

# ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ МОРСКИХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ И БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ НА МОРЕ ЗА РУБЕЖОМ

**К.А. Рогинский, О.Ю. Ганжа**

В статье дано уточнение термина «морские робототехнические средства» и на этой основе определено, что создание МРС военного назначения требует существенной проработки ядра наиболее важных технологий, необходимых для создания всей номенклатуры перспективных робототехнических средств. При этом типовой образец МРС военного назначения может быть представлен в виде совокупности функционально связанных элементов и специализированного оборудования. Такое представление типового МРС позволяет выделить технологии, критичные для разработки основных элементов. Обладание такими технологиями – залог успеха в обеспечении необходимой степени автономности и интеллектуальности МРС. Особо отмечена важность развития искусственных нейронных сетей, которые уже научились распознавать отдельные объекты. Однако обоснованно высказываются опасения, что автономные МРС, каким бы совершенным искусственным интеллектом они ни обладали, не смогут, как человек, анализировать поведение находящихся перед ними людей. В связи с этим принципиально важное значение имеет наращивание быстродействия и миниатюризация разрабатываемых микропроцессоров. Кроме того, в интересах создания МРС уделяется серьезное внимание перспективным средствам связи, которые, по сути, являются критическими элементами успешного применения МРС. Военное руководство ведущих зарубежных стран проводит целенаправленную, долгосрочную политику в области разработки перспективных МРС вооруженной борьбы, рассчитывая в перспективе разработать инновационные и эффективные средства для обеспечения национальной безопасности, борьбы с терроризмом и регулярными угрозами, а также эффективного проведения современных и будущих операций. Обоснованы факторы и приведены причины быстрого развития и широкого применения МРС в ВМФ США. Ключевыми технологиями, позволяющими компенсировать отсутствие оператора в кабине стали технологии создания микропроцессорной техники и перспективных коммуникационных средств. Оба типа технологий пришли из гражданской сферы – компьютерной индустрии, позволившей использовать для МРС современные микропроцессоры, системы радиосвязи и передачи данных, а также специальные способы сжатия и защиты информации.

**Ключевые слова:** безэкипажное судно, морские робототехнические средства, обработка сенсорной информации, программно-аппаратные комплексы, боевые роботы, нейронные сети.

## Введение

Направление развития автономного движения, в том числе и безэкипажных судов (далее БЭС), рассматривается ведущими иностранными государствами как способность морских робототехнических средств (далее МРС) с высокой степенью автономности вести боевые действия без участия человека.

Анализ морских операций последних лет показывает, что широкое применение МРС ведёт к коренно-

му пересмотру основных принципов ведения войны, с учетом не только военно-технических ее аспектов, но и с учетом психологических факторов.

Современное роботостроение представляет собой динамично развивающуюся научно-технологическую область деятельности, результаты которой оказывают существенное воздействие на все сферы жизни. В военной сфере МРС отводится важная роль в боевых системах будущего, а первенство в исследованиях и разработках МРС принадлежит созданию

Таблица 1

**Уровни автономности морских робототехнических средств (МРС)**

Уровень автономности	Описание
M	Ручное управление
DS	Система поддержки принятия решений.
DSE	Система поддержки принятия решений с функцией выполнения (обязательное подтверждение человека перед выполнением)
SC	Самоуправляемый (автоматическое выполнение функций с возможностью переопределения действий оператором)
A	Автономный (выполнение функций без вмешательства человека)

инновационной продукции. При этом динамика достижений роботостроения, с одной стороны, способствует созданию новых средств для решения имеющихся задач, а с другой стороны, влияет на способы обоснования новых требований к перспективным образцам вооружения, военной и специальной техники (далее ВВСТ), их испытаний и эксплуатации, которые прежде считались нереализуемыми. Темпы появления новых изделий военной робототехники приводят к необходимости пересмотра традиционных схем создания их компонентов, заставляют объединять усилия различных организаций, предприятий и ведомств при разработке и внедрении новых технологий на всех этапах жизненного цикла МРС.

Основные направления развития боевых действий на море связаны с реализацией концепции «сетевое пространство» на основе применения сетевых технологий передачи информации, в том числе и с использованием развитой подводной инфраструктуры, тактики действия МРС, однородных групп (далее ОГ) и разнородных групп (далее РГ).

## 1. ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МОРСКИХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЗА РУБЕЖОМ

### 1.1. Структура МРС

Международная морская организация (далее ИМО, англ. International Maritime Organization, ИМО) утвердила рамки и методологии проведения работ по подготовке нормативной и регламентирующей документации БЭС, в которой для каждой степени автономности будут определяются положения, касающиеся охраны и безопасности на море (табл. 1).

В рамках проведения исследования понимаем под МРС:

1. Автономный необитаемый подводный аппарат (далее АНПА) – роботизированное подводное морское средство военного назначения, созданное на основе БЭС, которое в той или иной степени может функционировать в независимости от человеческого воздействия и выполнять узкий круг задач.

2. Безэкипажный катер (БЭК) – катер военного назначения, созданный на основе БЭС, который в той или иной степени может функционировать независимо от человеческого воздействия при выполнении широкого круга боевых задач, в том числе нести заряды взрывчатого вещества (далее ВВ) и комплект «дронов камикадзе» в специальных отделениях.

2. Беспилотный летательный аппарат (далее БПЛА), квадрокоптер-камикадзе (далее КК) – беспилотный летательный аппарата несущий заряд ВВ, который в той или иной степени может функционировать независимо от человеческого воздействия и выполнять узкий круг задач;

Создание МРС военного назначения требует существенной проработки ядра наиболее важных технологий, необходимых для создания всей номенклатуры перспективных робототехнических средств. При этом типовой образец МРС военного назначения может быть представлен в виде совокупности функционально связанных элементов:

1. Базовый носитель – это может быть корпус любой конфигурации, предназначенный для применения в морской среде;

2. Специализированное навесное (встраиваемое) оборудование в виде набора съемных модулей полезной (целевой) нагрузки;

3. Средства обеспечения и обслуживания, используемые при подготовке к применению и технической эксплуатации робота.

Состав специализированного оборудования устанавливается исходя из функционального предназначения МРС и может включать:

– средства разведки, средства вооружения, навигационные устройства,

– специальное технологическое оборудование, средства телекоммуникации, специализированные вычислители с программно-алгоритмическим обеспечением;

– средства радиоэлектронной борьбы (далее РЕБ), защитные средства.

Помимо этого, технология разработки требует обеспечения и обслуживания, то есть в состав комплекса дополнительно включаются:

- диспетчерский пункт управления, контроля и обработки информации;
- средства доставки, транспортировки и запуска, средства снаряжения, заправки и зарядки;
- средства подготовки специалистов, комплект руководящих документов.

Такое представление типового МРС позволяет выделить технологии, критичные для разработки перечисленных элементов. Критические технологии МРС можно разделить на основные, т.е. разрабатываемые непосредственно для МРС, и вспомогательные – разрабатываемые для широкой номенклатуры образцов вооружения и имеющие перспективу применения при создании МРС военного назначения.

### 1.2. Технологии МРС

К основным могут быть отнесены следующие технологии МРС: система очувствления и обработки сенсорной информации, система оценки ситуации и планирования поведения, система автоматического наведения и управления оружием, дистанционного и автономного управления движением, автоматического распознавания образов (целей), анализа ситуаций и динамических сцен, искусственного интеллекта и обучения, человеко-машинного интерфейса, интеллектуальных систем группового управления.

К числу вспомогательных можно отнести технологии: программно-аппаратных комплексов (далее ПАК), создания и функционирования новых перспективных конструкций и применения новых материалов и веществ, систем точного глобального позиционирования, создания перспективных систем датчиков и их элементов, создания оптико-электронных средств.

Обладание такими технологиями – залог успеха в обеспечении необходимой степени автономности и интеллектуальности МРС. Используя предложенную сотрудниками Оксфордского университета наглядную классификацию [1], можно систематизировать «способности» МРС по четырем поколениям и следующим уровням:

1. «Ящерицы» – соответствует быстродействию процессоров универсальных роботов первого поколения, которое составляет от 3000 до 1 млн команд в секунду (далее MIPS). Основное назначение таких роботов – получение и выполнение только одной задачи, которая программируется заранее.

2. «Мыши» – роботы второго поколения, которые могут реализовывать адаптивное поведение, т.е. обучение непосредственно в процессе выполнения заданий.

3. «Обезьяны» – роботы третьего поколения, которые строятся на основе процессоров от 10 млн

MIPS. Особенность таких роботов в том, что для получения задания и обучения требуется только показ или объяснение.

4 «Уровень человека» – четвертое поколение роботов, которое должно будет способно мыслить и принимать самостоятельные решения.

Общая классификация боевых роботов по степени их зависимости, или, точнее, независимости от человека (оператора), которую возможно применить и к МРС:

1-го поколения – это устройства с программным и дистанционным управлением, способные функционировать только в организованной среде;

2-го поколения – адаптивные, имеющие синтетические органы «чувств» и способные функционировать в заранее неизвестных условиях и приспособляться к изменениям обстановки;

3-го поколения – интеллектуальные, имеют систему управления с элементами искусственного интеллекта (созданы пока лишь в виде лабораторных макетов).

Западные же специалисты делят боевых роботов на три категории, которые можно применить и к МРС [2, 3, 4]:

1. «Человек-в-системе-управления» (human-in-the-loop) – к этой категории отнесены средства, способные самостоятельно обнаруживать цели и осуществлять их селекцию, однако решение об их уничтожении принимает только человек-оператор.

2. «Человек-над-системой-управления» (human-on-the-loop) – к этой категории относятся средства, способные самостоятельно обнаруживать и выбирать цели, а также принимать решения на их уничтожение, но человек-оператор, выполняющий роль наблюдателя, в любой момент может вмешаться и скорректировать или заблокировать данное решение.

3 «Человек-вне-системы-управления» (human-out-of-the-loop) – к этой категории отнесены средства, способные обнаруживать, выбирать и уничтожать цели самостоятельно, без человеческого вмешательства.

### 1.3. Перспективы развития МРС

Наиболее распространены МРС первого и второго поколений (управляемые устройства) [5]. Системы второго поколения (полуавтономные устройства) наиболее быстро совершенствуются. Для перехода к использованию МРС третьего поколения (автономных устройств) специалисты разрабатывают самообучающуюся систему с искусственным интеллектом [6], в которой будут соединены возможности самых передовых технологий в области навигации, визуаль-

ного распознавания объектов, искусственного интеллекта, вооружения, независимых источников питания, маскировки.

Системы на основе искусственных нейронных сетей уже научились распознавать отдельные объекты. По прогнозам специалистов, полностью автономные МРС могут появиться уже через 20–30 лет или даже раньше. Ряд экспертов полагает, что будут созданы роботы-андроиды способные заменить управление человеком корабля на любом этапе морских боевых действий [6], при этом высказываются опасения, что автономные МРС, каким бы совершенным искусственным интеллектом они ни обладали, не смогут, как человек, анализировать поведение находящихся перед ними людей. В связи с этим принципиально важное значение имеют наращивание быстродействия и миниатюризация разрабатываемых микропроцессоров. Сегодня минимальные размеры процессоров на основе кремниевых полупроводников ограничены технологиями их производства, базирующимися на ультрафиолетовой литографии. По данным доклада аппарата министра обороны США, эти предельные размеры в 0,1 мкм будут достигнуты уже к 2030 году.

Кроме того, в интересах создания МРС уделяется серьезное внимание перспективным средствам связи, которые, по сути, являются критическими элементами успешного применения МРС.

Военное руководство ведущих зарубежных стран проводит целенаправленную, долгосрочную политику в области разработки перспективных МРС вооруженной борьбы, рассчитывая в перспективе разработать инновационные и эффективные средства для обеспечения национальной безопасности, борьбы с терроризмом и регулярными угрозами, а также эффективного проведения современных и будущих операций. За последние 20 лет такие страны, как США, Великобритания, Франция, Германия, Китай и Израиль в 20–30 раз увеличили объемы финансирования военных НИОКР по созданию МРС. В планах и программах развития военной робототехники Unmanned Vehicles (UV) Министерство обороны США выделяет следующие категории технических средств и робототехнических комплексов на их основе [7, 8, 10]:

- БПЛА – Unmanned Air Vehicles (UAV);
- наводные платформы (БЭС, БЭК) – Unmanned Surface Vehicles (USV);
- АНПА – Unmanned Underwater Vehicles (UUV), которые делятся на дистанционно-управляемые АНПА (Remotely Operated Vehicles – ROV) и АНПА (Autonomous Underwater Vehicles – AUV).

В настоящее время Вооруженные силы США широко применяют военных роботов при ведении

боевых действий в военных конфликтах новейшего периода. Так, в Ираке использовалось 365 единиц роботов различного назначения 32 типов [10].

## 2. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ МОРСКИХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ И БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ НА МОРЕ ЗА РУБЕЖОМ

### 2.1. Развитие систем БПЛА как основы МРС

В настоящее время ведущими технически развитыми странами, и прежде всего США, в интересах ВМС активно ведутся работы в области создания МРС (АНПА, БПЛА, БЭК), при этом если в области создания полноценных БЭК успехи пока достаточно скромны, то в области создания АНПА наметился ряд прорывных разработок [11–15]. В ближайшем будущем стоит ожидать прорыва в развитии МРС (АНПА, БЭК, КК), сходного с революционным развитием и внедрением БПЛА. За последние два-три десятилетия в различных странах, занимающих ведущее положение в области морских технологий, было создано значительное количество МРС военного назначения. МРС не только продемонстрировали свою эффективность при выполнении разведывательных, противоминных и обзорно-поисковых работ, но и открыли ряд новых важных применений. Достижения в науке и появление новых технологий непрерывно расширяют сферу применения МРС. За последние годы количество разработок выросло более чем 2 раза. Анализ содержания НИОКР Министерства обороны США показывает, что в настоящее время существует не менее 10 крупных целевых программ, ориентированных на создание МРС, в рамках которых разрабатываются и совершенствуются примерно 65–70 проектов различных типов и размеров, а также формируются военно-технические концепции их применения. Помимо разработки АНПА ведутся работы в области создания БЭК, в настоящее время (Израиль) ведутся испытания сразу двух видов БЭК-Г на основе БЭС.

В 2003 году во время операции «Свобода Ираку» для решения различных задач ВМС США уже применялись МРС (АНПА, БЭК), а позднее в рамках программы МО США по демонстрации технических возможностей перспективных образцов вооружения и техники в Персидском заливе проводились эксперименты по совместному применению аппарата SPARTAN и крейсера УРО «Геттингберг» в интересах ведения разведки. В настоящее время к основным задачам МРС (АНПА, БЭК) относят [16–22]:

– противоминную борьбу в районах действия авианосных ударных групп, портов, военно-морских баз (далее ВМБ) и др., площадь такого района может варьироваться от 180 до 1800 км<sup>2</sup>;

– противолодочную оборону, включающую задачи по контролю за выходами из портов и баз, обеспечение защиты корабельных групп в районах развертывания, а также при переходах в другие районы;

– обеспечение безопасности на море, предусматривающее защиту ВМБ и соответствующей инфраструктуры от всех возможных угроз, включая угрозу террористической атаки, участие в морских операциях, обеспечение действий сил специальных операций, радиоэлектронную войну и др.

## 2.2. Задачи, решаемые МРС

Для решения всех вышеуказанных задач могут применяться разнообразные типы дистанционно-управляемых, полуавтономных или автономных МРС. Например, при решении задач противолодочной обороны надводные АНПА способны обеспечить безопасное развертывание корабельной ударной группы, действующей в районе 36×54 км., при этом гидроакустическая станция (далее ГАС) с дальностью действия 9 км обеспечивает 18-километровую буферную зону вокруг развернутой ударной группы кораблей. Причинами быстрого развития и широкого применения МРС можно назвать следующие факторы [15, 23–29]:

– при выполнении задачи с помощью МРС полностью обеспечивается такое важное требование, как безопасность жизни человека — ему просто нет необходимости присутствовать лично в зонах повышенной опасности; также нет необходимости организовывать рабочее место для человека;

– уменьшаются габаритные размеры аппарата и его энергозатраты, что позволяет максимально миниатюризировать все беспилотные системы;

– благодаря небольшим размерам МРС возможно изготавливать практически в любой мастерской, т.е. не нужно строить большие специализированные заводы; благодаря небольшим размерам очень легко совершенствовать их конструкцию, устанавливать дополнительно многочисленные датчики и рабочие системы в зависимости от конкретной задачи;

– появляется возможность использовать технологию «стаи», когда десятки, сотни и даже тысячи маленьких аппаратов совместно выполняют единую задачу. Это намного эффективнее, быстрее и дешевле, чем использование для тех же целей одного большого дорогостоящего аппарата.

Все эти факторы являются несомненными плюсами МРС. Ключевыми технологиями, позволяющими компенсировать отсутствие оператора в кабине стали технологии создания микропроцессорной техники и перспективных коммуникационных средств. Оба типа технологий пришли из гражданской сферы — компьютерной индустрии, позволившей использовать для МРС современные микропроцессоры, системы радиосвязи и передачи данных, а также специальные способы сжатия и защиты информации. Обладание такими технологиями — залог успеха в обеспечении необходимой степени автономности МРС (табл. 2 и 3).

Таблица 2

**Предназначение, ТТХ БЭК ВМС иностранных государств [7, 8, 30-34], в части совершения диверсионных операций и атак на суда и портово-прибрежную инфраструктуру**

Название	Страна производства	Запас хода, (миль)	Габаритные размеры, м; масса, кг	Полезная нагрузка, кг
Безэкипажный катер «камикадзе», тип «Magura V5»	Великобритания	460	Масса:670 Д:5,5; Ш:1,5	320
Безэкипажный катер «камикадзе», тип «Гидроцикл»	Канада	160	Масса: 450 Д:3,5; Ш:1,3	200
Безэкипажный катер «камикадзе», тип «Гидроцикл» модернизированный	Канада	270	Масса: 550 Д:3,6; Ш:1,3	300
Безэкипажный полупогружной наземно-надводный БЭК «Проулер»	США	500	Масса: 3400 Д: 9,1; Ш:2,4	450
Безэкипажный катер «камикадзе», тип «Дитя Моря»	Украина	440	Масса: 1050 Д:7; Ш:1,5	860
Безэкипажный катер «камикадзе», тип «Мамай»	Украина	540	Масса: 900 Д: 8; Ш: 2	600
Безэкипажный катер «Быстроходная лодка-камикадзе»	Украина	330	Масса: 680 Д: 6; Ш:1,7	300
Безэкипажный катер «Санджар»	Турция	400	Масса:1000 Д:12,7; Ш:3,3	400
Безэкипажный катер «камикадзе», тип «Альбатрос-Ида»	Турция	220	Масса: 750 Д:7,2м; Ш:2	250

Задачи, скоростные характеристики БЭК ВМС иностранных государств [2, 3, 35–37]

Государство	Модель	Длина, м	Скорость, узел	Запас хода, миль	Основные задачи
США	Sea Hunter	40	до 27	10000	Противоподводная оборона
	Textron CUSV	12	до 35	600	Противоминная борьба
	L3Harris ASV	7	до 20	250	Разведка, наблюдение
Великобритания	MAST-13	13	до 40	350	Разведка, противоминная борьба
	BAE Systems Pacific 24	8	до 38	350	Патрулирование, охрана
	L3Harris T38	12	до 45	300	Разведка, защита
Франция	D19	19	до 15	300	Разведка, наблюдение
	Inspector MK2	9 м	до 25	150	Разведка, противоминная борьба
	SMX-31E	12 м	до 20	220	Подводная разведка
Япония	OZZ-5	8 м	до 25	200	Разведка, прибрежная оборона
	Mitsubishi OIC	9 м	до 30 узлов	180	Противоминная борьба
	Japan Marine United MSDF	7 м	до 28 узлов	200	Подводная разведка
	Hitachi UXV	10 м	до 22 узлов	250	Разведка, охрана
	KHI Surface Fleet	12 м	до 20 узлов	300	Патрулирование

### 2.3. Сетецентрические технологии в ВМС США

Помимо степени автономности в ВМС США используется классификация по размерам и особенностям применения, позволяющая систематизировать все разрабатываемые МРС (АНПА) по четырем классам [35, 36, 38–40]:

– X-Class представляет собой небольшой АНПА (до 3 м) для обеспечения специальных операций и изоляции района, ведущий разведку для обеспечения действий корабельной группировки, может применяться с 11-метровых надувных лодок с жестким каркасом;

– Harbor Class – разрабатываются на базе стандартной 7-метровой лодки с жестким каркасом и предназначены для выполнения задач обеспечения морской безопасности и ведения разведки, кроме того, могут оснащаться различными средствами летального и нелетального воздействия, с учетом скорости до 35 уз., автономности – 12 ч;

– Snorkeler Class представляет собой 7-метровый полупогружной АНПА, предназначенный для противоминной борьбы, противолодочных операций, а также обеспечения действий специальных операций ВМС, с учетом скорости до 15 уз, автономности – 24 ч;

– Fleet Class – представляет собой 11-метровый с жесткий корпус, разработанный для противоминной борьбы, противолодочной обороны, а также участия в морских операциях, с учетом скорости до 35 уз, автономности – 48 ч.

Сама необходимость разработки и принятия на вооружение МРС (АНПА, БЭК) для ВМС США определена документами: «Морская мощь 21» (Sea Power 21, 2002), «Всесторонний обзор состояния и перспектив развития ВС США» (Quadrennial Defense Review, 2006), «Национальная стратегия морской безопасности» (National Strategy for Maritime Security, 2005), «Национальная военная стратегия» (National Defense Strategy of the United States, 2005) [41–46].

Внедрение в ВМС США МРС базируется на сетецентрических технологиях, которые позволяют повысить оперативность и эффективность боевого управления, с учетом взаимодействия мобильных соединений флота с силами и средствами морского базирования как в наступательных, так и в оборонительных операциях (пример: включение средств МРС в общую сеть в соответствии с концепцией «Единая сеть ВМС (FORCEnet)» (см. рисунок) [41, 47, 48].

Отдельная существенная роль в сетецентрической системе ВМС отводится МРС (АНПА, БЭК), поставляющим информацию о вражеских территориях и акваториях, а также выступающих в качестве боевых платформ, при этом наблюдается характерная тенденция к расширению взаимодействия между АНПА, БЭК, КК, развертываемыми наземными, подводными, донными, воздушными системами необслуживаемых датчиков.

В свою очередь, МРС, составляющие исполнительный слой, выполняют конкретные поставленные перед группой АНПА задачи (например, физическое уничтожение обнаруженных мин). Таким образом, в рамках внедрения концепции сетецентрической вой-



Применение МРС в операциях и боевых действиях на море [41, 47, 48]

ны круг задач, возлагаемых на надводные и подводные МРС, существенно расширяется, что определяется возрастающим значением таких присущих им качеств, как скрытность действий, автономность и способность нести разнообразную полезную нагрузку. Возможны следующие направления ЦФ РГ МРС (АНПА, БПЛА, БЭК) [1, 48, 49]:

1. Скрытное оборудование акваторий театра военных действий, в том числе и в территориальных водах вероятного противника, элементами радиоэлектронных систем гидроакустической навигации и связи для обеспечения боевой деятельности ПЛ, АНПА, подводных средств движения подразделений боевых пловцов, системами (либо элементами систем) освещения подводной обстановки, системами ведения радиотехнической разведки, гидрологической разведки [62].

2. Применение в качестве элемента системы освещения обстановки с размещением на борту гидроакустической станции (далее ГАС) дальнего обнаружения с гибкой протяженной буксируемой антенной и системой гидроакустической связи для совместных действий с маневренными и стационарными гидроакустическими средствами излучающей антенны для гидроакустической «подсветки» целей, ГАС ближнего радиуса действия в интересах обеспечения собственной безопасности [49].

3. Сбор, обобщение и доставка геофизической информации, в том числе информации о гидрометеорологическом режиме, гидрофизических и гидролого-акустических полях, геоморфологии морского дна, характере береговой черты и др. в интересах достоверной оценки и прогноза эффективности применения высокоточного оружия. Элементами этой

системы могут являться распределенные в пространстве датчики, размещаемые на борту АНПА, стационарно установленные на грунте, дрейфующие в толще воды и на поверхности [49].

4. Поддержание технического состояния различных систем долговременного действия (например, универсальных подводных автономных модулей и станций): диагностика их технического состояния, коррекция программного обеспечения, зарядка источников питания.

5. Защита от несанкционированного доступа к развернутым системам и средствам и их информационным потокам.

6. Обеспечение стыковки информационных потоков, поступающих от различных систем освещения обстановки (радиоэлектронной, гидроакустической, оптоэлектронной и др.), а также глобальных информационных центров и центров управления, с каждой «боевой единицей» [48].

В ВМС США в рамках внедрения концепции сетцентрической войны за последние 5–10 лет значительная часть программ исследований и разработок была ориентирована на отработку элементов распределенной системы освещения подводной обстановки в прибрежных мелководных районах. По замыслу иностранных военных специалистов, создание такой системы позволит вести продолжительное наблюдение за подводной обстановкой, своевременно обнаруживать и распознавать подводные цели на акватории общей площадью до 100–200 тыс. км<sup>2</sup>, а ее оперативное развертывание будет обеспечивать эффективное решение следующих задач [48]:

– формирование противолодочных барьеров на маршрутах развертывания подводных

сил противника, для повышения живучести ПЛ;  
 – охрана корабельной ударной группировки, корабельных поисково-ударных групп, десантных соединений и конвоев и защита морских коммуникаций от ПЛ противника;

– подготовка скрытого проведения специальных операций (например, таких как: минирование, разведка, наблюдение, высадка диверсионно-разведывательных групп).

Официально объявленной американским военным руководством целью создания распределенной системы освещения подводной обстановки является защита от угроз действия ПЛ потенциального противника в своих прибрежных водах. Высокая оперативность ее развертывания в заданных районах будет обеспечиваться ПЛ, выступающей в качестве носителя автономных стационарных и мобильных измерительных средств системы.

Существующие в США планы развития МРС (АНПА, БЭК) предполагают их стремительную интеллектуализацию, которая приведет к возникновению принципиально нового класса устройств, которые смогут самостоятельно производить поиск подводных и надводных объектов противника, идентифицировать их и уничтожать, при этом оставаясь практически незаметными для самого противника. В генеральном плане развития АНПА, выпущенном в 2004 году, были обозначены девять высокоприоритетных задач, которые обеспечивают действия в четырех направлениях, определенных планом «Морская мощь 21» [45, 50, 51].

## Выводы

Создание МРС военного назначения требует существенной проработки ядра наиболее важных технологий, необходимых для создания всей номенклатуры перспективных робототехнических средств. Образец МРС военного назначения представляется в

виде совокупности унифицированных функционально связанных элементов, дополненных специализированным оборудованием, устанавливаемым исходя из функционального предназначения МРС.

Технологии МРС разделяются на основные и вспомогательные. К основным можно отнести системы обработки информации, группового управления, анализа ситуации с применением искусственного интеллекта. Вспомогательные технологии включают разработку новых ПАК, материалов и на их основе новых конструкций и оборудования, систем точного глобального позиционирования, датчиков и оптико-электронных устройств.

МРС, представляемые на международных салонах и выставках оборонных систем и вооружений, наглядно демонстрируют, что гражданский и военный сектор в этой области практически слились. Основной тенденцией реализации этих проектов является дооснащение состоящих на вооружении средств системами технического зрения, ПАК каналами связи (радио и оптоволоконными) и средствами управления движением, построенными на модульном принципе.

Целью создания распределенной системы освещения подводной обстановки является защита от угроз действия ПЛ потенциального противника в своих прибрежных водах. Высокая оперативность ее развертывания в заданных районах будет обеспечиваться ПЛ, выступающей в качестве носителя автономных стационарных и мобильных измерительных средств системы.

Планы развития МРС предполагают их стремительную интеллектуализацию, которая приведет к возникновению принципиально нового класса устройств, которые смогут самостоятельно производить поиск подводных и надводных объектов противника, идентифицировать их и уничтожать, при этом оставаясь практически незаметными для самого противника.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Siwe U., Lind M., Svedberg U. Sea Traffic Management - A Concept Creating the Need for New Maritime Information Standards and Software Solutions.
2. AAWA – Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative. URL: <https://www.utu.fi/en/units/tse/units/marketing/research/research%20projects/Pages/AAWA.aspx>. (дата обращения: 05.05.2018).
3. AAWA. (2016). Autonomous ships: The next step. URL: <http://www.rollsroyce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/tr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>. (дата обращения: 05.05.2018).
4. ABS: «Guide for smart functions for marine vessels and offshore units».
5. Война и мир в терминах и определениях: справочник / под общ. редакцией Д. Рогозина. М.: Порог, 2004.
6. THE NEXT REVOLT. [Электронный ресурс]. URL: <http://gcaptain.com/wp-content/uploads/2014/09/ReVolt-Details.pdf>. (дата обращения: 28.04.2018).
7. Development of 7000m work class ROV “KAIKO Mk-IV” / H. Nakajoh, et al. // OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey (Monterey, CA, USA, 19-23 Sept. 2016), IEEE. Pp. 1-6. DOI: 10.1109/OCEANS.2016.7761063.

8. DNV GL DNVGL-CG-0264 «Autonomous and remotely operated ships».
9. Lloyd's Register «LR Code for Unmanned Marine Systems».
10. ASTAT - Autonomous Ship Transport at Trondheimsfjorden. [Электронный ресурс]. URL: <http://astat.autonomousship.org/index.html>. (дата обращения: 01.05.2018).
11. Autonomous Marine Systems. Datamaran: general specifications. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.automarinesys.com/wp-content/uploads/2014/05/Datamaran\\_DataSheet.pdf](http://www.automarinesys.com/wp-content/uploads/2014/05/Datamaran_DataSheet.pdf). (дата обращения: 15.07.2018).
12. Automated Ships Ltd and KONGSBERG to build first unmanned and fully autonomous ship for offshore operations. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/65865972888D25FAC125805E00281D50?OpenDocument>. (дата обращения: 25.04.2018).
13. Automated Ships Ltd. [Электронный ресурс]. URL: <http://automatedshipltd.com/>. (дата обращения: 27.04.2018).
14. Autonomous Shuttle Ferry in Trondheim. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/sarepta/4-ntnu-autonomus-ferry-efb.pdf>. (дата обращения: 30.04.2018).
15. Autonomous ship project, key facts about YARA Birkeland. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/4B8113B707A50A4FC125811D00407045OpenD ocument>. (дата обращения: 29.04.2018).
16. Birkeland. [Электронный ресурс]. URL: <https://itc.ua/news/v-2018-godu-v-norvegii-spustyat-na-vodu-pervyyiy-vmire-bespilotnyiy-elektricheskiy-konteynerovoz-yara-birkeland/>. (дата обращения: 07.05.2018).
17. Bruhn W. C. et al. Conducting look-out on an unmanned vessel: Introduction to the advanced sensor module for MUNIN's autonomous dry bulk carrier // Proceedings of the International Symposium Information on Ships (ISIS 2014), Hamburg, Germany, 4–5 September. – 2014.
18. Burmeister H. C. et al. Can unmanned ships improve navigational safety? // Proceedings of the Transport Research Arena, TRA 2014, 14-17 April 2014, Paris., – 2014.
19. BOURBON joins Automated Ships Ltd and KONGSBERG to deliver groundbreaking autonomous offshore support vessel prototype. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.bourbonoffshore.com/sites/default/files/media\\_root/press-release-bourbon-kongsberg-automatedships-11072017.pdf](http://www.bourbonoffshore.com/sites/default/files/media_root/press-release-bourbon-kongsberg-automatedships-11072017.pdf). (дата обращения: 26.04.2018).
20. Era of automated ships moves a step closer. Электронный ресурс. URL: <https://ihsmarkit.com/researchanalysis/era-of-automated-ships-moves-a-step-closer.html>. (дата обращения: 27.04.2018).
21. ENISA3 «Analysis of cybersecurity aspects in the maritime sector». URL: <http://www.rvc.ru/nti/roadmaps/>
22. EUROPEAN COMMISSION RESEARCH AND INNOVATION DG Project No.: 314286 Ref: 314286-MUNIN-FinalReport-12-20151222-144137-CET. Pdf.
23. Boeing Airpower Teaming system // Сайт компании Boeing [Электронный ресурс]. URL: <https://www.boeing.com/defense/airpower-teaming-system> (дата обращения: 10.11.2021).
24. Bureau Veritas «Guidelines for Autonomous Shipping». Cloudborne is coming. Small USVs of Oceanalpha are put into commercial operation in 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://oceanalpha.com/en/view/news/113.html>. (дата обращения: 06.05.2018).
25. China Moving Forward with Unmanned Ship Research. [Электронный ресурс]. URL: <http://gcaptain.com/chinamoving-forward-with-unmanned-ships-research/>. (дата обращения: 05.05.2018). China Classification Society «Rules for intelligent ships».
26. Jin Dou Yun, The China's Unmanned Cargo Ship. [Электронный ресурс]. URL <https://www.100tekno.com/stn/2018/03/10/jin-dou-yun-the-chinas-unmanned-cargo-ship/>. (дата обращения: 06.05.2018).
27. Koopman B.O. Theory of search:3.The optimum distribution of searching efforts /Operations Research. 1956. V. 4, No. 5.
28. Larkin L. J., Thomsen C. J. Simulation validation for a unmanned semisubmersible vehicle // Oceans 2003: Celebrating the Past ... Teaming Toward the Future (IEEE Cat. No.03CH37492) (San Diego, CA, USA 22-26 Sept. 2003), IEEE. 2003. No. 3. Pp. 1431-1436. DOI: 10.1109/OCEANS.2003.178072
29. DNV GL strategic research & innovation. Research Review 2014. [Электронный ресурс]. URL: [https://production.presstogo.com/fileroot7/gallery/dnvgi/files/original/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8\\_low.pdf](https://production.presstogo.com/fileroot7/gallery/dnvgi/files/original/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8_low.pdf). (дата обращения: 28.04.2018).
30. A.R. Cheraghi, Shahzad S., Graffi K. Past, Present, and Future of Swarm Robotics // Электронный архив научных статей ArXiv [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2101.00671.pdf> (дата обращения: 10.11.2021).
31. Nikola T. Method of and apparatus for controlling mechanism of moving vessels or vehicles : пат. 613809 США. – 1898.
32. Man Y. Human-Machine Interface Considerations for Design and Testing in Distributed Sociotechnical Systems. – 2015.
33. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks Funding Scheme. Grant Agreement number: 314286 Project acronym: MUNIN Project title: SST.2012.5.2-5.
34. Mayflower Autonomous Research Ship (MARS). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shiptechnology.com/projects/mayflower-autonomous-research-ship-mars/>. (дата обращения: 05.05.2018).
35. In apparent world first, IDF deployed drone swarms in Gaza fighting // Сетевой журнал The Times of Israel [Электронный ресурс]. URL: <https://www.timesofisrael.com/in-apparent-worldfirst-idf-deployed-drone-swarms-in-gaza-fighting> (дата обращения: 10.11.2021).
36. ISO/IEC 31010:2019 International Submarine Engineering ISE DORADO Semi-Submersible Minehunting Vehicle // Интернет-платформа Geo-matching.com. [Электронный ресурс]. URL: <https://geo-matching.com/auvs-autonomous-underwater-vehicles/ise-dorado-semi-submersible> (дата обращения: 05.06.2019).
37. AAWA. (2016). Remote and Autonomous Ships: The next steps. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rollsroyce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aaawa-whitepaper-210616.pdf>. (дата обращения: 25.04.2018).
38. MAYFLOWERAUTONOMOUS RESEARCH SHIP. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.shuttleworthdesign.com/gallery.php?boat=MARS>. (дата обращения: 05.05.2018).
39. MAYFLOWER AUTONOMOUS SHIP. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mayflowerautoship.com/>. (дата обращения: 05.05.2018).
40. Miomir Vukobratović. Nikola Tesla and Robotics. SERBIAN JOURNAL OF ELCTRICAL ENGINEERING Vol. 3, № 2, November 2006, 163–175 p.
41. International Submarine Engineering ISE DORADO Semi-Submersible Minehunting Vehicle // Internet platform Geo-matching.com (2019, Jun. 5). [Online]. Available: <https://geo-matching.com/auvs-autonomous-underwater-vehicles/ise-dorado-semi-submersible>.
42. MUNIN Project //12th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, COMPIT'13, Cortona, 15-17 April 2013. – 2013. – P. 177-183.
43. Ocean Aero. Submaran™ S10: Wind and solar-powered freedom to go further and faster. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oceanaero.us/Ocean-Aero-Submaran>. (дата обращения: 30.07.2018).
44. Saildrone. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.saildrone.com/>. (дата обращения: 20.07.2018).
45. The first ever zero emission, autonomous ship. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yara.com/knowledgegrows/game-changer-for-the-environment/>. (дата обращения: 30.04.2018).

46. Remotely Operated Vehicle KAIKO // Официальный сайт JAMSTEC. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/ships/kaiko.html> (дата обращения 17.01.2022)
47. Porathe T., Burmeister H. C., Rødseth Ø. J. Maritime unmanned navigation through intelligence in networks: The MUMIN project // International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT) 2013. – 2013.
48. Чижевский Я. А. Реализация концепции сетцентрических боевых действий в вооруженных силах США // Военная мысль. 2019. № 3. С. 116–137.
49. Navy U. S. Program Guide to the US Navy // Washington, DC: USGPO. 2000.
50. Бочаров Л. Необитаемые подводные аппараты: состояние и общие тенденции развития // Электроника: наука, технология, бизнес. 2009. № 7. С. 62–69.
51. Бурдун И. Е., Бубин А. Р. БАЗА ДАННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ "СТАЙНОГО" ПРИМЕНЕНИЯ // Технические проблемы освоения Мирового океана. 2011. Т. 4. С. 345–351

## Справка об авторах

**РОГИНСКИЙ Константин Александрович**, к.т.н., ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией «Техники подводных измерений и испытаний»

Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН

Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36

**Область научных интересов:** Разработка гидроакустических средств исследования донных осадков и водной среды. Поиск, идентификация и мониторинг объектов в водной среде. Оборудование для регистрации сейсмических волн на поверхности моря, на дне и на дрейфующем льду. Организация и проведение морских работ.

**E-mail:** roginский@list.ru

**ГАНЖА Олег Юрьевич**, главный специалист  
Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН,

Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36

**Область научных интересов:** Активные и пассивные сейсмические исследования в Мировом Океане. Оборудование для регистрации сейсмических волн на поверхности моря, на дне и на дрейфующем льду. Организация и проведение морских работ, сбор геофизических данных их анализ и интерпретация. Применение технологии DAS (Распределенных Акустических Волоконно-Оптических Датчиков) в морских исследованиях

**E-mail:** ganzhaoy@mail.ru



# TRENDS AND PROSPECTS OF TECHNOLOGIES FOR CREATING MARINE ROBOTIC SYSTEMS FOR COMBAT OPERATIONS AT SEA ABROAD

**K.A. Roginsky, O.Yu. Ganzha**

The article clarifies the term marine robotics and, on this basis, it is determined that the creation of military-grade marine robotic systems (MRS) requires significant study of the core of the most important technologies necessary to create the entire range of promising robotic tools. At the same time, a typical military-purpose MRS can be presented as a set of functionally related elements and specialized equipment. This representation of a typical MRS makes it possible to identify technologies that are critical for the development of basic elements. The possession of such technologies is the key to success in ensuring the necessary degree of autonomy and intelligence of the MRS. The importance of the development of artificial neural networks, which have already learned to recognize individual objects, was emphasized. However, there are well-founded concerns that autonomous MRS, no matter how advanced artificial intelligence they may possess, will not be able to analyze the behavior of people in front of them like a human. In this regard, increasing the speed and miniaturization of the developed microprocessors is of fundamental importance. In addition, in the interests of creating an MRS, serious attention is being paid to promising means of communication, which, in fact, are critical elements of the successful application of MRS. The military leadership of leading foreign countries is pursuing a focused, long-term policy in the field of developing promising measures of armed struggle, hoping in the future to develop innovative and effective means to ensure national security, combat terrorism and regular threats, as well as the effective conduct of modern and future operations. The factors are substantiated and the reasons for the rapid development and widespread use of MRS in the US Navy are given. The key technologies that make it possible to compensate for the absence of an operator in the cockpit are technologies for creating microprocessor technology and advanced communication tools. Both types of technologies came from the civilian sphere — the computer industry, which allowed the use of modern microprocessors, radio communication and data transmission systems, as well as special methods of information compression and protection for MRS.

**Keywords:** Unmanned vessel, Marine robotics, Sensory information processing, Software and hardware complexes, Combat robots, Neural networks.

## References

1. Siwe U., Lind M., Svedberg U. Sea traffic management-A concept creating the need for new maritime information standards and software solutions //Sea Traffic Management (STM) Compit 2014, Monalisa 2.0 (ss. 257-263). – 2014.
2. AAWA – Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative. [Electronic resource]. URL : [tps://www.utu.fi/en/units/tse/units/marketing/research/research%20projects/Pages/AAWA.aspx](https://www.utu.fi/en/units/tse/units/marketing/research/research%20projects/Pages/AAWA.aspx) . (date of access: 05.05.2018) .
3. AAWA. (2016). Autonomous ships: The next step. [ Electronic resource ]. URL: <http://www.rollsroyce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/tr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>. (date accessed : 05.05.2018).
4. ABS: “Guide for smart functions for marine vessels and offshore units.”
5. Under the general editorship of Rogozin D. Handbook “War and Peace in Terms and Definitions”, Moscow 2004, “Porog Publishing House”.
6. THE NEXT REVOLT. [Electronic resource]. URL: <http://gcaptain.com/wp-content/uploads/2014/09/ReVolt-Details.pdf>. (date accessed: 28.04.2018).
7. Development of 7000m work class ROV “KAIKO Mk-IV” / H. Nakajoh, et al. // OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey (Monterey, CA, USA, 19-23 Sept. 2016), IEEE. pp. 1-6. DOI: 10.1109/OCEANS.2016.7761063.
8. DNV GL DNVGL-CG-0264 “Autonomous and remotely operated ships”.
9. Lloyd’s Register “LR Code for Unmanned Marine Systems”.
10. ASTAT - Autonomous Ship Transport at Trondheimsfjorden . [Electronic resource] . URL : <http://astat.autonomousship.org/index.html>. (date accessed : 01.05.2018) .
11. Autonomous Marine Systems. Datamaran : general specifications. [Electronic resource]. URL: [http://www.automarinesys.com/wp-content/uploads/2014/05/Datamaran\\_DataSheet.pdf](http://www.automarinesys.com/wp-content/uploads/2014/05/Datamaran_DataSheet.pdf). ( date accessed : 15.07.2018).
12. Automated Ships Ltd and KONGSBERG to build the first unmanned and fully autonomous ship for offshore operations. [Electronic resource]. URL : <https://www.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/65865972888D25FAC125805E00281D50?OpenDocument> . (date accessed : 25.04.2018).
13. Automated Ships Ltd. [Electronic resource]. URL: <http://automatedshipltd.com/>. (date of access: 27.04.2018).

14. Autonomous Shuttle Ferry in Trondheim. [Electronic resource]. URL : <https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/sarepta/4-ntnu-autonomus-ferry-efb.pdf>. (date of access: 30.04.2018).
15. Autonomous ship project, key facts about YARA Birkeland. [Electronic resource]. URL : <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/4B8113B707A50A4FC125811D00407045OpenDocument>. (date accessed: 29.04.2018).
16. Birkeland. [Electronic resource]. URL : <https://itc.ua/news/v-2018-godu-v-norvegii-spustyat-na-vodu-pervyy-vmire-bespilotnyy-elektricheskiy-konteynerovoz-yara-birkeland/>. (date of access: 07.05.2018).
17. Bruhn W. C. et al. Conducting look-out on an unmanned vessel: Introduction to the advanced sensor module for MUNIN's autonomous dry bulk carrier // Proceedings of the International Symposium Information on Ships (ISIS 2014), Hamburg, Germany, 4–5 September. – 2014.
18. Burmeister HC et al. Can unmanned ships improve navigational safety? // Proceedings of the Transport Research Arena, TRA 2014, 14-17 April 2014, Paris, 2014.
19. BOURBON joins Automated Ships Ltd and KONGSBERG to deliver groundbreaking autonomous offshore support vessel prototype. [Electronic resource]. URL : [http://www.bourbonoffshore.com/sites/default/files/media\\_root/press-release-bourbon-kongsberg-automatedships-11072017.pdf](http://www.bourbonoffshore.com/sites/default/files/media_root/press-release-bourbon-kongsberg-automatedships-11072017.pdf). (date of access: 04/26/2018).
20. Era of automated ships moves a step closer. [Electronic resource]. URL : <https://ihsmarkit.com/researchanalysis/era-of-automated-ships-moves-a-step-closer.html>. (Accessed: 27.04.2018).
21. ENISA3 “Analyses of cybersecurity aspects in the maritime sector” <http://www.rvc.ru/nti/roadmaps/>
22. EUROPEAN COMMISSION RESEARCH AND INNOVATION DG Project No.: 314286 Ref: 314286-MUNIN-FinalReport-12-20151222-144137-CET. PDF.
23. Boeing Airpower Teaming system // Website Boeing Company [Electronic resource]. URL : <https://www.boeing.com/defense/airpower-teaming-system> (accessed : 10.11.2021).
24. « Guidelines for Autonomous Shipping ». Cloudborne is coming. Small USVs of Oceanalpha are put into commercial operation in 2019. [Electronic resource]. URL : <http://oceanalpha.com/en/view/news/113.html>. (date accessed: 06.05.2018).
25. China Moving Forward with Unmanned Ship Research. [Electronic resource]. URL : <http://gcaptain.com/chinamoving-forward-with-unmanned-ships-research/>. (date of access: 05.05.2018). China Classification Society « Rules for intelligent ships ».
26. Jin Dou Yun, The China's Unmanned Cargo Ship. [Electronic resource]. URL <https://www.100tekn.com/stn/2018/03/10/jin-dou-yun-the-chinas-unmanned-cargo-ship/>. (date of access: 06.05.2018).
27. Koopman BO Theory of search: 3.The optimum distribution of searching efforts // Operations Research. 1956. V. 4, No. 5.
28. Larkin LJ, Thomsen CJ Simulation validation for an unmanned semisubmersible vehicle // Oceans 2003: Celebrating the Past ... Teaming Toward the Future (IEEE Cat. No. 03CH37492) (San Diego, CA, USA 22-26 Sept. 2003), IEEE. 2003. No. 3.Pp. 1431-1436. DOI: 10.1109/OCEANS.2003.178072
29. DNV GL strategic research & innovation. Research Review 2014. [Electronic resource]. URL : [https://production.prestogo.com/fileroot/7/gallery/dnvg1/files/original/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8\\_low.pdf](https://production.prestogo.com/fileroot/7/gallery/dnvg1/files/original/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8/82cb72ef572a4a1984b570dee18e4be8_low.pdf). (date accessed: 04/28/2018).
30. A.R. Cheraghi, Shahzad S., Graffi K. Past, Present, and Future of Swarm Robotics // Electronic archive of scientific articles ArXiv [Electronic resource]. URL : <https://arxiv.org/pdf/2101.00671.pdf> (date accessed: 11/10/2021).
31. Nikola T. Method of and apparatus for controlling mechanism of moving vessels or vehicles: Pat. 613809 USA. – 1898.
32. Man Y. Human-Machine Interface Considerations for Design and Testing in Distributed Sociotechnical Systems. – 2015.
33. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks Funding Scheme. Grant Agreement number: 314286 Project acronym : MUNIN Project title: SST.2012.5.2-5.
34. Mayflower Autonomous Research Ship (MARS). [Electronic resource]. URL : <https://www.shiptechnology.com/projects/mayflower-autonomous-research-ship-mars/>. (date accessed : 05.05.2018).
35. In apparent world first, IDF deployed drone swarms in Gaza fighting // Network The Times of Israel magazine [Electronic resource]. URL : <https://www.timesofisrael.com/in-apparent-world-first-idf-deployed-drone-swarms-in-gaza-fighting/> (accessed : 10.11.2021).
36. ISO/IEC 31010:2019 International Submarine Engineering ISE DORADO Semi-Submersible Minehunting Vehicle // Internet platform Geo-matching.com. [Electronic resource]. URL: <https://geo-matching.com/auvs-autonomous-underwater-vehicles/ise-dorado-semi-submersible> (accessed 05.06.2019).
37. AAWA. (2016). Remote and Autonomous Ships: The next steps. [Electronic resource]. URL : <http://www.rollsroyce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>. (date accessed : 25.04.2018).
38. MAYFLOWER AUTONOMOUS RESEARCH SHIP. [Electronic resource]. URL : <http://www.shuttleworthdesign.com/gallery.php?boat=MARS>. (date accessed : 05.05.2018).
39. MAYFLOWER AUTONOMOUS SHIP. [Electronic resource]. URL : <http://www.mayflowerautoship.com/>. (date accessed : 05.05.2018).
40. Miomir Vukobratović. Nikola Tesla and Robotics. SERBIAN JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING Vol. 3, No. 2, November 2006, 163–175 p.
41. International Submarine Engineering ISE DORADO Semi-Submersible Minehunting Vehicle // Internet platform Geo-matching.com (2019, Jun. 5). [Online]. Available: <https://geo-matching.com/auvs-autonomous-underwater-vehicles/ise-dorado-semi-submersible>.
42. MUNIN Project //12th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, COMPIT'13, Cortona, 15-17 April 2013. – 2013. – P. 177-183.
43. Ocean Aero. Submaran™ S10: Wind and solar-powered freedom to go further and faster. [Electronic resource]. URL : <http://www.oceanero.us/Ocean-Aero-Submaran>. (date accessed : 30.07.2018).
44. Saildrone. [Electronic resource]. URL : <https://www.saildrone.com/>. (date accessed : 20.07.2018).
45. The first ever zero emission autonomous ship. [Electronic resource]. URL : <https://www.yara.com/knowledgegrows/game-changer-for-the-environment/>. (date accesses : 30.04.2018).
46. Remotely Operated Vehicle KAIKO // Official JAMSTEC website. [Electronic resource]. URL : <https://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/ships/kaiko.html> (date appeals 01/17/2022)
47. Porathe T., Burmeister HC, Rødseth Ø. J. Maritime unmanned navigation through intelligence in networks: The MUMIN project // International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT) 2013. – 2013.
48. Chizhevsky Ya. A. Implementation of the concept of network-centric combat operations in the US Armed Forces // Military Thought. - 2019. - No. 3. - P. 116-137.
49. Navy US Program Guide to the US Navy // Washington, DC: USGPO. – 2000.
50. Bocharov L. Unmanned underwater vehicles: status and general development trends // Electronics: science, technology, business. – 2009. – No. 7. – P. 62-69.
51. Burdun I. E., Bubin A. R. DATABASE OF PUBLICATIONS, STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF MOBILE ROBOTICS OF "FLOCK" APPLICATION // Technical problems of development of the World Ocean. - 2011. - V. 4. - P. 345-351

### Recommended citation:

Roginsky K.A., Ganzha O.Yu. TRENDS AND PROSPECTS OF TECHNOLOGIES FOR CREATING MARINE ROBOTIC SYSTEMS FOR COMBAT OPERATIONS AT SEA ABROAD. UNDERWATER INVESTIGATIONS AND ROBOTICS. 2025. No. 2 (52). P. 28–40. DOI: 10.37102/1992-4429\_2025\_52\_02\_03. EDN: PMEVZU.

## About the authors

**ROGINSKY Konstantin Alexandrovich**, Leading Researcher,  
Head of the Laboratory of Underwater Measurement and Testing  
Techniques

P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS

**Address:** 117997, Moscow, 36 Nakhimovsky Prospekt

**Research interests:** Development of hydroacoustic tools for studying bottom sediments and the aquatic environments. Search, identification and monitoring of objects in the aquatic environments. Equipment for recording seismic waves on the sea surface, on the bottom and on drifting ice. Organization and execution of marine research projects.

**E-mail:** roginisky@mail.ru

**GANZHA Oleg Yuryevich**, Chief Specialist

P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS

**Address:** 117997, Moscow, 36 Nakhimovsky prospekt

**Research interests:** Active and passive seismic surveys in the World Ocean. Equipment for recording seismic waves on the sea surface, on the bottom and on drifting ice. Organization and conduct of marine operations, geophysical data acquisition, analysis and interpretation. Application of DAS (Distributed Acoustic Fiber-Optic Sensors) technology in marine research.

**E-mail:** ganzhaoy@mail.ru

