

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-4-386-191-202
УДК 623.9

О.В. Малышев, В.Г. Хорошев, В.И. Эйдук
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

О СКРЫТНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОРСКИХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Объект и цель научной работы. Объектом исследований в работе являются морские робототехнические комплексы (МРТК), цель исследований – разработка путей решения проблемы обеспечения скрытности комплексов, необходимой для повышения эффективности их применения.

Материалы и методы. Работа является дальнейшим развитием исследований по разработке путей анализа и обеспечения скрытности морских объектов на основе методологии системного подхода.

Основные результаты. В статье рассмотрены возможности современных средств по обнаружения и поражению МРТК, определены особенности применения МРТК, определяющие необходимость нормирования параметров заметности их элементов, предложены структура свойств МРТК, учитывающая их скрытность, и связанная с ней структура математических моделей для нормирования параметров заметности элементов, оценок скрытности и ее влияния на эффективность применения МРТК. Предложены формулировки для стандартизации свойств комплексов, связанных с их скрытностью и последовательность решения задач оценки и обеспечения необходимой скрытности их применения. Выявлены основные актуальные проблемы обеспечения скрытности создаваемой морской робототехники, решение которых необходимо для ее эффективного применения.

Заключение. Полученные результаты создают основу для проведения теоретических исследований возможной скрытности перспективных МРТК, нормирования параметров заметности их элементов, выявления путей достижения скрытности МРТК, обеспечивающей достаточно высокую эффективность их применения.

Ключевые слова: морские робототехнические комплексы, скрытность, параметры заметности.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-4-386-191-202
UDC 623.9

O. Malyshev, V. Khoroshev, V. Eiduk
Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

ENSURING STEALTH OF MARINE ROBOTS

Object and purpose of research. This paper discusses marine robotic systems. The purpose of the study is to work out the methods that would ensure stealth of these systems, which is a pre-requisite for improving their operational efficiency.

Materials and methods. This work is based on system-approach methodology and continues previous studies, analyzing possible ways to follow in ensuring stealth of marine objects.

Main results. The paper discusses capabilities of modern hardware for detection and engagement of marine robots, identifies operational peculiarities of marine robotic systems that make it necessary to develop stealth requirements for their elements, as well as suggests a classification of performance parameters for marine robots taking into account their stealth, and also suggests appropriate structure for the mathematical models designed to give an idea on how to perform stealth assessments of marine robots, how much their operational efficiency is stealth-dependent and what criteria to use for this assessment. The study also proposes formulations for stealth requirements to marine robotic systems, as well as recommends optimal stealth assessment procedure for marine robots so as to make them compliant with requirements. It identifies key challenges to solve in stealth design of marine robotics that would make these systems more efficient.

Для цитирования: Малышев О.В., Хорошев В.Г., Эйдук В.И. О скрытности применения морских робототехнических комплексов. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; 386(4): 191–202.

For citations: Malyshev O., Khoroshev V., Eiduk V. Ensuring stealth of marine robots. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; 386(4): 191–202 (in Russian).

Conclusion. The results of this work can be used as basis for theoretical studies on achievable stealth of new marine robots, as well as for development of stealth requirements to their elements and the ways to meet them, so as to ensure high operational efficiency of these systems.

Keywords: marine robotic systems, stealth, stealth parameters.

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

Современные концепции «сетевых войн» на море предполагают активное использование морских робототехнических комплексов для решения непрерывно расширяющегося круга задач вооруженной борьбы. Вследствие этого создание боевых роботов является одним из приоритетов развития современных ВМС [1]. Это свидетельствует о важности проведения системно организованных исследований в области теории применения морской робототехники, в том числе по получению оценок и поиску путей повышения эффективности ее боевого применения, обоснованию требований к параметрам различных МРТК. До настоящего времени вопросам обеспечения скрытности МРТК и ее влияния на их эффективность уделяется недостаточно внимания, хотя такие исследования важны и в плане обоснования требований к средствам обнаружения (СО) и средствам управления оружием (СУО) для эффективной борьбы с МРТК противника. Некоторые оценки влияния параметров заметности МРТК на их скрытность от средств противника были сделаны в работах [2–5].

В настоящей статье под «элементами» МРТК будем понимать взаимодействующие в составе комплекса безэкипажные катера (БЭК), необитаемые подводные аппараты (НПА), донные устройства и беспилотные летательные аппараты (БЛА). Одним из основных преимуществ МРТК обычно считается высокая скрытность, обусловленная меньшей по сравнению с кораблями заметностью. В то же время анализ показывает, что современные ВМС располагают разнообразными средствами, способными обнаруживать и поражать МРТК либо препятствовать их действиям.

Для обнаружении погруженных элементов МРТК (НПА и донных) эффективны гидроакустические средства, в том числе активные с достаточно высокой частотой. Для поиска относительно крупных НПА могут применяться противолодочные средства, в том числе авиационные радиогидроакустические буи (РГАБ), такие как AN/SSQ-101 ADAR. При поиске малозумных объектов их используют в мультистатистическом режиме совместно с активными РГАБ «подсветки» (например, AN/SSQ-125 с частотами 6,5–9,5 кГц) [6]. Бортовые средства вертолетов включают также опускаемые

гидроакустические станции (ОГАС), такие как AN/AQS-22 или HELRAS DS-100 с частотами в активном режиме частоты 9–11 кГц) [7]. Обнаружение НПА является одной из целей позиционных гидроакустических средств, таких как ADS (в активном режиме частоты 3–8 кГц), DADS, FORCIS, SWSS и др., а также комплексов типа PLUSNet, объединяющих в своем составе позиционные антенны и поисковые НПА [8]. Надводные корабли для обнаружения МРТК могут использовать активный режим гидроакустического комплекса (ГАК, типично в диапазоне 4–8 кГц, но некоторые до 21 кГц), в том числе с приемом на гибкие протяженные буксируемые антенны (ГПБА), например ТВ-29BQ-A, или использовать ГПБА в пассивном режиме. ПЛ для обнаружения МРТК могут использовать ГАК (например AN/BQQ-10) в пассивном режиме. Для поиска НПА могут применяться противолодочные катера, в том числе такие, как БЭК Sea Hunter (ACTUV) с активно-пассивной ГАС (частоты 8–10 кГц) [9], БЭК с вертолетными ОГАС, БЭК с ГПБА, такие как Wave Glider, AutoNaut, C-Enduro и др. Для борьбы с робототехникой будут также применяться специально созданные НПА, оснащенные суперкавитирующим оружием [10].

Обнаружение донных элементов и малозумных НПА с относительно небольшими размерами в толще моря осуществляется преимущественно средствами высокочастотной гидролокации. Это могут быть различные ГАС миноискания, в том числе вертолетные (как AN/AQS-20), корабельные (как AN/SQQ-32(V)4), входящие в состав ГАК ПЛ (как AN/BQS-15), на катерах (как AQS-24A), в том числе на БЭК [11], полупогружных средствах (как AN/WLD-1) и НПА (как AN/AQS-14 или Klein 5500). Это также могут быть средства, создававшиеся для обнаружения боевых пловцов, позиционные (такие как AquaShield) и катерные.

Поражение обнаруженных элементов МРТК будет осуществляться легкими торпедами, такими как итальянские Flash Black, Black Arrow, Black Scorpion (калибр 127 мм) [12], а также антиторпедами, специально предназначенными для поражения малоразмерных объектов. В США в 2013 г. прошли испытания антиторпеды CAT (калибр 170 мм), затем разработанных для применения

с БЛА-вертолетов и с БЭК торпед CRAW (калибр 182,6 мм) и CVLWT (калибр 171,5 мм) [13]. В Германии были испытаны суперкавитирующие подводные ракеты Barracuda (2009 г.), антиторпеды Sea Spider (калибр 210 мм, 2010 г.) и KTV (калибр 230 мм, 2013 г.) [14].

При использовании радиосвязи элементы МРТК могут быть обнаружены средствами комплексов радиоэлектронной разведки (РЭР). На поверхности моря элементы МРТК могут быть обнаружены радиолокационными станциями (РЛС). Необходимо учитывать, что чувствительность радиолокационного обнаружения объектов на поверхности моря при малых углах места (береговые или корабельные РЛС, низколетящий летательный аппарат (ЛА)) очень велика, для обнаружения может быть достаточна ЭПР, начиная с $0,01 \text{ м}^2$ [15]. Высокую чувствительность обнаружения объектов на поверхности могут также иметь инфракрасные и электрооптические оптикоэлектронные средства (ОЭС) [16]. Для поражения элементов МРТК у поверхности будет использоваться радиолокационное или оптоэлектронное наведение оружия (ракет, авиабомб, снарядов).

В верхнем слое моря элементы МРТК (НПА или донные устройства) могут быть обнаружены вертолетными лазерными средствами, такими как AN/AES-1 ALMDS [17] или более современными [18] с возможностью поражения суперкавитирующими снарядами RAMICS. Обнаружение элементов МРТК также может осуществляться авиационными поисковыми магнитометрами (АПМ). Предполагалось, что самолеты базовой патрульной авиации (БПА) P-8A Poseidon смогут использовать низколетящие БЛА MESS, оснащенные АПМ [19], при этом чувствительность дифференциального применения современных АПМ может быть велика [2].

Вблизи грунта, помимо гидроакустических средств, элементы МРТК могут быть обнаружены неконтактными взрывателями (НВ) донных мин (с последующим поражением) или позиционными электромагнитными системами (ЭМС). Такие системы имеют высокую чувствительность – это позволяло еще во время Второй мировой войны эффективно использовать их для обнаружения японских сверхмалых ПЛ [20]. Донные элементы МРТК также могут быть обнаружены магнитометрическими средствами поисковых НПА, чувствительность которых при дифференциальном применении может быть очень велика.

Возможности современных СО и СУО по обнаружению и поражению малоразмерных объектов

свидетельствуют о важности обоснования и выявления путей выполнения требований к параметрам заметности элементов МРТК при их создании. Необходимо также организовать такое планирование применения МРТК, при котором обеспечивались бы их скрытность и боевая устойчивость, необходимые для эффективного решения поставленных перед комплексом задач.

На параметры заметности элементов МРТК могут существенно влиять их размеры. В США НПА разделяют на переносные (Man-Portable, водоизмещение до 50 кг), легкие (Light Weight Vehicle, до 230 кг), тяжелые (Heavy Weight Vehicle, 1360 кг) и большие (Large Displacement Vehicle, до 9 т и более) [21]. Существует подобная классификация и для БЭК: X-Class (до 3 м), Harbor Class (7 м), Snorkeler Class (полупогружные, 7 м), Fleet Class (с жестким корпусом, 11 м) [22].

Задачи, возлагаемые на МРТК, чрезвычайно разнообразны. Среди них выделяют [1, 21, 23, 24]: освещение обстановки, обеспечение связи и управления (то есть информационных потоков в «сетевидной» системе), навигации, скрытное минирование и оборудование акваторий театра военных действий, противоминное и противолодочное обеспечение, океанографию (в том числе оперативную), противодействие МРТК противника, обеспечение действий сил спецназначения, защиту и обеспечение функционирования различных объектов и подводной инфраструктуры, доставку грузов, участие в радиоэлектронной войне, нанесение ударов торпедным и ракетным оружием и др. В ходе боевых действий для обнаружения и поражения МРТК, решающих различные задачи, противник может использовать одни и те же СО и СУО, или, наоборот, применять различные средства против аппаратов, участвующих в решении одной задачи. Из этого следует, что на параметры скрытности зачастую в большей степени влияют не сами решаемые МРТК задачи, а зависящие от них особенности применения элементов комплексов. Для НПА к таким влияющим на скрытность факторам можно отнести действия в условиях применения противником гидроакустических средств, необходимость использования активных электромагнитных средств, действий у поверхности, в верхнем или в придонном слое моря. Эти факторы определяют физические поля (ФП) и параметры заметности, к которым следует предъявлять требования в первую очередь (рис. 1). Факторы скрытности БЭК несколько отличаются, т.к. они всегда находятся на поверхности (рис. 2). Элементы пози-

ционных МРТК, наоборот, могут постоянно находиться на грунте (рис. 3).

Иногда элементы МРТК можно рассматривать одновременно и как НПА, и как БЭК (например, гибридные надводно-подводные аппараты типа Submaran или AUSS [25]), а иногда и как НПА и БЛА (аппарат Flimmer). В большинстве случаев в состав МРТК входят различные элементы, и необходимо учитывать, что обнаружение любого из них может демаскировать весь комплекс, а поражение отдельных элементов – сорвать выполнение поставленной задачи. Большие НПА часто являются носителями меньших по размерам робо-

тизированных средств. Так, автономный НПА (АНПА) Seahorse был носителем элементов системы PLUSNet при ее скрытном развертывании, АНПА Proteus способен нести АНПА, мины и торпеды [13]. В настоящее время на его основе создают АНПА LDUUV (в перспективе XLUUV), несущие торпеды и выставляемые ГАС. Примером совместного использования роботизированных средств являются испытания, на которых НК выпустил АНПА Bluefin-21, который проследовал в заданный район и выпустил АНПА Sandshark, выполнивший задание с собственной ГАС и выплывший всплывающую капсулу с БЛА Blackwing,

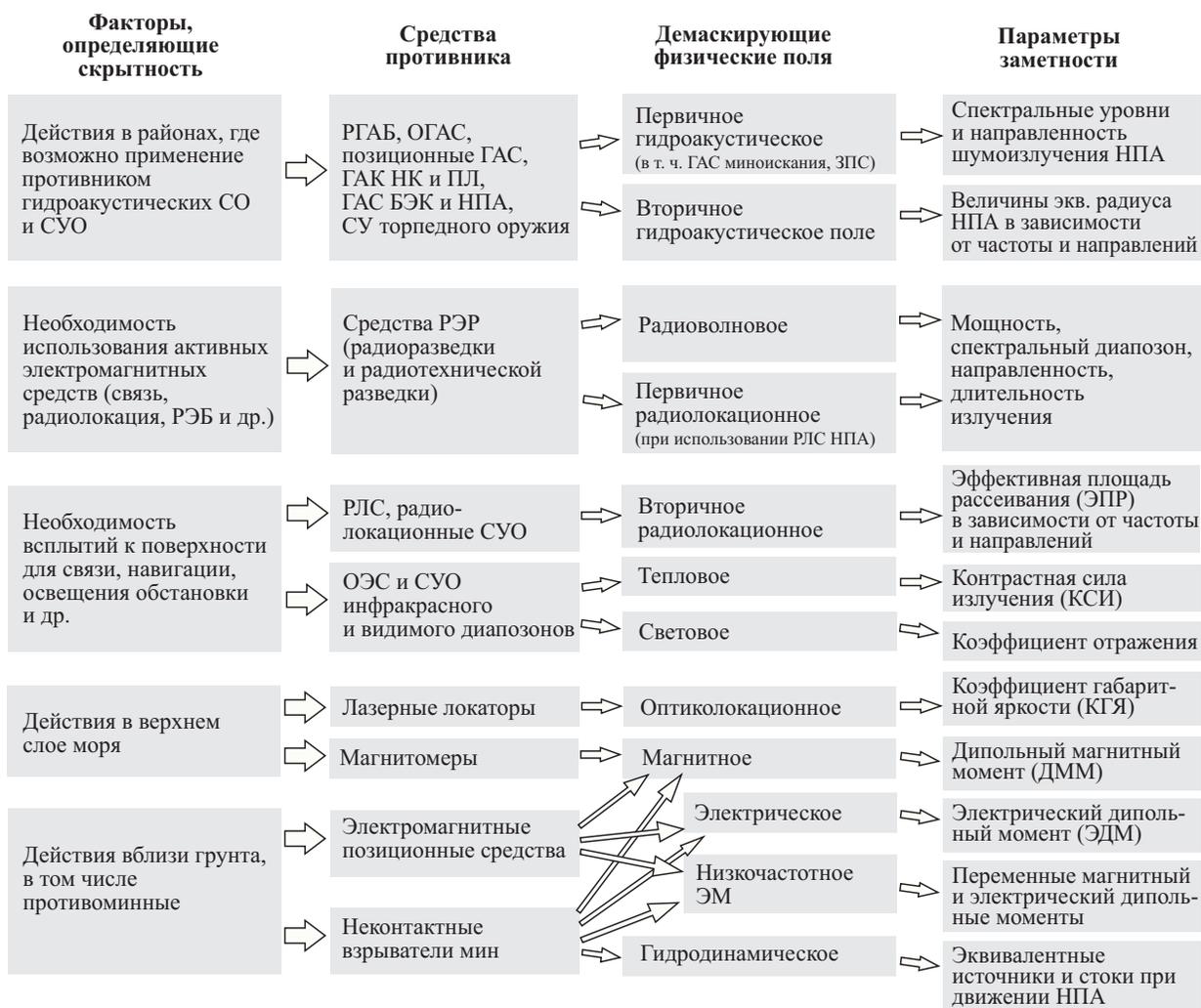


Рис. 1. Влияние основных особенностей применения необитаемых подводных аппаратов на необходимость нормирования различных параметров их заметности

Fig. 1. Main operational peculiarities of UUVs and their implications for development of various stealth requirements to these systems

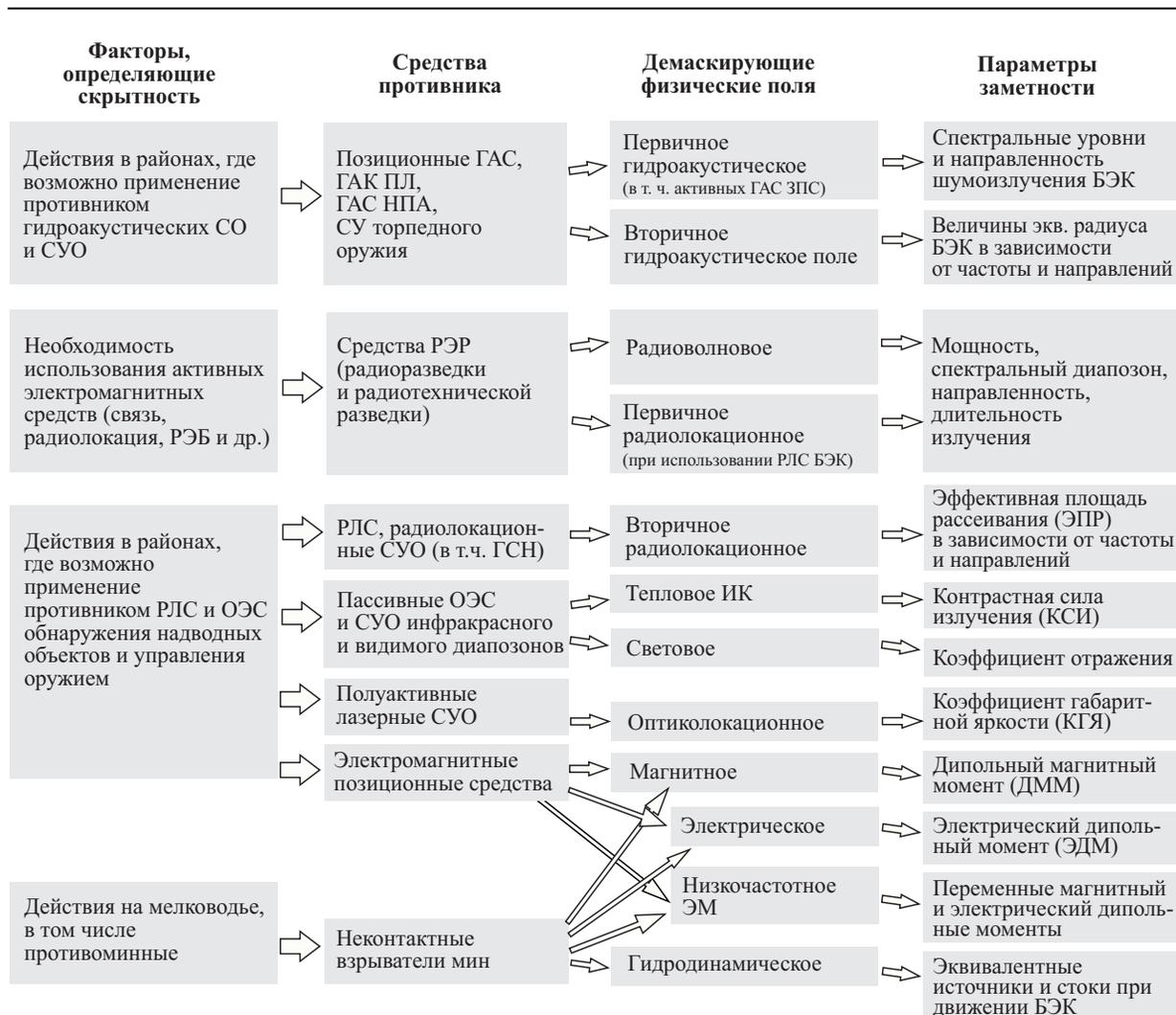


Рис. 2. Влияние основных особенностей применения безэкипажных катеров на необходимость нормирования различных параметров их заметности

Fig. 2. Main operational peculiarities of USVs and their implications for development of various stealth requirements to these systems

а также установивший звукоподводную связь (ЗПС) с позиционными средствами [26]. В состав роботизированных комплексов освещения обстановки ADS и PLUSNet совместно с донными элементами входят АНПА как выполняющие обеспечивающие функции, так и непосредственно участвующие в поиске целей. Носителями НПА является большинство противоминных БЭК, например, таких как Inspector, Protector, ARCIMS, C-Sweep/Halcyon, CUSV и др. [29]. В состав французского противоминного комплекса входит БЭК Sterenn Du, доставляющий в миноопасный район средства поиска – НПА (Alister-18), буксируемую (DUBM-44)

и самоходную ГАСМ, средства классификации и уничтожения мин (K-ster) [27, 28].

Для скрытности НПА, действующих в толще воды (вдали от поверхности и грунта), основную опасность представляют активные и пассивные (с учетом использования ЗПС) гидроакустические средства: авиационные РГАБ и ОГАС, ГАС кораблей, БЭК и НПА. Основным средством поражения будут торпеды с активными гидроакустическими головками самонаведения (ГСН).

Важнейшей проблемой является обеспечение скрытной связи с МРТК. Для позиционных или действующих вблизи носителя средств возможно



Рис. 3. Влияние основных особенностей применения позиционных морских робототехнических комплексов на необходимость нормирования различных параметров их заметности

Fig. 3. Main operational peculiarities of stationary marine robotic systems and their implications for development of various stealth requirements to these systems

использование волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) с выходом на корабль или на берег. Между элементами МРТК используют ЗПС [31]. В локальных зонах может быть организована специальная сеть передачи данных (такая как Sea Web [30] с ВОЛС и гидроакустическими ретрансляторами), но использование при этом каналов радиосвязи будет демаскировать такие зоны. Самостоятельно действующие АНПА обычно используют средства спутниковой связи (чаще всего Iridium), всплывая в позиционное положение. Обычная радиосвязь в основном применяется при нескрытых действиях (например при использовании активных гидроакустических средств), при этом могут быть использованы БЛА [32].

Еще одной проблемой является навигация АНПА [33]. Нарастание ошибок в бортовых инерциальных системах требует периодического уточнения координат. В ближней зоне может быть организована пассивная гидроакустическая навигация с использованием маяков [34], в некоторых случаях может быть использован рельеф дна. При отсутствии таких возможностей АНПА используют спутниковые навигационные системы с подвсплы-

тием к поверхности, совмещая их с сеансами связи. Например, противоминный НПА Remus для определения координат всплывал раз в час [35], глайдеры типа Slocum всплывают в позиционное положение для связи и уточнения местоположения каждые 2–3 ч., АНПА минной разведки AN/BLQ-11 – через каждые 9–12 ч. [36] и т.п. При подвсплытиях для связи или навигации возникает опасность обнаружения НПА авиационными или корабельными РЛС или ОЭС, кроме того, в верхнем слое моря НПА могут быть обнаружены лазерными или магнитометрическими средствами.

Если предполагаются действия МРТК в мелководных районах, необходимо учитывать возможность их обнаружения донными ЭМС и НВ мин, имеющими гидроакустические, магнитные, гидродинамические, а также электрические и низкочастотные электромагнитные каналы. В случае обнаружения НВ ФП противоминных НПА и БЭК (в том числе буксировщиков тралов и средств доставки поисковых НПА) они могут быть поражены. Элементы МРТК, непосредственно осуществляющие поиск мин, обычно используют активные высокочастотные ГАС, обнаружение их излучения также

осуществляется в НВ. Перспективные минные комплексы могут иметь в своем составе средства самообороны: малогабаритные торпеды или суперкавитирующие снаряды с наведением на излучение миноискания, не исключается также гидролокационное или лазерное наведение. Скрытность от таких средств необходимо обеспечивать и для средств уничтожения мин, чтобы исключить их поражение до сближения с миной.

БЭК обладают меньшей скрытностью по сравнению с НПА. При использовании радиосвязи и радиолокации они могут быть обнаружены средствами РЭР. В «нижней полусфере», помимо ЭМС и НВ, они могут быть обнаружены ГАК ПЛ или ГАС НПА и поражены торпедами с гидроакустическими ГСН. В «верхней полусфере» обнаружение и поражение БЭК (как и БЛА) будет осуществляться с использованием РЛС и ОЭС, в том числе полуактивными оптиколокационными средствами. Донным элементам МРТК необходима скрытность от высокочастотных ГАС, лазерных и магнитометрических средств противника.

Для обоснования требований к параметрам заметности элементов МРТК, а также для поиска путей и способов его эффективного применения необходимо создание соответствующих математических моделей. Возможная структура таких моделей может соответствовать предлагаемой (в качестве базовой) структуре свойств МРТК, связанных с их скрытностью (рис. 4).

Для устранения возможной неоднозначности основные свойства МРТК, в том числе связанные с их скрытностью, необходимо стандартизовать. В ГОСТ, регламентирующий термины и определения по МРТК, целесообразно внести определения:

- заметности элемента МРТК, например, как «совокупности отличий свойств элемента МРТК от свойств окружающей среды, определяющей возможность его обнаружения средствами противника»;
- скрытности элемента МРТК от средств противника, например, как «способности элемента МРТК не создавать в окружающей среде изменений, которые могут быть обнаружены средствами противника»;
- скрытности действий МРТК, например, как «способности МРТК действовать, оставаясь не обнаруженным противником»;
- неуязвимости МРТК, например, как «способности МРТК противостоять средствам целеуказания оружию противника»;
- боевой устойчивости МРТК, например, как «способности МРТК действовать в условиях

боевого воздействия сил и средств противника»;

- боевой эффективности МРТК, например, как «способности МРТК выполнять боевые задачи по предназначению».

Структура рис. 4 дополняет и уточняет с учетом влияния скрытности предложенную в работе [37] трехуровневую систему показателей эффективности применения МРТК. В общем случае предлагаемая структура включает 6 типов частных моделей. Математические модели обнаружения сигналов ФП элементов МРТК целесообразно разрабатывать на основе теории оптимального обнаружения сигналов на фоне помех [38]. При разработке моделей поиска, целеуказания и поражения могут быть использованы модели для кораблей [39], при этом, как и для создания моделей решения комплексом задач по предназначению, наиболее адекватным представляется использование компьютерного статистического моделирования [40]. Модели для оценок военно-экономической эффективности морских объектов рассмотрены, например, в работах [40, 41].

Анализ проблемы обеспечения скрытности создаваемой морской робототехники показывает, что ее решение в целом зависит от результатов действий по решению ряда частных проблем и задач как организационного, так и научно-технического характера. Среди основных из них можно выделить следующие.

1. Формирование базовой нормативно-технической документации по созданию, эксплуатации и применению МРТК военного назначения, регламентирующей, в том числе, вопросы обеспечения необходимой скрытности применения.
2. Проведение на стадии НИР (предшествующей ОКР по созданию МРТК) достаточно адекватного компьютерного моделирования процессов боевого применения такого МРТК, которое обеспечило бы получение оценок его эффективности с учетом скрытности. Исходя из поставленных задач необходимо определить состав элементов МРТК, их основные параметры, оперативно-тактическую модель развертывания и боевого применения с учетом возможной тактической и фоновой обстановки. Далее на основе структур рис. 1–3 следует определить основные факторы скрытности элементов МРТК и влияющие на них параметры заметности. После этого на основе структуры рис. 4, последовательно применяемой для возможных ситуаций оперативно-тактической модели, создается математическая модель (предпочтительно

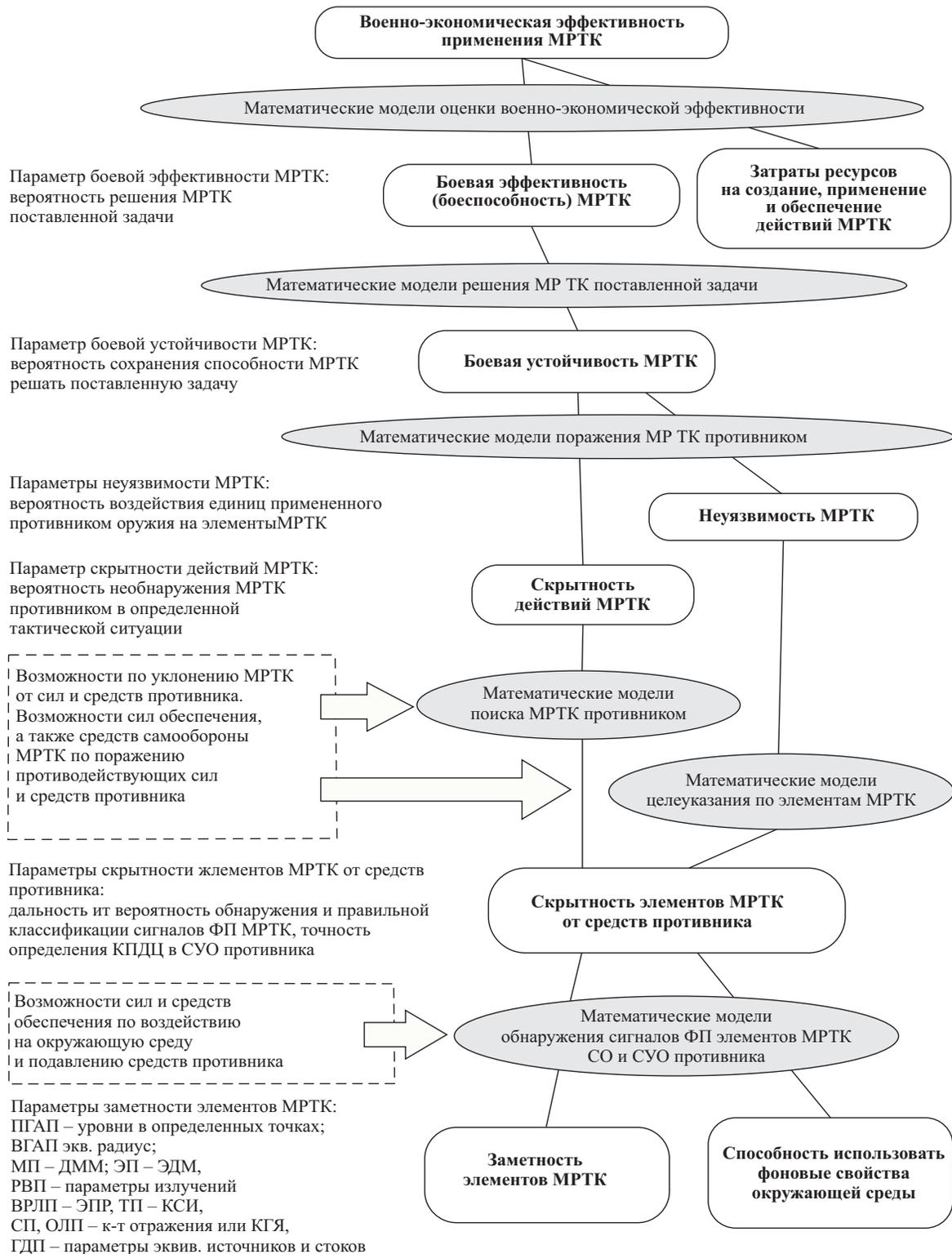


Рис. 4. Структура оценок свойств морского робототехнического комплекса, связанных с его скрытностью

Fig. 4. Stealth assessment structure for marine robotic systems

- имитационная статистическая), позволяющая оценивать эффективность применения комплекса. С ее использованием вырабатываются согласованные между собой требования к параметрам заметности элементов МРТК, учитывающие возможность использования противником СО и СУО, реагирующих на различные ФП, а также требования к способам применения МРТК и мероприятиям по обеспечению скрытности его действий. При отсутствии математического моделирования процессов применения МРТК требования, предъявляемые к параметрам заметности его элементов и влияющим на скрытность мероприятиям, будут недостаточно обоснованными.
3. Выявление путей снижения различных параметров заметности элементов перспективных МРТК в соответствии с полученными требованиями с учетом необходимости обеспечения связи и навигации в процессе применения МРТК.
 4. Создание полигонной базы для полноценного проведения испытаний элементов МРТК, включая испытания, связанные с измерениями параметров их заметности и оценками скрытности от различных СО и СУО, в том числе в процессе эксплуатации (при необходимости).
 5. Обеспечение полноценной интеграции МРТК с традиционными силами и средствами ВМФ, а также подготовки квалифицированных специалистов, способных организовать эксплуатацию и боевое применение МРТК в конкретной тактической и фоновой обстановке (включая обеспечивающие мероприятия и взаимодействие с другими силами и средствами) с учетом необходимости выполнения требований к скрытности.

Библиографический список

1. *Илларионов Г.Ю., Сиденко К.С., Бочаров Л.Ю.* Угроз за из глубины: XXI век. Хабаровск: Хабаровская краевая типография, 2011.
2. *Дружинина О.В., Эйдук В.И.* Оценка параметров магнитометрического обнаружения при управлении скрытностью морских объектов // Сборник докладов НТК «Состояние, проблемы и перспективы создания корабельных информационно-управляющих комплексов». М.: Концерн «Моринформсистема-АГАТ», 2012.
3. *Мальшев О.В., Эйдук В.И.* О заметности морских робототехнических средств // Сборник материалов XI Всероссийской НПК «Перспективные системы и задачи управления». Т. 1. Евпатория: ИПУ РАН, 2016. С. 128–136.
4. *Мальшев О.В., Эйдук В.И.* Перспективы совершенствования минного оружия в интересах поражения малозаметных целей // Материалы ВНИПК «Морское подводное оружие. Перспективы развития». СПб.: Крыловский государственный научный центр, 2015. С. 91–98.
5. *Мальшев О.В., Хорошев Г.А., Шакин С.А., Эйдук В.И.* Проблема обеспечения безопасности при управлении противоминными безэкипажными морскими объектами в современных условиях // Материалы XXX Всероссийской конференции по управлению движением корабля и специальных подводных аппаратов. Крым: ИПУ РАН, 2015. С. 139–149.
6. Приобретение радиогидроакустических буев для ВМС США // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2015. Вып. 75. С. 92–94.
7. Гидроакустическая станция для вертолетов США // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2017. Вып. 81. С. 72.
8. Nodes, networks and autonomy: charting a course for future ASW // IHS Jane's International Defence Review. 2014. V. 47. P. 47–48.
9. Гидроакустическая станция безэкипажного катера ВМС США // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2016. Вып. 77. С. 81.
10. *Красильников Р.В.* Системы борьбы с необитаемыми аппаратами – асимметричный ответ на угрозы XXI века. СПб.: ГМТУ, 2013.
11. Belgium. Shipborne aircraft. Patrol forces // IHS Jane's Fighting Ships. 2016–2017. P. 66.
12. Торпедное оружие // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2017. Вып. 80. С. 215–221.
13. Обитаемый/необитаемый подводный аппарат // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2016. Вып. 79. С. 57.
14. Испытания опытного образца антиторпеды германской разработки // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2014. Вып. 70–71. С. 131.
15. Новая радиолокационная станция для фрегатов прибрежной зоны ВМС США // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2016. Вып. 78. С. 85–87.
16. France. Frigates // IHS Jane's Fighting Ships. 2013–2014. P. 256.
17. Развертывание вертолетной лазерной системы обнаружения мин ВМС США // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2007. Вып. 48–49. С. 85–86.

18. Разработка лазерной технологии обнаружения и идентификации подводных целей // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2017. Вып. 80. С. 68–69.
19. Новые противолодочные самолеты ВМС США // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2010. Вып. 59. С. 59–60.
20. *Ивлиев Е.А.* Физические поля морских объектов. Электромагнитное и гидродинамическое поля. СПб.: СПбГМТУ, 2011.
21. US Department of the Navy, The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan, November 2004.
22. *Кондратьев А.Е.* Боевые роботы США – под водой, в небесах и на суше [Электрон. ресурс] // Независимое военное обозрение. URL: http://nvo.ng.ru/armament/2010-05-14/8_robots.html (дата обращения 23.06.2016).
23. *Button R.W.* et al. A survey of missions for unmanned undersea vehicles [Электрон. ресурс] // RAND Corporation, 2009. URL: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND_MG808.pdf (дата обращения 15.10.2014).
24. *Сиденко К.С., Илларионов Г.Ю.* Применение автономных подводных роботов в войнах будущего // Арсенал. Военно-промышленное обозрение. 2008. № 2. С. 86–93.
25. Многоцелевые необитаемые подводные аппараты // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2017. Вып. 80. С. 174–179.
26. Безэкипажные надводные средства // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2017. Вып. 80. С. 185–195.
27. Unmanned Naval Systems – Surface/Subsurface Vehicles: New capabilities and missions [Электрон. ресурс] // Military Technology [site]. URL: <http://www.miltechmag.com/2013/08/auvsi-2013-unmanned-navalsystems.html> (дата обращения 23.10.2014).
28. *Спасский Б.А.* Автономные безэкипажные корабли военного и двойного назначения // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. №3 (4). С. 9–16.
29. General Dynamics demos ability to launch UAV from UUV // Jane’s International Defence Review. 2017. V. 50. P. 27.
30. *Белоусов И.* Современные и перспективные необитаемые подводные аппараты ВМС США // Зарубежное военное обозрение. 2013. № 5. С. 79–88.
31. *Бочаров Л.Ю.* О некоторых тенденциях в развитии автономных необитаемых подводных аппаратов // Материалы V ВНТК «Технические проблемы освоения мирового океана». Владивосток: ИПМТ, 2013. С. 12–17.
32. Разработка необитаемого подводного аппарата для обнаружения подводных лодок противника // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2017. Вып. 83. С. 27.
33. *Спасский Б.А.* Автономная навигация необитаемых подводных аппаратов // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. № 4(5). С. 13–20.
34. *Акуличев В.А., Моргунов Ю.Н., Голов А.А., Азаров А.А., Лебедев М.С.* Экспериментальная апробация метода повышения точности систем позиционирования подводных объектов // Доклады Академии наук. 2013. Т. 449. № 6. С. 701–704.
35. О полезной нагрузке подводных аппаратов ВМС США // ВМС и кораблестроение: дайджест зарубежной прессы. 2005. Вып. 39. С. 35–36.
36. *Мосалев В.* Дистанционно управляемые и автономные подводные аппараты ВМС зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение. 2006. № 6. С. 56–66.
37. *Ханычев В.В.* Определение облика системы показателей эффективности вариантов применения роботизированных комплексов морского базирования // НТК «Направления совершенствования АСУ»: сборник докладов. М.: ЦНИИ «Курс», 2014. С. 224–236.
38. *Тихонов В.И.* Оптимальный приём сигналов. М.: Радио и связь, 1983.
39. *Волгин Н.С.* Исследование операций: учебник. СПб.: ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 1999.
40. *Томашевский В.Т., Четвертаков М.М., Щитцов В.В., Илюхин В.Н., Мельников С.Ю., Малышевский Ю.В.* Исследовательское имитационное моделирование в решении проблем развития системы морских вооружений и ее подводной составляющей. СПб.: Наука, 2008.
41. *Худяков Л.Ю.* Исследовательское проектирование кораблей. Л.: Судостроение, 1980.

References

1. *Илларионов Г., Сиденко К., Боcharov Л.* Threat from underneath: XXIst century. Khabarovsk: Publishing House of Khabarovsk Region, 2011 (*in Russian*).
2. *Druzhinina O., Eiduk V.* Magnetic signature assessment in stealth management of marine objects // Compendium of papers, Scientific & technical conference State of the art, challenges and prospects in development of marine information & control systems. Moscow: Concern Morinformsystem-AGAT, 2012 (*in Russian*).
3. *Malyshev O., Eiduk V.* Stealth of marine robots // Compendium of papers, XIth All-Russian science & industry conference Advanced systems and control challenges. Vol. 1. Evpatoria: Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, 2016. P. 128–136 (*in Russian*).
4. *Malyshev O., Eiduk V.* Improvement prospects of naval mines in engagement of stealthy targets // Materials of All-Russian science & industry conference Underwater weaponry. Development prospects. St. Petersburg: KSRC, 2015. P. 91–98 (*in Russian*).

5. *Malyshev O., Khoroshev G., Shakin S., Eiduk V.* Control safety of unmanned mine-hunters in modern conditions // Materials of the XXXth All-Russian conference on movement control for ships and special underwater vehicles. Crimea: Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, 2015. P. 139–149 (*in Russian*).
6. USN procurements of radar and sonar buoys. VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2015. Issue 75. P. 92–94 (*in Russian*).
7. US helicopter-borne sonar // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2017. Issue 81. P. 72 (*in Russian*).
8. Nodes, networks and autonomy: charting a course for future ASW // IHS Jane's International Defence Review. 2014. V. 47. P. 47–48.
9. Sonar of US Navy unmanned surface vehicle // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2016. Issue 77. P. 81 (*in Russian*).
10. *Krasilnikov R.* Anti-robot systems: asymmetric response to XXIst century threats. St. Petersburg State Maritime University, 2013 (*in Russian*).
11. Belgium. Shipborne aircraft. Patrol forces // IHS Jane's Fighting Ships. 2016–2017. P. 66.
12. Naval torpedoes // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2017. Issue 80. P. 215–221 (*in Russian*).
13. Manned / unmanned underwater vehicle // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2016. Issue 79. P. 57 (*in Russian*).
14. German anti-torpedo demonstrator undergoing tests // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2014. Issue 70–71. P. 131 (*in Russian*).
15. New radar for USN LCS // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2016. Issue 78. P. 85–87 (*in Russian*).
16. France. Frigates // IHS Jane's Fighting Ships. 2013–2014. P. 256.
17. USN deploying helicopter-borne laser system for mine detection // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2007. Issue 48–49. P. 85–86 (*in Russian*).
18. Development of laser technology for detection and identification of underwater targets // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2017. Issue 80. P. 68–69 (*in Russian*).
19. New ASW aircraft of US Navy // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2010. Issue 59. P. 59–60 (*in Russian*).
20. *Ivliev Ye.* Stealth of marine objects: radar and wake signatures. St. Petersburg State Maritime University, 2011 (*in Russian*).
21. US Department of the Navy, The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan, November, 2004.
22. *Kondratyev A.* US military robots: under water, on land and in the air // Nezavisimoe voennoye obozrenie (Independent Military Review) // URL: <http://nvo.ng.ru/> (*in Russian*).
23. *Button R.W.* et al. A survey of missions for unmanned undersea vehicles // RAND Corporation, 2009. URL: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND_MG808.Pdf.
24. *Sidenko K., Illarionov G.* Deploying autonomous underwater robots in future warfare // *Arsenal*. Voenno-promyshlennoe obozrenie (Arsenal. Military Industry Review). 2008. No. 2. P. 86–93 (*in Russian*).
25. Multi-purpose UUVs // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2017. Issue 80. P. 174–179 (*in Russian*).
26. Unmanned surface vehicles // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2017. Issue 80. P. 185–195 (*in Russian*).
27. Unmanned Naval Systems – Surface/Subsurface Vehicles: New capabilities and missions // Military Technology [site]. URL: <http://www.miltechmag.com/2013/08/auvsi-2013-unmanned-navalsystems.html>.
28. *Spassky B.* Military and dual-use USVs // Robotics and Technical Cybernetics. 2014, No. 3(4). P. 9–16 (*in Russian*).
29. General Dynamics demos ability to launch UAV from UUV // Jane's International Defence Review. 2017. V. 50. P. 27.
30. *Belousov I.* Modern and advanced UUVs of US Navy // Zarubezhnoye voennoe obozrenie (Foreign Military Review). 2013. No. 5. P. 79–88 (*in Russian*).
31. *Bocharov L.* On certain trends in UUV developments // Materials of the Vth All-Russian scientific and technical conference Technical challenges in ocean developments. Vladivostok, IPMT, 2013. P. 12–17 (*in Russian*).
32. Developing USV for detection of enemy subs // VMS i korablestroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2017. Issue 83. P. 27 (*in Russian*).
33. *Spassky B.* Autonomous navigation of UUVs // Robotics and Technical Cybernetics. 2014. No. 4(5). P. 13–20 (*in Russian*).
34. *Akulichev V., Morgunov Yu., Golov A., Azarov A., Lebedev M.* Experimental evaluation of positioning accuracy enhancement method for underwater objects // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. 2013. Vol. 449. No. 6. P. 701–704 (*in Russian*).

35. Payloads of USN underwater vehicles // VMS i korablistroenie. Daidgest zarubezhnoi pressy (Navy and Defence Technology News). 2005. Issue 39. P. 35–36 (*in Russian*).
36. *Mosalev V.* ROVs and UUVs of foreign navies // *Zarubezhnoye voennoe obozrenie* (Foreign Military Review). 2006. No. 6. P. 56–66 (*in Russian*).
37. *Khanychev V.* Developing a system of operational efficiency criteria for marine robots // Scientific & technical conference Paths of progress in automated control systems. Compendium of papers. Moscow: TsNII Kurs, 2014 (*in Russian*).
38. *Tikhonov V.* Optimal signal reception. Moscow: Radio i svyaz, 1983 (*in Russian*).
39. *Volgin N.* Naval operation studies. Text book. St. Petersburg: N.G. Kuznetsov Naval Academy, 1999 (*in Russian*).
40. *Tomashevsky V., Chetvertakov M., Shiptsov V., Ilyukhin V., Melnikov S., Malyshevsky Yu.* Simulation modeling in developments of naval weaponry system and its underwater component. St. Petersburg: Nauka, 2008 (*in Russian*).
41. *Khudyakov L.* Conceptual design of ships. Leningrad: Sudostroeniye, 1980 (*in Russian*).

Сведения об авторах

Малышев Олег Викторович, к.т.н., начальник отдела ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44. Тел.: 8 (812) 415-49-90. E-mail: krylov@krylov.spb.ru.
Хорошев Виталий Геннадьевич, д.т.н., с.н.с., заместитель генерального директора – начальник 4 отделения ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44. Тел.: 8 (812) 415-48-06. E-mail: V_Horoshev@ksrc.ru.

Эйдук Вячеслав Игоревич, к.т.н., ведущий научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44. Тел.: 8 (812) 415-49-90. E-mail: krylov@krylov.spb.ru.

About the authors

Oleg V. Malyshev, Cand. Sci (Eng.), Head of Department, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: 8 (812) 415-49-90. E-mail: krylov@krylov.spb.ru.

Vitaly G. Khoroshev, Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Deputy Director General – Head of Division, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: 8 (812) 415-48-06. E-mail: V_Horoshev@ksrc.ru.

Vyacheslav I. Eiduk, Cand. Sci (Eng.), Lead Researcher, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: 8 (812) 415-49-90. E-mail: krylov@krylov.spb.ru.

Поступила / Received: 12.09.18
Принята в печать / Accepted: 07.11.18
© Коллектив авторов 2018