

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОЙ КООПЕРАЦИИ

Пыльнев Юрий Васильевич, доктор технических наук, профессор, генеральный директор АО «ИК «НЕОТЕК МАРИН».

Кириухин Илья Алексеевич, кандидат технических наук, главный конструктор АО «ИК «НЕОТЕК МАРИН».

Новожилов Никита Юрьевич, заместитель генерального директора АО «ИК «НЕОТЕК МАРИН».

Аннотация: Статья посвящена вопросам создания интеллектуальных систем поддержки эксплуатации морской техники в рамках современной кораблестроительной программы. Усложнение технического оснащения современных кораблей обуславливает необходимость перехода к комплексным системам, построенным на основе компьютерного моделирования, экспертных методов и технологий искусственного интеллекта. Показано, что ключевым условием эффективности создания таких систем является промышленная кооперация проектанта, верфи, изготовителя оборудования, ИТ-интегратора и эксплуатирующей организации.

Ключевые слова: интеллектуальные системы поддержки эксплуатации, промышленная кооперация, цифровые модели, компьютерное моделирование, морская техника, нормативная база.

ВЫЗОВЫ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Формирование нового облика отечественного судостроения сегодня неразрывно связано с цифровой трансформацией. Рост сложности современных морских объектов предъявляет качественно новые требования к системе технической эксплуатации. Традиционные методы, основанные на бумажной и электронной документации, перестают обеспечивать необходимую скорость и достоверность информации при принятии решений.

Президентом Российской Федерации В.В. Путиным на совещании по стратегии развития Военно-Морского Флота до 2050 года в апреле 2025 г. отмечено, что «бурная технологическая, цифровая революция» требует формирования нового облика флота [1]. Ключевым драйвером при этом выступают технологии компьютерного моделирования и искусственного интеллекта (ИИ), которые становятся приоритетом при реализации значимых проектов в судостроении.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В контексте цифровизации эксплуатации морской техники важно различать уровни внедряемых решений. Электронные каталоги и интерактивные

электронные технические руководства (ИЭТР), ставшие к настоящему времени привычным инструментом, являются важными, но не достаточными элементами информационной поддержки.

Принципиально иной класс представляют собой интеллектуальные системы поддержки эксплуатации, основанные на компьютерном моделировании, цифровых двойниках и экспертных методах с применением ИИ, которые являются неотъемлемым элементом современного флота, обеспечивая его техническую готовность и живучесть. Их основу составляют не документы, а компьютерная модель объекта, описывающая не только конструкцию, но и поведение технических средств в различных режимах и условиях, включая сложные взаимосвязи между различными системами морского объекта.

В мировой практике цифровые двойники и искусственный интеллект рассматриваются как основные направления цифровизации судостроения, обеспечивающие переход к качественно новым методам управления техническим состоянием. Применение методов ИИ создает возможности для раннего обнаружения и классификации отказов, прогнозирования ресурса и обработки диагностической информации в реальных условиях эксплуатации [2].

Практическая реализация данного подхода уже осуществлена при создании современных трена-

жерных комплексов, где цифровые модели обеспечивают отработку действий экипажа в условиях, максимально приближенных к реальным [3]. Закономерным развитием становится перенос этих моделей непосредственно на борт.

Таким образом, современные интеллектуальные системы поддержки эксплуатации в своей основе имеют не только «электронную документацию», но и «цифровые двойники», функционирующие на протяжении жизненного цикла изделия, аккумулирующие опыт эксплуатации и обеспечивающие решение задач диагностики в реальном времени.

МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОЙ КООПЕРАЦИИ

Накопленный опыт создания интеллектуальных систем поддержки эксплуатации (далее – систем) позволяет утверждать, что ключевым условием их эффективности является промышленная кооперация, объединяющая всех участников жизненного цикла морской техники вокруг единой цифровой модели объекта поддержки. Предлагаемая модель (рисунок 1) выстроена по принципу замкнутого контура, где каждый участник вносит свой уникальный вклад и получает обратную связь. Эксплуатант, замыкая контур обратной связи, становится полноправным участником совершенствования морской техники, получая более надежные корабли и совершенные системы поддержки.

Таким образом, формируется единый контур знаний, в котором каждый участник не только вносит информацию, но и получает ценную обратную связь. Апробация данной модели на ряде проектов подтвердила ее работоспособность и эффективность для различных типов морской техники.

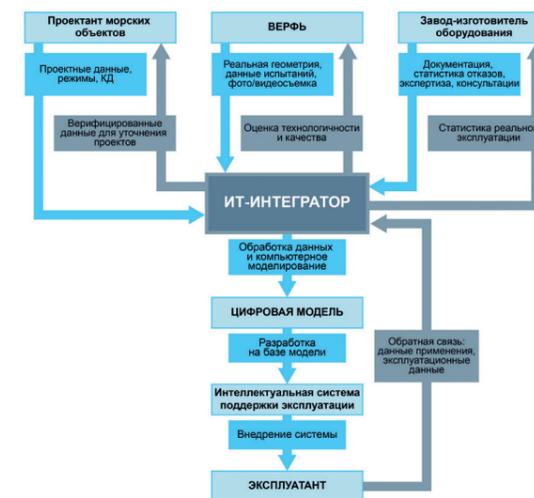


Рисунок 1. Модель промышленной кооперации при создании интеллектуальных систем поддержки эксплуатации морской техники

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ: КОМПЛЕКСЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Примером реализации представленной модели кооперации при создании интеллектуальных систем поддержки эксплуатации морской техники является проект по разработке комплекса информационной поддержки звездообразных дизелей

УЧАСТНИК	ВКЛАД В СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ	ПОЛЬЗА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
Проектант морского объекта	Передает проектные данные, конструкторскую документацию	Верификация проектных решений на основе реальных данных
Верфь	Обеспечивает привязку к конкретному заказу, предоставляет данные швартовых и ходовых испытаний, возможность создания фото- и видеоматериалов	Учет эксплуатационных замечаний при постройке следующих заказов
Завод-изготовитель оборудования	Поставляет документацию на оборудование, статистику отказов и экспертную информацию	Объективная картина эксплуатации оборудования
ИТ-интегратор	Обеспечивает построение цифровой модели с применением современных технологий (компьютерное моделирование, искусственный интеллект)	Актуализация цифровой модели и развитие функционала системы
Эксплуатант	Замыкает контур обратной связи, предоставляя данные о применении системы и реальные эксплуатационные данные по изделию	Улучшение качества следующих заказов, совершенные системы поддержки

Таблица 1. Участники кооперации и их вклад

Президентом Российской Федерации В.В. Путиным на совещании по стратегии развития Военно-Морского Флота до 2050 года в апреле 2025 г. отмечено, что «бурная технологическая, цифровая революция» требует формирования нового облика флота [1]. Ключевым драйвером при этом выступают технологии компьютерного моделирования и искусственного интеллекта (ИИ), которые становятся приоритетом при реализации значимых проектов в судостроении.

М-507Д-1 для малых ракетных кораблей ВМФ. Выбор в качестве объекта именно главной энергетической установки (ГЭУ) не случаен - энергетика является сложной и наукоемкой частью современного корабля, во многом определяющей его боевые возможности и техническую готовность. При этом в эксплуатации и обслуживании ГЭУ принимает участие до 30% личного состава, что дополнительно подчеркивает актуальность создания эффективных средств информационной поддержки для этой категории специалистов.

Дизель М507Д-1 представляет собой сложный объект эксплуатации. Как показал анализ аварийности, значительная часть аварий (гидроудары, разрывы) может быть предотвращена путем внедрения интеллектуальной системы поддержки эксплуатации, а также эффективных средств обучения и тренировок, позволяющих личному составу в полной мере освоить особенности работы с данной техникой.

Данный проект объединяет усилия проектанта (АО «ЦМКБ «Алмаз»), завода-строителя корабля (АО «Зеленодольский завод имени А.М. Горького»), завода-изготовителя двигателей (ПАО «Звезда») и

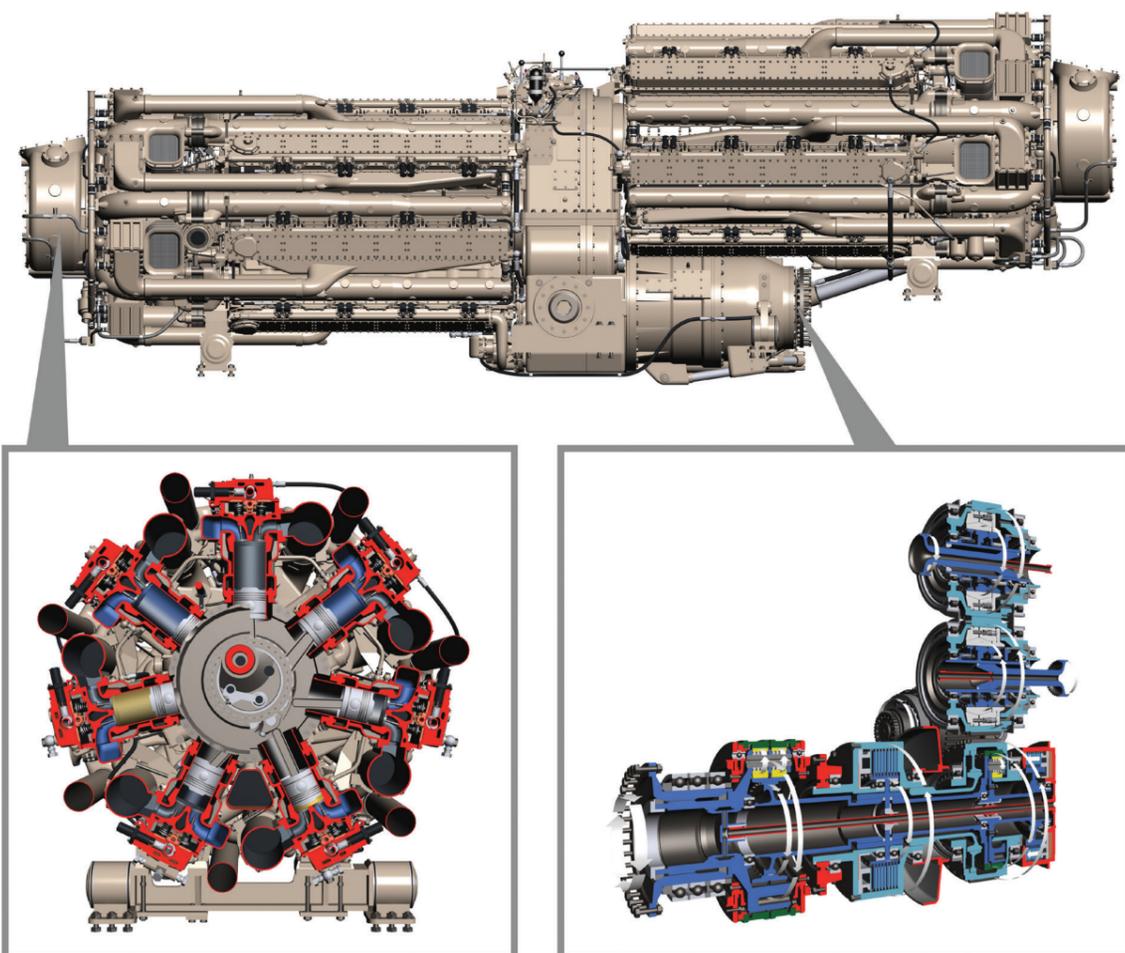


Рисунок 2. Применение технологий трехмерного моделирования для изучения устройства дизеля М507Д-1

ИТ-интегратора (АО «ИК «НЕОТЕК МАРИН») при научно-техническом сопровождении НИИ КиВ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» и координации со стороны командования ВМФ.

Функциональные программные модули (устройство, использование по назначению, техническое обслуживание и ремонт) дополняются интерактивными трехмерными моделями, панорамами, фото- и видеоматериалами, полученными при кооперации с заводом-изготовителем и верфью, что обеспечивает наглядность и достоверность представляемой информации (рисунок 2). Использование трехмерной визуализации позволяет личному составу на качественно новом уровне осваивать устройство и особенности эксплуатации дизеля, что в конечном итоге приводит к глубокому пониманию личным составом принципа работы отдельных узлов и всего двигателя в целом, и способствует снижению уровня аварийности.

Кроме типовых модулей информационной поддержки интеллектуальная составляющая комплекса (рисунок 3) включает:

- модуль выбора рациональных и предельно-допустимых режимов использования корабельной ЭУ, основанный на имитационном моделировании пропульсивного комплекса, позволяющий рассчитывать оптимальные режимы эксплуатации в реальных условиях плавания, прогнозировать расход топлива и дальность плавания [4];
- модуль тренажа, реализованный на базе компьютерных моделей, имитирующих поведение ЭУ в нестандартных ситуациях, что позволяет экипа-



Рисунок 3. Комплекс информационной поддержки звездообразных дизелей М507Д-1, обучения и тренажа личного состава

жу непосредственно на корабле отрабатывать навыки без риска для реального оборудования;

- экспертная система поиска неисправностей, построенная на основе анализа статистики отказов и экспертных знаний завода-изготовителя, позволяющая по внешним признакам и параметрическим данным локализовать причину отказа и принять правильные решения по ее устранению;
- экспертная система оценки качества масла, позволяющая интерпретировать результаты анализа масла, строить тренды и прогнозировать состояние объекта.

Важно отметить, что формируемые в процессе создания комплекса цифровые модели, базы дан-

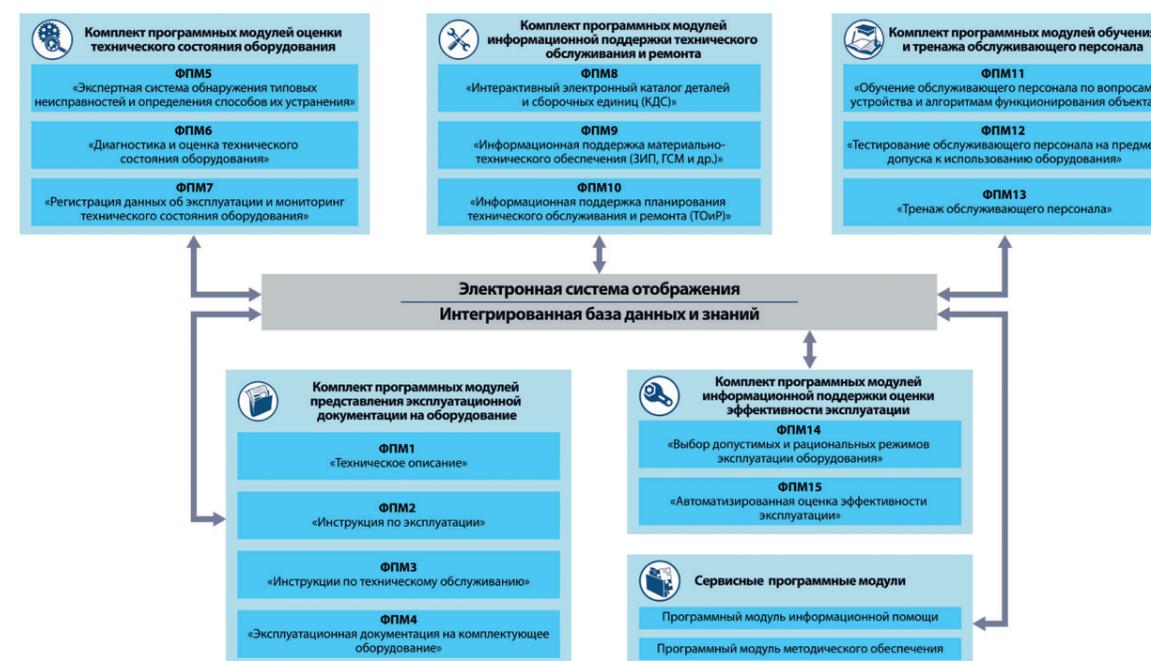


Рисунок 4. Типовая структура комплексов информационной поддержки эксплуатации

ных и знаний в дальнейшем могут быть использованы при разработке береговых тренажерных комплексов и компьютерных обучающих систем для высших учебных заведений ВМФ, обеспечивая тем самым единство информационной среды подготовки специалистов на берегу и их последующей деятельности на корабле [5]. Важной составляющей подготовки специалистов должно стать изучение самих бортовых систем, что позволит курсантам освоить инструменты, с которыми им предстоит работать.

Данный проект является логичным продолжением линейки подобных систем, построенных по унифицированной структуре (рисунок 4) и поставляемых АО «ИК «НЕОТЕК МАРИН» более 20 лет для современных кораблей ВМФ различных проектов (20380, 20385, 22350, 22160, 18280, 11711, 1155, 636.3). Накопленный опыт охватывает:

- газотурбинные и дизель-газотурбинные агрегаты производства ПАО «ОДК-Сатурн»;
- дизель-дизельные агрегаты производства АО «Коломенский завод»;
- вспомогательные энергетические установки (дизель-генераторы производства ООО «Уральский дизель-моторный завод» и газотурбогенераторы производства ПАО «Пролетарский завод»).

Указанные проекты реализовывались с использованием описанной модели кооперации, подтверждая ее эффективность для различных типов морской техники (рисунок 5).

СЕРВИСНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ

Важной особенностью интеллектуальных систем поддержки эксплуатации является необходимость их актуализации на протяжении всего жизненного цикла изделия. Поддержание системы в актуальном состоянии предполагает непрерывное взаимодействие всех участников кооперации. Эксплуатант выступает источником новой информации о реальных режимах работы, возникающих неисправностях и особенностях использования оборудования. Проектант на основе этой информации актуализирует конструкторскую документацию и уточняет проектные решения. Завод-изготовитель предоставляет данные о выявленных дефектах, результаты доработок. ИТ-интегратор актуализирует данные в

В мировой практике цифровые двойники и искусственный интеллект рассматриваются как основные направления цифровизации судостроения, обеспечивающие переход к качественно новым методам управления техническим состоянием.

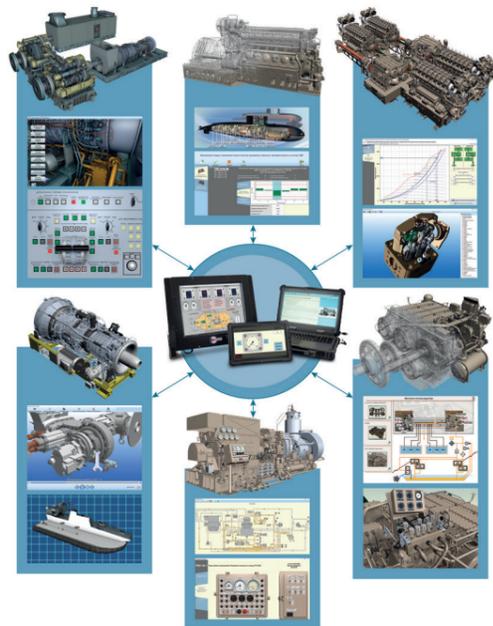


Рисунок 5. Объекты информационной поддержки эксплуатации

системе, обеспечивая ее соответствие текущему состоянию объекта.

Ключевым условием реализации такого подхода является выделение финансирования на сервисное сопровождение на всем протяжении жизненного цикла такого класса систем. Практика показывает, что сегодня эти затраты часто не закладываются в бюджет на этапе создания системы, что впоследствии приводит к ее моральному устареванию и, со временем, снижению эффективности использования.

НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Эффективное внедрение интеллектуальных систем поддержки эксплуатации в судостроительной отрасли с учетом высоких темпов развития информационных технологий требует актуальной нормативной базы. Наличие современных стандартов позволяет унифицировать подходы, обеспечить единое понимание терминологии и требований, а также выстроить конструктивное взаимодействие между заказчиками, разработчиками и эксплуатирующими организациями на всех этапах создания и применения таких систем с объективной оценкой класса создаваемой системы, трудоемкости и стоимости ее создания.

Определенные шаги в этом направлении уже сделаны. Техническим комитетом по стандартизации № 482 «Поддержка жизненного цикла продукции» разработаны и актуализируются стандарты в сфере интерактивной электронной эксплуатационной документации (ГОСТ Р 54088-2017) [6], также ведется разработка нового стандарта ГОСТ Р 77.402-202X «Виды программных средств поддержки жизненного цикла». Существующие стандарты в области компьютерного моделирования (ГОСТ Р 57700.21-2020,

ГОСТ Р 57700.37-2021, ГОСТ Р 57700.22-2020) закладывают основу, однако требуют развития с учетом отраслевой специфики морской техники [7].

Интеллектуальные системы поддержки эксплуатации представляют собой принципиально более широкий класс решений, выходящий за рамки электронной документации. Развитие нормативной базы в этой сфере позволит:

- классифицировать такие системы по сложности и функциональному назначению;
- сформировать единые требования к составу и характеристикам;
- установить порядок верификации и валидации применяемых цифровых моделей;
- определить форматы обмена данными между участниками кооперации.

Важно подчеркнуть, что создание по-настоящему актуальной и работоспособной нормативной базы невозможно без активного участия всех сторон кооперации - проектантов, верфей, заводов-изготовителей оборудования, ИТ-интеграторов и эксплуатирующих организаций. Только объединение усилий и учет практического опыта разработки и применения таких систем позволит сформировать стандарты, отвечающие современным требованиям и технологическим возможностям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ подтверждает, что создание интеллектуальных систем поддержки эксплуатации является актуальной задачей, соответствующей стратегическим направлениям развития судостроения. Предложенная модель промышленной кооперации при создании подобных систем доказала работоспособность на примерах комплексов для различных типов энергетических установок. Важная координирующая роль в объединении усилий всех участников этой кооперации принадлежит Морской коллегии, которая обеспечивает согласованное взаимодействие заказчиков, разработчиков, эксплуатирующих организаций и регулирующих органов при решении поставленных задач.

Для дальнейшего развития этого направления необходимо решение следующих задач:

- разработка государственных стандартов, определяющих классификацию интеллектуальных систем и требования к компьютерному моделированию, что позволит заказчикам грамотно формулировать не только задачи создания ИЭТР, но и более сложные интеллектуальные компоненты;
- включение требований к интеллектуальной составляющей систем информационной поддержки и компьютерному моделированию в тактико-технические задания на новые корабли;
- обеспечение финансирования сервисного сопровождения систем;
- создание отраслевого репозитория эксплуатационных данных для обратной связи с проектантами кораблей и заводами-изготовителями оборудования.

Эффективное внедрение интеллектуальных систем поддержки эксплуатации в судостроительной отрасли с учетом высоких темпов развития информационных технологий требует актуальной нормативной базы.

Решение этих задач позволит перейти к системному оснащению флота современными интеллектуальными средствами поддержки эксплуатации сложной морской техники. Дальнейшее развитие таких систем связано с расширением применения методов искусственного интеллекта для предиктивной аналитики, углублением интеграции бортовых и береговых комплексов на базе единых цифровых моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Советание по стратегии развития Военно-Морского Флота [Электронный ресурс] // Официальный сайт Президента России. 11.04.2025. - URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/76673> (дата обращения: 17.02.2026).*
2. *Шигапов И.И., Одинаев В.А., Долгов В.А. Нейронные сети как инструмент обработки диагностической информации: состояние и перспективы // Морской вестник. - 2025 - №3 (95). - С. 110-115.*
3. *Пыльнев Ю.В., Кирюхин И.А., Новожилов Н.Ю. Цифровая трансформация тренажеров Военно-морского флота. Опыт практического применения современных информационных технологий // Морская наука и техника. Сборник «Итоги судостроения 2025». - 2025 - С. 58-61.*
4. *Печковский П.Г., Барановский В.В., Пыльнев Ю.В., Кирюхин И.А. Концепция разработки системы информационной поддержки обоснования выбора энергетических установок перспективных надводных кораблей // Морской вестник - 2025 - №4 (96). - С. 55-64.*
5. *Пыльнев Ю.В., Золотарев С.И., Долгов В.А., Гацук П.М. Современные бортовые аппаратно-программные комплексы информационной поддержки корабельных специалистов электромеханического профиля: монография. - СПб.: ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», 2023. - 518 с.*
6. *ГОСТ Р 54088-2017 Интегрированная логистическая поддержка. Эксплуатационная и ремонтная документация в форме интерактивных электронных технических руководств.*
7. *ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения.*