

АКТУАЛЬНАЯ ТЕМА

DOI 10.26163/RAEN.2021.47.51.001
УДК 623.97

V.A. Borodavkin, E.N. Nikulin, R.V. Krasilnikov

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MARINE ROBOTIC COMPLEXES OF NATO MEMBER STATES

Vyacheslav Borodavkin – vice principal, vice-rector for academic affairs, D. Ustinov Baltic State Technical University, Doctor of Engineering, professor, St. Petersburg; **e-mail: pror-ur@bstu.spb.su.**

Evgeny Nikulin – professor, the Department of Ammunition and Means of Destruction, D. Ustinov Baltic State Technical University, Doctor of Engineering, professor, St. Petersburg; **e-mail: nikulinen@rambler.ru.**

Roman Krasilnikov – professor, the Department of Launch and Technical Complexes of Rockets and Space Vehicles, D. Ustinov Baltic State Technical University, Doctor of Engineering, professor, St. Petersburg; **e-mail: r.v.krasilnikov@mail.ru.**

The research is devoted to the development of military marine robotic complexes designed in NATO member states. We present the analysis of the key markers characterizing the development of marine robotic complexes by the example of the USA as one of the leaders of the industry in question. We also look at issues of the level and dynamics of funding the development of various robotic tools. Special attention to their development is due to the need to fight against drones.

Keywords: marine robotic complexes; development and production; analysis; financing and development programs.

V.A. Бородавкин, Е.Н. Никулин, Р.В. Красильников

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СТРАН НАТО

Вячеслав Александрович Бородавкин – первый проректор, проректор по образовательной деятельности, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, доктор технических наук, профессор, г. Санкт-Петербург; **e-mail: pror-ur@bstu.spb.su.**

Евгений Николаевич Никулин – профессор кафедры «Боеприпасы и средства поражения», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, доктор технических наук, профессор, г. Санкт-Петербург; **e-mail: nikulinen@rambler.ru.**

Роман Валентинович Красильников – профессор кафедры «Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов», БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, доктор технических наук, доцент, г. Санкт-Петербург; **e-mail: r.v.krasilnikov@mail.ru.**

Статья посвящена исследованию развития морских робототехнических комплексов (МРТК) военного назначения, разрабатываемых в странах НАТО. Приведены результаты проведенного авторами анализа основных маркеров, характеризующих развитие морских робототехнических комплексов, на примере одного из явных лидеров данной отрасли – США. Также рассмотрены вопросы об уровне и динамике финансирования разработок разнотипных робототехнических средств. Повышенное внимание к их развитию связано с необходимостью борьбы с беспилотными летательными аппаратами.

Ключевые слова: морские робототехнические комплексы; разработка и производство; анализ; программы финансирования и развития.

Одним из востребованных направлений в современном развитии вооруженных сил передовых в техническом плане стран является создание робототехнических систем и комплексов разного базирования. Бесспорным мировым лидером и

инициатором крупных военных программ в этой области являются США (доля работ составляет 65–75% общего мирового объема) [3]. Также активные работы в данном направлении проводят такие страны, как Германия, Израиль, Италия, Франция, Великобритания и ряд других.

В настоящее время все существующие робототехнические комплексы можно разделить на три класса: воздушные, наземные и морские (рис. 1). При этом морские аппараты делятся на два больших класса: надводные (безэкипажные катера – БЭК [4]) и подводные (необитаемые подводные аппараты – НПА, которые делятся на автономные – АНПА и телеуправляемые – ТНПА) [1]. Также появляются гибридные аппараты, работающие в нескольких средах, например, подводно-воздушные.

Если говорить о морских робототехнических комплексах (далее – МРТК), то,

согласно данным аналитики [11], в мире насчитывается более 350 крупных компаний, являющихся их разработчиками и производителями.

В рамках данной статьи представляет интерес современное развитие программ разработки, производства и эксплуатации МРТК одного из лидеров данной области – США.

В начале–середине 2000-х гг. в США были разработаны и введены классификации НПА и БЭК по их размерам характерным особенностям, проиллюстрированные на рис. 2 и 3. Данные классификации продолжают использоваться в широком спектре документов и публикаций как государственного уровня, так и генерируемых научным сообществом. Также интересно отметить, что соответствующая классификация для телеуправляемых НПА не была разработана.

Согласно основному классификаци-

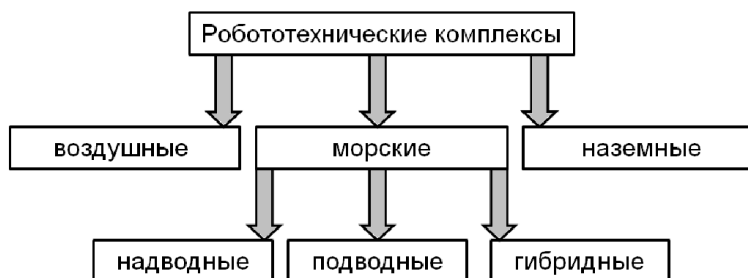


Рис. 1. Классификация необитаемых аппаратов по среде их применения



Рис. 2. Типы АНПА в соответствии с классификацией по размерам: 1 – переносной; 2 – легкий; 3 – тяжелый; 4 – сверхтяжелый



Рис. 3. Типы безэкипажных катеров:
1 – X-Class; 2 – Snorkeler Class; 3 – Harbor Class; 4 – Fleet Class

онному признаку автономные необитаемые подводные аппараты делятся на переносные (могут перемещаться людьми без привлечения технических средств), легкие, тяжелые и сверхтяжелые.

Применяемая классификация безэкипажных катеров базируется на их конструктивных особенностях и приоритетных для применения акваториях: X-Class – небольшие разведывательные аппараты, преимущественно имитирующие гражданские суда; Harbor Class – катера, предназначенные для применения в закрытых акваториях (бухты, гавани); Snorkeler Class – полупогружные аппараты, предназначенные для ведения противоминной борьбы и противолодочных операций; Fleet Class – противоминные и противолодочные аппараты, рассчитанные на участие в морских операциях.

Начиная с середины 1990-х гг., ВМС США и взаимодействующими с ними структурами активно разрабатываются и выпускаются программные документы, раскрывающие стратегии развития робототехники в целом и морской в частности. В табл. 1 приведены основные документы,

в которых приведены планы правительственных структур США в части создания и применения МРТК в составе сил флота.

Как можно видеть, в течение более двадцати лет проводится формирование и корректировка обобщенной концепции создания и применения робототехники для решения боевых задач вооруженными силами США. При этом наблюдаются заведомое постоянство и цикличность в их обновлении.

Необходимо отметить, что развитие робототехники в интересах ВМС США не ограничивается только корректировками программных документов – за последние годы наблюдаются активизация их интеграции в состав вооруженных сил, начало эксплуатации в ВМС и принятие на вооружение.

Так, в октябре 2017 г. в составе ВМС США была сформирована 1-я эскадра подводных аппаратов UUVRON 1 (Unmanned Undersea Vehicle Squadron 1) [12]. В задачи новой эскадры входит поддержка надводных кораблей и подводных лодок, в частности, разведка, охрана, минирование и разминирование, а также от-

Таблица 1

**Концепции развития морских робототехнических комплексов и систем,
опубликованные в открытом доступе**

Разработчик (издатель)	Наименование документа	Рассматриваемые системы	Год издания
United States Navy	The Navy Unmanned Undersea Vehicle Master Plan	Необитаемые подводные аппараты	1994; 2000; 2004
United States Navy	The Navy Unmanned Surface Vehicle Master Plan	Безэкипажные катера	2007
United States National Oceanic and Atmospheric Administration	NOAA's Autonomous Underwater Vehicle Roadmap	Необитаемые подводные аппараты	2009
Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence (NATO)	Guidance for developing Maritime Unmanned Systems capability	Морские РТК	2012
United States Department of Defense	Unmanned Systems Integrated Roadmap	Воздушные, наземные и морские РТК	2007; 2009; 2011; 2013; 2017
United States Department of Navy	Strategic Roadmap for Unmanned Systems	Морские РТК	2018
United States Department of Navy and Marine Corps	Unmanned Campaign Framework	Воздушные, наземные и морские РТК	2021

работка новых технологий.

Ранее данные подводные аппараты входили в состав эскадры подводных лодок DEVRON 5 (Submarine Development Squadron 5), приписанной к базе подводных лодок ВМС США «Китсап», штат Вашингтон (Naval Base Kitsap), географически наиболее близко расположенной к границам России.

Также в мае 2019 г. было объявлено о создании на военно-морской базе в Сан-Диего 1-й эскадры надводных разработок SURFDEVON 1 (Surface Development Squadron 1) [6]. Приоритетной задачей эскадры является разработка и опытная эксплуатация безэкипажного корабля «Sea Hunter», создаваемого Управлением военно-морских исследований и Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США. «Sea Hunter» представляет собой продолжение разрабатываемого ранее концепта противолодочного безэкипажного корабля непрерывного слежения за подводными лодками ACTUV (Anti-Submarine Continuous Trail Unmanned Vessel).

Эмблемы подразделений ВМС США,

приоритетно эксплуатирующих исключительно МРТК, представлены на рис. 4.

На данный момент в составе ВМС США за разработку и приобретение военно-морских носителей и систем вооружения несут ответственность шесть так называемых исполнительных офисов программ (Program Executive Office – PEO). Их назначение – способствовать развитию, изготовлению, закупкам и эксплуатации носителей и образцов вооружения для ВМС и морской пехоты [8].

Офис, отвечающий за разработку и внедрение в ВМС США морской робототехники, имеет наименование офиса Необитаемых и малых надводных средств ведения боевых действий (Program Executive Office Unmanned and Small Combatants – PEO USC). Этот офис был создан в марте 2018 г. с переименованием офиса, отвечающего за концепцию создания Прибрежных Боевых Кораблей (Littoral Combat Ship – LCS).

PEO USC включает семь программ [2], основной из которых в части робототехники является PMS 406: Unmanned Maritime Systems Program (программа разви-



а

б

Рис. 4. Эмблемы подразделений ВМС США, эксплуатирующих морские робототехнические комплексы: а) Первая эскадра надводных разработок; б) Первая эскадра необитаемых подводных аппаратов

тия МРТК). Также развитием отдельных типов МРТК занимаются представители PMS 420: LCS Mission Modules Program (программы создания модулей полезной нагрузки для Прибрежных Боевых Кораблей) и PMS 495: Mine Warfare Systems Program (противоминной программы).

Как отмечается в недавно вышедшей статье о работе программы развития МРТК [10] «... в 2016 г. начальник управления военно-морских операций адмирал Джон Ричардсон решил, что нам необходимо консолидировать некоторые из отдельных боевых операций с применением МРТК, чтобы попытаться создать импульс и критическую массу, которая позволит продвинуться в части использования реальных возможностей МРТК с точки зрения ВМС. И тогда наши усилия были объединены в рамках программы PMS 406. С тех пор, в период с 2016 по 2020 гг., наш бюджет многократно увеличивался из года в год. В прошедшем финансовом, 2020

г., у нас был самый большой бюджет в истории, несмотря на последствия пандемии коронавируса. Мы реализовали чуть более 900 миллионов долларов в трех направлениях ведения боевых действий».

Программный офис 406 активно участвует в формировании планов финансирования Министерством обороны США программ разработок, закупки образцов вооружений и их боевой эксплуатации. В частности, за последние годы в программах закупок образцов на постоянной основе фигурирует позиция закупок малых и средних НПА, приведенных на рис. 5. Основные характеристики закупаемых аппаратов приведены в табл. 2.

Взгляд программного офиса 406 на перспективные образцы МРТК нашел свое отражение в опубликованном в 2021 г. документе, определяющем существующие и планируемые границы применения РТК в военно-морских силах США [5]. Как можно видеть из приведенного рис. 6,

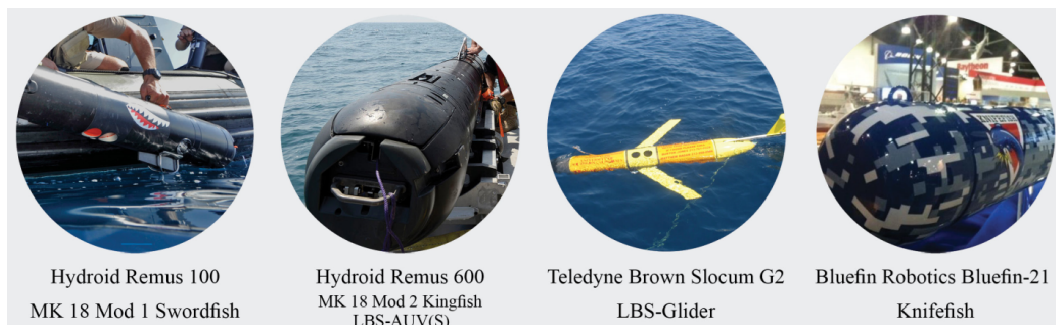


Рис. 5. Закупаемые ВМС США серийно производимые НПА

Таблица 2

Основные ТТХ закупаемых типов МРТК

Характеристики	Тип аппарата			
	MK 18 Mod1 Swordfish	MK 18 Mod 2 Kingfish	LBS- Glider	Knifefish
Диаметр, м	0,190	0,324	0,220	0,533
Длина, м	1,6	3,3	1,5	4,9
Вес на воздухе, кг	37	240	54	750
Максимальная глубина применения, м	400	3000	10000	4500
Автономность, ч	22	70	8760	25
Максимальная скорость, м/с	2,6	2,6	0,4	2,3



Рис. 6. Образцы морских робототехнических комплексов (надводных и подводных), рассматриваемые в документе «Unmanned Campaign Framework», опубликованном 16.03.2021 г.

в части решения противолодочных задач на передний план выходят крупногабаритные БЭК и АНПА, способные обеспечить необходимую автономность. В части противоминных задач приоритет отдается преимущественно легким АНПА и БЭК класса «Harbor».

Планируемые боевые назначения и краткие описания, рассматриваемых в документе «Unmanned Campaign Framework» МРТК, приведены в табл. 3.

Говоря о перспективах развития МРТК, также необходимо упомянуть вопрос финансирования данного направления со стороны правительственных струк-

тур. Анализ первых десяти крупнейших контрагентов Министерства обороны США [9] за последние годы показывает, что практически все из них участвуют в разработках МРТК. Исходя из осредненных данных по финансированию, приведенных на рис. 7, видно, что первые пять крупнейших компаний – ведущих разработчиков МРТК – имеют наибольший приоритет по количеству выделяемых средств.

На рис. 8 приведен один из характерных графиков, иллюстрирующих выделение части средств на развитие разных типов МРТК [12].

Описания и назначения перспективных образцов МРТК

Название РТК	Тип РТК	Назначение и краткое описание
LUSV Large Unmanned Surface Vessel	БЭК	Катер морского класса с большой автономностью, вооруженный ракетным оружием (Vertical Launch System) и имеющий возможность размещения разных типов полезной нагрузки
Overlord Prototype	БЭК	Экспериментальный катер морского класса с большой автономностью и возможностью размещения разных типов полезной нагрузки для отработки их применения. Прототип LUSV в части назначений
MUSV Medium Unmanned Surface Vehicle	БЭК	Катер-разведчик-ретранслятор команд, предназначенный для повышения эффективности командования и управления на тактическом уровне
Sea Hunter	БЭК	Платформа для отработки дальних и длительных автономных операций MUSV под редким удаленным контролем оператора
MCM USV Mine Counter Measure	БЭК	Противоминный катер для поиска и уничтожения мин, траления, а также с возможностью дальней разведки и ведения огня по отдельным целям
LRUSV Long Range Unmanned Surface Vessel	БЭК	Автономная платформа большой дальности для запуска барражирующих боеприпасов и размещения иных систем поражения морских целей. Разрабатывается для корпуса морской пехоты США
ALC Autonomous Littoral Connector	БЭК	Катер-ретранслятор команд между применяемыми МРТК, предназначенный для повышения эффективности управления береговой обороной
XLUUV Orca	АНПА	Запускаемый с пирса аппарат с большой автономностью и модульной конструкцией для размещения разных типов полезной нагрузки
LDUUV Snakehead	АНПА	Самый большой АНПА, размещаемый и применяемый с подводных лодок для выполнения боевых задач под водой и на морском дне
Knifefish	АНПА	Противоминный аппарат для вооружения кораблей типа LCS и призываемых судов
Razorback	АНПА	Разведывательный аппарат для подводных лодок
Mk-18 Mod 2 Kingfish	АНПА	Аппарат для противоминных действий и картографирования донной поверхности
Mk-18 Mod 1 Swordfish	АНПА	Противоминный и разведывательный аппарат
LBS-AUV/ LBS-Glider	АНПА	Аппараты большой автономности для сбора метеорологических и океанографических данных

Рассматривая вопрос финансирования программ создания разных типов робототехнических комплексов, нельзя не коснуться распределения средств по типам РТК. Пример такого анализа за 2017–2019 гг. представлен на рис. 9. Обращает на себя внимание активизировавшееся за последние годы развитие противороботных систем, прежде всего, связанное с необходимостью борьбы с беспилотными летательными аппаратами. Также можно констатировать, что развитию морских робо-

тотехнических комплексов уделяется достаточное внимание, превышающее соответствующее внимание к наземным РТК.

В целом, по текущему состоянию и планам развития морских роботизированных систем, в том числе необитаемых подводных аппаратов, можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Востребованность морских робототехнических комплексов военного назначения в ближайшие десятилетия будет только возрастать. В составе ВМС США

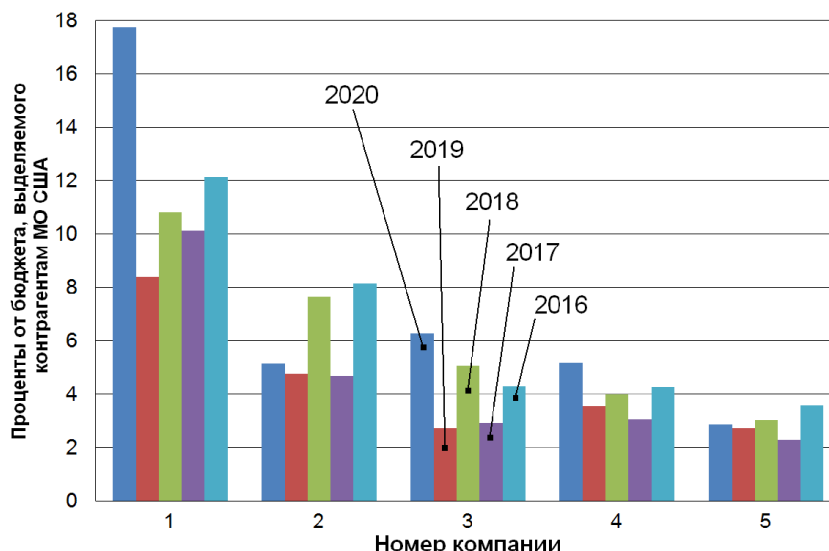


Рис. 7. Средние за последние пять лет значения процентов от общего финансирования, выделяемых пяти крупнейшим контрагентам Министерства обороны США: 1 – Lockheed Martin Corp.; 2 – The Boeing Company; 3 – Raytheon Technologies Corp.; 4 – General Dynamics Corp.; 5 – Northrop Grumman Corp.

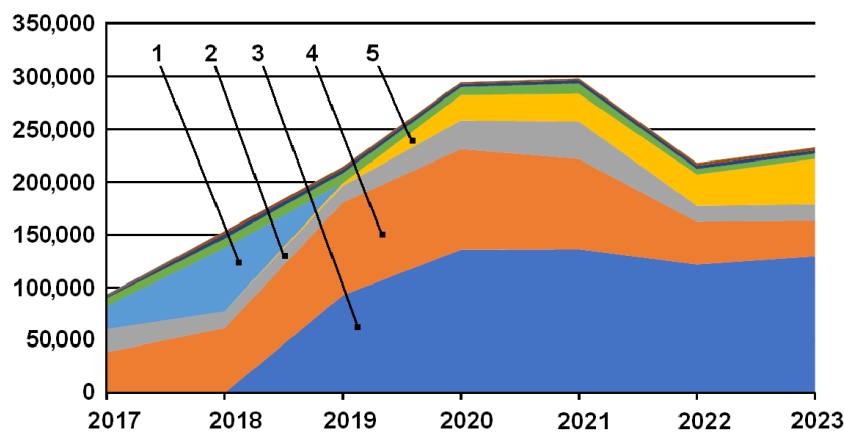


Рис. 8. Финансирование МРТК и их систем, млн долл.: 1 – противоминные НПА; 2 – Метеорологические датчики для МРТК; 3 – Большие НПА; 4 – Технологии создания НПА; 5 – Противоминные БЭК

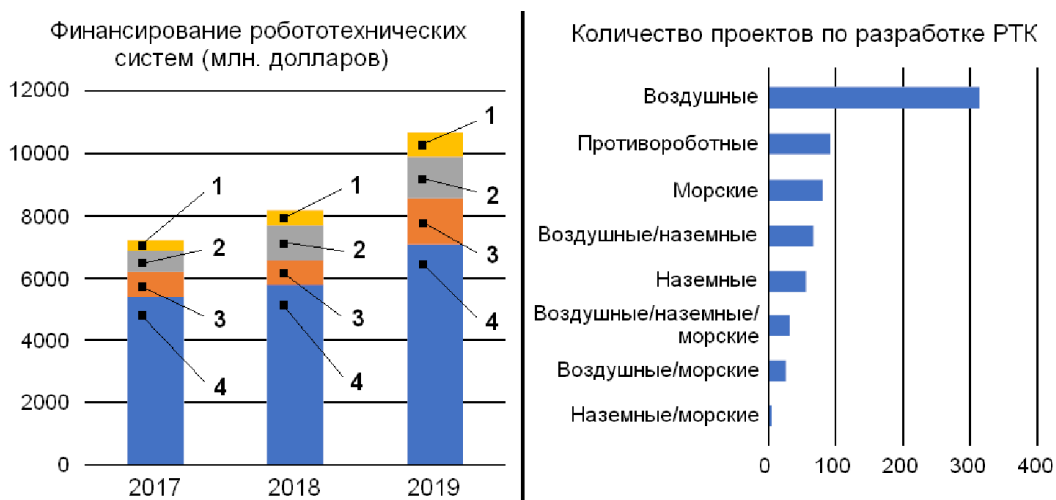


Рис. 9. Финансирование создания робототехнических систем и комплексов: 1 – наземных; 2 – морских; 3 – противороботных; 4 – воздушных

уже созданы первые подразделения, имеющие на вооружении образцы МРТК, происходит закупка серийных образцов для их штатного укомплектования. По уровню финансирования морские системы уступают только воздушным (беспилотным летательным аппаратам) и, на текущем этапе (этапе роста числа заказов), – противороботным. Аналогичная ситуация наблюдается и в ряде других стран, активно занимающихся созданием военной робототехники, – Франции, Германии, Китае.

2. ВМС США проявляют повышенный интерес к созданию робототехнических комплексов морского класса, обладающих большой продолжительностью автономного плавания (от недель до года и более). Такие требования определяют переход к большим габаритам аппаратов, необходимым для размещения достаточного запаса энергии. Малогабаритные аппараты планируется применять только в рамках локальных акваторий или в прибрежной зоне.

3. Перспективные назначения МРТК в составе ВМС США предполагают:

- ведение разведки в интересах повышения осведомленности командиров кораблей и соединений о текущей обстановке;
- противоминные действия в прибрежной и морской зонах;
- противолодочную оборону в собственных территориальных водах, поиск и слежение за лодками противника в океанской зоне, а также в отдельных акваториях;
- применение формируемого в зависимости от текущих задач широкого спектра оружия по разным типам целей.

4. Повышение эффективности решения боевых задач может достигаться использованием группировок МРТК. Отдельные усилия направляются на разработку специальных аппаратов и катеров – ретрансляторов команд, позволяющих обеспечить управление групповым движением робототехнических комплексов.

5. Повышение автономности робототехники в части обеспечения движения, избегания столкновений с препятствиями

и другими участниками процесса мореплавания прямо декларируется и активно отрабатывается. Исключение в части повышения автономности касается только принятия решений на применение оружия. В дальнейшем, с развитием искусственного интеллекта и технологий обмена информацией между отдельными комплексами, входящими в сеть, требование обязательного согласования такого решения с оператором может быть пересмотрено.

6. При формировании концепций создания отечественных морских робототехнических комплексов и технических заданий на отдельные их образцы необходимо учитывать опыт зарубежных разработчиков. Однако при этом нельзя заниматься простым «копированием» технических решений зарубежных образцов без понимания особенностей их применения. В этой связи авторы считают приведенные в статье результаты анализа полезными.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 56960 – 2016. Аппараты необитаемые подводные. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016. 4 с.

2. Главное управление вооружения ВМС США. URL: <https://www.navsea.navy.mil/Home/PEOU unmanned-and-Small-Combatants/> (дата обращения: 12.08.2021).

3. Лопота А.В., Николаев А.Б. Морские робототехнические комплексы военного и специального назначения. СПб.: ЦНИИ РТК, 2016. 48 с.

4. Трушенков В.В., Кабанов А.И., Сударчиков В.А., Некипелов Ю.А., Красильников Р.В. Состояние и перспективы развития безэкипажных катеров. Предложения в концепцию развития и применения безэкипажных катеров ВМФ России. СПб.: ОАО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор», 2016. 105 с.

5. Department of the Navy Unmanned Campaign Framework. URL: https://www.navy.mil/Portals/1/Strategic/20210315%20Unmanned%20Campaign_Final_LowRes.pdf?ver=LtCZ-BPIWki6vCBTdgtdMA%3D%3D (дата обращения: 12.08.2021).

6. *Gady F-S*. US Navy to Stand Up Unmanned Robot Ship Development Squadron // *The Diplomat*. 2019. May 8.
7. *Klein D*. Unmanned Systems & Robotics in the FY2019 Defense Budget. AUV-SI, 2019.
8. Program Executive Offices. URL: <https://www.navsea.navy.mil/Who-WeAre/Program-Executive-Offices/> (дата обращения: 12.08.2021).
9. Top-100 Defense Contractors 2016–2020. URL: <http://www.fi-aeroweb.com/> (дата обращения: 12.08.2021).
10. *Underwood K*. Growing the Unmanned Fleet // *Signal Magazine*. 2021. February 1.
11. Unmanned Systems and Robotics Database. URL: <http://roboticsdatabase.auvsi.org/> (дата обращения: 12.08.2021).
12. *Ziezulewicz G*. Navy stands up first underwater drone squadron // *Navy Times Daily News*. 2017. October 11.