

УДК 656.61.052:621.396

КЛЮЧЕВЫЕ ВЫЗОВЫ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ МОРСКИХ АВТОНОМНЫХ СУДОВ

Стадников Виктор Юрьевич¹, курсант

e-mail victor01.02@yandex.ru

Писарева Анна Владимировна¹, аспирант

annazavdoveva99@gmail.com

Бочарова Виктория Валерьевна¹, к.т.н., доцент

e-mail: bocharova@msun.ru

¹ Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, Владивосток, Россия

Аннотация. Выполнена оценка систем радиосвязи, применяемых на морских автономных надводных судах (МАНС), с учётом нормативов ИМО, СОЛАС, ГМССБ и требований Российского морского регистра судоходства. Описаны технические средства для уровней автономности 1–3. Установлены юридические ограничения для достижения четвёртого уровня автономности (отсутствие Кодекса МАНС ИМО, нерешённые вопросы ГМССБ, несогласованность систем менеджмента безопасности в береговых центрах). Согласно исследованию в ближайшие годы практической достижимости эксплуатации возможны уровни автономности МАНС 2.0–3.0.

Ключевые слова: морские автономные надводные суда (МАНС), радиосвязные системы, ИМО, нормативно-правовые режимы, Российский морской регистр судоходства.

KEY CHALLENGES IN CREATING RADIO COMMUNICATION SYSTEMS FOR AUTONOMOUS MARINE VESSELS

Viktor Yu. Stadnikov¹, Cadet

e-mail victor01.02@yandex.ru

Anna V. Pisareva¹, Doctoral Student

annazavdoveva99@gmail.com

Viktoria V. Bocharova¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: bocharova@msun.ru

¹ Admiral G.I. Nevelsky Maritime State University, Vladivostok, Russia

Abstract. An assessment of radio communication systems used on Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) has been carried out, taking into account the regulations of IMO, SOLAS, GMDSS and the requirements of the Russian Maritime Register of Shipping. Technical means for autonomy levels 1–3 are described. Legal limitations for achieving the fourth level of autonomy (absence of the IMO MASS Code, unresolved GMDSS issues, inconsistency of safety

management systems in shore control centres) have been identified. According to the study, autonomy levels MASS 2.0–3.0 are practically achievable in the coming years.

Keywords: Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), radio communication systems, IMO, legal and regulatory frameworks, Russian Maritime Register of Shipping.

Введение

Текущий этап развития морской отрасли отличается активной цифровой трансформацией и внедрением алгоритмов искусственного интеллекта. Весьма перспективным направлением признано создание морских автономных надводных судов (МАНС), эксплуатация которых не требует постоянного нахождения экипажа. Подобные плавсредства позволяют снизить влияние человеческого фактора – главной причины аварийности на флоте, повысить эффективность логистики и уменьшить операционные издержки. Вместе с тем переход к автономному судоходству невозможен без кардинальной модернизации систем радиосвязи и каналов передачи информации, выполняющих функцию «нервной системы» судна и обеспечивающих его связь с береговыми центрами управления, другими объектами и глобальными сервисами безопасности. Цель настоящей работы – анализ нормативных требований, предъявляемых к морским автономным надводным судам, а также обзор существующих технических решений для организации радиообмена данными.

Нормативно-правовая база и категоризация уровней автономности (МАНС)

Правовое обеспечение процессов проектирования и эксплуатации МАНС находится в стадии активного становления как в мире, так и в России. Отсутствие единых обязательных норм долгое время тормозило прогресс, однако в последнее время и международное сообщество, и Российская Федерация предприняли заметные шаги по ликвидации правовых лакун.

На глобальном уровне ведущая роль принадлежит Международной морской организации (ИМО), которая в 2018 году запустила процедуру нормативной проверки (regulatory scoring exercise) для оценки применимости действующих конвенций к автономным судам. По итогам установлено, что некоторые положения СОЛАС-74, МППСС-72, ПДНВ и иных документов нуждаются в корректировке.

В 2020 году ИМО утвердила четырехуровневую классификацию автономности МАНС, получившую широкое признание [1]:

1. МАНС 1.0 – автоматизация отдельных процессов и поддержка принятия решений при нахождении экипажа на борту.
2. МАНС 2.0 – судно под дистанционным управлением, но с экипажем, готовым к вмешательству.
3. МАНС 3.0 – дистанционно управляемое судно без экипажа.
4. МАНС 4.0 – полностью автономное судно, где решения принимает бортовая система.

В настоящее время ИМО разрабатывает обязательный Кодекс МАНС, вступление которого в силу ожидается не ранее 2028 года. До этого момента использование автономных судов возможно только в рамках национальных экспериментальных правовых режимов либо при сохранении на судне экипажа, способного принять управление.

Касательно Глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ): её требования (глава IV СОЛАС-74) остаются обязательными для всех судов в международном рейсе [2]. В соответствии с правилом 4 главы IV СОЛАС-74, каждое судно в море должно быть способно передать оповещение о бедствии двумя независимыми средствами. Также



требуется непрерывное наблюдение на 70-м канале ОВЧ ЦИВ, на частоте бедствия 2187,5 кГц (СЧ) и на 16-м канале ОВЧ с места, откуда обычно осуществляется управление. Для полностью автономного судна (уровень 4) эти положения пока не адаптированы – отсутствует юридическое лицо, выступающее в роли «оператора радиовахты», что является одним из ключевых юридических препятствий [2].

В России базовый документ – «Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС)» Российского морского регистра судоходства (РС), действующие с 1 августа 2020 года (актуализированы в июле 2024 года) [1].

Положения вводят составное обозначение категории судна, отражающее способ управления в море и в стеснённых условиях (табл. 1). Примеры: АС-МС (автономное управление в открытом море, ручное – в узкостях и порту), RC_{МС} – MC_{DS} (дистанционное управление с возможностью перехода на ручное в море, ручное с поддержкой решений в стеснённых условиях) [1].

Таблица 1. Составные обозначения

Обозначение	Способ управления	Наличие экипажа
МС	Ручное управление	человек на борту
MC _{DS}	Ручное управление с поддержкой принятия решения	человек на борту
RC _{МС}	Дистанционное управление с возможностью перехода на ручное	человек на борту
RC	Дистанционное управление	нет человека на борту
АС	Автономное управление	нет человека на борту

Примеры составного обозначения: АС-МС (АС – автономное движение в море, МС – ручное при проходе узкостей и заходе в порт); RC_{МС} – MC_{DS} (RC_{МС} – дистанционное управление с ручным переходом в море, MC_{DS} – ручное с поддержкой решений в стеснённых условиях).

Ключевые предписания Положений РС к системам связи и обмена информацией МАНС [1]:

1. Непрерывность связи: радиосредства должны гарантировать постоянное информационное взаимодействие на всём протяжении рейса, включая автоматический выбор канала при смене навигационных районов.

2. Резервирование: каждое МАНС должно оснащаться не менее чем двумя комплектами оборудования всех подсистем, каждый из которых может находиться в «горячем» резерве.

3. Самодиагностика: всё оборудование должно иметь встроенные средства самодиагностики и сигнализации с отправкой тревожных сообщений в систему управления и центр дистанционного управления (ЦДУ).

4. Автоматический переход в состояние минимального риска: системы МАНС обязаны реагировать на изменения внешних условий и параметров судна, самостоятельно переходя в безопасный режим при выходе значений за допустимые пределы.

5. Обязательная «Концепция использования МАНС» – документ, описывающий основные характеристики судна, условия его применения, параметры движения, сценарии смены режимов управления и меры защиты от несанкционированного доступа.

Федеральный закон № 294-ФЗ ввёл в российское правовое поле понятие «полностью автономное судно» (способное плавать без экипажа), что создало национальную экспериментальную платформу. Однако, как отмечают эксперты, действующая редакция



закона содержит множество юридических проблем – вопросы ответственности за ущерб, страхования, соблюдения требований ПДНВ в отношении «берегового экипажа» [3, 4].

Положения РС отдельно регламентируют создание и функционирование Центров дистанционного управления (ЦДУ) [1]. Администрация ЦДУ – организация, отвечающая за создание, эксплуатацию и развитие центра. В режиме дистанционного управления радиосредства должны обеспечивать:

- передачу в ЦДУ в реальном времени данных об окружающей среде;
- двусторонний обмен информационными потоками для гарантированной доставки команд в системы движения и маневрирования;
- отправку команд на смену режима управления МАНС (переключение между автономным и дистанционным режимами);
- передачу сведений о техническом состоянии оборудования, груза и экологической обстановке;
- приём карт и корректур электронной картографической навигационной информационной системы (ЭКНИС);
- пересылку в ЦДУ данных, хранящихся на сервере автономного судна.

Важное требование: при дистанционном управлении, если качество связи падает ниже установленных параметров, судно должно автоматически переходить на автономную навигацию (либо в состояние минимального риска) [1].

Для проверки работоспособности МАНС Положения РС предусматривают три типа испытаний [1]:

- Т1 (начальное тестирование) – выполняется при вводе нового оборудования в эксплуатацию. Цель: проверка работоспособности и соответствия документации. Результат – одобренные характеристики судна.
- Т2 (периодическое тестирование) – проводится периодически (по предписаниям Регистра) либо при изменении конструкции судна или существенной замене оборудования. Цель: подтверждение неизменности одобренных характеристик либо корректировка функциональности и ограничений.
- Т3 (текущее тестирование) – проводится каждый раз в ходе эксплуатации перед сменой состояния судна в штатном режиме. Цель: обеспечение нормальной работоспособности оборудования в текущий момент.

Согласно Положениям, автономное судно может эксплуатироваться в трёх режимах [1]: А – штатном, В – нештатном, С – восстановления. В каждом режиме МАНС может находиться в одном из состояний: А1 (типовое), А2 (специальное), А3 (ограниченное), В1 (резервное), В2 (аварийное), С (восстановление).

Одной из наиболее сложных правовых коллизий, выявленных в исследовании, является противоречие систем управления безопасностью (СУБ). Традиционная модель Международного кодекса управления безопасностью (МКУБ/ISM Code) требует от каждой судоходной компании собственной СУБ и Документа о соответствии (ДСК). При переходе к 4-му уровню автономности суда разных компаний (с разными СУБ и требованиями государства флага) могут управляться из одного ЦДУ. Это порождает конфликт: операторы ЦДУ вынуждены одновременно соблюдать несколько несовместимых систем менеджмента [1].

В качестве предлагаемого решения, обсуждаемого в рабочих органах ИМО и отражённого в передовых национальных практиках (включая российскую), вводится новый субъект – Лицо, ответственное за менеджмент дистанционного управления (Remote Operation Manager, ROM). Эта организация будет разрабатывать единую сертифицированную систему управления для ЦДУ, обязательную для всех, кто управляет автономными судами из берегового центра.



Техническая реализация систем радиосвязи для различных уровней МАНС

В работе представлена систематизация эволюции бортовых комплексов по аналогии с живым организмом: «чувства» (сенсоры), «мозг» (ИИ), «нервная система» (связь), «мышцы» (исполнительные механизмы). Для каждого уровня автономности предложен соответствующий набор оборудования.

На уровне МАНС 1.0 управление судном осуществляется экипажем с поддержкой средств автоматизации. Ключевую роль играют интегрированные мостиковые системы (например, Furuno FE-800), объединяющие данные эхолота, радара и GPS [5, 6], а также датчики мониторинга технического состояния (вибрация, температура) типа SKF Multilog [7]. Основная задача – автоматизация отдельных операций под контролем человека.

На уровне МАНС 2.0 судно способно самостоятельно двигаться в открытом море, но экипаж остаётся на борту. Требуется установка:

- систем технического зрения: тепловизионные камеры FLIR M132/M332, обеспечивающие видимость днём и ночью [8];
- лидарных систем: твердотельный лидар Velarray M800 (дальность до 200 м, формирование 3D-облака для обнаружения малых объектов – буёв, маломерных судов) [9];
- навигационного ПО с ИИ: система Lookout 3.0, выполняющая слияние данных (Data Fusion) с камер, радара, АИС и эхолота, а также создающая интерфейс дополненной реальности (AR) на базе протокола NMEA [10–12];
- высокоскоростной спутниковой связи: VSAT-терминалы (например, Sailor 900 VSAT) в Ku- или Ka-диапазоне для передачи видео и телеметрии в реальном времени на берег [13].

На уровне МАНС 3.0 судно функционирует без экипажа в определённой зоне, управление осуществляется из ЦДУ. Ключевые требования:

- полная компьютеризация систем управления движением (например, система дистанционного автоматизированного управления «ИМПУЛЬС», сертифицированная РМРС, с поддержкой интерфейсов RS-422/485, Modbus, CAN, NMEA) [14];
- системы дистанционного мониторинга «Цифровое судно» для удалённого контроля технического состояния механизмов, расхода топлива и общесудовых систем (освещение, климат-контроль) [15];
- обязательное резервирование всех критических каналов связи («горячий резерв» не менее двух комплектов оборудования) и комплексная кибербезопасность [1].

Четвёртый уровень предполагает полностью автономное судно, способное действовать в любых условиях без вмешательства человека. Технические предпосылки (продвинутый ИИ для принятия решений в нештатных ситуациях, высокая избыточность и отказоустойчивость всех систем) уже существуют, но основными барьерами остаются:

1. Юридические аспекты: отсутствие обязательного Кодекса МАНС ИМО (ожидается после 2028 года) и неопределённость с ответственностью за приём сигнала бедствия [2]. Для полностью автономного судна, где нет экипажа, не установлены требования по выполнению обязанностей, связанных с безопасностью на море.

2. Конфликт систем управления безопасностью (СУБ): традиционная модель МКУБ ориентирована на наличие экипажа на борту. При управлении из одного ЦДУ судами разных компаний (с разными СУБ и флагами) возникает противоречие.

3. Технологии связи: требуется автоматический выбор канала связи (Wi-Fi, 4G/5G, VSAT, низкоорбитальные спутники, СЧ/ВЧ) в зависимости от района плавания, как предложено в плане е-навигации Международной ассоциации маячных служб (МАМС) с разделением на зоны от портовой (A1) до открытого моря и полярных областей (A4) [1].



В краткосрочной перспективе (2024–2026 гг.) достижение МАНС 4.0 в коммерческой эксплуатации маловероятно. Наиболее реалистичным уровнем эксперты считают МАНС 2.0 с дистанционным управлением и сокращённым экипажем на борту [16].

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Российская нормативная база (Положения РС, Федеральный закон № 294-ФЗ) формирует основу для экспериментальной эксплуатации МАНС, однако нуждается в доработке в части управления безопасностью в ЦДУ и регулирования вопросов ответственности для полностью автономных судов.

2. Технические средства для уровней МАНС 1.0–3.0 имеются на рынке и включают как зарубежные (Furuno, FLIR, Velodyne), так и отечественные компоненты (ДАУ «ИМПУЛЬС», сервисы «РТКОММ»). Ключевую роль играют системы слияния данных на основе ИИ и высокоскоростные спутниковые каналы.

3. Переход к МАНС 4.0 сдерживается в первую очередь не технологическими, а правовыми и организационными факторами – кибербезопасность, международная гармонизация законодательства, подготовка «береговых капитанов». Полноценное функционирование системы Legal & Operations станет возможным только после 2028 года.

Таким образом, создание эффективной системы радиосвязи для МАНС представляет собой комплексную задачу, требующую интеграции современных сенсоров, интеллектуальных алгоритмов и надёжных каналов передачи данных, что в совокупности обеспечит безопасность и экономическую эффективность автономного судоходства.

Список литературы:

1. Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС) // Российский морской регистр судоходства. – Санкт-Петербург, 2022. – 96 с.

2. Правила по оборудованию морских судов. Часть 4. Радиооборудование // Российский морской регистр судоходства. – Санкт-Петербург, 2025. – 56 с.

3. Россия первой в мире получит автономные морские суда [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2021/08/17/reg-szfo/rossiia-pervoj-v-mire-poluchit-avtonomnye-morskije-suda.html> (дата обращения: 05.01.2026).

4. Безэкипажное судовождение, Беспилотные морские суда. – URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 05.03.2026).

5. FE-800 Навигационный эхолот FURUNO. – URL: <https://furuno.ru/navigacija/navigacionnyi-ehkholot/fe-800/> (дата обращения: 07.03.2026).

6. Furuno FE-800 – навигационный эхолот : технические характеристики. – URL: <https://furuno.nt-rt.ru/images/manuals/48.pdf> (дата обращения: 07.03.2026).

7. Он-лайн система мониторинга SKF Multilog System WMx – CMWA 7830. – URL: <https://bergab.ru/newsrss/feed190319.shtml> (дата обращения: 07.03.2026).

8. RAYMARINE FLIR M132 (E70432). – URL: <https://moresolutions.ru/flir-m-132> (дата обращения: 09.03.2026).

9. TechInsights Teardown: Velodyne Velarray H800 lidar. – URL: <https://electronics360.globalspec.com/article/19744/techinsights-teardown-velodyne-velarray-h800-lidar> (дата обращения: 09.03.2026).

10. LookoutAI. – URL: <https://www.lookout.com/> (дата обращения: 13.03.2026).

11. Спутниковый маяк LookOut 3.0 : Руководство по эксплуатации. – URL: <https://lkt.ssoft24.com/> (дата обращения: 13.03.2026).



12. Lookout introduces third-generation version of its AI navigation platform. – 2025. – URL: <https://marineindustrynews.co.uk/lookout-3-0-launches/> (дата обращения: 13.03.2026).
13. Идем цифровым курсом: «РТКОММ» представляет технологии эффективного флота. – 2025. – URL: <https://paluba.media/news/200646> (дата обращения: 17.03.2026).
14. Система дистанционного автоматизированного управления ДАУ «ИМПУЛЬС». – URL: <https://ruselco.com/impuls?tab=description> (дата обращения: 18.03.2026).
15. Курс на цифру: «РТКОММ» представил технологии эффективного флота судовладельцам Сахалина. – 2025. – URL: <https://www.rtkomm.ru/press-center/news/kurs-na-tsifru-rtkomm-predstavil-tekhnologii-effektivnogo-flota-sudovladeltsam-sakhalina/> (дата обращения: 18.03.2026).
16. Экологическое судно «Копорье» получило свидетельство МАНС. – 2025. – URL: <https://www.rosmorport.ru/news/company/60483/> (дата обращения: 10.03.2026).

