

AUTOMATED APPROACH FOR SOLVING THE PROBLEM OF DETERMINING THE MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIP OPERATION AREA

A. A. Ilchenko, D. A. Akmaykin, A. V. Gams

Maritime State University named after admiral G. I. Nevelskoy,
Vladivostok, Russian Federation

Every year the need for automation of the most diverse spheres of human activity is growing. In various areas of industry, services, logistics systems, there is a global trend towards autonomy of production and transport processes. In the field of maritime navigation, the most promising solution for automation is the use of marine autonomous surface ships. A maritime autonomous surface vessel is a vessel that is capable of functioning to varying degrees without interaction with a human operator. The complete or at least partial absence of the crew on the route of the vessel significantly reduces the costs of transport companies. However, any operation of an object is always preceded by a thorough analysis of the area of use; therefore, the main criteria for the classification of unmanned vessels, which allow determining the main design features of the vessel, are presented in the paper. A large number of criteria for classifying a surface object according to various conditions creates certain problems with the selection of the unmanned vessel operation area, therefore, a method that takes into account all the proposed classifications, allowing to determine the area of operation of marine autonomous surface ships using the example of the waters of Peter the Great Bay, is proposed in the paper. The application of an automated approach to solving the problem of classifying an object using a specially developed software product makes it possible to increase the visibility of the method results and the convenience of its use. A software tool that requires the input criteria of the designed MANS for successful operation is proposed. The result of the work is a map, where the proposed vessel operation area is marked in color, and there is also a function for viewing information about the local environment for the use of a manned object. The interface of the software tool, as well as the results of its work on the example of the water area of Peter the Great Bay, are presented.

Keywords: maritime surface vessels, unmanned vessel, classification, area of operation, world navigation, Peter the Great Bay.

For citation:

Ilchenko, Anna A., Denis A. Akmaykin, and Anastasia V. Gams. "Automated approach for solving the problem of determining the maritime autonomous surface ship operation area." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.4 (2022): 508–518. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-4-508-518.

УДК: 656.61.052

АВТОМАТИЗИРОВАНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЙОНА ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОГО АВТОНОМНОГО НАДВОДНОГО СУДНА

А. А. Ильченко, Д. А. Акмайкин, А. В. Гамс

МГУ им. адм. Г. И. Невельского, Владивосток, Российская Федерация

В работе рассмотрено являющееся наиболее перспективным в области морского судоходства решение по автоматизации автономных надводных судов, способных в различной степени функционировать без взаимодействия с оператором-человеком. Отмечается, что полное и даже частичное отсутствие экипажа на маршруте следования судна существенно сокращает расходы транспортных компаний. При этом любой эксплуатации объекта всегда предшествует тщательный анализ области использования, поэтому в статье приведены основные критерии классификации безэкипажных судов, позволяющие определить главные конструктивные особенности судна. Подчеркивается, что большое количество критерии классификации надводного объекта, ввиду различных условий, создает определенные проблемы с подбором района эксплуатации безэкипажного судна, поэтому в данной работе предлагается метод, учитывающий все имеющиеся классификации, который позволяет определить район эксплуатации морских автономных надводных судов на примере акватории залива Петра Великого. Применение предложенного автоматизированного подхода к решению задачи по классификации

объекта с использованием специально разработанного программного продукта дает возможность увеличить наглядность результатов работы метода и удобство его использования. В данной статье предлагается программное средство, для успешной работы которого задаются входные критерии проектируемого морского автономного надводного судна. Результатом работы является карта, на которую цветом нанесен предполагаемый район эксплуатации судна, а также наличие функции просмотра информации о локальной среде использования проектируемого объекта. В статье также дан интерфейс программного средства, а также приведены результаты его работы на примере акватории залива Петра Великого.

Ключевые слова: автономные надводные суда, морские автономные суда, безэкипажное судно, классификация, район эксплуатации, мировое судоходство, залив Петра Великого.

Для цитирования:

Ильченко А. А. Автоматизированный подход к решению задачи определения района эксплуатации морского автономного надводного судна / А. А. Ильченко, Д. А. Акмайкин, А. В. Гамс // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 4. — С. 508–518. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-4-508-518.

Введение (Introduction)

В настоящее время повышается актуальность использования морских автономных надводных судов (далее — МАНС), что заставляет исследователей активно изучать вопросы, связанные с их проектированием, эффективной эксплуатацией и перспективами использования [1], [2]. Термин «MASS» был принят Комитетом по безопасности на море (MSC) Международной морской организации (IMO) на 98-й сессии — MSC(98) 13 июня 2017 г.

Перед началом проектирования любого объекта важно оценить его область использования и назначение, т. е. классифицировать объект по некоторым параметрам. Что касается МАНС, то первоочередным в данном вопросе является определение района его эксплуатации в зависимости от расстояния до безопасной гавани, возможных погодных условий, наблюдаемых в районе, размера будущего средства, его скорости и грузоподъемности. От определения района эксплуатации также в дальнейшем зависит, к какому классу автоматизации впоследствии будет отнесено судно.

Целью статьи является разработка автоматизированного подхода к решению задачи определения района плавания проектируемого морского автономного надводного судна. В рамках достижения этой цели необходимо решить задачи разметки акваторий по сочетанию наблюдаемых факторов классификации МАНС и получения карты районов эксплуатации тех или иных судов в зависимости от их класса, категории ветроволновых условий. Разумеется, построение данных карт должно быть автоматизировано с помощью некоторой программы, на вход которой следует подавать электронную навигационную карту акватории, а также полную классификацию будущего МАНС, на выходе пользователь должен получить разметку возможных районов использования конкретного МАНС. При этом в перспективе возможно также решение обратной задачи, когда от выбора определенного района использования будут зависеть характеристики конкретно выбранного или проектируемого судна.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В зависимости от возможности автономного судна сопротивляться воздействию окружающей среды область использования и испытания МАНС разделяются [3] на шесть районов (табл. 1).

Таблица 1

Определение района эксплуатации МАНС

Район	Определение
6	В море до 3 миль от номинального пункта отправления и никогда не более 3 миль от берега, при благоприятной погоде и дневное время
5	На расстоянии 3 миль от берега и в радиусе не более 3 миль от пункта отправления в благоприятную погоду
4	Расстояние от безопасной гавани до 20 миль в хорошую погоду и в дневное время
3	Расстояние от безопасной гавани до 20 миль
2	Расстояние от безопасной гавани до 60 миль
1	Расстояние от безопасной гавани до 150 миль
0	Судоходство без ограничений

Важным параметром является конструкция будущего МАНС, выбор которой определяется силой ветра и значением высоты волны в предполагаемой области использования и испытания МАНС (табл. 2). Понятие «категория конструкции» — ветровые и морские условия, которым отвечает судно — введено Директивой ЕС 94/25/ ЕС от 16 июня 1994 г.

Таблица 2

Категории ветроволновых условий эксплуатации МАНС

Обозначение	Категория	Сила ветра (шкала Бофорта)	Значение высоты волны, м	Примечание
A	Океан	> 8	> 4	За исключением чрезвычайных ситуаций (суровый шторм, ураган, торнадо, цунами и др.)
B	Море	≤ 8	≤ 4	—
C	Прибрежные воды	≤ 6	≤ 2	—
D	Закрытые воды	≤ 4	$\leq 0,3$	Допустимы эпизодические волны высотой до 0,5 м

Суда, относящиеся к указанным категориям, должны быть подобраны таким образом, чтобы противостоять указанным видам воздействия с точки зрения остойчивости, согласно статье [4], плавучести и других требований, а также иметь хорошие характеристики управляемости в зависимости от размера и скорости движения МАНС [5]. Согласно Кодексу постройки и практики эксплуатации МАНС, который был подготовлен рабочей группой по регулированию морских автономных систем Великобритании, МАНС можно отнести к пяти группам [6] (табл. 3).

Таблица 3

Классификация МАНС по размеру и скорости

Класс МАНС	Обозначение	Общая длина, м	Максимальная скорость, уз
Ультра-легкие	UL (ultra light)	< 7	< 4
Легкие	L (light)	≥ 7 , но < 12	< 7
Малые	S (small)	≥ 12 , но < 24	< 7
Большие	B (big)	≥ 24 м и валовая вместимость до 100 GT	≥ 7 , но $< 7,19 \nabla 1/6$
Высокоскоростные	HS (high speed)	Не зависит от длины	Рабочая скорость $\geq 7,19 \nabla 1/6$, где ∇ — теоретическое водоизмещение, м ³

Классификация по уровню автоматизации, применимой к беспилотным судам, была предложена, в частности, группой Европейского оборонного агентства по безопасности и правилам для европейских беспилотных морских систем (SARUMS). Согласно данной классификации в работах [7]–[10] выделено шесть уровней автоматизации (табл. 4).

Таблица 4

Уровни автоматизации МАНС

Обозначение	Уровень управления МАНС		Комментарии	Присутствие человека на борту
MC	0	Пилотируемый	МАНС управляет оператором на борту.	Да
MS _{DS}	1	Управляемый	Всеми функциями МАНС управляет оператор по радио или кабелю.	Да

RC_{MC}	2	Направленный	Часть функций реализована в МАНС. МАНС может предлагать действия, но решение остается за оператором. Судно выполнит действия, только получив разрешение на это.	Да
	3	Делегированный	МАНС выполняет часть функций и сообщает о намерении выполнить ту или иную операцию. Оператор может отменить предлагаемое действие в течение определенного времени. Если этого не произошло, МАНС выполняет операцию.	Нет
RC	4	Контролируемый	МАНС анализирует обстановку, принимает решения, действует и сообщает о результате выполнения. Оператор следит за развитием событий.	Нет
AC	5	Автономный	МАНС решает и действует максимально автономно без помощи оператора.	Нет

Следует отметить, что в некоторых ситуациях (на усмотрение проектировщиков) могут быть использованы смешанные уровни автоматизации.

Результаты (Results)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что задача выбора района эксплуатации автономного судна может быть описана формулой, где классу и категории ветроволновых условий эксплуатации МАНС ставятся в соответствие его допустимые районы эксплуатации и уровни автоматизации:

$$F(a, b) \rightarrow G(c, d), \quad (1)$$

где a — класс МАНС;

b — категория ветроволновых условий;

c — допустимый уровень автоматизации;

d — предполагаемый район плавания.

В свою очередь класс МАНС и категория ветроволновых условий, определяемые параметрами: сила ветра (i), значение высоты волны (j), общая длина (k), максимальная скорость (l), можно описать следующей формулой:

$$F(a, b) = \begin{cases} \max a_{ij}; \\ \max b_{kl}. \end{cases} \quad (2)$$

Категория ветроволновых условий и класс определяются путем выбора максимального значения из двух параметров: *сила ветра — высота волны и длина — скорость судна* соответственно. Данные парные параметры можно представить в виде таблицы распределения по сочетанию факторов (табл. 5).

В данном случае функция «максимум» устанавливает значение с учетом наиболее строгих требований безопасности, предъявляемых судну. Иными словами, если, например, расчетная высота волны равна четырем, а сила ветра — пяти, то МАНС будет присвоена категория «В», несмотря на то, что по параметру «сила ветра» ему можно присвоить категорию «С».

Таблица 5

 Распределение категорий ветроволновых условий и классов МАНС
 по сочетанию длины и скорости

a_{ij}		Сила ветра i			
		> 8	≤ 8	≤ 6	≤ 4
Высота волн j	> 4	A	A	A	A
	≤ 4	A	B	B	B
	≤ 2	A	B	C	C
	$\leq 0,3$	A	B	C	D

b_{kt}		Длина судна k			
		< 7	≥ 7 , но < 12	≥ 12 , но < 24	≥ 24
Скорость судна t	< 4	UL	L	S	B
	< 7	UL	L	S	B
	≥ 7 , но < 7,19 $\nabla 1/6$	UL	L	S	B
	$\geq 7,19 \nabla 1/6$	HS	HS	HS	HS

Район эксплуатации является отображением класса и ветроволновых условий эксплуатации объекта. Вероятное распределение данного отображения представлено в табл. 6. Если определение района эксплуатации является задачей вполне точной, то выбор оптимального уровня автоматизации осуществляется с учетом множества дополнительных условий: расстояния от передатчика до объекта (или район уверенной связи с судном), выбранной частоты радиосигнала (если речь идет о радиосигнале), массы устанавливаемого оборудования и др. Поэтому при определении района эксплуатации морского автономного надводного судна выбор его уровня автоматизации носит рекомендательный характер.

Таблица 6

 Распределение районов эксплуатации МАНС
 и приемлемых уровней автоматизации

Район эксплуатации МАНС по факторам ветер/волна и скорость/ длина судна		Класс				
		UL	L	S	B	HS
Ветровол- новые условия	A	—	—	1, 2	1, 2	1, 2
	B	—	2–4	2–4	2–4	1–4
	C	5, 6	3–6	3, 4	3, 4	—
	D	5, 6	5, 6	5, 6	—	—

Район эксплуатации МАНС по уровню автоматизации	Уровень автоматизации d					
	5	4	3	2	1	0
AC	RC	RC_{MC}	RC_{MC}	MS_{DS}	MC	
5, 6	3–6	3, 4	3, 4	2–4	0, 1	

Немаловажным фактором, без которого невозможно эксплуатировать МАНС в конкретный момент, является учет текущей информации об окружающей среде. Навигационная карта не содержит информации о текущих атмосферных условиях, а также других навигационных ограничениях или каких-либо иных специальных условиях [10]. Поэтому при определении района эксплуатации и приемлемых уровней автоматизации МАНС следует также выводить сводку данных условий (табл. 7) с целью уточнения района эксплуатации автономного судна.

Информация о локальной среде использования МАНС

Атмосферные условия	
Ветер	Максимальная сила и скорость ветра для безопасной эксплуатации
Атмосферные осадки	Снег / дождь
Максимальная температура	Максимальная средняя дневная температура воздуха
Минимальная температура	Минимальная средняя дневная температура воздуха
Влажность воздуха (при температуре)	Стопроцентная относительная влажность при всех температурах
Обледенение	Если специально требуется
Видимость	С учетом ночной эксплуатации
Атмосферное давление	Если специально требуется
Солнечное излучение	Если специально требуется, например, в экваториальной зоне
Электромагнитное излучение	Если специально требуется
Качество воздуха	Если специально требуется, например, при работе в прибрежных районах возле пустыни
Биологические условия	Если специально требуется, например, в районах с известной высокой активностью жизни
Морские условия	
Глубина	Больше осадки в 1,3 раза и высоты волнения
Волнение моря	Состояние моря, эксплуатационная высота волны, максимальная высота волны
Ледовый класс	При необходимости
Максимальная температура воды	Средний дневной максимум
Минимальная температура воды	Средний дневной минимум
Приливные воздействия	Допустимая высота и максимальная скорость (относится к движению в узостях, швартовке)
Заливание палубы судна	Частота, с которой судно в данном районе подвержено заливанию или забрызгиванию
Океанические течения	Если специально требуется, например, для дрейфующих объектов
Качество воды	Если специально требуется, например, при работе в устьях рек
Качество морской поверхности (плавающий мусор, загрязненность, растительность)	Если специально требуется, например, в устьях рек
Звуковые поля	Если специально требуется
Электромагнитные поля	«
Морское дно / Грунт	«
Отмели, каналы	Размерения, состояние грунта, если специально требуется
Специальные условия	
Шум и вибрация	В специальных районах
Швартовые устройства	Включая максимальную скорость контакта с причалом
Спуск на воду / Подъем из воды	С учетом ограничений судна
Перевозка / Хранение	Доставка судна в район эксплуатации
Буксировка и спасение	В случае аварийной ситуации

Несмотря на то, что данные критерии отсутствуют при решении задачи классификации, их учет, несомненно, важен при проектировании или выборе условий эксплуатации автономного судна. Так, например, большая загрязненность акватории может помешать небольшому по размеру автономному судну, выполняющему функцию мониторинга, приближаться на необходимое рабочее расстояние к объектам и в целом затруднить перемещение по акватории. Часть представленных

в таблице данных можно получать из сводки гидрометеорологических служб, служб береговой охраны, топографических и радионавигационных служб и предоставлять в качестве расширенной информации о предполагаемом районе эксплуатации.

Поскольку человек стремится к автоматизации во всех сферах, требующих точного и однозначного результата, для решения поставленной задачи определения района эксплуатации МАНС была разработана специальная программа, которая рассчитывает подходящий для судна район эксплуатации по введенным характеристикам проектируемого объекта. Так, входными данными являются числовые значения силы ветра, высоты волны, общая длина судна и предполагаемое значение максимальной скорости. Остальные параметры эксплуатации используются с учетом максимальной допустимости данной эксплуатации. После расчета пользователю предлагается карта, на которую цветом нанесен предполагаемый район эксплуатации судна, а также появляется возможность просмотра информации о локальной среде использования. Также вместе с определением района использования указывается предлагаемый уровень автоматизации. Как отмечалось ранее, предложения по выбору уровня автоматизации носят рекомендательный характер, поскольку в зависимости от задачи, выполняемой конкретным МАНС, уровни автоматизации могут быть различными или смешанными.

Программа позволяет автоматически отслеживать изменение гидрометеорологической обстановки по прогнозам погоды или данным, полученным от судовых датчиков, а также оперативно менять информацию о локальной среде использования МАНС как в ручном, так и в автоматическом режиме. При этом постоянно происходит перестроение границ района и в случае выхода судна за границы допустимого района оператор получает об этом предупреждение.

На рис. 1 и 2 приведены примеры работы программы, автоматизирующей поставленную задачу. Программа позволяет выполнять расчеты для любой части Мирового океана на основе карт стандарта S-53 и др. (в данном случае на примере карты залива Петра Великого).

На рис. 3 приведена разметка возможных районов эксплуатации в акватории залива Петра Великого. Основой для нее послужила векторная карта, на которую были добавлены слои с заливками, соответствующими районам эксплуатации, определяемым в зависимости от вводимых в программу характеристик. Районы были сгруппированы при нанесении разметки. Это связано с тем, что, согласно таблице классификации (см. табл. 1), в зависимости от возможности автономного судна сопротивляться воздействию окружающей среды между районами 5 и 6, 3 и 4, а также 0–2 имеется сходство по расстоянию от безопасной гавани. Районы 5 и 6, 3 и 4 отличаются по приемлемым погодным условиям и допустимому времени навигации, а районы 0–2, несмотря на существенную разницу в расстоянии от безопасной гавани, объединены в одну группу в связи с тем, что протяженность акватории залива Петра Великого с севера на юг составляет около 100 км, что в пересчете на морские мили равно примерно 54 международные морские мили. Таким образом, необходимое расстояние от безопасной гавани может быть достигнуто при выборе любого из этих районов.



Рис. 1. Ввод основных данных для расчета района эксплуатации МАНС

 Определение района использования МАНС



Рис. 2. Расчет предполагаемого района эксплуатации

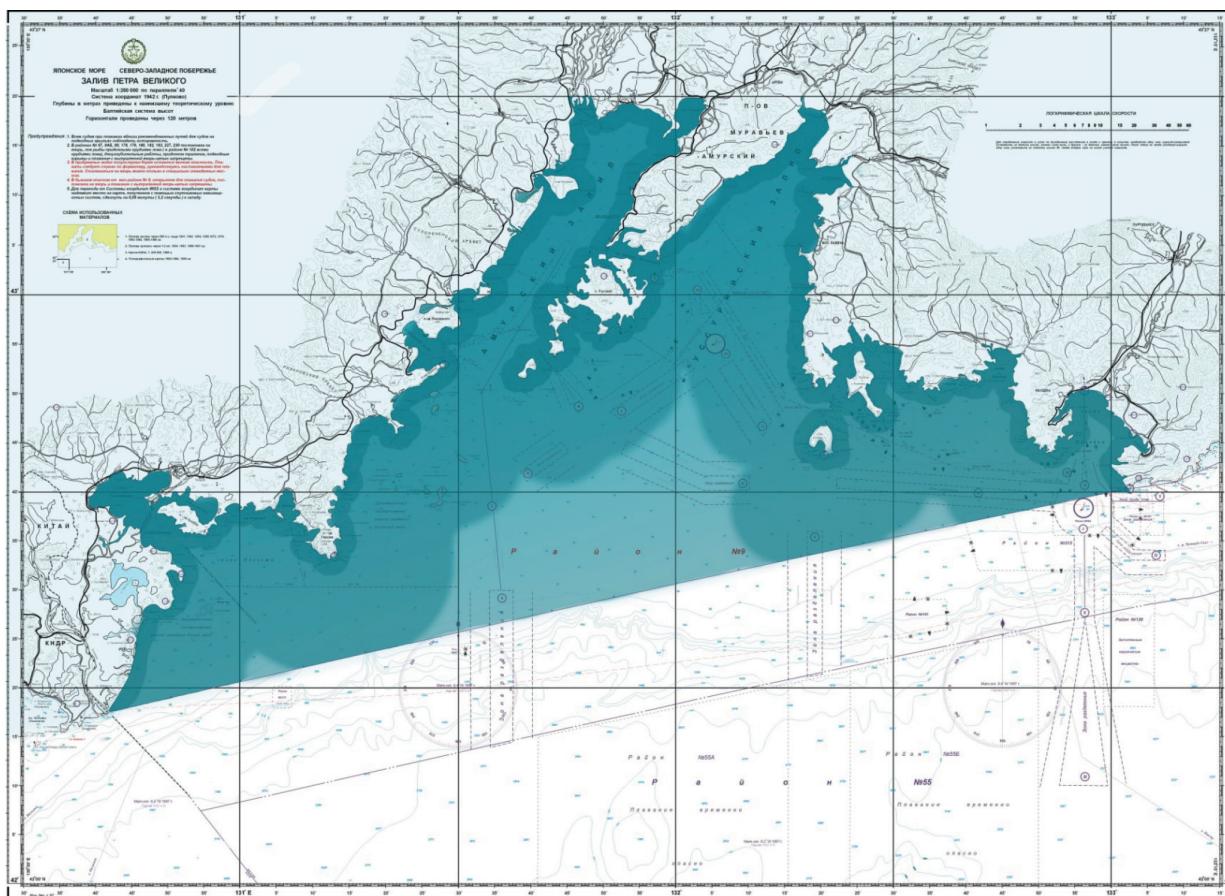


Рис. 3. Разметка акватории залива Петра Великого по районам эксплуатации МАНС

Разумеется, при разработке подобных карт для других акваторий разметка будет проведена иначе, в особенности для районов 0–2. В целом данная программа может быть адаптирована для работы с любой акваторией, однако потребуются дополнительные сведения о локальных условиях эксплуатации, которые могут быть запрошены у гидрометеорологических, топографических и радионавигационных служб.

Заключение (Conclusion)

Разметка акваторий и создание подобных карт имеет большое практическое значение при проектировании или выборе морских автономных надводных судов, поскольку средства автоматического управления судном и интеллектуальные транспортные системы получают все большее распространение в контексте широкой коммерциализации и восприятия рынком. Разумеется, условия каждой акватории уникальны, но современные навигационные карты и гидрометеорологические службы обладают огромным количеством информации, накопленной за годы эксплуатации судов. Этот факт позволяет предположить, что данный метод определения района эксплуатации МАНС будет полезен в различных регионах мирового судоходства.

Выполненная разметка акватории залива Петра Великого позволяет подобрать район эксплуатации, который будет являться наиболее подходящим по ряду характеристик для автономного судна. В последующих работах планируется решить также обратную задачу: возможность подбора подходящих по характеристикам МАНС по району эксплуатации. Вопрос с выбором уровня автоматизации по-прежнему будет носить рекомендательный характер и окончательно может быть определен только проектировщиком судна, поскольку уровень автоматизации будет зависеть строго от задач, решаемых этим автономным надводным судном.

Вместе с огромным количеством «плюсов», которые несет эксплуатация морских автономных надводных судов, по-прежнему остаются многочисленные вопросы, требующие дальнейшего уточнения, а именно:

- предполагаемые социальные последствия (существует ли вероятность, что практическая эксплуатация МАНС будет способствовать фактической потере рабочих мест в секторе морского судоходства);
- получение соответствующей квалификации, сертификатов для продолжения деятельности на новых рабочих местах;
- взаимодействие между связками: *автономное судно – судно с экипажем, автономное судно – автономное судно*;
- применяемые законодательная база, технические требования и правила безопасности;
- обеспечение кибербезопасности;
- корректный и безопасный обмен данными, а также другие вопросы, рассматриваемые в данной работе.

Таким образом, методы определения районов эксплуатации постоянно совершенствуются в связи с особой актуальностью и перспективами использования МАНС, однако в процессе их эксплуатации необходимо определять эксплуатационные риски и разрабатывая процедуры, позволяющие предотвратить аварийные ситуации и / или минимизировать ущерб от их последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титов А. В. Перспективы технологического развития и внедрения безэкипажных судов / А. В. Титов, Л. Баракат // Морские интеллектуальные технологии. — 2018. — № 3–1 (41). — С. 94–103.
2. Грибов К. В. Возможности применения нейросетевых технологий при проектировании корпуса судна / К. В. Грибов, А. А. Гутник, М. Б. Малявкина // Морские интеллектуальные технологии. — 2018. — № 3–1(41). — С. 84–93.
3. Акмайкин Д. А. Подходы к классификации безэкипажных судов в целях проведения натурных испытаний / Д. А. Акмайкин, Д. В. Штаев, А. В. Гамс // Материалы 69-й молодежной научно-технической конференции «Молодежь. Наука. Инновации». — 2022. — Т. 1. — № 1.

4. Борисов Р. В. Предложения по корректировке сил давления ветра при нормировании остойчивости судов / Р. В. Борисов, А. А. Лузянин // Морские интеллектуальные технологии. — 2019. — № 1–1 (43). — С. 16–21.

5. Казунин Д. В. Разработка проекта требований РС к автономным судам / Д. В. Казунин, В. В. Ефимов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2020. — № 60–61. — С. 4–22.

6. Maritime Autonomous Ship Systems (MASS) UK Industry Conduct Principles and Code of Practice. — Version 4. — Maritime UK, 2020. — 132 p.

7. Зайцев А. И. Беспилотные технологии на водном транспорте — реальность и перспективы / А. И. Зайцев, В. В. Каретников, А. А. Сикарев // Морская радиоэлектроника. — 2017. — № 3 (61). — С. 6–9.

8. Ефименков Ю. И. Разработка требований к допускаемым условиям эксплуатации судов ограниченного района плавания R3 / Ю. И. Ефименков, И. С. Онищенко, А. В. Дидковский // Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства. — 2020. — № 60–61. — С. 22–28.

9. Москаленко М. А. Конвенционные ограничения на применение беспилотных судов в международных морских перевозках / М. А. Москаленко, И. Б. Друзь, В. М. Москаленко, А. П. Пурденко // Морские интеллектуальные технологии. — 2018. — № 4–5 (42). — С. 202–210.

10. Дмитриев В. И. Методы обеспечения безопасности мореплавания при внедрении беспилотных технологий / В. И. Дмитриев, В. В. Каретников // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1149–1158. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1149-1158.

11. Железняк А. А. Исследование влияния ветровых и волновых воздействий на судно при переходе в дрейф / А. А. Железняк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 6. — С. 989–995. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-6-989-995.

REFERENCES

1. Titov, Alexey V., and Lama Barakat. “Prospects for technological development and implementation of unmanned ships.” *Marine Intelligent Technologies* 3–1(41) (2018): 94–103.
2. Gribov, Konstantin V., Alexey A. Gutnik, and Margarita B. Malyavkina. “Possibilities of application of neural network technologies at designing the ship hull.” *Marine Intelligent Technologies* 3–1(41) (2018): 84–93.
3. Akmaikin, D.A., D. V. Shtaev, and A. V. Gams. “Podkhody k klassifikatsii bezekipazhnykh sudov v tselyah provedeniya naturnykh ispytanii.” *Materialy 69-oi molodezhnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii «Molodezh’ Nauka. Innovatsii»*. Vol. 1. Is. 1. 2022.
4. Borisov, Rudol'f V., and Aleksandr A. Luzyanin. “Proposals for correction of forces of wind pressure when normalizing the stability of ships.” *Marine Intelligent Technologies* 1–1(43) (2018): 16–21.
5. Kazunin, D. V., and V. V. Efimov. “Development of Draft RS Requirements for Autonomous Vessels.” *Research bulletin by Russian maritime register of shipping* 60–61 (2020): 4–22.
6. Maritime Autonomous Ship Systems (MASS) UK Industry Conduct Principles and Code of Practice. Version 4. Maritime UK, 2020.
7. Zaitsev, A. I., V. V. Karetников, and A. A. Sikarev. “Unmanned technology at water transport — reality and prospects.” *Marine radioelectronics* 3(61) (2017): 6–9.
8. Efimenkov, Yu. I., I. S. Onishchenko, and A. V. Didkovskiy. “Developing Requirements for Permissible Operating Conditions for Ships of Restricted Area of Navigation R3.” *Research bulletin by Russian maritime register of shipping* 60–61 (2020): 22–28.
9. Moskalenko, Mikhail A., Ivan B. Druz, Vladislav M. Moskalenko, and Alexandr P. Purdenko. “Convention restrictions on the use of unmanned vessels in international maritime traffic.” *Marine Intelligent Technologies* 4–5(42) (2018): 202–210.
10. Dmitriev, Vladimir I., and Vladimir V. Karetников. “Methods of ensuring the safety of navigation when implement unmanned technology.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.6 (2017): 1149–1158. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1149-1158.
11. Zhelezniak, Aleksandr A. “Studying the wind and wave effects influence on the ship during the transition to drift.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.6 (2020): 989–995. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-6-989-995.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ильченко Анна Андреевна — аспирант

Научный руководитель:

Акмайкин Денис Александрович

МГУ им. адм. Г. И. Невельского

690003, Российская Федерация,

Владивосток,

ул. Верхнепортовая, 50а

e-mail: *Ilchenko@msun.ru*

Акмайкин Денис Александрович —

кандидат физико-математических наук, доцент

МГУ им. адм. Г. И. Невельского

690003, Российская Федерация,

Владивосток,

ул. Верхнепортовая, 50а

e-mail: *akmaykin@msun.ru*

Гамс Анастасия Вадимовна — аспирант

Научный руководитель:

Акмайкин Денис Александрович

МГУ им. адм. Г. И. Невельского

690003, Российская Федерация,

Владивосток,

ул. Верхнепортовая, 50а

e-mail: *gams@msun.ru*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ilchenko, Anna A. — Postgraduate

Supervisor:

Akmaykin, Denis A.

Maritime State University named after

admiral G. I. Nevelskoy

50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 690003,

Russian Federation

e-mail: *Ilchenko@msun.ru*

Akmaykin, Denis A. —

PhD, associate professor

Maritime State University named after

admiral G. I. Nevelskoy

50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 690003,

Russian Federation

e-mail: *akmaykin@msun.ru*

Gams, Anastasia V. — Postgraduate

Supervisor:

Akmaykin, Denis A.

Maritime State University named after

admiral G. I. Nevelskoy

50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 690003,

Russian Federation

e-mail: *gams@msun.ru*

Статья поступила в редакцию 4 мая 2022 г.

Received: May 4, 2022.