям, из которых две – «судовые механические установки» и «техническая эксплуатация и ремонт» – напрямую затрагивали надежность работы СЭУ.

С целью повышения безопасности мореплавания в 2001 году Комитетом по безопасности на море ИМО резолюцией MSC Circ.1023 / MEPC Circ.392 было принято «Руководство по формальной оценке безопасности (ФОБ) для использования в процессе принятия решений ИМО». Указанное руководство регламентирует методику, позволяющую производить заблаговременное определение ситуаций, способных привести к аварии для дальнейшего принятия на основе систематизированного анализа решения по снижению риска. Перечисленные нормативные требования свидетельствуют о внимании со стороны Международной морской организации к вопросам обеспечения безопасности мореплавания.

### **Степень разработанности научной проблемы**

Опыт эксплуатации СЭУ показывает, что безопасная работа судового оборудования основана, прежде всего, на его высокой надежности, которая обусловлена применением современных методов проектирования, эксплуатации, технически обоснованного контроля, комплекса организационных мероприятий и т. п. Научный и практический интерес к проблеме обусловлен динамикой перемен современного флота, связанной с техническим переоснащением, ростом тоннажа, требованиями к качеству топлива, качеством подготовки судового персонала и пр.

Обеспечение с заранее установленной вероятностью надежной работы главной силовой установки достигается в случае функционирования всех ее элементов в заданных пределах её параметров. Разработка методов,

учитывающих множественность факторов, воздействующих на параметры судовой энергетической установки и ее основные элементы, является актуальной задачей для повышения безопасности мореплавания.

Анализ причин морских аварийных случаев (аварий, инцидентов – АС), произошедших в два последние десятилетия, привел к пониманию того факта, что подход, ориентированный на совершенствование конструктивно-технических требований в жизненном цикле морского судна, не решает в полной мере проблемы безаварийной работы. Статистические данные по АС, как в России, так и за рубежом, указывают на стабильную причастность к поломкам и отказам судовых технических средств человеческого фактора (ЧФ)

Отечественные исследования в данном направлении также показали высокий процент влияния ЧФ на технический аварийный случай. Резолюция ИМО А.884(21), одобряющая поправки к Кодексу по расследованию морских аварий и инцидентов (резолюция А.849(20)), «Руководство по расследованию человеческого фактора в морских авариях и инцидентах», а затем резолюция А.1075(28) 2013 года «Руководство по оказанию помощи лицам, проводящим расследование, в осуществлении Кодекса расследования аварий» являются ответной реакцией на подобное негативное влияние. И если в первой резолюции ЧФ рассматривается как пострадавший объект, то во второй взаимодействие человека и оборудования определяется как сопутствующий аварии фактор. Личностные качества человека-оператора приобретают статус характеристик элемента в функционировании судовой энергетической установки. К таким характеристикам следует отнести физические параметры, здоровье, компетентность и ряд других. Существует достаточное количество работ, исследующих указанные параметры, принят стандарт, посвященный человеческому фактору.

Достаточно высокий уровень морской аварийности в регионах РФ свидетельствует о том, что эргатический элемент в составе СЭУ исследован недостаточно. Рассмотрение судовой технической службы в рамках функций и уровней МК ПДНВ–78 является новым актуальным направлением в деле обеспечения безаварийной работы СЭУ. Оценивание функционирования эргатического элемента посредством постоянного независимого мониторинга за работоспособностью судовой энергетической установки производится с учетом уже имеющейся у специалиста совокупности специфических личностных качеств, что позволяет получить интегрированные показатели его надежности и, в целом, выглядит перспективным.

Учитывая вышесказанное, разработка математической модели для прогноза качества эксплуатации СЭУ на базе функционально-уровневого анализа эргатического элемента является актуальной научно-технической задачей.

**Объектом исследования** является процесс функционирования эргатического элемента, под которым следует понимать любое лицо из состава судовой технической службы, исполняющее в соответствии с судовой ролью обязанности по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту судовой энергетической установки, вспомогательных механизмов и систем, обладающее должной компетентностью, подтвержденной надлежащими квалификационными документами.

**Предметом исследования** являются методы оценки функциональных характеристик указанного специфического элемента, входящего в состав сложной эргатехнической системы – судовой энергетической установки.

### **Цель и задачи исследования**

**Цель исследования.** Теоретическое обобщение и решение крупной научной проблемы повышения безопасности мореплавания при эксплуатации судовых технических средств на основе концепции функционально-уровневой оценки дисфункций эргатического элемента.

**Задачи исследования,** вытекающие из поставленной цели:

– произвести анализ современного состояния проблемы безопасной эксплуатации судовых энергетических установок как сложных эргатехнических систем;

– обосновать принципы анализа безаварийной работы судовых энергетических установок на основе функционально–уровневой оценки эргатического элемента;

– исследовать заключительные акты аварийных случаев, произошедших на морских судах в Дальневосточном федеральном округе за период с 2011 по 2019 годы;

– произвести анализ причины поломок и отказов судовых технических средств за указанный период на предмет причастности к авариям человеческого фактора;

– произвести анализ деятельности членов экипажа, причастных к аварии, на предмет соответствия функциям и уровням международной конвенции ПДНВ–78;

– исследовать акты осмотров судов службами капитанов морских портов ДВФО, содержащие нарушения нормативных требований, послужившие причиной для отказа судну в выходе из порта (задержанию судна);

– произвести анализ нарушений, послуживших причиной задержания судна в порту на предмет их соответствия функциям и уровням международной конвенции ПДНВ–78;

– определить методологические принципы взаимосвязи дисфункций эргатического элемента, послуживших причинами задержаний судов, с дисфункциями – причинами аварийных случаев;

- разработать научно обоснованные решения по контролю и прогнозу качества эксплуатации судовых энергетических установок;
- разработать программное обеспечение, необходимое для решения задач в рамках функционально-уровневого подхода.

**Источниками для исследования** являются: базы данных с заключениями по результатам расследований морских транспортных происшествий Федеральной службы по надзору в сфере транспорта; базы данных Дальневосточного управления государственного морского надзора (ДВУ Госморнадзора); Межрегионального территориального управления Федеральной службы по надзору в сфере транспорта по Дальневосточному федеральному округу (МТУ Ространснадзора по ДФО), доступные результаты других исследователей.

Хронологический период. Исходные материалы исследовались за период 2000–2020 гг.

### **Научная новизна**

**Научная новизна** заключается в следующем:

1. Введено понятие «дисфункция эргатического элемента», позволяющее формализовать оценку человеческого фактора при эксплуатации судна и судового оборудования.
2. В отличие от существующих предложенная концепция повышения безопасности эксплуатации судовых энергетических установок базируется на функционально–уровневой оценке дисфункций эргатического элемента.
3. Предложенные методы позволяют впервые установить количественную зависимость влияния дисфункций обезличенного эргатического элемента на надежность работы судовой энергетической установки.
4. Впервые предложена методика, позволяющая прогнозировать ошибки судовой технической службы при эксплуатации судовой энергетической установки.
5. Впервые предложена методика определения необходимого и достаточного объема государственного контроля за безопасностью мореплавания в морском порту.
6. Впервые разработаны и внедрены в эксплуатацию новые технические решения на базе информационных технологий, направленные на достижение адекватного функционирования эргатического элемента в составе судовой энергетической установки – корпоративный программный комплекс НАДЗОР, повышающий эффективность деятельности и качество надзора за безопасностью мореплавания в Дальневосточном федеральном округе.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

**Теоретическая значимость** результатов работы состоит:

– в развитии научно-методических подходов к построению прогнозов качества эксплуатации судовых энергетических установок как необходимого условия обеспечения безопасности мореплавания;

– в разработке и реализации математической модели обеспечения надежной работы СЭУ, позволяющей получить заключение о вероятности аварии на основе критических несоответствий;

– в получении на основе экспериментальных исследований количественных зависимостей влияния эргатического элемента на безотказность работы главного судового дизеля;

– в предложении принципов принятия технических решений, основанных на централизованном управлении рисками для судоходных компаний на базе микропроцессорной и компьютерной техники;

– в разработке на базе физической природы и механизма отказов методики оценки функционирования эргатического элемента, учитывающей эксплуатационные функционально–уровневые аспекты.

**Практическая значимость**, применимость проведенного исследования, сделанных в нем выводов и обобщений, высказанных рекомендаций обусловлены решением актуальной научно-практической проблемы обеспечения безопасности мореплавания. Разработки доведены до практической реализации в виде методик, алгоритмов, работоспособного программного обеспечения.

Практическая ценность работы определяется возможностью прогнозировать качество функционирования эргатического элемента и на основе прогноза разрабатывать превентивные профилактические мероприятия по предотвращению отказов судовых энергетических установок.

В рамках исследований был разработан и внедрен в эксплуатацию программный комплекс НАДЗОР с функционалом управления рисками судоходства в морях Дальневосточного региона.

### **Методология и методы исследования**

В работе применены общие методы научного познания – методы теоретического и эмпирического исследования, в том числе абстрагирование, анализ, синтез, моделирование. Применен системный подход, в соответствии с которым судовая энергетическая установка представлена как иерархическая система взаимосвязанных элементов. Основные уравнения и связи разработанной математической модели базированы на известных физических законах и решены с использованием операций функционального анализа с учетом критических несоответствий СЭУ.

## **Положения, выносимые на защиту**

1. Концепция нормативно–методического обеспечения повышения качества эксплуатации судовых энергетических установок на базе функционально–уровневого учета дисфункции эргатического элемента.

2. Методика функционально–уровневой оценки критических несоответствий состояния судовых технических средств действующим нормативным требованиям, выявленных при осмотрах судов в морских портах РФ.

3. Методика анализа причин технических аварий судовых энергетических установок, обусловленных влиянием человеческого фактора, включающая определение дисфункций каждого причастного члена экипажа на его уровне в пределах предписанных функций.

4. Рейтинг влияния функционально структурированных конвенционных стандартов компетентности на обеспечение безопасной эксплуатации судна и его технических средств.

5. Метод выявления закономерных связей между выявленными при осмотрах судов критическими несоответствиями судовых технических средств нормативным требованиям и дисфункций эргатического элемента, послуживших причинами аварии судовой энергетической установки с использованием операции свертки.

6. Метод количественного определения разумных пределов влияния контрольно-надзорной деятельности морской администрации РФ на эксплуатационную безопасность судовых энергетических установок.

7. Программное обеспечение для решения задач по функционально–уровневому учету дисфункций эргатического элемента при эксплуатации судовых энергетических установок.

## **Степень достоверности и апробация результатов**

**Достоверность** и обоснованность полученных результатов проведенных исследований подтверждается корректным применением научных методов решения поставленных в диссертации задач, значительным объемом исходной базы данных аварийных случаев в морях Дальневосточного региона Российской Федерации, широкой апробацией расчетных зависимостей и их хорошей сходимостью с экспериментальными данными. Результаты применения разработанных автором математических моделей отражают качественное соответствие известным частным результатам. Достоверность содержащихся в диссертации практических рекомендаций установлена посредством их использования в деятельности Межрегионального территориального управления Федеральной службы по надзору в сфере транспорта по Дальневосточному федеральному округу.

**Апробация** исследования (представление его итогов на научных симпозиумах, обсуждение на кафедре, публикации). Результаты работы докладывались на международных, российских и региональных конференциях:

«Проблемы транспорта Дальнего Востока. Пленарные доклады 11-й международной научно–практической конференции» (Владивосток, 2015); научно–практический семинар «Актуальные вопросы морской отрасли» (Владивосток, 2016); «Проблемы транспорта Дальнего Востока» (Владивосток, 2017); V Междунар. науч.–техн. конф. (Владивосток, 2018); Междунар. науч.–техн. конф. «Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта в Азиатско–Тихоокеанском регионе» (Владивосток, 2019); Междунар. науч.–практ. конференция «Проблемы транспорта Дальнего Востока» (Владивосток, 2019); «Проблемы транспорта Дальнего Востока» (Владивосток, 2019); семинар Правительства Приморского края «Актуальные вопросы морской отрасли» (Владивосток, 2021).

**Личный вклад** автора исследования заключается:

- в постановке задач и разработке методики их решения;
- во введении понятия «дисфункция эргатического элемента», позволяющего формализовать оценку человеческого фактора при эксплуатации судна и судового оборудования;
- в предложении концепции функционально-уровневого анализа дисфункций эргатического элемента в процессе эксплуатации судовых энергетических установок;
- в разработке метода, позволяющего установить количественную зависимость влияния дисфункций обезличенного эргатического элемента на надежность работы судовой энергетической установки;
- в предложении методики, позволяющей прогнозировать ошибки судовой технической службы при эксплуатации судовой энергетической установки;
- в предложении методики определения необходимого и достаточного объема государственного контроля за безопасностью мореплавания в морском порту;
- в разработке и внедрении в эксплуатацию новых эргономических решений на базе информационных технологий, направленных на достижение адекватного функционирования эргатического элемента в составе судовой энергетической установки.

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 19 научных работ, реферируемых ВАК, из которых пять включены в международную реферативную базу данных Web of Science, две монографии (одна в соавторстве), разработки исследований защищены одним свидетельством об официальной регистрации программы для ЭВМ и шестью свидетельствами о регистрации баз

данных. Результаты исследований также внедрены и используются в контрольно–надзорной деятельности Межрегионального территориального управления Федеральной службы по надзору в сфере транспорта по Дальневосточному федеральному округу.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Основное содержание изложено на 265 страницах машинописного текста и включает 78 рисунков и 30 таблиц, список литературы из 399 наименований. Приложение включает результаты опросов экспертов, справку о внедрении авторской разработки в деятельность МТУ Ространснадзора по ДФО.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение** содержит обоснование актуальности темы диссертационной работы, формулировку цели и задач исследования, определение объекта и предмета исследования, характеристику научной новизны и практической значимости работы, основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** выполнен анализ состояния проблемы и обзор подходов к ее решению. В настоящее время в мировом судоходстве обеспечение надежной работы судовой энергетической установки, является одним из основных условий безопасности мореплавания, определяемую автором для целей настоящего исследования как состояние специфического, связанного с морем производственного процесса, осуществляемого с минимальным риском для всех его участников и оборудования.

Вышеуказанное определение вполне синонимично терминологии стандарта ИСО/МЭК «Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности», рассматривающего безопасность процессов как сбалансированную совокупность факторов, позволяющих свести к минимуму риски нанесения ущерба здоровью людей, вреда имуществу и окружающей среде.

Судовая энергетическая установка, техническое состояние которой самым непосредственным образом влияет на выполнение рейсовой задачи, является важным элементом морского судна. Безопасная эксплуатация судовой энергетической установки – это нормативно регламентированный технологический процесс реализации заданных функций системы в пределах установленных параметров на протяжении ее жизненного цикла. В указанный период основные характеристики системы должны восстанавливаться и поддерживаться судовым персоналом на обоснованном уровне надежности. Надежная работа СЭУ в наибольшей степени обеспечивает безопасность судна, экипажа и пассажиров.

Анализ доступных исследований, посвященных проблеме надежности работы судовой энергетической установки, показал, что ее надлежащее функционирование определяется в основном двумя факторами: конструкционным и эксплуатационным. Так, исследованию повреждений цилиндро–поршневой группы (ЦПГ) главного двигателя посвящены работы Э. А. Бардецкого, В. Г. Байбошкина, Б. П. Башурова, В. Н. Бочкарева, В. П. Бушланова, В. И. Виноградова, А. Т. Грищенко, И. Б. Гурвича, Г. А. Давыдова, Н. Х. Дьяченко, Л. А. Иванова, Д. В. Иванова, А. А. Иванченко, П. И. Кононенко, А. К. Костика, В. Н. Кучерова, Л. А. Ликвера, Н. Д. Малахова, М. К. Овсянникова, В. В. Пахолко, Ю. А. Пахомова, В. С. Семенова, П. С. Трофимова, С. М. Ханина, Н. Д. Чайнова, С. М. Шелкова, В. А. Шишкина, Г. С. Щукина и многих других.

Связь надежного функционирования элементов судовой энергетической установки и ее конструктивных особенностей, режима работы, а также ряда факторов, связанных с качеством обслуживания и эксплуатации, рассматривается в работах таких специалистов, как: Р. А. Вербанец, Г. Б. Горелик, А. Ф. Дорохов, А. И. Епихин, Г. П. Кича, А. В. Надежкин, А. И. Надеев, Е. П. Нечаев, Д. Л. Пиотровский, Н. В. Селиванов, К. Н. Сергеев, В. Н. Тимофеев, С. А. Худяков.

Результаты исследований влияния человеческого фактора на качество эксплуатации судна изложены в работах В. А. Бондарева, В. А. Волкогона, Д. К. Глазюка, Н. Н. Григорьева, Я. М. Гринкевича, И. Б. Друзя, С. В. Ермакова, А. Н. Соболенко, Ф. М. Кацмана, В. В. Каретникова, С. В. Козика, В. Н. Круглеевского, В. И. Ланчуковского, С. В. Латухова, А. П. Лицкевича, В. А. Логиновского, М. Л. Маринова, В. С. Марюхненко, В. В. Медведева, М. А. Москаленко, Ю. И. Нечаева, А. Н. Попова, К. В. Пеньковской, С. Ф. Сергеева, В. Н. Слесаренко, Д. А. Скороходова, Г. Н. Субботиной, Е. В. Хекерта, J. Bell, Celik, M., C. Hetherington, C. Macrae, W.A. O’Neil, Zb. Losiewiczza, P. Nikonczuka, D. Pitlka, Y.T. Xi, Y. Zhang, N. Hasanspahic, S. Vujicic, V. Francic, L. Campara, D. Marr, M. Baldauf, S. Procee, R. Azuma, T. Porate, S. Pecota, P. Milgram, F. Kishino, Amit Ray, P. Baybutt, R. Bea, J.C. Card, J.P. Jenkins, L. Tomczak, Amit Ray, P. Baybutt, R. Bea, J.C. Card, J.P. Jenkins, L. Tomczak и др.

Гораздо меньше исследований посвящено надежности судового технического персонала при эксплуатации и обслуживании СЭУ: Д. К. Глазюка, В. Н. Слесаренко, А. Н. Соболенко, В. А. Туркина, Losiewiczza, Zb., Nikonczuka, P., Pitlka, D., Xi, Y.T., Zhang, Y, а также автора настоящей работы.

Анализ доступных исследований позволяет выделить три основные группы факторов, влияющих на качество эксплуатации судовой энергетической установки: конструктивно-технологическую, эргатическую, нормативно-регуляторную.

Первая группа представляет собой совокупность технических решений, направленных на совершенствование основных параметров СЭУ и ее элементов, повышение качества рабочих процессов, продление жизненного цикла.

Вторая группа – эргатическая – связана с различными формами взаимодействия эргатического элемента (ЭЭ) с судовыми техническими средствами, такими как компетентность, стрессоустойчивость, усталость и др. Термин «эргатический элемент» гораздо точнее отражает суть вмешательства деятельности человека в функционирование судовой энергетической установки по сравнению с более широким понятием «человеческий фактор». Для эксплуатации СЭУ вторая группа является определяющей, т. к. по разным исследованиям 65–90 % технических АС связаны с девиантным функционированием эргатического элемента. Под девиантным функционированием (ДФ) в рамках настоящей работы понимается исполнение персоналом своих должностных обязанностей по обслуживанию СЭУ, не соответствующее минимальным стандартам компетентности, требуемым дипломом судомеханика или свидетельством моториста, и определяемое совокупностью компетентностных (знания, умения, навыки) или физиологических (устоление, рассеянность) факторов специалиста.

Понятие дисфункция (от лат. *dys* – плохой, затрудненный + *functio* – действие, осуществление) в контексте безопасности мореплавания предполагает отсутствие надлежащего функционирования в пределах заданных параметров элементов эргатической системы. Применительно к человеческому фактору означает ошибочное или несвоевременное исполнение, бездействие при исполнении обязанностей при управлении судном и обслуживании судовых технических средств, некорректное выполнение определённой функции. В английском языке термину дисфункция соответствует понятие *malfunction* (отказ, неправильное срабатывание, дисфункция, нарушение функции, неисправная работа, аварийный режим).

Третья группа нормативно–регуляторных факторов рассматривает персонал и СТС во взаимодействии. При таком способе управления безопасностью упор делается на культуру и дисциплину труда, следование принципам безопасной эксплуатации СЭУ.

Международная конвенция ПДНВ–78 содержит минимальные стандарты компетентности для моряков, а также указывает на ответственность судовладельца за подготовку судового персонала и безопасное укомплектование судов дипломированными экипажами. Международный кодекс управления

безопасностью предусматривает наличие и функционирование в судоходных компаниях систем управления безопасностью (СУБ) для берегового и судового персонала. Каждая СУБ состоит из элементов, взаимодействие которых должно обеспечивать надлежащий уровень безопасности мореплавания. Разработанные в рамках СУБ процедуры должны исключать неопределенность и пробелы в функциональных обязанностях каждого из членов экипажа. Подразумевается, что соблюдение требований СУБ всеми ее участниками минимизирует риски транспортного процесса.

Надёжность функционирования эргатического элемента определяется тем, насколько его рабочие показатели стабильны в условиях изменяющейся внешней среды от нормальных до экстремальных. В общей совокупности негативных факторов, способствующих созданию условий для отказа судовой энергетической установки, человеческий фактор доминирует. Исследование возможностей количественной и качественной оценки эргатического элемента, учета и прогнозирования его влияния на качество работы судовой энергетической установки представляется важной и актуальной деятельностью, а разработка новой методики для решения указанных задач – существенным вкладом в повышение безопасности мореплавания.

**Вторая глава** содержит анализ аварийности мирового и российского судоходства с акцентом на случаи с причастностью «человеческого фактора». На базе обширной статистики морских транспортных происшествий определены условия возникновения аварийных ситуаций, выделены этапы их развития и группы негативных факторов, формирующих предпосылки технических аварий.

Анализ статистических данных по морским авариям является в международном судоходстве одним из способов повышения безопасности судоходства. Согласно модели Хайнриха, на каждые 400 аварий приходится одна очень серьезная авария. Наибольшее число аварий на мировом флоте за 2006–2015 гг. зарегистрировано с судами-сухогрузами – 40,7 %, рыболовными – 17,1 %, балкерами – 7,6 %. Основными причинами возникновения аварийных ситуаций послужили: ошибки экипажа – 66 %; отказы судовых технических средств – 24 %; погодные условия – 3 %; форс-мажор – 7 %.

По данным Европейского агентства морской безопасности EMSA (European Maritime Safety Agency), которое является оператором общедоступной базы данных о морских происшествиях с европейскими судами в территориальных и внутренних водах стран Европы, доля технической аварийности среди европейских судов в указанный период составляла от 14,7 % до 65,9 %, т. е. примерно половину всех морских аварий. За 2020 год распределение аварийности по типам судов выглядело следующим образом: грузовые суда – 12 %; рыболовные – 63 %; пассажирские – 8 %; технический

флот – 5 %; прочие суда – 12 %. Недостаточная компетентность экипажей послужила предпосылками к АС в 49 % случаев, а в 2011–2018 гг. составила от 60 % до 80 %.

На указанном ресурсе регулярно выкладываются в виде электронного документа отчеты о морских авариях и инцидентах, содержащие структурированную информацию о количестве АС, их видах, типах вовлеченных судов, пострадавших и др.

Статистика аварийности на судах под российским флагом за 2005–2020 гг. показывает тенденцию к росту числа аварийных случаев. С небольшими колебаниями с 2005 по 2013 годы количество аварий плавно нарастает, а с 2014 по 2018 годы наблюдается значительный рост в соответствии с рисунком 1.

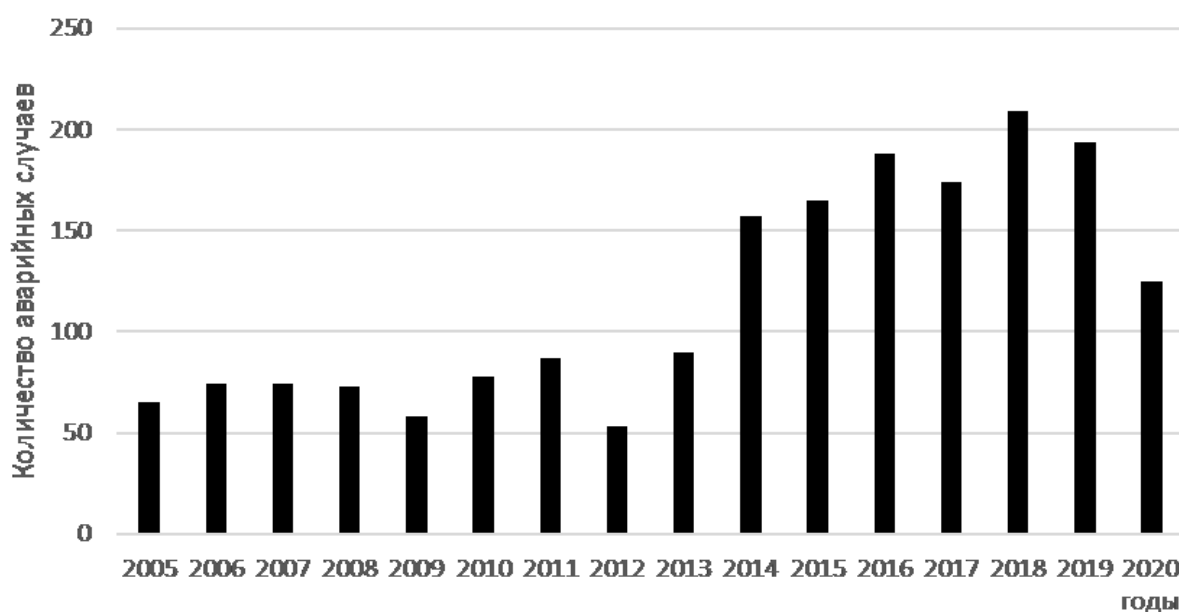


Рисунок 1 – Динамика аварийности на морских судах под российским флагом за 2005–2020 гг.

На морском транспорте за 2011–2019 гг. произошли 703 аварийных случая, из которых 63,9 % приходится на торговый флот, 34,4 % – на рыболовные суда, 1,7 % – на пассажирские. Причастность к авариям человеческого фактора в отдельные годы достигала 90 %.

Анализ аварийности в морях Дальневосточного региона в структуре транспортных происшествий позволил выделить следующие категории АС: действие непреодолимой силы (форс-мажор); ошибки навигационного характера; отказы, связанные с нарушением правил технической эксплуатации; несоблюдение требований техники безопасности при эксплуатации судна и механизмов. В рамках оценивания роли ЭЭ в составе СЭУ из анализируемой базы исключены АС под воздействием обстоятельств непреодолимой силы

и случаи нарушений экипажем норм личной безопасности в соответствии с рисунком 2.

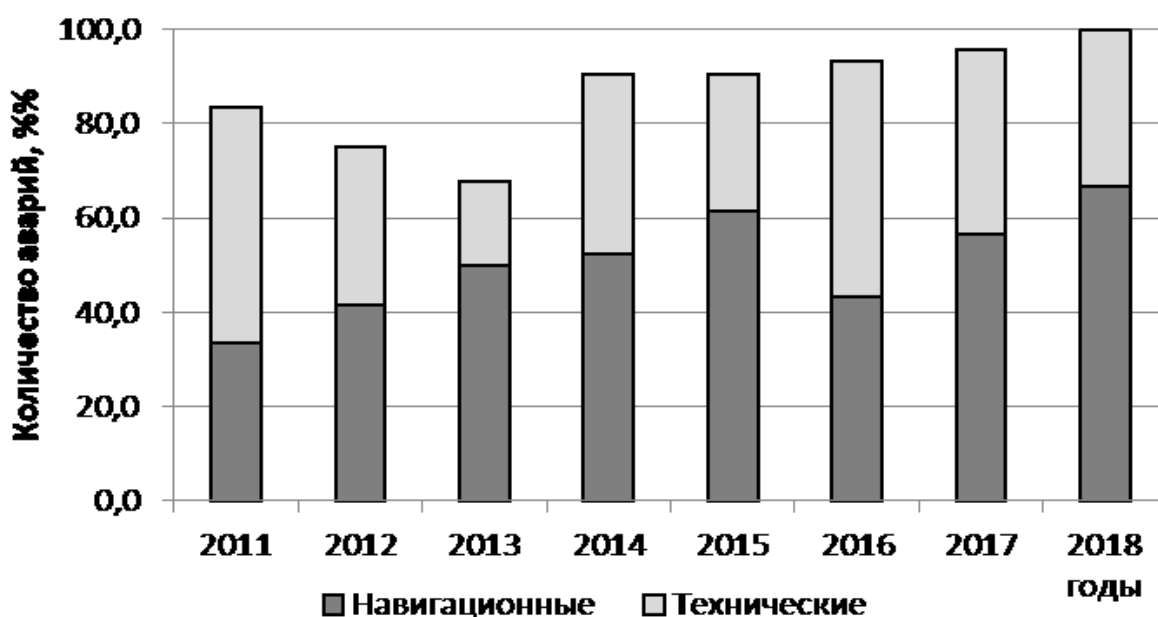


Рисунок 2 – Соотношение навигационных и технических морских аварий в Дальневосточном регионе

В результате анализа выявлены следующие факторы, способствующие развитию аварийной ситуации:

- несоблюдение правил технической эксплуатации и управления СТС;
- слабая организация машинной вахты;
- низкий уровень исполнительской дисциплины и культуры производства;
- игнорирование требований техники безопасности;
- формальный подход со стороны судового и берегового персонала к требованиям документов СУБ компании;
- влияние усталостных повреждений и износа СЭУ результате сверхинтенсивной эксплуатации, усугубленное нарушением сроков плановых ТО, использованием контрафактных деталей, некачественных масел и топлива;
- физическое и моральное старение флота под флагом РФ;
- низкое качество технического обеспечения флота судовладельцем.

Техническая авария морского судна может быть рассмотрена как последовательность событий, при которой дисфункция СЭУ и других технических средств приводит к невозможности выполнения судном предписанной деятельности в течение определенного срока (24 часа и более) и может завершиться полной гибелью судна. Типичной является следующая последовательность событий: дисфункция эргатического элемента – возникновение критической ситуации – ошибочное решение и/или действие –

поломка технического средства, после чего производится расследование аварии государственным надзорным органом с установлением причин и выдачей рекомендации судовладельцу.

**В третьей главе** рассмотрены роль и место эргатического элемента в составе судовой энергетической установки, определены весовые коэффициенты частных критериев, на основе которых оценивается качество и производится прогноз эксплуатации оборудования.

Рассматривая эргатический элемент СЭУ как неотъемлемое звено в сложной эргатехнической системе «морское судно», можно выделить два основных уровня его функционирования: штатное и девиантное. Под штатным понимается исполнение специалистом (судовым механиком, мотористом, электриком) своих обязанностей в рамках установленных должностных инструкций.

Существует отдельный стандарт, который регламентирует аспекты надежности для человеко–машинных систем и позволяет учитывать влияние человеческого фактора на надежность работы судна на всех этапах его жизненного цикла. ГОСТ также содержит обзор методов оценки показателей надежности систем «оператор–машина».

Функционал экипажей морских судов регламентируется стандартами компетентности, перечисленными в таблицах международной конвенции ПДНВ–78. Указанные стандарты содержат описание функций, которые необходимо реализовать судовому персоналу для поддержания безопасной работы судна и оборудования. В настоящей работе под функцией следует понимать совокупность минимальных стандартов компетентности, определенных международной конвенцией ПДНВ–78, соответствие которым позволяет обеспечить безопасную эксплуатацию судна и обслуживание оборудования. Указанные конвенционные функции являются независимыми. Принимается за основу, что экипаж, составленный из специалистов, компетентность и квалификация которых соответствует минимальным стандартам, способен обеспечить полноценное и безаварийное функционирование судна в период эксплуатации. Выполнение специалистом своих должностных обязанностей с нарушением обязательных нормативных требований, к которым, в том числе, относятся стандарты компетентности ПДНВ–78, является дисфункцией эргатического элемента, определение которой приводится в первой главе настоящей работы. Дисфункцию можно также определить как девиантное функционирование эргатического элемента, следствием чего является создание ситуации, при которой техническое средство,

обслуживаемое экипажем, функционирует в нештатном режиме, что, в свою очередь, может завершиться отказом или поломкой. Отказ одного из элементов неизбежно понижает живучесть системы в целом.

Учет дисфункций осуществляется на трех уровнях ответственности на каждом из участков эксплуатации судна: судовождение, судовые механические установки и т. д. Регистрация дисфункций в виде несоответствий судна и экипажа требованиям правил и положениям стандартов производится в ходе аудита, производимого судоходной компанией в рамках СУБ, при проведении работниками морского надзора или службы капитана морского порта контрольных (надзорных) мероприятий, а также при расследовании уполномоченными лицами аварийных случаев на море. Несоответствия, выявляемые компанией, носят корпоративный, иногда чисто формальный, характер, и для системного анализа малопригодны. Выявляемые контролирующими и надзорными органами существенные несоответствия, которые представляют потенциальную угрозу безопасности мореплавания или послужили причиной аварийного случая, регистрируются на электронных ресурсах Министерства транспорта Российской Федерации и служат эмпирической основой для последующего анализа аварийности.

Выносимый на защиту функционально–уровневый метод измерения эргатического элемента в составе судовой энергетической установки позволяет оценивать нарушения судовым персоналом различных правил и инструкций в структуре стандартов ПДНВ-78. Приведение нарушений к семи функциям конвенции для всех уровней ответственности определяет весомость каждой из функций для безопасности судна и технических средств.

Для определения «весов» конвенционных функций применен метод анализа иерархий (МАИ), разработанный математиком Т. Саати. Отличительной особенностью метода является посредством процедуры парных сравнений определять приоритеты выбранных элементов, чья безразмерность позволяет сравнивать самые разнородные факторы, в проведенном опросе – дисфункции эргатического элемента. Указанный метод широко используется на практике и позволяет учитывать помимо математических еще и психологические аспекты, а также на основе сравнения количественно оценить каждый структурный элемент системы, которым в настоящей работе является функция конвенции ПДНВ–78. Определение места в иерархии конвенционных функций производилось группой экспертов. В группу экспертов вошли высококвалифицированные специалисты в области торгового мореплавания, такие, как В. В. Бардык, С. Е. Белоусов, А. Г. Быков, Е. А. Геращенко, О. В. Никитенко, Ф. И. Лабюк,

И. В. Малов, О. В. Москаленко, А. Л. Оловянников, И. В. Репин, А. Э. Сухинин, И. П. Турищев, А. Р. Храмцов, Н. Р. Чепцов. Эксперты, представленные различными организациями и ведомствами, имеют высшее морское образование, значительный плавательный стаж (не менее 10 лет) в должности капитанов, судовых механиков, электромехаников и радиоспециалистов, а также опыт работы в береговой морской инфраструктуре. Автор настоящей работы также участвовал в качестве эксперта в опросе, проведенным посредством анкетирования.

Цель анкетирования – оценить относительное влияние девиантного функционирования судового персонала (дисфункции эргатического элемента) на создание аварийной обстановки в рамках каждой из семи функций международной конвенции ПДНВ–78. Соприкасаясь неоднократно в рамках своего практического опыта с девиантным функционированием судового персонала и наблюдая последствия такой деятельности, эксперты выражают собственное видение безопасной эксплуатации судна и оборудования. При этом существует четкое понимание, стандарты какой из функций были нарушены.

На первом этапе рассматривается простая иерархия с общей вершиной в виде эффективности проекта заданного функционального типа, а также элементами низшего уровня – частными критериями эффективности. Для определения «весовых» коэффициентов  $\alpha_i$  необходимо сравнить все частные критерии  $g_i$  (дисфункции ЭЭ –  $df$ ) попарно по степени их участия в глобальном критерии – аварийном случае.

В связи с этим каждому эксперту предлагается сравнить дисфункции  $df_i$  и  $df_j$  по степени важности для обеспечения безопасности мореплавания. Результаты сравнений заносятся в матрицу  $A = (\alpha_{ij})$ , при этом если:

- дисфункции  $df_i, df_j$  одинаково важны, то  $\alpha_{ij} = 1$ ;
- дисфункция  $df_i$  незначительно важнее дисфункции  $df_j$ , то  $\alpha_{ij} = 3$ ;
- дисфункция  $df_i$  значительно важнее дисфункции  $df_j$ , то  $\alpha_{ij} = 5$ .

Соответствующие обратные величины  $1/\alpha_{ij}$  присваиваются элементам  $\alpha_{ji}$ :

$$a_{ji} = 1/a_{ij}. \quad (1)$$

Естественно, что  $a_{ii} = 1, i = 1, 2, \dots, n. \alpha_{ji}=1, i=1, 2, \dots, n.$

Фрагмент анкеты приведен на рисунке 3:

Дис-функции	Судовождение	Обработка и размещение груза	Управление операциями и забота о людях	Судовые механические установки	Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления	Техническое обслуживание и ремонт	Радиосвязь
Коды	df1	df2	df3	df4	df5	df6	df7
df1	1	3	3	3	3	1	5
df2	1/3	1	1	1	1	1/5	3
df3	1/3	1	1	1	1	1	3
df4	1/3	1	1	1	1	1/3	3
df5	1/3	1	1	1	1	1	3
df6	1	5	1	3	1	1	5
df7	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	1

Рисунок 3 – Фрагмент анкеты с результатами анкетирования эксперта

Наибольшее **собственное значение** матрицы  $A$  является мерой согласованности суждений, а соответствующий главный собственный вектор обеспечивает упорядочение приоритетов, или «весов». Решение задачи определения главного собственного вектора, приведенное далее, получено посредством возведения матрицы  $A$  в произвольно большие степени и последующего деления сумм каждой из строк на общую сумму элементов матрицы. Предполагается следующий алгоритм.

1. Задание матрицы  $M$  и вектора  $Q$ :  $M = A$ :

$$Q_i = \sum_{j=1}^n A_j \left( \sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} \right). \quad (2)$$

2. Возведение в степень:  $M = M \cdot A$ .
3. Вычисление суммы всех элементов матрицы  $M$ :

$$C = \sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^n M_{ij}. \quad (3)$$

4. Образование вектора строк  $\bar{S}$ :

$$S_i = \left( \sum_{j=1}^n M_{ij} \right) / C. \quad (4)$$

5. Вычисление погрешности расчета:

$$eps = \min |S_i - Q_i|. \quad (5)$$

6. Если  $eps > \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – заданная точность расчета, то  $\bar{Q} = \bar{S}$  и производится переход к п. 2. Если  $eps \leq \varepsilon$ , то переход к п. 7.

7. Вычисляется собственное число матрицы парных сравнений  $A$ :

$$\lambda_{max} = \max S_j. \quad (6)$$

8. Вектор  $\bar{S}$  нормализуется и объявляется вектором приоритетов  $\bar{P}$ :

$$P_i = S_i / \sum_{i=1}^n S_i. \quad (7)$$

Одним из важных пунктов применения метода анализа иерархии является проверка на согласованность суждений экспертов, которая равносильна проверке на согласованность данных в матрице парных сравнений  $A$ . Известно, что согласованность положительной обратно симметричной матрицы эквивалентна требованию равенства ее максимального собственного значения  $\lambda_{max}$  с  $n$ , т. е.  $\lambda_{max} = n$ . Отклонение от согласованности выражается индексом согласованности (ИС):

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \quad (8)$$

В общем случае, если  $ИС \leq 0,10$ , суждения эксперта считаются согласованными. В случае, если  $ИС > 0,10$ , выполняется повторный опрос  $i$ -го эксперта. Если и тогда  $ИС > 0,10$ , то повторный опрос больше не проводится.

По смыслу значения  $\lambda_{max}$  должно выполняться матричное уравнение

$$A \cdot \bar{q} = \lambda_{max} \cdot \bar{q}, \quad (9)$$

где  $\bar{q}$  – собственный вектор, который после нормализации является вектором весов дисфункций по суждению эксперта.

Степенной метод на основе итераций относится к одному из наиболее надёжных методов определения  $\lambda_{max}$ . Введём следующие обозначения собственных векторов-столбцов на  $k$ -й итерации:

$$\vec{q}_k = (q_1^{(k)}, q_2^{(k)}, \dots, q_7^{(k)})^T, \quad (10)$$

где  $q_i^{(k)}$  ( $i = 1, 2, \dots, 7$ ) – компоненты вектора  $\vec{q}_k$ , а  $k$  – это номер итерации.

Степень  $T$  означает, что вектор-строка транспонируется (преобразуется) в вектор-столбец.

На начальной итерации выбирается вектор-столбец  $\vec{q}_k = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)^T$ . Далее выполняется итерационный процесс для  $k = 1, 2, \dots$ , до достижения заданной точности вычисления  $\lambda_{max}$ :

$$\vec{q}_k = A \cdot \vec{q}_{k-1}; \quad \vec{q}_k = \lambda_{max}^{(k)} \cdot \vec{q}_{k-1}. \quad (11)$$

На каждом  $k > 1$  шаге рассчитывается  $\lambda_{max}^{(k)}$  – наибольший по модулю компонент вектора, полученного делением компонент векторов  $\vec{q}_k$  и  $\vec{q}_{k-1}$

$$\lambda_{max}^{(k)} = \frac{q_1^{(k)}}{q_1^{(k-1)}}, \frac{q_2^{(k)}}{q_2^{(k-1)}}, \dots, \frac{q_7^{(k)}}{q_7^{(k-1)}}. \quad (12)$$

Таким образом  $\lambda_{max}^{(k)}$ , является  $k$ -м приближением величины  $\lambda_{max}$

$$\lambda_{max}^{(k)} = \max_{i=1,2,\dots,7} \left| \frac{q_i^{(k)}}{q_i^{(k-1)}} \right|. \quad (13)$$

Итерационный процесс вычисления  $\lambda_{max}$  прекращается при условии

$$\left| \lambda_{max}^{(k)} - \lambda_{max}^{(k-1)} \right| < \varepsilon, \quad (14)$$

где  $\varepsilon$  – заданная точность. Выбираем  $\varepsilon = 0,0001$ .

Применение степенного метода для обработки анкеты опроса эксперта под номером восемь с матрицей парных сравнений выглядит следующим образом:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/3 & 3 & 5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}, \quad (15)$$

После умножения этой матрицы на вектор  $\vec{q}_0 = (1,0,0,0,0,0,0)^T$  справа:

$$\vec{q}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/3 & 3 & 5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,00 \\ 0,33 \\ 0,33 \\ 0,33 \\ 0,33 \\ 1,00 \\ 0,33 \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Каждый компонент вектора  $\vec{q}_1$  определяется скалярным произведением соответствующей вектор–строки матрицы  $A$  на вектор  $\vec{q}_0$ , или как сумма покомпонентных произведений первой вектор-строки матрицы  $A$  и вектора  $\vec{q}_0$ .

В общем виде формула для вычисления компонентов вектора  $\vec{q}_1$  выглядит как:

$$q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^7 a_{ij} \cdot q_j^{(0)} = a_{i1} \cdot q_1^{(0)} + a_{i2} \cdot q_2^{(0)} + \dots + a_{i7} \cdot q_7^{(0)}; \quad (17)$$

$$i = 1, 2, \dots, 7,$$

где  $a_{ij}$  – это элементы матрицы  $A$  ( $i$  – номер строки,  $j$  – номер столбца).

Продолжая итерационный процесс

$$\vec{q}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/3 & 3 & 5 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1,00 \\ 0,33 \\ 0,33 \\ 0,33 \\ 0,33 \\ 1,00 \\ 0,33 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7,00 \\ 2,78 \\ 2,07 \\ 3,00 \\ 5,00 \\ 5,67 \\ 2,11 \end{pmatrix} \quad (18)$$

определяется приближение к наибольшему собственному числу  $\lambda_{max}^{(2)}$  для второй итерации

$$\lambda_{max}^{(2)} = \max_{i=1,2,\dots,7} \left| \frac{q_i^{(2)}}{q_i^{(1)}} \right| = \max \left( \left| \frac{7}{1} \right|; \left| \frac{2,78}{0,33} \right|; \left| \frac{2,07}{0,33} \right|; \left| \frac{3,00}{0,33} \right|; \left| \frac{5,00}{0,33} \right|; \left| \frac{5,67}{1} \right|; \left| \frac{2,11}{1} \right| \right) =$$

$$= \max(7; 8,3; 6,2; 9,0; \mathbf{15,0}; 5,7; 6,3) = 15. \quad (19)$$

В таблице 1 представлены расчёты всех итераций до  $k = 10$ .

Таблица 1 – Максимальные значения матрицы  $\lambda_{max}$  и индексов согласованности эксперта

q[0]	q[1]	q[2]	q[3]	q[4]	q[5]	q[6]	q[7]	q[8]	q[9]	q[10]
1	1,00	7,00	58	436	3303	25093	190607	1447638	10994819	83506400
0	0,33	2,78	20	155	1182	8968	68113	517360	3929362	29843584
0	0,33	2,07	15	116	882	6695	50845	386186	2933116	22277129
0	0,33	3,00	23	173	1312	9971	75733	575173	4368455	33178744
0	0,33	5,00	37	274	2087	15863	120449	914779	6947922	52769934
0	1,00	5,67	42	317	2409	18296	138940	1055273	8014916	60873646
0	0,33	2,11	17	132	997	7576	57557	437138	3320033	25215892
		$\frac{q_2}{q_1}$	$\frac{q_3}{q_2}$	$\frac{q_4}{q_3}$	$\frac{q_5}{q_4}$	$\frac{q_6}{q_5}$	$\frac{q_7}{q_6}$	$\frac{q_8}{q_7}$	$\frac{q_9}{q_8}$	$\frac{q_{10}}{q_9}$
		7	8,2	7,6	7,58	7,60	7,60	7,5949	7,5950	7,5951
		8,3	7,2	7,7	7,61	7,59	7,60	7,5957	7,5950	7,5950
		6,2	7,3	7,6	7,61	7,59	7,59	7,5953	7,5951	7,5950
		9	7,7	7,5	7,58	7,60	7,60	7,5948	7,5950	7,5951
		15	7,4	7,4	7,62	7,60	7,59	7,5947	<b>7,5952</b>	<b>7,5951</b>
		5,7	7,3	7,6	7,61	7,59	7,59	7,5952	7,5951	7,5950
		6,3	8,2	7,6	7,56	7,60	7,60	7,5949	7,5949	7,5951
$\lambda_{max} =$		15	8,2	7,7	7,62	7,60	7,60	7,5957	<b>7,5952</b>	<b>7,5951</b>
$\varepsilon =$			6,8	0,5	0,13	0,02	0,0053	0,0015	0,0005	0,0001

Из этих результатов следует, что итерационный процесс можно остановить уже для  $k = 10$ , так как

$$\left| \lambda_{max}^{(10)} - \lambda_{max}^{(9)} \right| = |7,5951 - 7,5952| = 0,0001. \quad (20)$$

Таким образом,  $\lambda_{max} = 7,5951$ . Для данного эксперта вычисляем индекс согласованности его суждений:

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1} = \frac{7,5951 - 7}{7 - 1} \approx 0,0992. \quad (21)$$

Так как ИС эксперта меньше, чем 0,1000, то его суждения о важности (или значимости) дисфункций будут учитываться в экспертном анализе. Из всей группы респондентов ИС <0,10 показали восемь экспертов. При этом эксперта с номером девять можно относить к репрезентативным ввиду незначительного превышения его ИС значения 0,10. Повторное анкетирование специалистов, показавших нетранзитивные суждения, не производилось ввиду большой загруженности респондентов. Формирование таблицы 2 репрезентативных экспертов производилось из числа оставшихся, включая эксперта с номером девять.

Таблица 2 – Весовые коэффициенты дисфункций от репрезентативных экспертов

Эксперты	«Вес», %	ИС	Весовые коэффициенты дисфункций							
			$df_1$	$df_2$	$df_3$	$df_4$	$df_5$	$df_6$	$df_7$	$\Sigma df_i$
Эксперт 2	95,0%	0,0501	0,2796	0,0961	0,1223	0,1004	0,1223	0,2394	0,0398	1,000
Эксперт 3	94,1%	0,0590	0,2561	0,2410	0,1023	0,0977	0,1023	0,1588	0,0419	1,000
Эксперт 4	93,6%	0,0644	0,2901	0,1183	0,0882	0,0698	0,1237	0,2591	0,0508	1,000
Эксперт 5	93,6%	0,0644	0,3030	0,1011	0,1139	0,0669	0,0669	0,2801	0,0682	1,000
Эксперт 6	92,5%	0,0748	0,2280	0,2280	0,0489	0,0705	0,1355	0,2420	0,0472	1,000
Эксперт 7	92,3%	0,0771	0,2606	0,2444	0,0606	0,1199	0,0513	0,1989	0,0643	1,000
Эксперт 8	90,1%	0,0992	0,2714	0,0970	0,0724	0,1078	0,1715	0,1979	0,0820	1,000
Эксперт 9	89,7%	0,1034	0,2076	0,0578	0,0876	0,1312	0,1466	0,2076	0,1616	1,000

По данным таблицы 5 формируется единое мнение о весах дисфункций, для чего вектора весов экспертов нормируются, т. е. определяется их вес именно внутри отобранной группы респондентов путем деления «веса» выбранного эксперта в процентах на сумму всех компонентов (от 95,0 до 89,7 %) и дальнейшего деления персонального компонента на полученную сумму.

Вектор «весов» экспертов:

$$\vec{a}^T = (0,128; 0,127; 0,126; 0,125; 0,125; 0,122; 0,121). \quad (22)$$

Образует  $P$  – матрицу весов всех экспертов, размер которой составляет  $8 \times 7$ , где 8 строк – это векторы весов суждений дисфункций каждого эксперта, а 7 столбцов – количество функций ПДНВ–78.

При этом для любой  $i$ -й строки матрицы  $P$  выполняется равенство

$$\sum_{j=1}^n P_{ji} = 1. \quad (23)$$

Перемножение вектора весов самих экспертов  $\vec{a}^T$  на матрицу  $P$  слева (по правилам умножения матриц) позволяет получить единое (общее) мнение экспертов о «весах» дисфункций, т. е. значимости дисфункций.

$$\vec{a}^T \cdot \begin{pmatrix} 0,2796 & 0,0961 & 0,1223 & 0,1004 & 0,1223 & 0,2394 & 0,0398 \\ 0,2561 & 0,2410 & 0,1023 & 0,0977 & 0,1023 & 0,1588 & 0,0419 \\ 0,2901 & 0,1183 & 0,0882 & 0,0698 & 0,1237 & 0,2591 & 0,0508 \\ 0,0303 & 0,1011 & 0,1139 & 0,0669 & 0,0669 & 0,2801 & 0,0682 \\ 0,2280 & 0,2280 & 0,0489 & 0,0705 & 0,1355 & 0,2420 & 0,0472 \\ 0,2606 & 0,2444 & 0,0606 & 0,1199 & 0,0513 & 0,1989 & 0,0643 \\ 0,2714 & 0,0970 & 0,0724 & 0,1078 & 0,1715 & 0,1979 & 0,0820 \\ 0,2076 & 0,0578 & 0,0876 & 0,1312 & 0,1466 & 0,2076 & 0,1616 \end{pmatrix} = \vec{w}^T \quad (24)$$

Отсюда следует

$$\vec{w}^T = (0,262; 0,148; 0,087; 0,095; 0,115; 0,223; 0,070). \quad (25)$$

Следовательно, наиболее значимыми являются дисфункции «Судовождение» (0,262) и «Техническая эксплуатация и ремонт» (0,223). Далее располагаются «Обработка и размещение груза» и «Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления». Наименьшим «весом» обладает дисфункция «Радиосвязь».

Основой для анализа дисфункций эргатического элемента по структуре стандартов ПДНВ–78 послужили архив морских аварий в дальневосточных морях за 2011–2019 гг. и база данных с результатами осмотров судов капитанами дальневосточных морских портов. Дисфункции с последствиями в виде задержания судна в порту и в виде АС имеют одну и ту же природу – человеческий фактор, что позволяет в рамках функционально-уровневого подхода утверждать о наличии устойчивой связи между указанными показателями и прогнозировать состояние морской аварийности на ближайший временной период. В таблице 3 приведены результаты функционально-уровневого анализа причин, по которым судну было отказано в выходе из порта,

т. е. судно было задержано морскими властями ввиду наличия критических несоответствий его состояния действующим нормативным требованиям. Указанные несоответствия возникли вследствие дисфункции эргатического элемента и представляли угрозу безопасности мореплавания.

Таблица 3 – Дисфункции эргатического элемента, послужившие основанием для отказа судну в выходе из порта (задержания)

Годы	Дисфункция «Судовождение»	Дисфункция «Обработка и размещение грузов»	Дисфункция «Операции на судне и забота о людях»	Дисфункция «Судовые механические установки»	Дисфункция «Электрооборудование судов»	Дисфункция «Техническое обслуживание и ремонт»	Дисфункция «Радиосвязь»
2011	10	10	65	9	3	27	10
2012	12	13	60	3	6	21	5
2013	5	14	33	1	8	12	5
2014	6	5	16	3	4	13	1
2015	6	11	13	1	5	13	2
2016	5	4	20	6	2	6	4
2017	5	2	14	6	3	11	1
2018	8	1	32	20	11	31	6
2019	20	3	66	22	19	44	7

Аналогичным образом произведен анализ причин морских происшествий судов под российским флагом в том же самом регионе и за тот же период. Дисфункции, послужившие причинами аварий, имеют такую же «человеческую» природу и являются, по сути, не выявленными в порту критическими несоответствиями. Следует отметить, что инспектирование судов в порту не является тотальным, но производится с определенными приказом Минтранса России периодичностью и степенью риска. Качество проводимого осмотра судна, в свою очередь, зависит от ряда факторов, таких как: квалификация инспектора, его добросовестность и других. Подобная практика приводит к тому, что часть критических несоответствий остается невыявленной, и в дальнейшем

может привести к аварии или поломке оборудования. В таблице 4 приведены причины аварийных случаев, структурированные посредством функционально-уровневого анализа.

Таблица 4 – Дисфункции эргатического элемента, послужившие причиной аварийных случаев

Годы	Дисфункция «Судовождение»	Дисфункция «Обработка и размещение грузов»	Дисфункция «Операции на судне и забота о людях»	Дисфункция «Судовые механические установки»	Дисфункция «Электрооборудование судов»	Дисфункция «Техническое обслуживание и ремонт»	Дисфункция «Радиосвязь»
2011	4	1	16	6	9	4	1
2012	10	2	19	10	8	3	0
2013	11	3	20	14	5	8	0
2014	6	3	19	11	8	15	1
2015	15	0	29	19	9	21	0
2016	17	1	28	13	15	22	4
2017	15	1	23	13	9	17	1
2018	14	0	18	12	6	7	6
2019	21	2	6	5	5	6	0

Предварительные практические расчеты показали полное отсутствие линейных зависимостей показателей в вышеприведенных таблицах. Исследование по каждому виду дисфункций в отдельности с применением операции свертки позволило выявить их «похожесть». На основе реальных данных за 2011–2018 годы составлен прогноз количества аварий на 2019 год.

Дисфункции эргатического элемента (техническая эксплуатация и ремонт), послужившие основанием для отказа судну в выходе из порта, сопоставлялись в виде двух числовых последовательностей с аналогичным показателем – причиной АС. Для этого необходимо было вычислить свёртку восьми элементов

первого столбца таблицы 4 аварий  $Y_6$  с 8 элементами одноименного столбца таблицы 3 задержаний  $X_6$ . Результаты операции свертки приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Свертка дисфункций задержаний/аварий  $df_6$

Годы	$Y_6$	$X_6$	$Z_6$	$Y_6Z_6$	$S(n)$
	1	2	3	4	5
2011 г.	4	27	44	176	176
2012 г.	3	21	31	93	269
2013 г.	8	12	11	88	357
2014 г.	15	13	6	90	447
2015 г.	21	13	13	273	720
2016 г.	22	6	13	286	1006
2017 г.	17	11	12	204	1210
2018 г.	7	31	21	147	1357
2019 г.	6	44	27		

В графе  $Z_6$  таблицы 5 сформирован «обратный» к массиву  $X_6$  массив  $Z_6$  по формуле

$$Z_6(i) = X_6(10 - i), i = 1, 2, \dots, 9. \quad (26)$$

В графе 4 размещены произведения элементов графы 1 на элементы графы 3.

В графе 5 определена функция свёртки  $n$  элементов графы 4:

$$S(n) = Z(1) + Z(2) + \dots + Z(n), \quad n = 1, 2, \dots, 8. \quad (27)$$

График свёртки имеет вид в соответствии с рисунком 4.

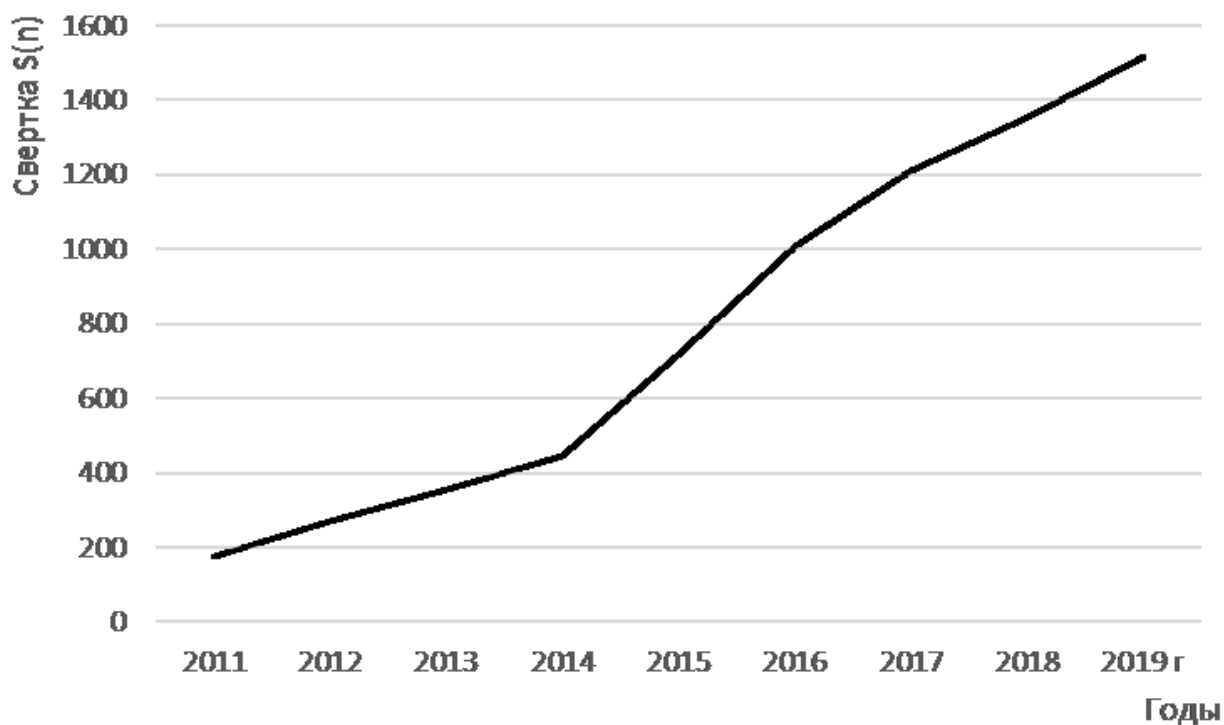


Рисунок 4 – График свертки шестой дисфункции

На основе полученной кривой определяется прогнозируемое значение  $S(n)$  для  $n = 9$ . Очевидно, что это возрастающая функция. Из анализа графика следует, что это либо линейная функция (по точкам 7 и 8), либо сплайн-функция (по точкам 6, 7 и 8). Сплайн-функция – это ветвь параболы  $S = a \cdot S^2 + b \cdot S + c$ .

В первом случае прогноз свёртки определяется как

$$S_1(9) = 2 \cdot S(8) - S(7). \quad (28)$$

Во втором случае прогноз свёртки определяем по следующей формуле:

$$S(9) = 4 \cdot a + 2 \cdot b + c, \quad (29)$$

где

$$a = \frac{S(8) + S(6)}{2} - S(7); \quad b = \frac{S(8) + S(6)}{2}; \quad c = S(7). \quad (30)$$

Подставив в (77) и (78) значения  $S(6)$ ,  $S(7)$  и  $S(8)$  из таблицы 5, находим интервальные значения прогноза:

$$Y_1(9) = 5,4; \quad Y_2(9) \approx 16,3. \quad (31)$$

Интервальные значения прогноза согласуются с данными таблицы 4 за 2019 год.

Полагая значения дисфункций  $df_i(\text{год})$  эргатического элемента, послуживших причиной отказа судну в выходе из порта, целым числом, т. е. трактуя их как штрафные баллы, можно получить следующий глобальный критерий оценки портового контроля по годам

$$G(\text{год}) = \sum_{i=1}^7 w_i \cdot df_i(\text{год}). \quad (32)$$

Используя данные о количествах дисфункций – причин задержания судна за период 2011–2019 гг., значения критериев  $G(\text{год})$ , определяются как результат умножения матрицы их количества на вектор-столбец весов  $\vec{w}$  (по правилу умножения матриц – строка на столбец):

$$G_A = \begin{pmatrix} 10 & 10 & 65 & 9 & 3 & 27 & 10 \\ 12 & 13 & 60 & 3 & 11 & 21 & 5 \\ 5 & 14 & 33 & 1 & 8 & 12 & 5 \\ 6 & 5 & 16 & 3 & 4 & 13 & 1 \\ 6 & 11 & 13 & 1 & 5 & 13 & 2 \\ 5 & 4 & 20 & 6 & 2 & 6 & 4 \\ 5 & 2 & 14 & 6 & 3 & 11 & 1 \\ 8 & 1 & 32 & 20 & 11 & 31 & 6 \\ 20 & 3 & 66 & 22 & 19 & 44 & 7 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,262 \\ 0,148 \\ 0,087 \\ 0,095 \\ 0,115 \\ 0,223 \\ 0,070 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 17,68 \\ 16,87 \\ 10,29 \\ 7,42 \\ 8,04 \\ 6,06 \\ 6,26 \\ 15,53 \\ 26,00 \end{pmatrix}. \quad (33)$$

Учитывая, что в Дальневосточном федеральном округе в период с 2011 по 2019 годы состав флота под российским флагом и плавсостава принципиально не изменялся, значение вышеприведенного (81) глобального критерия позволяет оценить эффективность работы служб капитанов морских портов ДВФО по выявлению нарушений. Так, в период с 2011 года по 2014 год эффективность работы снижалась, а с 2016 года по 2019 год – увеличивалась. На изменение тренда в значительной мере повлияли изменения в правилах расследования аварий и осмотра судов.

Глобальный критерий дисфункций – причин аварии  $G_A(\text{год})$  также определяется путем умножения матрицы их количества на вектор-столбец весов  $\vec{w}$ :

$$G_A = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 16 & 6 & 9 & 4 & 1 \\ 10 & 2 & 19 & 10 & 8 & 3 & 0 \\ 11 & 3 & 20 & 14 & 5 & 8 & 0 \\ 6 & 3 & 19 & 11 & 8 & 15 & 1 \\ 15 & 0 & 29 & 19 & 9 & 21 & 0 \\ 17 & 1 & 28 & 13 & 15 & 22 & 4 \\ 15 & 1 & 23 & 13 & 9 & 17 & 1 \\ 14 & 0 & 18 & 12 & 6 & 7 & 6 \\ 21 & 2 & 6 & 5 & 5 & 6 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,262 \\ 0,148 \\ 0,087 \\ 0,095 \\ 0,115 \\ 0,223 \\ 0,070 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5,18 \\ 7,11 \\ 8,76 \\ 9,05 \\ 13,98 \\ 15,18 \\ 12,21 \\ 9,05 \\ 8,71 \end{pmatrix}. \quad (34)$$

В этом случае значение глобального критерия (34) оценивает связанную с человеческим фактором аварийность торгового мореплавания в исследуемом районе. Так, в период с 2012 года по 2015 год аварийность системы увеличивалась, а с 2016 года по 2019 год – уменьшалась, что вполне согласуется со здравым смыслом: чем эффективнее работа по выявлению (и устранению еще до выхода из порта) нарушений, тем меньше аварийных случаев.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии отрицательной корреляционной зависимости значений критериев  $G(\text{год})$  и  $G_A(\text{год})$  в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Корреляция критериев  $G$  и  $G_A$  за различные периоды

Период	Корреляция
2011–2019	–0,6539
2012–2019	–0,6254
2013–2019	–0,5832
2014–2019	–0,6508
2015–2019	–0,8510
2016–2019	–0,8405
2017–2019	–0,8908

Сравнительный анализ полученных критериев с количеством аварийных случаев позволяет установить точки бифуркации, в которых качество управления безопасностью мореплавания меняется. Так, снижение «надзорного» глобального критерия  $G(\text{год})$  до 7,4 в 2014 году соответствует точке, в которой зафиксирован рост числа аварий, и наоборот: начало роста  $G(\text{год})$  в 2017 году совпадает со снижением аварийности  $G_A(\text{год})$  в соответствии с рисунком 5.

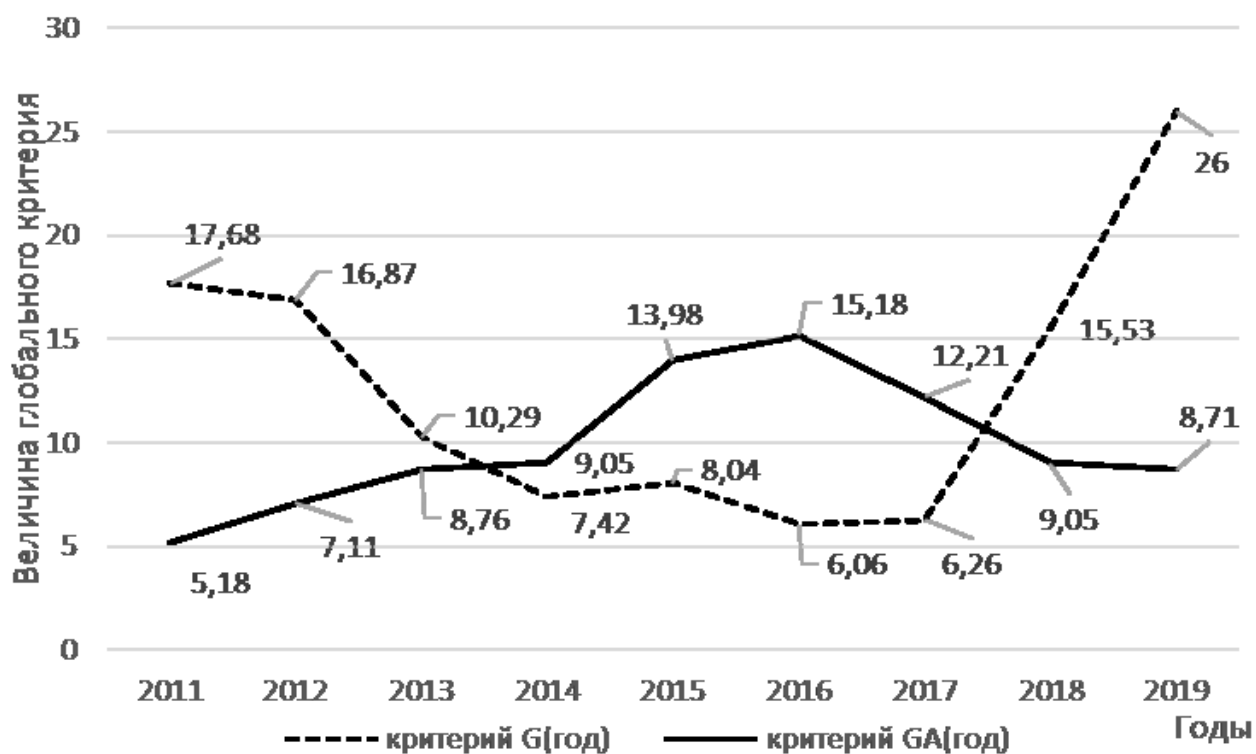


Рисунок 5 – Глобальные критерии  $G$ (год) и  $G_A$ (год)

В четвертой главе приведены результаты оценки надежности эргатического элемента, классификация ошибок при эксплуатации судовой энергетической установки, рассмотрены аспекты количественного измерения функционирования судовой специальности и факторы, формирующие качество его деятельности.

Роль и значение человеческого фактора в процессе обслуживания судовых механизмов регламентированы положениями значительного количества нормативных требований. Основные компоненты человеко-машинной системы, такие как: цели, человек, машина, среда, продукция, обратная связь, определяются государственным стандартом РФ. Применительно к эргатической системе «судовая энергетическая установка» целью и продукцией является обеспечение штатного функционирования главной силовой установки, систем и механизмов в рамках установленных параметров и с необходимой эффективностью. Под машиной в ЧМС понимается СЭУ, эксплуатация и обслуживание которой невозможно без управления человеком, который, в свою очередь, является эргатическим элементом системы. В понятие среды входят социальные и физические факторы, воздействующие на человека и машину, которые могут повлиять на качество продукции. Указанное влияние посредством обратной связи позволяет вносить коррекцию при постановке первоначальных задач.

Надежность эргатического элемента характеризуется качеством исполнения предписанных функций в составе эргатической системы, которая относится к классу сложных динамических систем, поскольку функционирующие в ее составе компоненты имеют разную природу. Если рассматривать основным условием надежности человека-оператора выполнение предписанных требований при воздействии наиболее неблагоприятных параметров внешней среды в течение рабочего цикла, то надежность ЭЭ можно оценивать по отсутствию дисфункций при работе на судне. Оценка эргатического элемента в силу его специфической природы не может быть произведена в рамках сугубо технического подхода.

Количественные и качественные характеристики эргатического элемента в настоящей работе определены методом декомпозиции предписанного функционала на рабочем месте на функциональные единицы. В роли указанных единиц выступают стандарты международной конвенции ПДНВ–78, описывающие функцию каждого из членов экипажа на уровне его ответственности.

На основе 393 актов расследования аварий и инцидентов на море проведен анализ их причин с выборкой АС, произошедших под влиянием человеческого фактора на предмет наличия в действиях экипажа отклонений от стандартов ПДНВ–78. Задokumentированная в актах расследования доля аварий с дисфункцией эргатического элемента к общему числу АС за указанный период колебалась от 88 % в 2011 г. до 100 % в 2017 г., и в среднем составила 85,5 %. Все нарушения структурированы по функциям конвенции, например, нарушения правил технической эксплуатации соотносились с функцией 6 – «Техническое обслуживание и ремонт», нарушения правил плавания – с функцией 1 – «Судовождение» и т. д. дополнительно к семи функциям конвенции ПДНВ–78. Учитывая объемы рыболовства на Дальнем Востоке, в рамках анализа исследовалась функция «Рыболовство» (Р). В указанном разделе учитывались АС, связанные с нарушением правил рыболовства. При этом нарушения экипажем рыболовного судна требований, подпадающих под стандарты ПДНВ–78, фиксировались на общих основаниях, поскольку квалификационные требования к морякам рыболовного и торгового флотов одинаковы. Одновременно с соотнесением с конвенционными стандартами все нарушения структурировались также по уровням ответственности. Количество нарушений учитывалось в соответствии с количеством нарушителей: если конкретный пункт правил нарушили несколько человек, например, старший механик, вахтенный механик и моторист, то в базу данных для анализа вносились три нарушения. На диаграмме в соответствии с рисунком 6 приведены нарушения обязательных нормативных требований, структурированные по функциям и уровням конвенции ПДНВ–78.

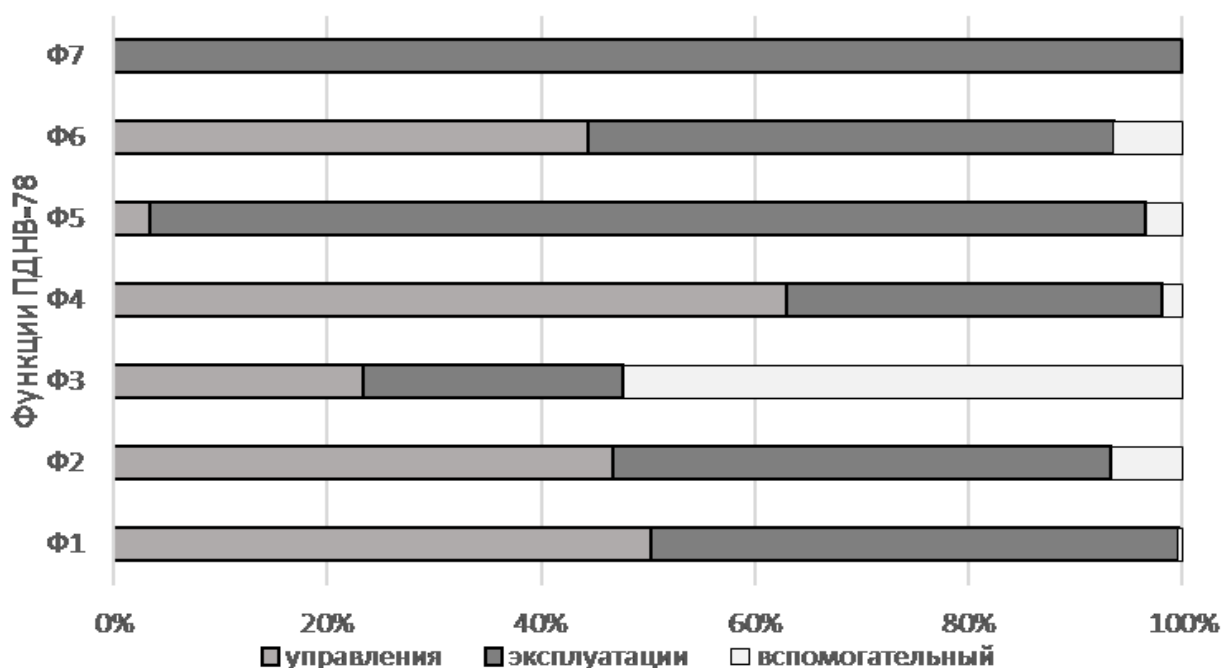


Рисунок 6 – Распределение нарушений по функциям и уровням

Способность реализовать предписанный нормативными требованиями функционал в обычных и экстремальных условиях определяется специфическими особенностями эргатического элемента, в основе которых лежат знания умения и навыки, полученные в периоды основного и дополнительного этапов подготовки. Хорошая морская практика способствует снижению негативного влияния ЧФ на управление судном и техническими средствами. Непосредственно на судах проверка умений и навыков производится в виде учебных тревог по борьбе с водой, пожаром, оставлению судна. Обязательная переподготовка производится в соответствии с требованием законодательства не реже одного раза в пять лет в одобренных Минтрансом России учебно-тренажерных центрах при продлении срока действия диплома. В случае получения диплома более высокого уровня указанная подготовка завершается квалификационным испытанием. При этом владельцы дипломов обновляют свою теоретическую базу и совершенствуют на тренажерах практические навыки. Выполнение упражнений по управлению судовой энергетической установкой, системами и механизмами в условиях ограниченного времени позволяет повысить стрессоустойчивость и повышает качество принятия решений в сложных экстремальных ситуациях. Регулярное повышение квалификации необходимо, в значительной степени, экипажам судов старой постройки, на которых опыт эксплуатации и практические навыки в работе с техническими средствами являются определяющими для предотвращения аварийных ситуаций. Контроль качества эргатического элемента осуществляется в море непосредственно командованием судна, в портах – инспекцией портового контроля.

Функционально-уровневый подход относится к группе эргатических подходов, в рамках которых судовой механик рассматривается в качестве необходимого элемента, наделенного функцией по эксплуатации судна и технических средств. Идеальный эргатический элемент обладает требуемой квалификацией, соблюдает нормативные требования, в полном объеме выполняет должностные обязанности. Отклонения от идеала – дисфункции – могут выражаться в количестве нарушенных нормативно-правовых актов с последствиями в виде отказов СЭУ и СТС или в виде несоответствий, зафиксированных портовым контролем, как это показано на рисунке 7.



Рисунок 7 – Распределение нарушений обязательных нормативных требований по уровням ответственности:

ПТЭ РС – Правила технической эксплуатации рыболовных судов;  
 ПТЭ СТС и К – Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций; Уставы – Уставы служб торгового и рыболовного флотов; ПДНВ-78 – Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты; ПТЭ МС – Правила технической эксплуатации морских судов; КТМ – Кодекс торгового мореплавания;  
 ППБ МС – Правила пожарной безопасности морских судов;  
 МКУБ – Международный кодекс по управлению безопасностью

До настоящего времени при расследовании аварийных случаев функционально-уровневый подход не применялся. В заключительных актах отмечались пункты правил, нарушение которых привело к аварии.

Функционально-уровневый анализ позволил установить, что большинство нарушений производится плавсоставом на уровне управления.

Ретроспективный анализ нарушенных обязательных требований в рамках функционально-уровневого подхода показал их неравное распределение по уровням ответственности. Как следует из диаграммы, авторами более, чем 82 % нарушений являются представители плавсостава на уровне управления, в судовой технической службе это старший и второй механики. В перечне наиболее распространенных причин технических аварий упоминаются нарушение правил технической эксплуатации и производственной дисциплины. Нарушения стандартов конвенции ПДНВ–78 составили менее 18 %, что свидетельствует о недооценке надзорными органами роли стандартов компетентности в безопасности мореплавания. Результаты функционально-уровневого анализа причин АС не совпадают с результатами «традиционного» анализа, применяемого до настоящего времени. В рамках ФУП выявляется доминирующая роль старшего командного состава в обеспечении надлежащих условий для безаварийной работы судовой энергетической установки. Кроме того, предложенный автором подход позволяет выявить предпосылки дисфункций эргатического элемента на любом уровне ответственности, что открывает широкие возможности для прогноза аварийности СЭУ и выработки необходимых корректирующих действий.

**В пятой главе** содержится обзор действующих цифровых комплексов и систем, связанных с управлением безопасностью мореплавания, а также назначение и алгоритмы работы разработанного при участии автора программного комплекса НАДЗОР.

Цифровизация менеджмента критических ситуаций в последние десятилетия находит понимание у всех участников торгового мореплавания. К основным условиям для программно-аппаратных комплексов и информационных систем, обеспечивающих безопасность судоходства, относятся:

- уверенная идентификация опасности;
- дифференцирование угроз;
- максимально понятная оператору градация угроз;
- интуитивно понятный и дружественный интерфейс органов управления комплексом или системой;
- оперативность регистрации угроз;
- доступность информации заинтересованным участникам транспортного процесса.

Крупные судоходные компании активно внедряют в свою деятельность судовые комплексы, реализующие вышеуказанные принципы. Относительным недостатком судовых комплексов является ограниченная границами СУБ компании сфера действия. Перечень угроз и принятых корректирующих сохраняется внутри судоходной компании. Эффективность управления безопасностью зависит от качества анализа зарегистрированных несоответствий, который, в свою очередь, напрямую связан с компетентностью берегового персонала компании.

К государственным средствам для управления рисками торгового мореплавания можно отнести создание ведомственных компьютеризированных систем. Начиная с 2001 года в морской отрасли РФ функционируют различные интернет-ресурсы Министерства транспорта РФ:

- «MoRe» – комплексная интегрированная информационная система;
- ИС ГПК – модуль «Регистрация заходов и отходов судов в морских портах Российской Федерации»;
- ИС РС – информационная система по регистрации судов и прав на них (электронный реестр судов);
- ИСГС – информационная система госконтроля судов, оперирующих под российским флагом;
- АС Мониторинг – автоматизированная система мониторинга и формирования аналитических отчетов;
- АСУ ТП – автоматизированная система Ространснадзора по учету происшествий на морском и речном транспорте;
- ИС ДИПЛОМ – электронный реестр дипломов и свидетельств членов экипажей морских судов;
- АИС «Управление рисками» – автоматизированная информационная система управления рисками;
- ИС ГАДН с модулем «Система управления рисками» – информационная систем государственного автодорожного, железнодорожного, морского и речного надзора.

К недостаткам указанных ведомственных систем и модулей следует отнести низкую интероперабельность, препятствующую созданию комплексной системы управления рисками на морском транспорте.

При участии автора в 2015 году был разработан и внедрен в деятельность Дальневосточного управления Госморнадзора программный комплекс НАДЗОР, предназначенный для формирования планов проверок поднадзорных юридических лиц по критериям риска, введенных поправками в федеральный

закон. ПК НАДЗОР представляет собой сетевое распределенное корпоративное приложение, функционирующее на сервере территориального управления Ространснадзора. Функционал комплекса максимально соответствовал рабочим процессам надзорного органа, но ограничивался регионом его ответственности. Интуитивно понятный и дружелюбный интерфейс комплекса позволяет быстро переключаться между вкладками и таблицами для получения или внесения сведений в соответствии с рисунком 8.

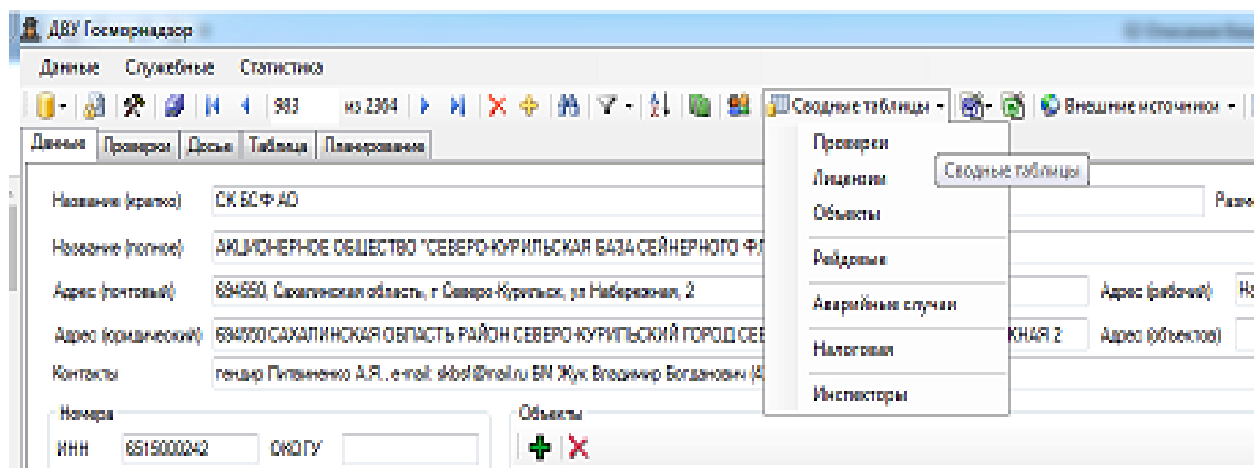


Рисунок 8 – Таблицы программного комплекса НАДЗОР

Для формирования планов по хронологическому принципу, а с 2016 года – в рамках риск-ориентированного подхода в комплекс НАДЗОР аккумулировались необходимые сведения о деятельности поднадзорных организаций и судового персонала из КИИС «МоРе», ИС ГПК, ИС РС, ИСГС, АСУ ТП, ИС ДИПЛОМ. Указанные сведения легли в основу исследований качества эргатического элемента, функционирующего на морских судах поднадзорных компаний. Необходимая информация вносится в базу данных НАДЗОРа ответственными лицами вручную или импортируется программным способом. Присвоение категорий риска и создание планов проверок в требуемом формате осуществляется автоматически.

Обезличенные сведения о дисфункциях эргатического элемента сохраняются во вкладках «Досье», а в случае применения к членам экипажей административных мер – дополнительно во вкладке «Проверки». Информация об авариях размещается в таблице «Аварийные случаи», при этом персональные данные причастных к АС лиц хранятся только в архивных документах надзорного органа, а ПК НАДЗОР содержит только ссылки на акты расследований в соответствии с рисунком 9.

Описание	Дата соб.	Контр. дата	Широта	Долгота	Место соб.	Объект	№ IMO	Тип судна	Владелец	№ закл.	Дата закл.	Участники	Адм. рас.	Примечания	Ссылка
АС Гибель боцмана ...	13.06.2018 10:00	05.09.2018	50°41.60' N	158°23.50' E	Тихий океан	СРТМ Иксигор	8804309	MPX	РК Им. Ленина	A-17/18	Не указано	Москаленко		артиста грузовой стрел	<a href="#">Закосыны...</a>
АС Падение возмоз.	09.04.2018 14:30	05.07.2018	51°59.00' N	156°07.30' E	Охотское море	СТР Салотор	8834762	MPX	РК Им. Ленина	A-11/18	Не указано	Москаленко		на СТР Салотор перег	<a href="#">Закосыны...</a>
АС Повреждение гла.	19.05.2018 11:30	19.05.2018	55°44.50' N	145°47.70' E	Охотское море	СТР Салотор	8834762	MPX	РК Им. Ленина	A-12/18	Не указано	Москаленко		Разрушилась сепараци	
АС Повреждение суд.	19.03.2017 03:25	05.12.2017	44°47.70' N	150°02.50' E	Тихий океан	СТР Муром	8729470	MPX	РК Тихий океан	A-19/17	Не указано	Москаленко		Рыболовное судно 301	
АС Гибель человека...	19.10.2017 21:40	24.01.2018	56°17.00' N	146°15.40' E	Охотское море	СТР Муром	8729470	MPX	РК Тихий океан	A-24/17	Не указано	Москаленко		С помощью шкентеля г	<a href="#">Закосыны...</a>
АС Повреждение гла.	17.10.2017 10:15	06.02.2018	46°13.20' N	144°32.10' E	Охотское море	т/х Залив Петра.	8810176	MPX	ООО "Навада"	A-25/17	Не указано	Москаленко		Произошла поломка на	<a href="#">Закосыны...</a>
Посадка на мель	08.12.2016 00:55	14.03.2017	50°39.29' N	156°14.24' E	Тихий океан.	Айс Бриз. ТР	8609802	MT	ООО "РЕФКАМФЛО"	A-26/16	21.02.2017	Ермоchenko		при штормовании	
Повреждение механ.	01.01.2017 11:00	12.04.2017	51°11.00' N	156°22.00' E	Охотское море.	Пограничник 3.		MPX	ООО "ГРИНДА"	A-1/17	10.03.2017	Пестерев. Ермо		выход из строя рулево	<a href="#">Закосыны...</a>

Рисунок 9 – Фрагмент таблицы «Аварийные случаи»

Функционал ПК НАДЗОР позволяет создавать и актуализировать реестры субъектов с категориями риска, реестры проверок, реестры морских судов в подконтрольной сфере. Проверка статуса юридического лица по налоговой базе данных производится как в индивидуальном, так и пакетном режимах. При этом автоматически обновляются основные реквизиты компании: полное и краткое названия, юридический адрес, статус, присвоенный организации на момент проверки в Едином государственном реестре юридических лиц. Авторизованный пользователь ПК НАДЗОР нажатием одной кнопки получает доступ к таким ведомственным системам Росморречфлота как ИСГС и ИС ДИПЛОМ. Интероперабельность комплекса с другими информационными системами повышает возможность импорта данных из реестров юридических лиц и лицензий, представленных в формате .xlsx.

Заложенные в программу хронологический и риск-ориентированный алгоритмы показали свою полезность и эффективность при составлении планов на 2016 и последующие годы. Аналогичные принципы формирования риск-ориентированных планов были заложены в модуль ИС ГАДН «Система управления рисками» при его разработке в 2019 году. На ПК НАДЗОР и ряд реестров, созданных с помощью комплекса, автором получены свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

## Заключение

В настоящей работе изложены основные теоретические и экспериментальные результаты в области обеспечения безопасной эксплуатации судовых энергетических установок на базе функционально-уровневого анализа эргатического элемента. Решенные автором теоретические задачи во многих случаях являются приоритетными. Все работы доведены до практического использования. Получены следующие результаты:

1. Выполнен анализ современного состояния проблемы безопасной эксплуатации судовых энергетических установок и обоснованы преимущества концепции нормативно-методического обеспечения повышения качества эксплуатации судовых энергетических установок на базе функционально-уровневого учета ошибок судового персонала при эксплуатации судовых технических средств.

Предложено толкование термину дисфункция – неисполнение или некорректное исполнение членом экипажа в установленные сроки предписанных ему обязанностей на судне.

2. Выполнен сбор необходимого для исследования статистического материала по отказу судам в выходе из порта (задержаниям судов) службами капитанов морских портов Дальневосточного региона. Произведен анализ критических несоответствий состояния судовых технических средств действующим нормативным требованиям, выявленных при осмотрах судов. Разработаны методические основы для функционально-уровневой оценки указанных несоответствий.

3. Произведен функционально-уровневый анализ заключительных актов расследований морских аварий на судах под российским флагом в морях Дальневосточного региона. Разработаны методические основы для функционально-уровневой оценки причин аварийного случая, обусловленного влиянием человеческого фактора, включающая определение дисфункций каждого причастного члена экипажа на его уровне в пределах предписанных функций. Установлено, что причины критических несоответствий, выявленных при осмотрах судов в порту, и дисфункции, послужившие причиной аварии, имеют одну природу – человеческий фактор.

4. Определен методом анализа иерархий рейтинг влияния структурированных по функциям ПДНВ–78 минимальных стандартов компетентности на обеспечение безопасной эксплуатации морского судна, силовой установки и технических средств. Установлена последовательность вида  $\vec{w}^T = (0,262; 0,148; 0,087; 0,095; 0,115; 0,223; 0,070)$ , которая свидетельствует о том, что наиболее значимыми для безопасности мореплавания являются функции «Судовождение» (0,262) и «Техническое обслуживание и ремонт» (0,223).

5. Установлены с использованием операции свертки закономерные связи между последовательностями выявленных при осмотрах судов критических несоответствий судовых технических средств нормативным требованиям, послуживших причинами задержаний судов, и дисфункциями эргатического элемента, послужившими причинами аварий судовой энергетической установки.

6. Получены годовые глобальные критерии дисфункций-причин задержаний судов и дисфункций-причин аварий, в предположении что указанные дисфункции являются целыми числами и трактуются как штрафные баллы. Установлена отрицательная корреляционная зависимость значений критериев, оцениваемая по шкале Чеддока в пределах исследуемого периода от средней (–0,5832) до высокой (–0,8908). Соотношением критериев установлено «тревожное» пороговое значение, равное 9, сигнализирующее о снижении эффективности контроля со стороны государства и росте числа дисфункций эргатического элемента. Корректирующей мерой в первом случае

является ужесточение параметров целевых риск-факторов, во втором – изменение программ основной и дополнительной подготовки плавсостава в морских образовательных учреждениях, а также требований к оценке компетентности в морских квалификационных комиссиях.

7. В рамках цифровизации деятельности по надзору за безопасностью мореплавания впервые разработано и внедрено в практику морского надзорного органа программное обеспечение с возможностями функционально-уровневого учета критических несоответствий состояния морского судна, в том числе его технических средств, действующим нормативным требованиям, выявленных при осмотрах судов в морских портах РФ.

Предложенная концепция повышения качества эксплуатации судовых энергетических установок на базе функционально–уровневого анализа их эргатических элементов в условиях динамично изменяющихся технических, политических, экономических и демографических требований является перспективной. Главной базой мониторинга за качеством эргатического элемента являются уже обеспечивающие безопасность мореплавания государственные информационные системы. Первоосновой для оценки и прогнозирования безопасной эксплуатации СЭУ являются дисфункции эргатического элемента.

Для последовательной реализации предлагаемой концепции необходимо решить ряд организационных, методических и технических задач, связанных с повышением интероперабельности ведомственных информационных систем и кодификацией ошибок судового персонала по уровням и функциям конвенции ПДНВ–78.

Результаты исследования могут применяться на постоянной основе в качестве справочных данных при разработке программ основной и дополнительной подготовки квалифицированных специалистов, а также при пересмотре параметров целевого риск-ориентированного фактора для контроля морских судов в порту. Полезность разработанной методики для судоходных компаний может заключаться в возможности прогнозирования адекватных затрат на безопасность.

### **Список трудов автора, отражающих основное содержание диссертации** *Издания, рекомендуемые ВАК*

1. Гомзяков, М. В. Прогнозирование отказов судовой энергетической установки с помощью операции свертки // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2025. – № 2. – С. 29–35.

2. Гомзяков, М. В. Анализ причин отказа судового дизеля ZGODA-SULZER 6ZA 40S в эксплуатации / М. В. Гомзяков, А. Н. Соболенко, С. А. Огай // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2022. – № 3(56). – С. 71–78. (авт. – 33%).

3. Гомзяков, М. В. Анализ нештатного функционирования эргатического элемента при поломках судовых технических средств / М. В. Гомзяков, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2021. № 1(46). – С. 70-80. (авт. – 33%).

4. Гомзяков, М. В. Причины аварийных отказов судовых дизелей в ДВ регионе за 2016 год / М. В. Гомзяков // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – № 2(95). – С. 70-75.

5. Гомзяков, М. В. Анализ отказов технических средств на морских судах в ДВ регионе в 2014 году / М. В. Гомзяков // Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства. – 2020. – № 60/61. – С. 108-113.

6. Гомзяков, М. В. Обзор аварийности морских транспортных судов Дальневосточного региона / М. В. Гомзяков // Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства. – 2020. – № 58/59. – С. 4-10.

7. Гомзяков, М. В. Отказы главных двигателей и механизмов на дальневосточных судах в 2015 году / М. В. Гомзяков // Морской вестник. – 2020. – № 4(76). – С. 90-93.

8. Гомзяков, М. В. Аварийность на море: вес и цена человеческого фактора / М. В. Гомзяков // Морской вестник. – 2019. – № 3(71). – С. 102-104.

9. Гомзяков, М. В. Анализ технических отказов на промысловых судах в дальневосточном регионе / М. А. Гомзяков, А. Н. Соболенко, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2019. – № 3. – С. 48-55. (авт. – 25%).

10. Гомзяков, М. В. Безопасность функционирования судовых энергетических установок возрастных судов в зоне ответственности ДВУ Госморнадзора / М. В. Гомзяков, И. Б. Друзь, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2018. – № 4(37). – С. 41-52. (авт. – 25%).

11. Гомзяков, М. В. Методы математического моделирования при описании информационных потоков в экспертной системе тестирования и подготовки моряков рыбодобывающего, торгового и транспортного флота / М. В. Гомзяков, С. С. Ильина // Известия ТИНРО. – 2008. – Т. 152. – С. 363-370. (авт. – 50%).

12. Гомзяков, М. В. От традиционных экзаменов к квалификационным измерениям / М. В. Гомзяков, В. М. Бершадский, А. Л. Оловянный // Транспортное дело России. – 2006. – № 11(2). – С. 38-40. (авт. – 33%).

13. Гомзяков, М. В. Прогнозирование качества эксплуатации судовых технических средств на основе показателей при аттестации в морской квалификационной комиссии / М. В. Гомзяков, В. Н. Слесаренко // Транспортное дело России. – 2005. – СВ № 3. – С. 19-22. (авт. – 50%).

14. Гомзяков, М. В. Виды обратных связей при оценке качества технической подготовки судовых специалистов дальневосточного региона / М. В. Гомзяков, В. Н. Слесаренко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2004. – № 1. – С. 104-109. (авт. – 50%).

15. Гомзяков, М. В. Оценка компетентности судомехаников как ключевой фактор качества технической эксплуатации судов морского флота РФ /

М, В. Гомзяков, М. А. Коршунов // Транспортное дело России. – 2004. – СВ № 2. – С. 25-27. (авт. – 50%).

*Публикации в журналах, включенных в международную реферативную базу данных Web of Science*

16. Гомзяков, М. В. Анализ причин некоторых аварийных случаев судовых энергетических установок в Дальневосточном регионе в 2020 году / М. В. Гомзяков, А. Н. Соболенко // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 4. – Т. 3. – С. 72-78. (авт. – 50%).

17. Гомзяков, М. В. Надежность эргатического элемента в составе судовой энергетической установки / М. В. Гомзяков, А. Н. Соболенко // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 4. – Т. 3. – С. 66-71. (авт. – 50%).

18. Гомзяков, М. В. Цифровизация морского надзора в Дальневосточном регионе / М. В. Гомзяков, А. Н. Соболенко // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 1. – Т. 2. – С. 236-243. (авт. – 50%).

19. Гомзяков, М. В. Определение весовых коэффициентов по факторам влияния эргатического элемента судна на морскую аварийность в Дальневосточном регионе / М. В. Гомзяков, И. Б. Друзь // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 1. – Т. 2. – С. 136-144. (авт. – 50%).

20. Гомзяков, М. В. Повышение эффективности контрольно-надзорной деятельности Дальневосточного управления государственного морского надзора с применением риск-ориентированного подхода за счет использования информационных технологий / М. В. Гомзяков, А. А. Лентарев, А. Л. Оловянных, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – № 3(37). – Т. 2. – С. 178-183. (авт. – 20%).

*Монография (глава в монографии)*

21. Гомзяков, М. В. Антология поломок и отказов судовых технических средств на Дальнем Востоке : монография. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2020. – 163 с.

22. Гомзяков, М. В. Эксплуатация судовых энергетических установок и квалификация судовых механиков : монография / М. В. Гомзяков, Б. Н. Воробьев. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2019. – 170 с. (авт. – 50%).

*Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных*

23. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620411 Российская Федерация. Административная практика по нарушениям торгового мореплавания на Дальнем Востоке : № 2022620186 : заявл. 07.02.2022 : опубл. 01.03.2022 / И. П. Турищев, М. В. Гомзяков. (авт. – 50%).

24. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622994 Российская Федерация. Функционально-уровневый состав задержаний судов в портах Дальнего Востока : № 2021622899 : заявл. 07.12.2021 : опубл. 16.12.2021 / И. П. Турищев, М. В. Гомзяков. (авт. – 50%).

25. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622311 Российская Федерация. Поломки судовых технических средств на морских судах на Дальнем Востоке в 2011-2019 годах : № 2021622216 : заявл. 19.10.2021 : опубл. 28.10.2021 / М. В. Гомзяков.

26. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622624 Российская Федерация. Реестр объектов морского судоходства в организациях, поднадзорных ДВУ Госморнадзора : № 2021622984: заявл. 07.12.2021 : опубл. 16.12.2021 / И. П. Турищев, М. В. Гомзяков. (авт. – 50%).

27. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622624 Российская Федерация. Реестр объектов морского рыболовства в организациях, поднадзорных ДВУ Госморнадзора : № 2021622576: заявл. 17.11.2021 : опубл. 24.11.2021 / И. П. Турищев, М. В. Гомзяков. (авт. – 50%).

28. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019617611 Российская Федерация. Программный комплекс для планирования надзорной деятельности за безопасностью мореплавания : № 2019614816 : заявл. 29.04.2019 : опубл. 18.06.2019 / А. Л. Оловянников, М. В. Гомзяков. (авт. – 50%).

29. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621475 Российская Федерация. Аварийные случаи на морских судах в Дальневосточном федеральном округе : № 2019621103 : заявл. 26.06.2019 : опубл. 19.08.2019 / И. П. Турищев, М. В. Гомзяков, О. В. Москаленко. (авт. – 33%).

30. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2006612338 Российская Федерация. ПроКСиМА (программированный контроль судоводителей и механиков при аттестации) : № 2006610762 опубл. 05.07.2006 / А. Л. Оловянников, М. В. Гомзяков. (авт. – 50%).

*Региональные издания и материалы конференций*

31. Гомзяков, М. В. Распределение ответственности экипажа по стандартам ПДНВ-78 к морской аварии / М. В. Гомзяков // Проблемы транспорта Дальнего Востока. Доклады научно-практической конференции. – 2019. – Т. 1. – С. 251-257.

32. Gomzyakov M. V., Druz I. B., Turishchev I. P. Analysis of maritime navigation safety violations in the Far East // Asia-Pacific Journal of Marine Science & Education. – 2019. – Vol. 9. – No 1. – P. 23-29. (авт. – 33%).

33. Гомзяков, М. В. Распределение эргатических рисков при эксплуатации энергетической установки морского судна / М. В. Гомзяков // Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта в Азиатско-Тихоокеанском регионе : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2019. – С. 9-16.

34. Гомзяков, М. В. Отказы судовых дизелей на российских судах в 2018 году из-за эргатического элемента / М. В. Гомзяков // Проблемы транспорта Дальнего Востока. – 2019. – Т. 1. – С. 95-99.

35. Гомзяков, М. В. Обзор аварийности судов рыбопромыслового флота в зоне ответственности ДВУ Госморнадзора за период с 2018 года по 2019 год / М. В. Гомзяков, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта в Азиатско-Тихоокеанском регионе : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2019. – С. 43-49. (авт. – 33%).

36. Гомзяков, М. В. Распределение эргатических рисков при эксплуатации энергетической установки морского судна / М. В. Гомзяков // Актуальные

проблемы развития судоходства и транспорта в Азиатско-Тихоокеанском регионе : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2019. – С. 9-16.

37. Гомзяков, М. В. Сравнительный анализ результатов надзорной деятельности ДВУ Госморнадзора и инспектирования судов капитанами морских портов дальневосточного бассейна / М. В. Гомзяков, И. П. Турищев, О. В. Москаленко, О. Н. Ибрагимова // материалы V Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2018. – Ч. I. – С. 238-242. (авт. – 25%).

38. Гомзяков М. В. О компетентности специалистов морского флота / М. В. Гомзяков, А. Л. Оловянников, О. Н. Ибрагимова // Материалы V Междунар. науч.-техн. конф. : в 2 ч. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2018. – Ч. I. – С. 242-246. (авт. – 33%).

39. Гомзяков, М. В. Риск-ориентированный подход при осуществлении контрольно-надзорной деятельности Дальневосточного управления государственного морского надзора с учетом аварийности объектов, эксплуатируемых поднадзорными компаниями / М. В. Гомзяков, И. Б. Друзь, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Проблемы транспорта Дальнего Востока. сб. науч. тр. – Владивосток: ДВО Российской Академии транспорта, 2017. – С. 36-40. (авт. – 25%).

40. Гомзяков, М. В. Правоприменительная практика Дальневосточного управления государственного морского надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта по состоянию на 31.08.2017 года / М. В. Гомзяков, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Проблемы транспорта Дальнего Востока. Доклады научно-практической конференции. – 2017. – № 2(2). – С. 297-307. (авт. – 33%).

41. Гомзяков, М. В. Анализ аварийности морских транспортных и рыбопромысловых судов в Азиатско-Тихоокеанском регионе в зоне ответственности Дальневосточного управления государственного морского надзора за период с 2014 по 2015 годы / М. В. Гомзяков, И. П. Турищев, О. В. Москаленко // Актуальные вопросы морской отрасли – 2016. – Владивосток: ДВИК, 2016. – С. 52-61. (авт. – 33%).

42. Гомзяков, М. В., Программный комплекс Дальневосточного управления государственного морского надзора федеральной службы по надзору в сфере транспорта / М. В. Гомзяков, А. Л. Оловянников, И. П. Турищев, О. В. Москаленко - // Проблемы транспорта Дальнего Востока. Пленарные доклады 11-й Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: ДВО Российской Академии транспорта, 2015. – 68 с. (авт. – 25%).

Гомзяков Михаил Владимирович

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК  
НА БАЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО–УРОВНЕВОГО АНАЛИЗА  
ИХ ЭРГАТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА**

Специальность 2.5.20 – Судовые энергетические установки и их элементы  
(главные и вспомогательные)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Подписано в печать 21.11.2025 г. Формат 60x84/16  
Бумага 80г/м2. Печать цифровая.  
Уч-изд. л 2,0. Тираж 100 экз

Отпечатано в типографии ООО «Литера В»  
690091, пр-т Красного Знамени 10, этаж 1, пом 31-34  
e-mail: litera\_v@mail.ru