

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ:
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И АРХИТЕКТУРА**В. И. Степанова¹, С. В. Смоленцев²^{1,2} ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила 25.06.2023, принята к публикации 10.10.2023. Опубликовано онлайн.

Аннотация. В настоящее время существует множество компаний, занимающихся разработкой и производством автономных систем, современного оборудования, программного обеспечения для эффективного функционирования морских автономных надводных судов (МАНС), но не все из них отвечают требованиям РМРС. В данной статье рассматривается концепция единой системы мониторинга, диагностики и тестирования (ЕСМДиТ) оборудования для МАНС и преимущества такой системы перед другими продуктами иностранных компаний на рынке. Предлагается архитектура ЕСМДиТ, описывается многоагентная, распределенная система, обеспечивающая высокую

надежность и устойчивость к сбоям, а также принципы реализации тестирования оборудования, граф состояний МАНС и связь системы со сценариями работы судна. Такая система может повысить эффективность и безопасность эксплуатации морских автономных надводных судов, что в свою очередь, ведет к снижению затрат на обслуживание и повышению безопасности.

Ключевые слова: морские автономные надводные суда, мониторинг, диагностика, тестирование, автономная система, оборудование, морские технологии

**AUTOMATIC TECHNICAL CONDITION MONITORING SYSTEM: CONSTRUCTION
PRINCIPLES AND ARCHITECTURE**Valeriya I. Stepanova¹, S.V. Smolentsev²^{1,2}Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Russia, St. Petersburg

Abstract. At present, there are many companies engaged in development and production of autonomous systems, modern equipment, software for effective functioning of MASS, but not all systems meet the requirements of RMRS. The article proposes the architecture of USMD&T. The article deals with the concept of unified system of monitoring, diagnostics and testing (USMD&T) of equipment for marine autonomous surface vessels. The advantages of such a system over other products of foreign companies on the market are described. The multi-agent, distributed system providing high reliability and resistance to failures is described, as well

as principles of realization of equipment testing, graph of MASS states and system connection with ship operation scenarios. Thus, such a system can improve the efficiency and safety of marine autonomous surface vessels, which in turn can lead to reduced maintenance costs and improved safety.

Keywords: marine autonomous overwater ships, monitoring, diagnostics, testing, autonomous system, equipment, marine technology

Введение

Ориентация на судовых Морской транспорт традиционно является одним из ведущих секторов экономики многих стран. В период развития технологий и автономной навигации, многие судостроительные компании во всем мире склоняются к созданию морских автономных надводных судов (МАНС). Это — новая эра морской индустрии, которая становится все более автоматизированной и перспективной в плане современных технологий.

Дистанционно управляемые суда используются для различных целей, однако, как и любое другое техническое устройство, МАНС могут столкнуться с неисправностями и неожиданными сбоями. Поэтому, одной из важных задач является создание единой системы мониторинга, тестирования и диагностики оборудования (ЕСМДиТ).

В настоящее время, существует множество компаний, занимающихся разработкой и производством автономных систем, современного оборудования, программного обеспечения для эффективного функционирования МАНС. В области развития систем мониторинга и диагностики наиболее известны продукты таких компаний, как Kongsberg Maritime, Wärtsilä.

Система K-CMS

Система K-CMS (condition monitoring solution system) компании Kongsberg [1] — это решение, предназначенное для автоматизированного мониторинга и оценки состояния основного технического оборудования на борту судна и с берега. Система обеспечивает сбор данных с помощью высококачественных датчиков и сенсоров, информацию о рабочем состоянии, рекомендации для поддержки принятия решений и данные для профилактического обслуживания оборудования.

Визуализация проанализированных данных дает обзор состояния для более разумного планирования технического

обслуживания. Продукт компании Kongsberg предоставляет целостное представление о текущем состоянии оборудования, включая расчет оставшегося срока полезного использования (RUL).

Структурная схема системы K-CMS состоит из пяти распределенных между собой взаимодействующих модулей (рис.1). Входные данные с датчиков и сенсоров поступают в высокоскоростные устройства ввода/вывода (HSIO), далее по протоколу TCP/IP передаются в модуль мониторинга состояния, где производится сбор и распределение данных для передачи в аналитический модуль.

Модуль аналитики данных, используя расширенную базу данных о техническом оборудовании, применяя аналитику больших данных, алгоритмы поддержки принятия решений, алгоритмы профилактического обслуживания и прогнозирования состояния, перенаправляет данные в модуль визуализации и обратно в модуль мониторинга, для формирования отчета и передачи на береговой сервис Kongsberg.

Недостатки системы в перспективе установки на МАНС:

1. Высокая стоимость: внедрение и поддержка системы K-CMS может быть дорогим для компаний, особенно для небольших судовладельцев.
 2. специалистов: модули аналитики и визуализации находятся на борту, следовательно, невозможно установить систему на МАНС без экипажа.
 3. Ограниченный набор функций: K-CMS не является комплексной, не оценивает состояния навигационных систем, систем ситуационной осведомленности, систем связи.
 4. Отсутствие связи со сценариями работы судна: система не способна принимать решения самостоятельно, это означает, что K-CMS не может адаптироваться к различным ситуациям в море без участия человека.
- Система NACOS MCS PLATINUM

Система NACOS MCS PLATINUM компании Wärtsilä [2] является интегрированной системой управления и контроля, которая может использоваться на морских автономных надводных судах для управления отдельными системами и процессами на борту судна в режиме реального времени. Она позволяет интегрировать в единую систему устройства и системы управления.

NACOS PLATINUM представляет собой систему с сетевой и масштабируемой архитектурой (рис.2). Компоненты

инкапсулированы в функциональные объекты, для эффективного распределения данных по сети. Как только новый объект добавлен в сеть, данные становятся доступны с любой сетевой рабочей станции. Таким образом, систему легко масштабировать новыми узлами от небольших независимых систем до сложных систем с гибкими возможностями интеграции [2].



Рисунок 4. Архитектура системы K-CMS



Рисунок 5. Архитектура системы NACOS MCS PLATINUM

Как упоминалось ранее, система является масштабируемой, следовательно компоненты машинного управления (ПК1, ПК2) являются лишь частью системы. Система может состоять и большего количества узлов. Взаимодействие компонентов системы NACOS MCS PLATINUM происходит следующим образом: датчики и сенсоры собирают

данные о состоянии и работе различных систем и оборудования на судне.

Собранные данные передаются по сети в центральную систему управления. Центральная система управления обрабатывает и анализирует данные с помощью алгоритмов и программного обеспечения.

Результаты анализа отображаются на графическом интерфейсе пользователя, где операторы могут отслеживать состояние и работу всех подсистем судна.

В случае обнаружения проблемы или отказа в системе, центральная система управления предупреждает операторов и предлагает рекомендации по обслуживанию и ремонту. Операторы и инженеры могут принимать соответствующие меры для устранения проблемы, например, запускать резервные системы, проводить дополнительное обслуживание или вызывать специалистов для ремонта.

Система NACOS MCS PLATINUM также имеет возможность сбора и анализа данных для долгосрочного мониторинга и анализа. Она может сохранять исторические данные о работе системы и использовании судна, что позволяет экипажу и инженерам производить анализ и оптимизацию работы судна в будущем.

Недостатки системы в перспективе установки на МАНС:

1. Стоимость: система NACOS MCS PLATINUM может быть довольно дорогой в установке и обслуживании, что делает её недоступной для некоторых морских судов с ограниченным бюджетом.
2. Требуется обучение: операторы системы должны быть обучены использованию и пониманию данных, предоставляемых системой, могут потребоваться дополнительное время и ресурсы для обучения персонала.
3. Недостаточное количество обслуживаемых подсистем судна: это означает, что некоторые важные системы, такие как система

навигации и маневрирования, система обслуживания корпуса, швартовочная система, система обеспечения ситуационной осведомленности, могут быть исключены из мониторинга и управления этой системой, что снижает её полезность и надежность.

4. Отсутствие функции тестирования, что может затруднить обнаружение и самостоятельное устранение возможных проблем и неисправностей в работе технического оборудования на МАНС.

5. Невозможность установки на полностью безэкипажное судно: это ограничение связано с тем, что система не обладает возможностью автоматического применения мер без участия экипажа. Это может ограничить применение системы на современных автономных судах, где минимизация человеческого вмешательства является ключевым преимуществом.

Концепция ЕСМДиТ

Основным документом для правового регулирования МАНС в РФ являются «Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС)» Российского морского регистра судоходства.

Положения применяются при осуществлении технического наблюдения за проектированием и постройкой, переоборудованием судов в МАНС, а также изготовлением материалов и изделий для МАНС [3].

В разделе 9 «Требования к МАНС и его системам» изложены основные задачи и требования к работоспособности основных систем автономного судна (рис.3).

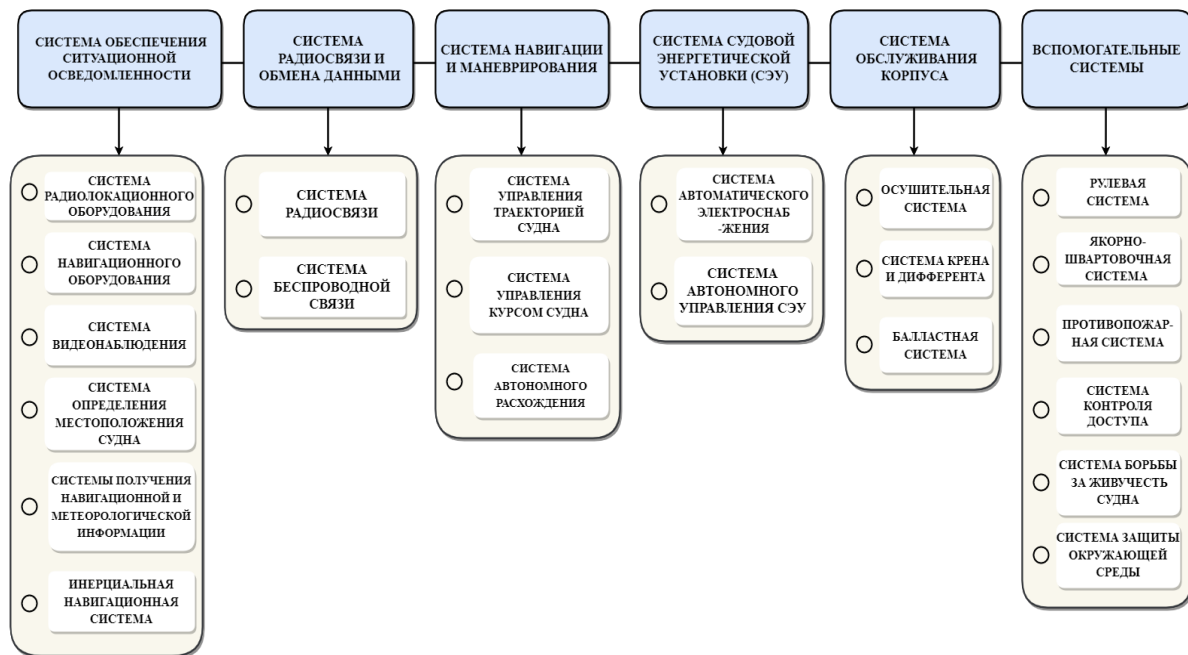


Рисунок 3. Перечень судовых подсистем в соответствии с РМРС

Основные требования РМРС для систем контроля технического состояния [3]:

- каждое МАНС должно быть снабжено, по меньшей мере, двумя комплектами технического оборудования всех подсистем, каждый из которых может находиться в состоянии «горячего» резерва;
- системы МАНС должны реагировать на изменение параметров окружающей среды и состояния судна в пределах, предусмотренных концепцией использования МАНС, представленной в приложении А, а также осуществлять автоматический переход в состояние минимального риска в случае выхода контролируемых параметров за установленные пределы и обеспечивать возврат в обычное состояние при восстановлении условий эксплуатации;
- оборудование всех систем должно иметь функции самодиагностики и сигнализации и обеспечивать непрерывный контроль во время нормальной эксплуатации оборудования;
- в случае обнаружения отказа оборудования должна быть обеспечена возможность его регистрации и передачи тревожного

сообщения и сообщения об отказе в систему управления и ЦДУ;

- оборудование радиосвязи должно быть рассчитано на работу с различным уровнем качества связи и должно быть устойчиво к ухудшению качества сигнала;
- все техническое оборудование должно обеспечивать непрерывное и круглосуточное функционирование в течение всего рейса, информация о состоянии оборудования должна передаваться в ЦДУ;
- МАНС может быть сконструировано таким образом, что швартовые операции и движение в портовых водах, а также вход в порт и выход из порта производятся автономно или с использованием дистанционного управления, либо с помощью того другого;
- МАНС должно иметь возможность осуществлять автономную навигацию в море. В случае необходимости ЦДУ может брать на себя управление судном. В процесс дистанционного управления, если связь не соответствует требованиям, судно должно автоматически переключаться на автономную навигацию.

Системы K-CMS и NACOS MCS PLATINUM, несмотря на их техническую совершенность, демонстрируют недостаточное соответствие требованиям Российского морского регистра судоходства (РМРС) для систем контроля технического состояния МАНС. Эти требования включают в себя несколько важных аспектов, которые подразумевают высокую степень надежности и безопасности в работе системы.

Концепция ЕСМДиТ

На основе вышеизложенных требований предлагается разработка единой системы контроля технического состояния (ЕСМДиТ) для автономных и дистанционно управляемых судов. Эта система будет обеспечивать высокую надежность и безопасность в различных морских условиях, учитывая специфические требования РМРС и обеспечивая бесперебойную работу судна на протяжении всего рейса.

Предполагается, что рассматриваемая в статье система автоматического контроля технического состояния будет построена по принципу многоагентной коммуникации, то есть, иметь удаленный и береговой доступ, а бортовая функция должна полагаться на наземную поддержку, непрерывную и надежную связь судно-берег [3]. Система должна быть реализована на основе алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта.

Разрабатываемая система должна выполнять ряд основных задач, одной из которых является проведение нескольких видов тестирования и его тесная связь со сценариями работы судна. Важно, чтобы система гарантировала надежность и безопасность в различных условиях, включая экстремальные. Тестирование не должно ограничиваться просто запуском процедур проверки, а происходить в режиме реального времени, что означает постоянный мониторинг работоспособности оборудования во время эксплуатации судна.

Система контроля состояния должна быть способной автоматически обнаруживать аномалии и сбои в работе оборудования. Система должна обладать широким набором различных сценариев работы судна, и способна самостоятельно анализировать ситуацию на судне и в море, а также автономно принимать решения в зависимости от обстоятельств и событий.

Архитектура ЕСМДиТ

Предлагаемая система автоматического контроля технического состояния полагается на наличие датчиков самодиагностики на отдельных элементах оборудования, которые должны быть сертифицированы и одобрены Морским регистром судоходства для применения в МАНС.

Особенностью данной системы является ее возможность интеграции и «наложения» на любую существующую систему оборудования, например, на рассмотренные выше (см. рис 3). Принцип наложения системы, описанный в данном контексте, подразумевает внедрение интеллектуальных агентов в уже существующее оборудование, оснащенное датчиками самодиагностики.

Внутренний уровень системы — это физические технические объекты с датчиками самодиагностики, объединенные в подсистемы, а затем в системы судна, по принципу выполнения определенных функций и задач.

Внешний уровень системы — это разнородные агенты, реализуемые в виде программного обеспечения на основе машинного обучения и искусственного интеллекта, связанные между собой и с внутренним уровнем программно-аппаратными линиями связи, и имеющие связь с ЦДУ.

Агенты создают иерархическую структуру управления и контроля, которая работает на трех уровнях (рис. 4).

Агенты нулевого уровня фактически «накладываются» на физические технические элементы и устройства с датчиками самодиагностики, такие как радары (РАС)

кренометры, гироскопы, якорные устройства и другие. Они принимают данные с датчиков и проводят континуальный мониторинг технического состояния оборудования.

Важно отметить, что агенты нулевого уровня интегрированы непосредственно в оборудование, что обеспечивает высокую точность собранных данных.

Агенты первого уровня объединяют устройства и датчики в подсистемы. Они несут ответственность за работоспособность и состояние определенных подсистем.

Агенты первого уровня способны координировать и управлять работой подсистем в целом, принимая решения на основе данных от агентов нулевого уровня.

Агенты второго уровня связаны с определенными системами судна и ответственны за обслуживание их работоспособности. Эти системы могут включать в себя сложные элементы, такие как системы ситуационной осведомленности, которые обеспечивают сбор и анализ данных об окружающей среде, а также

системы навигации и маневрирования, контролирующие перемещение судна.

Агенты второго уровня координируют работу и поддерживают работоспособность этих систем, принимая автоматические решения и отправляя команды в ЦДУ по управлению системами.

Важным аспектом этой архитектуры является масштабируемость и распределенность. Это означает, что количество агентов каждого уровня не ограничено, и система может быть адаптирована к различным масштабам и конфигурациям судов.

Агенты работают в распределенной среде, обмениваясь данными и командами для обеспечения целостной работы системы контроля и управления техническим состоянием судна.

Такая архитектура обеспечивает высокий уровень автономности и эффективности в мониторинге и управлении техническим состоянием морского автономного судна, повышая безопасность и надежность его работы.

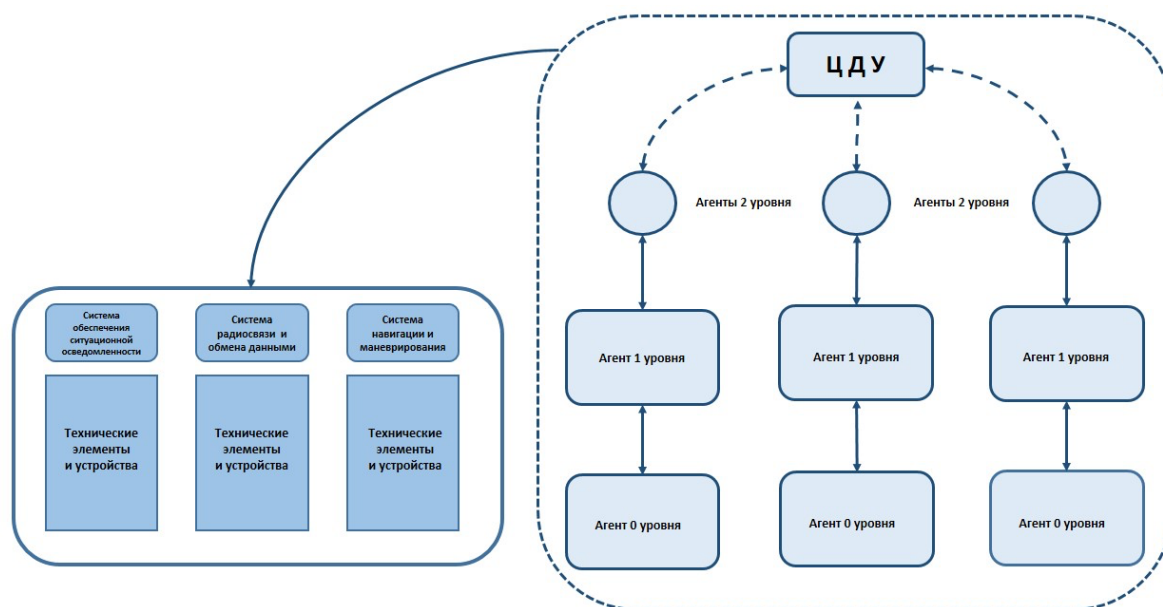


Рисунок 4 Архитектура ЕСМДиТ

Рассмотрим функциональную область агентов на каждом из уровней:

– Уровень 0. Агенты на нулевом уровне непосредственно связаны с установленными датчиками самодиагностики.

Их задача состоит в мониторинге состояния каждого элемента оборудования, а также выполнении тестов и сборе данных с датчиков в реальном времени. Они следят за изменениями параметров, обнаруживают потенциальные проблемы и передают информацию на более высокий уровень агентов при необходимости. Основная функция — отслеживать состояние оборудования.

– Уровень 1. Агенты первого уровня координируют работу агентов нулевого уровня и управляют всеми подсистемами оборудования в целом. Они получают данные от агентов на нулевом уровне, анализируют их и могут инициировать дополнительные тесты и мониторинг для более глубокой диагностики. Эти агенты также отвечают за обеспечение работоспособности судовой системы, включая дублирование устройств для обеспечения надежности. Основная функция — обеспечение целостной работы систем, взаимодействие с режимами работы оборудования (переход в режим «горячего» резерва, включение аварийного состояния), а так же реализация функции диагностики и мониторинга. Агент собирает информацию о работе технических показателей, обрабатывает входные параметры, смотрит тренды развития и прогнозирует возможную поломку. Агент первого уровня взаимосвязан с агентами второго уровня и непрерывно интегрирует информацию на верхний уровень.

– Уровень 2. Агенты второго уровня управляют судном в целом и координируют работу агентов первого уровня. Они принимают решения о проведении тестов и мониторинге определенных систем в зависимости от контекста, например, при приближении к порту. Они также поддерживают связь с центром дистанционного управления (ЦДУ), принимая команды и отправляя отчеты о состоянии судна. Основные функции агентов второго уровня: обслуживание судна, тестирование по запросу из ЦДУ, реализация сценариев (тестирование тех элементов и

подсистем, которые необходимы для определенного сценария).

Таким образом, рассмотренная архитектура системы автоматического контроля технического состояния морского автономного судна обеспечивает высокую степень автономности и надежности судна, позволяя ему функционировать в различных условиях и реагировать на изменения без участия человека.

Принцип реализации функции тестирования

Функция тестирования позволяет проводить тестирование технического оборудования на судне, проверять его работоспособность в определенные периоды времени, на основе связи компонентов и их характеристик с функцией тестирования и ограничениями на ее реализацию. Выборочное тестирование позволяет автоматически принимать решения в соответствии с выбранным типом тестирования [4].

Система способна выбирать только те судовые подсистемы и устройства, которые используются для определенной операции. Тестирование может проходить на различных уровнях системы, начиная от проверки отдельных устройств и заканчивая проверкой всех систем судна в целом. При обнаружении неисправностей или проблем, система генерирует соответствующий отчет, который может быть передан в ЦДУ для дальнейшего принятия решений [4].

Функция тестирования должна быть реализована с помощью использования определенного установленного плана, который включает в себя список всех подсистем, которые необходимо протестировать, а также методы и способы их тестирования. По этому плану система самостоятельно определяет, какие подсистемы необходимо тестировать в зависимости от поставленной задачи. Результаты тестирования система самостоятельно оценивает и анализирует для оценки степени своей готовности к работе [4].

Для того чтобы оценить работоспособность и эффективность морских автономных надводных судов, необходимо проводить следующие типы проверок [5]:

- Т1 (начальное тестирование) — этот тип проверки проводится при вводе в эксплуатацию нового оборудования. Цель данной проверки заключается в проверке работоспособности оборудования и его соответствии требованиям, указанным в технической документации. Таким образом, в результате начального освидетельствования определяются одобренные характеристики судна.

- Т2 (периодическое тестирование) — данный тип проверки проводится периодически в соответствии с требованиями Регистра или в случае изменения конструкции судна или обводов его корпуса или существенном замене оборудования. Цель промежуточного тестирования: подтвердить, что одобренные характеристики судна не изменились или изменились и тогда необходимо изменить функциональность судна или ограничения для его использования.

- Т3 (текущее тестирование) — данный тип проверки проводится каждый раз в процессе эксплуатации судна перед сменой состояния судна в рамках штатного режима работы в течение всего периода эксплуатации оборудования. Основная цель данной проверки заключается в обеспечении бесперебойной и нормальной работоспособности оборудования в текущий период времени. Предполагается, что если оборудование находится в исправном состоянии, то судно сможет выполнять свои функции в установленных для него ограничениях.

Набор функций Т3 (текущее тестирование) может быть определен с помощью

графа состояний морского автономного надводного судна [5].

Граф состояний МАНС — это графическое представление всех возможных состояний судна в различных ситуациях. Граф состояний позволяет определить, какие именно системы и оборудование необходимо тестировать в зависимости от конкретного состояния судна (рис.5).

Автономное судно может эксплуатироваться в трех режимах: А — штатном, В — нештатном, С — восстановления. В каждом режиме МАНС может находиться в одном из состояний:

- А1 (типовое) — МАНС функционирует в штатном режиме и выполняет задачи в соответствии с заложенной программой большинства подсистем;

- А2 (специальное) — МАНС переходит в специальный режим, например, для выполнения сложных задач, требующих работы дополнительных подсистем;

- А3 (ограниченное) — МАНС продолжает функционировать, но с ограниченным набором функций;

- В1 (резервное) — МАНС переходит в резервный режим, когда главное оборудование выходит из строя, но запасные системы позволяют продолжить работу;

- В2 (аварийное) — МАНС переходит в аварийный режим, когда происходит серьезная неисправность, которая требует немедленной остановки работы и принятия мер по устранению проблемы;

- С (восстановление) — МАНС находится в процессе восстановления после неисправности или аварии и готовится к возвращению в штатный режим.

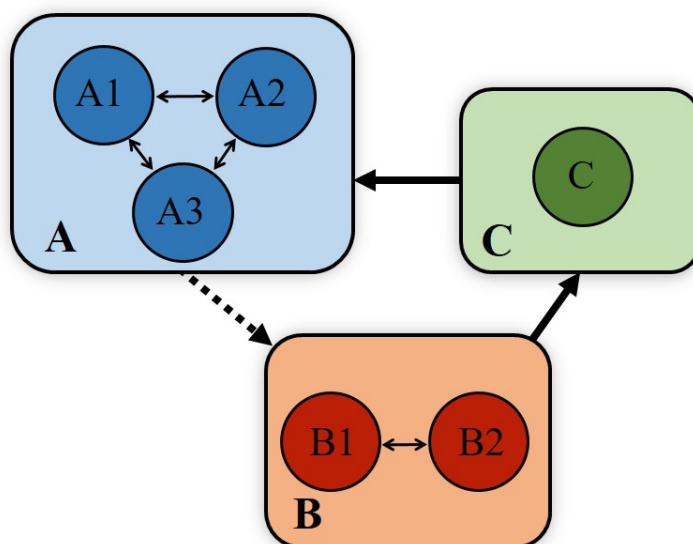


Рисунок 5. Граф состояний МАНС

Связь работы МАНС на основе графа состояний заключается в том, что сценарии работы судна зависят от его текущего состояния. Например, если судно находится в состоянии A1 (типовое), то оно функционирует в штатном режиме и выполняет задачи в соответствии с заложенной программой.

Если судно переходит в состояние B1 (резервное), то оно продолжает работу, но с использованием резервных подсистем или оборудования. В этом случае сценарии работы могут быть ограничены и определяться только теми задачами, которые может выполнить судно с использованием резервных систем.

Если судно переходит в состояние B2 (аварийное), то оно останавливает свою работу и принимает меры по устранению неисправности. В этом состоянии судно может выполнять только те задачи, которые необходимы для восстановления его работоспособности [5].

Заключение

Описанная выше система является важным элементом для обеспечения безопасности и эффективности работы автономных и дистанционно управляемых судов. Использование многоагентной и распределенной системы позволяет

обеспечить высокую надежность и устойчивость к сбоям. Связь системы сценариями работы судна позволяет оптимизировать работоспособность оборудования и использование системы в целом.

Однако перед тем, как использовать эти суда в коммерческих целях, необходимо провести тщательное изучение концепции системы тестирования, входящей в состав ЕСМДиТ. Для тестирования оборудования необходимо проводить различные типы проверок, которые имеют неразрывную связь с состояниями судна и сценариями плавания.

В целом единая система мониторинга, диагностики и тестирования для морских автономных надводных судов может значительно повысить эффективность и безопасность их эксплуатации, что в свою очередь может привести к снижению затрат на их обслуживание и повышению безопасности судоходства.

Список литературы

1. Kongsberg K-CMS [Электронный ресурс] URL: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/engines-engine-room-and-automation-systems/automation-safety-and-control/> (дата обращения: 19.03.2023)
2. Wärsilä_NACOS_MCS_Platinum_brochure/ 2016 /с. 1-4.

3. РМРС, Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС), НД № 2-030101-037, 2020. <https://lk.rs-class.org>
4. Stepanova V.I. Architecture and implementation principle of the unified system of monitoring, diagnostics and testing on maritime autonomous surface vessels / Proceedings of the International Science Conference "SCIENCE. EDUCATION. PRACTICE" (May 5, 2023). Delhi. In-dia.
5. Степанова, В. И. Автоматический контроль технического состояния МАНС: концепция тестирования / В. И. Степанова // Современные тенденции в науке и образовании: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, София, 14 июня 2023 года. – Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2023. – С. 30-36. – EDN UYISUQ.

References

1. Kongsberg K-CMS [Electronic resource] URL: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/engines-engine-room-and-automation-systems/automation-safety-and-control/> (accessed 19.03.2023)
2. Wärsilä_NACOS_MCS_Platinum_brochure/ 2016 / pp. 1-4.
3. RMRS, Regulations for the Classification of Offshore Autonomous and Remotely Operated Surface Vessels (IANS), ND No. 2-030101-037, 2020. <https://lk.rs-class.org>
4. Stepanova V.I. Architecture and implementation principle of the unified system of monitoring, diagnostics and testing on maritime autonomous surface vessels / Proceedings of the International Science Conference "SCIENCE. EDUCATION. PRACTICE" (May 5, 2023). Delhi. In-dia.
5. Stepanova, V. I. Automatic control of the technical condition of MANS: the concept of testing / V. I. Stepanova // Modern trends in science and education: proceedings of the International (extramural) scientific-practical conference, Sofia, June 14, 2023. - Neftekamsk: Scientific and Publishing Center "World of Science" (IP Vostretsov Alexander Ilich), 2023. - С. 30-36. - EDN UYISUQ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/ABOUT THE AUTHORS

Степанова Валерия Игоревна, курсант 6-го курса направления подготовки «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова», 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д.5/7, Stepanova505@yandex.ru

Смоленцев Сергей Викторович, д-р техн. наук, профессор, заведующий Кафедрой автоматики и вычислительной техники, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова», 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д.5/7

Valeriya I. Stepanova, 6th year cadet of the training direction "Technical operation of transport radio equipment", Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Russia, 5/7, Dvinskaya street, Saint-Petersburg, 198035

S. V. Smolentsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automatics and Computer Engineering, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Russia, 5/7, Dvinskaya street, Saint-Petersburg, 198035