



## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 303.05+656.62  
EDN YRHQTS

### НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОРСКОГО АВТОНОМНОГО И ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМОГО НАДВОДНОГО СУДНА (МАНС)

**Д.В. Литов**, канд. техн. наук, ФАУ «Российский морской регистр судоходства», 603003 Россия, Нижний Новгород, ул. Свободы, 15, офис 400, e-mail: litov.dv@rs-class.org

**О.С. Хватов**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», 603950 Россия, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: khvatov\_oleg@mail.ru

Приведены основные положения концепции полной автономности морского надводного дистанционно управляемого судна (МАНС). Исследование данного вопроса позволяет разработать структуру системы автоматического управления МАНС. Ставится цель помочь проектировщику разработать концепцию САУ МАНС. Приведены этапы решения задачи разработки структуры САУ МАНС в соответствии с требованиями Положений по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов РМРС. Сформирован перечень источников информации, образующих ситуационную осведомленность системы управления. Определен минимум необходимых подтверждений того, что представленная проектировщиком концепция обеспечивает уровень безопасности МАНС, эквивалентный или лучший по сравнению с обычным судном.

**Ключевые слова:** система управления, автономное и дистанционно управляемое морское надводное судно (МАНС), ситуационная осведомленность, эмпатия, черный ящик, структура системы управления, концепция САУ МАНС, разработка, РМРС, Положения МАНС.

**Для цитирования:** Литов Д.В. Некоторые аспекты построения структуры системы управления морского автономного и дистанционно управляемого надводного судна (МАНС) / Д.В. Литов, О.С. Хватов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 78. — С. 35 — 43. — EDN YRHQTS.

### SOME ASPECTS OF CONTROL SYSTEM STRUCTURE BUILDING FOR MARITIME AUTONOMOUS AND REMOTELY CONTROLLED SURFACE SHIPS (MASS)

**D.V. Litov**, PhD, FAI Russian Maritime Register of Shipping, 603003 Russia, Nizhny Novgorod, ul. Svobody, 15, room 400, e-mail: litov.dv@rs-class.org

**O.S. Khvatov**, DSc, Professor, Volga State University of Water Transport, 603950 Russia, Nizhny Novgorod, ul. Nesterova, 5, e-mail: khvatov\_oleg@mail.ru

The main provisions of the concept of full autonomy of maritime autonomous and remotely controlled surface ships (MASS) are given. The study of this issue allows to develop the structure of the automatic control system of a MASS ship. The goal is to help the designer develop the concept of ACS MASS. The stages of solving the problem of developing the structure of the MASS control system are in accordance with the requirements of the Regulations on the Classification of Marine Autonomous and Remotely Controlled Surface

Ships of the Russian Maritime Register of Shipping. The list of information sources forming situational awareness of the management system is formulated. The minimum necessary evidence has been determined that the concept presented by the designer ensures a safety level of the MASS equivalent to or better than that of a conventional ship.

**Keywords:** control system, autonomous and remotely controlled marine surface ship (MASS), situational awareness, empathy, black box, control system structure, MASS ACS concept, development, Russian Maritime Register of Shipping, Regulations on MASS.

**For citation:** Litov D.V., Khvatov O.S. Some aspects of control system structure building for maritime autonomous and remotely controlled surface ships (MASS). *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 78. P. 35 — 43. EDN YRHQTS. (In Russ.)

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время осуществляется федеральный проект «Автономное судовождение» в рамках инициативы «Маяки развития технологий», входящей в состав инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года. Паспорт проекта утвержден 26 декабря 2021 года Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20.05.2023 № 1315-р.

Проект «Автономное судовождение» включен в дорожную карту реализации стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года. Соответствующее распоряжение правительства РФ от 3 ноября 2023 года (№ 3097-р) опубликовано на портале правовых актов.

Результатом реализации проекта «Автономное судовождение» должен стать новый облик транспортной отрасли в области мореплавания за счет разработки и внедрения инновационных технологий. В дорожной карте проекта предусматривалось создание автономного портового флота из одной единицы в 2024 году и из трех — в 2025 году.

Теоретические изыскания в области безэкипажных судов и их систем автоматического управления ведутся давно [1, 2]. И в настоящее время появляется первый опыт проектирования и постройки морских автономных надводных судов и их систем автоматического управления (МАНС, САУ МАНС). Под этим подразумевается разработка проектной документации судна в постройке в соответствии с применимыми Положениями по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов Российского морского регистра судоходства 2022 года (далее — Положения МАНС) с учетом требований документации, перечисленной в п. 2.1.1 Положений МАНС. Однако проектными организациями предпринимаются попытки принятия новых технических решений касательно возникающих вопросов САУ МАНС на основе существующего опыта проектирования, когда за прототип берутся традиционные суда. При этом из разрабатываемых проектов автономных судов исчезает их основа — автономность (самоуправление) в смысле управления без оператора, как это предусматривается Положениями МАНС (см. п. 1.2.4 и определение: «Автономное управление — режим управления судном, системами и техническими средствами судна без участия человека»). Проектная работа в этом направлении ведется, и на момент написания статьи в Российский морской регистр судоходства (далее — РС, Регистр) представлен на рассмотрение проект МАНС портового буксира-автомата категории АС РС. Техническая документация проекта представлена ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова» (г. Новороссийск) [3].

Важно отметить, что в настоящее время подходы к проектированию САУ автономных судов проработаны слабо, и написание настоящей статьи продиктовано необходимостью показать вариант начального подхода к рассмотрению вопросов проектирования автономных судов и обоснования принятых решений, отвечающих требованиям существующих нормативных документов, в первую очередь требованиям Положений МАНС.

Ставится цель помочь проектанту разработать концепцию САУ МАНС (не только в объеме Приложения А, но и особенно в соответствии с требованием п. 2.1.2.2.1 Положений МАНС) для дальнейшего ее воплощения в технический проект.

Для достижения данной цели были сформулированы следующие задачи.

1. Определить источники информации, формирующие ситуационную осведомленность системы управления [4].
2. Получить начальное представление принципов построения структуры САУ для принятия решения о безопасности применения МАНС (концепция САУ МАНС с точки зрения п. 8.4.2.2 Положений МАНС).
3. Определить минимум необходимых подтверждений того, что представленная проектировщиком концепция обеспечивает уровень безопасности МАНС, эквивалентный или лучший по сравнению с обычным судном, спроектированным по существующим правилам РС, как это указано в п. 8.1 Положений МАНС.

Настоящая статья уделяет внимание первому этапу проектирования САУ МАНС наиболее сложной категории АС РС в соответствии с п. 1.2.4 Положений МАНС и отвечает на вопрос «что надо сделать как минимум», не беря во внимание вопрос «как это реализовать». Авторы сознательно в некоторых формулировках отходят от строго научного стиля изложения, чтобы важные, с нашей точки зрения, положения стали нагляднее и понятнее.

## МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Первым шагом проектирования САУ МАНС является разработка ее структурной схемы. И в этот момент с особой остротой встают вопросы: что надо сделать и какие элементы должна включать в свой состав структура? Каковы должны быть информационные связи? Мы бы хотели выделить главные, узловые вопросы принципов построения структуры системы, дать разработчику такой сложной системы, как САУ МАНС, принцип проектирования, начиная с того, какие минимальные действия необходимо выполнить в этом направлении.

Для проработки концепции САУ МАНС, которая определит и структуру связей САУ, зададимся следующим вопросом: что значит заменить человека-оператора (судоводителя) автоматическим устройством?

Чтобы ответить на этот вопрос, воспользуемся методом технической эмпатии и рассмотрим связку «окружающий мир — человек-оператор — объект управления». Структура этой связки, в плане приложений к САУ МАНС, представляется нам следующей:

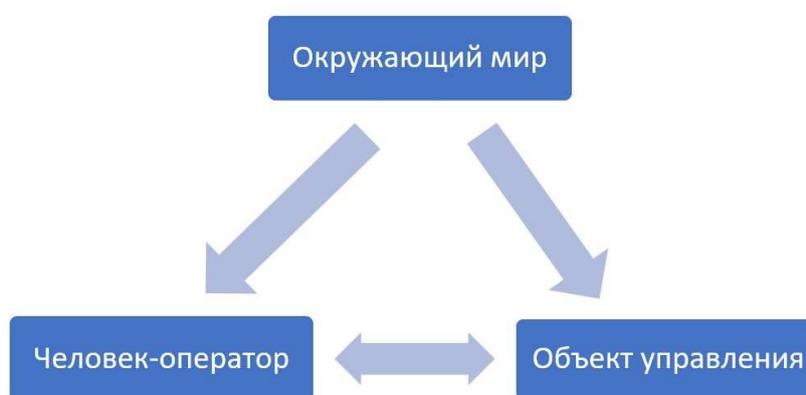


Рис. 1

«Окружающий мир» представляется нам комплексом сенсорных и мотивирующих факторов, побуждающих человека-оператора принимать решения.

«Объект управления» — это техническое средство, движение которого подчиняется соответствующим влияниям окружающего мира, собственного состояния и законам управления.

«Человек-оператор» — субъект, который определяет, задает и реализует эти законы управления.

Для дальнейшей формализации понятий представим эту тройственную систему в соответствии с парадигмой «черного ящика», применяемого с целью анализа автоматических устройств, когда важны множества входных и выходных сигналов, а внутренний состав технического устройства неизвестен.

Определим основные факторы, составляющие «окружающий мир» — первое множество входных сигналов. Используя метод эмпатии и основываясь на существующих экспертных оценках сенсорно-мотивирующих влияний внешней среды на человека-оператора, в состав факторов, способных активировать процесс принятия решения оператором МАНС, мы можем включить следующее:

- состояние внешней среды (окружающего мира);
- цель, ради которой реализуется управление;
- перечень активных эксплуатационных ограничений, действующих в процессе принятия решения;
- трафик;
- наличие входного управляющего сигнала (состояние радиовхода ДУ).

Рассмотрим эти факторы более подробно.

*Состояние внешней среды* определяется сигналами эхолота и метеорологического комплекса, установленного на судне и на берегу, а также долгосрочными прогнозами, полученными от береговых служб, включая НАВТЕКС и пр.

*Цель управления* — это не только переход из точки А в точку Б, но и задачи управления состоянием судовых технических средств в текущих режимах судна, включая аварийный. Под управлением мы понимаем воздействие не только на органы изменения навигационных параметров движения судна, но и на органы изменения состояния различных судовых систем и механизмов. Цель и задачи управления могут

корректироваться посредством приема/передачи новых данных по радиоканалу от центра дистанционного управления.

*Перечень активных ограничений* в процессе принятия решения включает в себя как технические средства, определяющие коридор движения судна, так и регулирующую документацию:

- систему маяков, образующую допустимый судовоход для организации движения судна и выполнения им различных операций, в том числе при взаимодействии с инфраструктурой;
- Правила управления автономными судами (утв. Приказом Минтранса России от 22.04.2024 № 140);
- Общие правила плавания и стоянки судов в морских портах Российской Федерации и на подходах к ним (утв. Приказом Минтранса России от 12.11.2021 № 395 (ред. от 04.12.2023));
- действующие правила нормативных документов для судна в зависимости от его режима работы (МПССС-72, портовые руководящие документы, портовые постановления и т.д.);
- другую необходимую нормативно-техническую и правовую документацию.

*Трафик* — это реконструкция окружающей обстановки в реальном масштабе времени с целью обнаружения объектов, представляющих максимальную опасность в процессе движения судна МАНС.

*Входной управляющий сигнал* — контроль перевода управления с автономного на дистанционное, контроль дистанционного управления. При наличии соответствующего управляющего сигнала автономное судно переходит на дистанционное управление. При этом осуществляется непрерывная идентификация наличия киберугроз и защита от них.

Таким образом может быть представлен минимальный перечень входных сигналов, образующих множество компонента «окружающий мир». Этот перечень прорабатывается проектировщиком в соответствии с требованием п. 9.1.1, 9.1.1.2 Положений МАНС и представляется в Регистр.

Второй компонент триады — «объект управления», то есть судно, может быть представлен вторым множеством входных сигналов — «ответов», перечисленных в разделе «Состояние объекта управления» (см. ниже), а также сигналов, которые необходимы САУ в качестве обратной связи.

Это множество сигналов прорабатывается проектировщиком в соответствии с требованиями ч. XI, XV Правил классификации и постройки морских судов РС (далее — Правила РС/К) применительно к конкретному оборудованию и представляется в Регистр в виде перечня сигналов в соответствии с требованием п. 3.2.8., ч. I Правил РС/К.

*Результаты самоконтроля объекта управления* — это результаты непрерывного автоматического самоконтроля как системы управления, так и объекта управления с помощью средств АПС.

*Состояние объекта управления* — текущий режим работы судна: маневрирование, ходовой, проход узкостей, погрузка, неисправность, авария, крен, дифферент, направление, скорость и др. в зависимости от типа судна. Сюда же входят и текущие технические характеристики судовых систем, оборудования и механизмов, подлежащих телеметрированию.

Перечисленные сигналы, входящие в первое множество «окружающий мир» и второе множество «объект управления», являются информационными источниками системы ситуационной осведомленности, о которой пойдет речь далее.

Третий элемент триады — «человек-оператор». Это алгоритмы управления, которые обрабатывают входные сигналы, перечисленные выше, способны активировать процесс принятия решения САУ МАНС без участия человека и обеспечивают уровень надежности не хуже требуемого п. 8.1 Положений МАНС.

Задачей системы управления является принятие решения об изменении курса и скорости судна, а также решения об изменении состояний объектов управления, другими словами — формирование множества выходных сигналов, воздействующих на:

- структуру СЭС;
- системы и механизмы МО, включая СЭУ;
- резервные механизмы;
- палубные механизмы;
- формирование отчетов для дистанционного центра управления.

Соответственно, чтобы перечисленные механизмы и системы были включены в контур управления, они в свою очередь должны отвечать требованиям ч. XV, в том числе разд. 7, Правил РС/К.

С учетом вышесказанного структура САУ МАНС может быть представлена следующим образом (рис. 2).

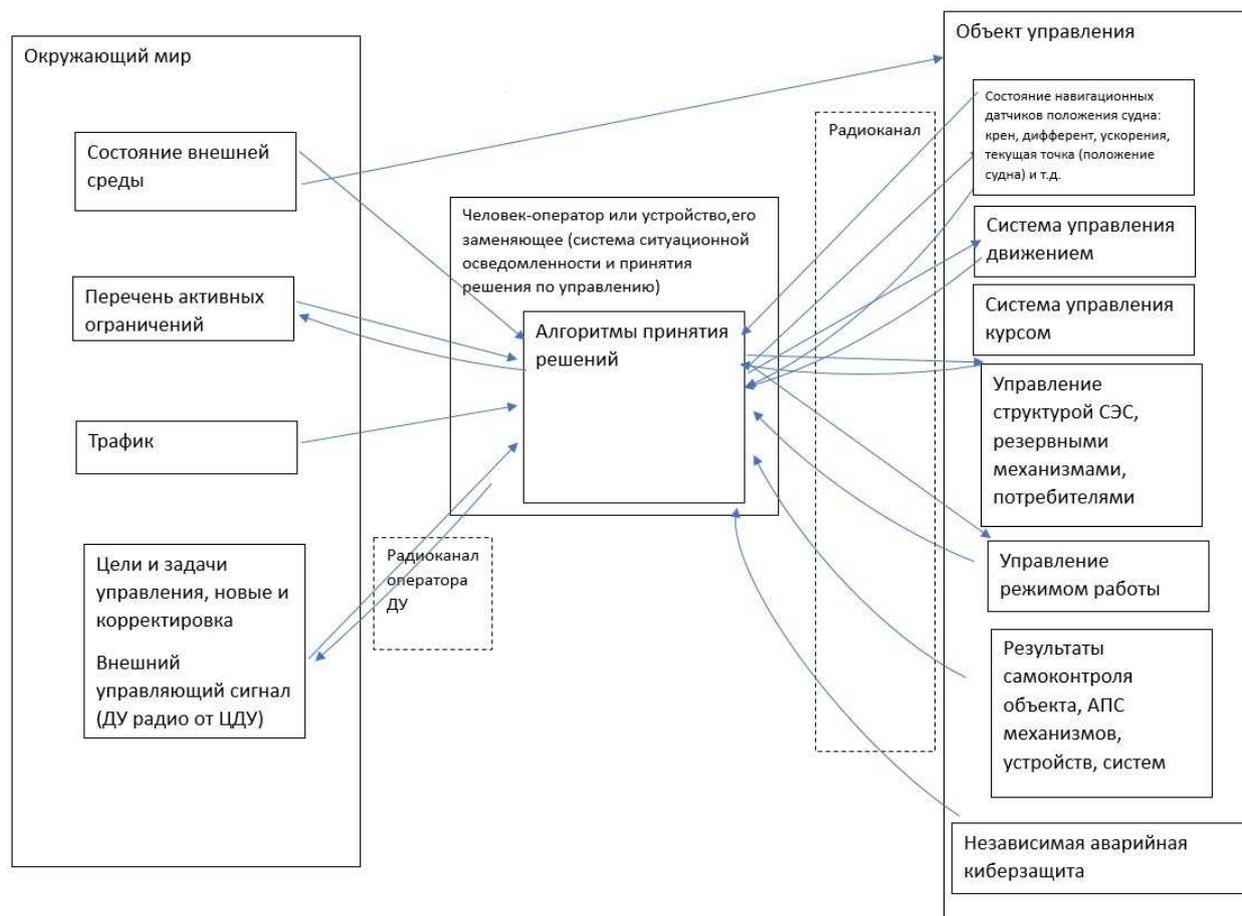


Рис. 2

Выше определена и представлена в графическом виде структура, которая может быть использована на начальном этапе проектных работ, а также перечислены источники информации, формирующие ситуационную осведомленность системы управления (задачи 1 и 2, см. Введение).

Далее определим, какие требования Правил РС и Положения МАНС распространяются на те или иные позиции предлагаемой структуры. Подтверждение соответствия этим требованиям, то есть подтверждение требуемого уровня безопасности, должно быть представлено в Регистр (задача 3, см. Введение).

*Состояние внешней среды* контролируется имеющимися на борту метеорологических комплексами, приемниками НАВТЕКС, получаемыми прогнозами погоды. Объем получаемой информации должен быть не менее требуемого п. 9.1.2.2 Положений МАНС. Метеорологические комплексы являются объектом технического наблюдения РС, имеют код номенклатуры 05220000 и отвечают требованиям ч. IV Правил по оборудованию морских судов.

На стадии проектирования разработчику следует представить техническую документацию, подтверждающую выполнение требования п. 9.1.2.2 Положений МАНС.

*Перечень активных ограничений* — это комплекс физических ограничений движения безэкипажного судна и различных законодательных указаний в соответствии с действующими документами (см. выше). Так, например, в соответствии с указанным в п. 2 Правил управления автономными судами, управление автономным судном в автоматическом режиме допускается осуществлять по заранее заданному маршруту. Это указание Правил учитывается требованием п. 2.1.2.7 и разд. 11 Положений МАНС. Для создания коридоров движения судов МАНС предусматривается разграничивающая движение разметка (п. 2.1.2.8.4 и разд. 11 Положений МАНС). Техническая документация должна быть представлена в объеме, указанном в п. 2.1.2.7 Положений МАНС.

*Внешний управляющий сигнал* — это дистанционное надежное и безопасное радиоуправление судном, осуществляемое человеком-оператором с пульта дистанционного управления. Подразумевается возможность не только изменения навигационных параметров движения судна, но и управления техническими средствами. Соответственно, этот радиоканал должен быть защищен от возможности несанкционированного доступа или перехвата (обеспечение кибербезопасности).

Учитывая тот значительный ущерб, который может быть нанесен в случае перехвата управления, по мнению авторов, кибербезопасность должна обеспечиваться не только защищенным радиоканалом и наличием демилитаризованных зон, но и независимой системой защиты (как это указано в ч. XV Правил РС) с постоянно действующими, неотключаемыми функциями:

- распознавания ситуации неизбежного столкновения;
- формирования команд экстренного изменения курса и остановки (реверса) СЭУ.

Требования к документации по радиооборудованию указаны в п. 2.1.2.3 с учетом требований по кибербезопасности п. 2.1.2.8, 2.1.2.8.2, его состав и функциональные возможности — в гл. 9.2 с учетом требований п. 9.2.1.5 и разд. 12 Положений МАНС. Выполнение указанных требований подтверждается соответствующей проектной документацией.

Перейдем к рассмотрению составляющих второго компонента — «объекта управления».

*Система управления движением* — управление СЭУ. Включает в себя силовую установку МАНС, электроэнергетическую систему (СЭС), движительный комплекс, систему управления ДАУ ГД (ДАУ ГЭУ), систему управления судовой электроэнергетикой. Остановимся на этом разделе более подробно.

В соответствии с требованиями гл. 9.4 Положений МАНС, судовая энергетическая установка включает в себя две системы управления:

- систему автоматического электроснабжения (п. 9.4.6 Положений МАНС);
- систему искусственного интеллекта СЭУ (п. 9.4.7 Положений МАНС).

Соответственно, система автоматического электроснабжения решает задачи управления структурой СЭС, резервным оборудованием СЭС, потребителями и т.д. Здесь под структурой СЭС понимается совокупность элементов в их определенном состоянии, входящих в состав судовой электростанции, объединенных в электроэнергетическую систему (источники, коммутационные и защитные устройства, фидеры и т.д.).

Система автоматического управления электроснабжением на основании анализа входных сигналов должна выполнять такой алгоритм управления, при котором обеспечивается построение связанной структуры СЭС максимальной пропускной способности (все необходимые шины ГРЩ под напряжением), с минимальным числом связей (структура без циклов (граф, дерево графа) для обеспечения безопасности электроснабжения).

Касательно управления силовой установкой (СЭУ) МАНС может быть предложено применение системы искусственного интеллекта (ДАУ ГД, ГЭУ) для контроля состояния и управления двигателями, в том числе посредством интеллектуального регулятора оборотов ГД и ДГ [5,6]. В этом случае критериями безопасности могут быть не только задачи обеспечения хода во всех режимах работы судна (т.е. обеспечение надежности СЭУ), но и критерии экономичного потребления топлива с учетом современных требований к контролю вредных выбросов. Успешное решение многокритериальных задач в наше время может быть получено с использованием нейронных сетей, в частности наиболее подходящих для этих целей (построения ассоциативной памяти САР рейкой топливного насоса дизельного двигателя), по мнению авторов, радиально-базисных (RBFN) сетей. Естественно, что технические решения, основанные на этой теории, имеют весомое преимущество в простоте, гибкости и, следовательно, универсальности и надежности, по сравнению, например, с техническими решениями, основанными на возрождаемой сейчас теории перцептронов.

Техническая документация в объеме п. 2.1.2.5.1 (система автоматического электроснабжения с учетом требований п. 9.4.6) и п. 2.1.2.5.2 (система искусственного интеллекта СЭУ с учетом требований п. 9.4.7) Положений МАНС должна быть представлена в Регистр. Применимые требования ч. XI, XV Правил РС должны быть выполнены.

*Система управления курсом* представляет собой комплекс навигационного оборудования, обеспечивающий маневрирование и движение судна по заданному маршруту. Техническая документация разрабатывается в объеме требований п. 2.1.2.4, 2.1.2.6.3 с учетом требований гл. 9.3 и 10.3 Положений МАНС. Состав навигационного оборудования тесно связан с системой ситуационной осведомленности.

*Управление режимом работы объекта* — это определение, в каком состоянии находится объект управления и в какой режим работы его требуется перевести в зависимости от выполняемых им задач. Понятно, что в зависимости от этих факторов будет выбран тот или иной алгоритм управления объектом.

*Результаты самоконтроля объекта управления*, АПС механизмов: на борту судна должен непрерывно выполняться автоматический самоконтроль оборудования, систем и механизмов с формированием сигналов АПС, передаваемых в ЦДУ по радиоканалу. Объем контролируемых параметров должен отвечать в том числе и требованиям ч. XI, а также разд. 4 и 7 ч. XV Правил РС.

Перейдем к рассмотрению центральной части структуры, а именно САУ МАНС, подходу к разработке и получению структуры которой и посвящена данная статья. Это основная система, которая выделяет МАНС

из множества других и определяет степень автономности судна от человека-оператора. В соответствии с п. 9.1.1.3 Положений МАНС, система обеспечения ситуационной осведомленности, в зависимости от уровня автоматизации судна, может решать задачу выработки команд для управляющего воздействия. В этом случае она должна называться системой ситуационной осведомленности и принятия решения по управлению (управление не только параметрами движения, но и состоянием технических средств на борту). Объем технической документации, который необходимо представить Регистру для рассмотрения, указан в п. 2.1.2.2 Положений МАНС. С учетом требований к составу радио- и навигационной аппаратуры, необходимой для работы системы ситуационной осведомленности, (см. п. 9.1.2.8), в объем технической документации входит указанное в п. 2.1.2.3 и 2.1.2.4 Положений МАНС.

Рассмотрение состава и структуры системы ситуационной осведомленности и принятия решения по управлению выходит за рамки настоящей статьи, однако авторы считают необходимым сказать несколько слов по этому вопросу.

Из всего множества определений термина «ситуационная осведомленность» приведем следующее: «Ситуационная осведомленность — это ментальная модель состояния окружающей среды, объекта управления, целей и ограничений в их взаимосвязи, имеющаяся у людей, принимающих решение». По сути дела, это та триада, о которой говорилось выше, но представленная как единое целое — модель картины мира, которая возникает в сознании человека-оператора. Поэтому для достижения поставленной цели — разработки системы ситуационной осведомленности — необходимо разработать техническое устройство с формированием в его памяти такой ментальной модели ситуации, которая по составу и информативности была бы аналогична человеческой. Результатом обработки входной ситуации, если снова применить метод эмпатии, является ответ на три онтологических вопроса: «кто я?» — текущее состояние, режим работы, самоидентификация и самоконтроль систем объекта управления, «где я?» — текущая картина мира, «зачем я?» — остальное из вышеуказанного определения ситуационной осведомленности.

#### **Блок принятия решения по управлению.**

Если структура и состав технических средств, входящих в систему ситуационной осведомленности, в настоящее время более-менее понятен и пока что отчасти технически реализуем, то программное ядро, алгоритмы управления принятием решения, не уступающие по эффективности человеку-оператору (уровень «сознания» управляющего «поведением» объекта, его движением и реакцией на события окружающей «сцены»), все еще находятся на стадии разработки. Это и является в настоящее время центральной проблемой в области беспилотных транспортных средств категории АС (табл. 1.2.4 Положения МАНС). Решение этой проблемы до настоящего времени не завершено, несмотря на серьезные усилия в этой области [7 — 9].

Разработка такого алгоритма, по всей видимости, может быть построена на основании следующих рассуждений.

Первое. Как было сказано ранее, алгоритм управления должен заменить человека-оператора. Поэтому насколько человек детерминирован в процессе управления, настолько должен быть детерминирован и заменяющий его алгоритм. Степень детерминированности человека можно оценить, обратившись к вышеизложенному определению ситуационной осведомленности. Хотя одинаковые входные данные обеспечивают одинаковый результат, пути достижения этого результата при управлении человеком-оператором могут различаться в зависимости от результатов анализа текущей ситуации. Аналогичный подход может быть реализован и при разработке алгоритма автоматического управления (о чем подробнее ниже).

Второе. Автоматическое устройство, так же, как человек, должно «понимать» текущую ситуацию, в которой находится объект. Кроме всего прочего, это значит уметь объяснить, то есть ответить на вопрос «почему ты сделал так?», понимать, что происходит вокруг, определять перечень опасностей и составлять их рейтинг. Далее, по результатам анализа текущей ситуации и вариантов развития событий в ближайшем будущем (прогнозирование событий — вот где оно, это не функция системы ситуационной осведомленности, там решаются другие задачи) выбрать такую траекторию движения объекта управления, которая бы минимизировала максимальную опасность в текущей ситуации (например, снизить/увеличить скорость, изменить курс, выполнить маневр «уклонение» и т.п. в объеме знаний специализации «Судовождение»). При этом блок ситуационной осведомленности непрерывно передает полученную информацию в блок принятия решения по управлению. Последний активизируется каждый раз после идентификации очередного элемента окружающего мира (после каждого сканирования сцены выполняется передача параметров присутствующих на ней элементов (курс, скорость, размер объекта и т.д.).

Таким образом, система автоматического управления не должна быть только переборной: невозможно заранее все предугадать, все заложить в память управляющего устройства и всему его научить. Система управления, так же как человек-оператор, должна каждый раз самостоятельно конструировать решение на основании единого минимаксного закона, проводя анализ текущей ситуации. При этом должен использо-

ваться и стандартный набор решений (ответов) на стандартные ситуации в случае их появления (имитация опыта человека-оператора).

Возможно, что этот алгоритм будет основан на применении нейронных сетей с автоматическим процессом их обучения с использованием генератора случайных ситуаций (понятно, что от глубины генерирования будет зависеть и время обучения). Обученный таким образом алгоритм подлежит проверке сначала на имитационном стенде, а потом в опытовом бассейне (водоеме) на судне-модели при симуляции различных погодных условий с одновременным созданием помех другими судами-моделями, изменяющими скорость и направление, как это указано в п. 4.5 Положений МАНС.

Во всяком случае в настоящее время пока еще нет требований к алгоритмам системы ситуационной осведомленности и принятия решений, и в процессе их создания следует руководствоваться указанным в гл. 8.1, п. 8.4.2 Положений МАНС в части обеспечения уровня безопасности, эквивалентного или лучшего по сравнению с обычным судном, спроектированным и эксплуатируемым в соответствии с существующими правилами и нормами РС. Соответственно, принятые технические решения в части разработки алгоритма управления, подтверждающие его безопасность и надежность, должны быть задокументированы и представлены Регистру для рассмотрения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье рассмотрен подход к разработке концепции САУ МАНС с учетом требований нормативных документов РС, в том числе Положений МАНС:

- проработан перечень источников информации, формирующих ситуационную осведомленность системы управления;
- представлен принцип построения структуры САУ — для возможности принятия решения о безопасности применения МАНС (концепция САУ МАНС с точки зрения п. 8.4.2.2 Положений МАНС);
- определен минимум необходимых подтверждений того, что представленная проектировщиком концепция обеспечивает уровень безопасности МАНС эквивалентной или лучшей по сравнению с обычным судном, спроектированным согласно существующим правилам РС, как это указано в п. 8.1 Положений МАНС. Подтверждения выполнения требований Правил РС и Положений МАНС.

Поскольку в настоящее время опыт проектирования систем МАНС еще только набирает силу [10], разработчику следует в максимально открытой форме представить в РС техническую документацию, кроме всего прочего, раскрывающую решения вопросов, составляющих элементы структуры, полученной в настоящей статье.

В соответствии с требованием 8.5.1 Положений МАНС результаты разработки концепции оформляются в виде пояснительной записки и должны быть представлены Регистру разработчиком либо самостоятельно, либо в составе концепции использования МАНС.

Статья не является окончательной инструкцией по проектированию, и авторы с благодарностью воспримут критику от читателей по адресу [litov.dv@rs-class.org](mailto:litov.dv@rs-class.org).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каретников В.В. К вопросу разработки основных концептуальных положений системы дистанционного управления техническим флотом / В.В. Каретников, С.В. Рудых, А.А. Буцанец // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2019. — № 2. — С. 7 — 15.
2. Литов Д.В. Математическое обеспечение автоматического управления судовой электроэнергетикой на базе итеративных методов обработки информации: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Литов; С.-Петерб. гос. ун-т водных коммуникаций. — СПб., 1995. — 20 с.
3. Сенченко В. В окружении стаи буксиров-роботов / В. Сенченко, В. Дергилев // Морской флот. — 2023. — № 3. — С. 32 — 35.
4. Степанова В.И. Единая система мониторинга, диагностики и тестирования оборудования на МАНС: принцип реализации и возможности / В.И. Степанова, С.В. Смоленцев // Актуальные решения проблем водного транспорта: м-лы II Междунар. науч.-практ. конф. — Астрахань, 2023. — С. 411 — 416.
5. Хватов О.С. Автономные генераторные установки на основе двигателей внутреннего сгорания переменной частоты вращения / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Самоявчев, И.С. Поляков. — Н. Новгород: Нижегородский гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2016. — 172 с.
6. Хватов О.С. Повышение эффективности дизель-генераторной электростанции / О.С. Хватов, Д.С. Кобяков // Электротехника. — 2020. — № 12. — С. 25 — 31.
7. Ураков А.Р. Актуальные проблемы автоматического управления транспортными средствами / А.Р. Ураков, Т.В. Тимеряев // Интеллектуальные технологии на транспорте. — 2021. — № 1. — С. 125 — 130.

8. Ураков А.Р. Возможность частичной реализации при алгоритмическом подходе и большом списке сущностей / А.Р. Ураков, Г.И. Федорова // Системная инженерия и информационные технологии. — 2022. — Т. 4. — № 2(9). — С. 44 — 48. — DOI: 10.54708/26585014\_2022\_42943.
9. Чабак А.А. Обзор актуальных алгоритмов по оптимизации маршрутов автономных судов / А.А. Чабак // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 2. — С. 259 — 270. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-2-259-270.
10. Васильев В. Суда без экипажей: перспективы и варианты / В. Васильев // Морские вести России. — 04.07.2019. [Электронный ресурс] URL: <https://morvesti.ru/analitika/1692/79474/> (дата обращения 03.03.2025).

## REFERENCES

1. Karetnikov V.V., Rudykh S.V., Butsanets A.A. On the issue of developing conceptual statements of technical fleet remote control system. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019. No. 2. P. 7 — 15. (In Russ.)
2. Litov D.V. Matematicheskoe obespechenie avtomaticheskogo upravleniya sudovoi elektroenergetikoi na baze iterativnykh metodov obrabotki informatsii [Mathematical support of automated control of ship electric power system on the basis of iterative methods of information processing: PhD thesis abstr.]. St. Petersburg, 1995. 20 p.
3. Senchenko V. V okruzhenii stai buksirov-robotov [Surrounded by a pack of robot tugboats]. *Morskoi Flot = Maritime Fleet*. 2023. No. 3. P. 32 — 35.
4. Stepanova V.I., Smolentsev S.V. Unified system for monitoring, diagnostics and testing of equipment at MASS: implementation principle and opportunities. *Aktual'nye resheniya problem vodnogo transporta [Current Solutions to Water Transport Problems: Proc. of II International Research and Practice Conf.]* Astrakhan, 2023. P. 411 — 416.
5. Khvatov O.S., Dar'enkov A.B., Samoyavchev I.S., Polyakov I.S. Avtonomnye generatornye ustanovki na osnove dvigatelei vnutrennego sgoraniya peremennoi chastoty vrashcheniya [Autonomous generator sets based on variable-speed internal combustion engines]. Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, 2016. 172 p.
6. Khvatov O.S., Kobyakov D.S. Increasing the efficiency of a diesel-generator power plant. *Russian Electrical Engineering*. 2020. No. 12. P. 742 — 748.
7. Urakov A.R., Timeryaev T.V. Actual problems of autonomous vehicle control. *Intellectual Technologies on Transport*. 2021. No. 1. P. 125 — 130. (In Russ.)
8. Urakov A., Fedorova G. Partial implementation capability with algorithmic approach and large list of entities. *Systems Engineering and Information Technologies*. 2022. Vol. 4. No. 2(9). P. 43 — 48. DOI: 10.54708/26585014\_2022\_42943. (In Russ.)
9. Chabak A.A. Overview of current algorithms for autonomous vessels route optimization. *Vestnik Gosudarstvennogo Universiteta Morskogo i Rechnogo Flota Imeni Admirala S.O. Makarova*. 2024. Vol. 16. No. 2. P. 259 — 270. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-2-259-270. (In Russ.)
10. Vasil'ev V. Suda bez ekipazhei: perspektivy i variant [Crewless ships: prospects and options]. *Maritime News of Russia*. 04.07.2019. URL: <https://morvesti.ru/analitika/1692/79474/> (accessed 03.03.2025).