

УДК 629.58
К 65

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ АВТОНОМНИХ НЕНАСЕЛЕНИХ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ ДЕРЖАВИ

В. С. Блінцов, д-р техн. наук, проф.¹;

С. В. Блінцов, канд. техн. наук¹;

Доан Фук Тхи, асп.¹;

О. В. Красних, капітан першого рангу²

¹Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

²Міністерство оборони України

Анотація. На основі аналізу потреб Військово-морських сил держави у безкіпажних морських системах розроблено концепцію проектування автономних неаселених підводних апаратів, яка системно враховує вимоги до підводної місії, підводної технології, підводної роботи, експлуатаційних властивостей, архітектурно-конструктивного типу і тактико-технічних характеристик апаратів.

Ключові слова: автономний неаселений підводний апарат, безкіпажна морська система, концепція проектування.

Аннотация. На основе анализа нужд Военно-морских сил государства в безкипажных морских системах разработана концепция проектирования автономных необитаемых подводных аппаратов, которая системно учитывает требования к подводной миссии, подводной технологии, подводной работе, эксплуатационным свойствам, архитектурно-конструктивному типу и тактико-техническим характеристикам аппаратов.

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат, безкипажная морская система, концепция проектирования.

Abstract. The concept of designing of autonomous unmanned underwater vehicles which considers systematically the requirements to underwater mission, technology, operation, operational characteristics, architectural and construction type and performance characteristics of vehicles has been developed. This concept is based on the needs analysis of the Navy Force of State in unmanned maritime systems.

Keywords: autonomous unmanned underwater vehicle, unmanned maritime system, designing concept.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Автономні неаселені підводні апарати (АНПА, в англійській літературі – Autonomous Underwater Vehicle, AUV) утворюють окремий вид самохідної підводної робототехніки і виконують широке коло завдань на захищених акваторіях морських держав [16, 17, 21, 28]. Для України до таких акваторій належать: виключна (морська) економічна зона Азово-Чорноморського басейну; територіальне море України; лимани та дельти річок, які мають вихід до територіальних вод України (Дніпро, Південний Буг, Дністер та ін.); морські та внутрішні водні транспортні шляхи України; акваторії військово-морських баз, портів та підходів до них з боку відкритого моря; акваторії якорних стоянок та місць тимчасового базування кораблів Військово-морських сил (ВМС) України.

Для В'єтнаму до таких акваторій належать: територіальні води держави у Південнокитайському морі та Сіамській затоці; дельти річок, які мають вихід до територіальних вод держави (Меконг, Хан та ін.); акваторії військово-морських баз, портів та підходів до них з боку відкритого моря; акваторії якорних стоянок та місць тимчасового базування кораблів Військово-морського флоту В'єтнаму.

Військово-морські сили України, В'єтнаму, інших держав Причорномор'я та південно-східної Азії мають подібні задачі відносно охорони водного простору, які доцільно розв'язувати шляхом застосування АНПА: висвітлення підводної та надводної обстановки; ведення спеціального картографування об'єктів у власних захищених акваторіях; забезпечення підводної охорони кораблів, підводних човнів, акваторій військово-морських баз та інших закритих акваторій з метою нейтралізації агресії з-під води; забезпечення підготовки флоту під час проведення навчань; підтримка і супровід аварійно-рятувальних робіт (пошук та ідентифікація затонулих об'єктів, обстеження їх положення та технічного стану), супровід водолазних робіт, виконання підводних робіт бортовими маніпуляторами; виконання заходів протимінного забезпечення (виявлення і розпізнання мін або інших підводних потенційно небезпечних об'єктів на заданих акваторіях, судноплавних фарватерах, корпусах кораблів і гідротехнічних та інженерних спорудах військово-морських баз і портів); протидиверсійні та антитерористичні операції; забезпечення оперативного зв'язку між маневреними силами флоту та береговою інфраструктурою ВМС; здійснення цілевказування і керування зброєю.

Актуальність вказаних задач підтверджується низкою законодавчих документів та підзаконних актів приморських держав. Зокрема, для ВМС Збройних сил (ЗС) України вказана діяльність регламентується:

Законом України «Про Збройні сили України» [14], згідно з яким Збройні сили України забезпечують охорону підводного простору у межах територіального моря України;

Воєнною доктриною України [12], згідно з якою основними складовими забезпечення воєнної безпеки України є «у мирний час: охорона... підводного простору в межах територіального моря України, її суверенних прав у виключній (морській) економічній зоні і на континентальному шельфі».

Аналогічні законодавчі акти існують і діють у В'єтнамі та інших морських державах світу.

На цей час ВМС Збройних сил України не мають у своєму складі АНПА, що робить актуальним прикладне наукове завдання розробки концепції їх створення як особливого виду безекіпажних апаратів і систем морського базування й застосування.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Ненаселені підводні апарати розробляються й успішно застосовуються провідними морськими державами світу близько 40 років [1, 13, 18, 20, 30]. За останні 5 років у світі щорічно з'являлося в середньому порядку 70 нових проектів АНПА [12, 13]. На початок 2009 року у світі налічувалося більше 185 проектів автономних і напівавтономних апаратів різного цільового призначення. На 2010 рік загальна кількість таких апаратів була незначна (650...750 одиниць), проте до 2012 року їх кількість зросла, за деякими оцінками, втричі.

Аналіз тенденцій розвитку цього виду підводної робототехніки свідчить, що при розробці нових АНПА найбільша увага приділялася вдосконаленню систем енергоживлення й автоматичного керування ними [3, 9, 22, 25]. При цьому науковці й інженери

обґрунтовували технічні характеристики і створювали АНПА за традиційними концепціями, виходячи з принципу «від досягнутого».

Однак розширення перспектив застосування АНПА у воєнній сфері [23, 24, 29] обумовлює актуальність розробки нових підходів до проектування і створення АНПА, виходячи з очікуваних технологій виконання ними підводних завдань (в англомовній літературі – підводних місій).

МЕТА СТАТТІ – розробка концепції проектування АНПА, яка ґрунтується на повному циклі проектних робіт – від постановки підводних завдань апарату до обґрунтованого отримання його тактико-технічних характеристик.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Широке застосування АНПА для виконання науково-дослідних та пошукових морських робіт цивільного спрямування, досягнуті останніми роками високі технічні та експлуатаційні характеристики цього виду підводної техніки утворюють основу для розробки та побудови АНПА в інтересах ВМС морських держав.

До головних переваг АНПА належать: висока готовність до застосування та прихованість дії; низька залежність від гідрокліматичних умов району застосування; відносно низька ціна створення і висока спроможність до тиражування; низькі експлуатаційні витрати; повна відсутність ризику для життя людини.

Виходячи із цього, визначимо задачу створення АНПА для ВМС як складову більш широкої проблеми розробки безекіпажних морських систем (БМС) підводного, надводного й авіаційного типів, за допомогою яких можливою є побудова інтегрованої системи висвітлення надводної і підводної обстановки у контрольованих водах держави, а також утворення сил оперативного реагування на загрози державі з боку моря [6]. Для ВМС Збройних сил України пропонується такий склад безекіпажних морських систем, як наведено на рис. 1.

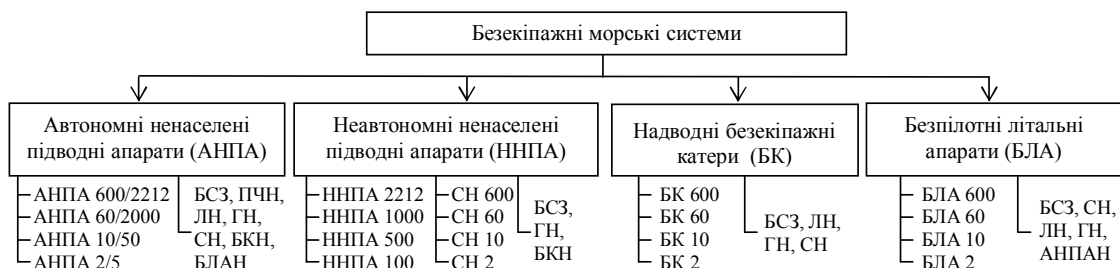


Рис. 1. Пропонований склад безекіпажних морських систем для ВМС Збройних сил України

На рис. 1 цифри біля АНПА характеризують дальність ходу у морських милях/максимальну глибину занурення апаратів у метрах, біля ННПА – максимальну глибину занурення цих апаратів у метрах,

а біля їх суден-носіїв (СН) та біля БК і БЛА – дальність ходу (польоту) у морських милях. Зазначені цифри отримані на основі попереднього аналізу особливостей Азово-Чорноморського басейну як

контрольованої акваторії, для якої доцільно створювати безпекажні морські системи в інтересах вітчизняних ВМС України (на прикладі АНПА):

підводні АНПА великого радіуса дії – для роботи у виключній морській економічній зоні України; такі апарати повинні мати дальність ходу до 600 морських миль (200 миль – робочий радіус та до 200 миль – запас ходу в робочій зоні) та робочу глибину 2212 м (максимальна глибина Чорного моря);

підводні АНПА середнього радіуса дії – для роботи у територіальному морі України; такі апарати повинні мати дальність ходу до 60 морських миль (12 миль – робочий радіус та до 36 миль – запас ходу в робочій зоні) та робочу глибину 2000 м (глибина Ялтинської западини);

підводні АНПА малого радіуса дії – для роботи у внутрішніх водах України; такі апарати повинні мати дальність ходу до 20 морських миль (5 миль – робочий радіус та 10 миль – запас ходу в робочій зоні) та робочу глибину 500 м (глибина шельфу Чорного моря);

підводні АНПА надмалого радіуса дії – для роботи на мілководних акваторіях внутрішніх вод України; такі апарати повинні мати дальність ходу до 2 морських миль (0,5 милі – робочий радіус та 1 миля – запас ходу в робочій зоні) та робочу глибину 50 м (робота на морському мілководді, у зоні прибою та на внутрішніх водоймищах).

Крім того, на рис. 1 показано можливості використання БМС з берегових систем запуску (БСЗ) та наведено альтернативні види носіїв БМС, які доцільно розробляти, виходячи з досвіду провідних морських країн світу [28, 23, 26]: підводні човни-носії (ПЧН), літаки-носії (ЛН), гелікоптери-носії (ГН), безпекажні катери-носії (БКН), безпілотні літальні апарати-носії (БЛАН) та автономні ненаселені підводні апарати-носії (АНПАН).

Передбачено наступні головні п'ять напрямків теоретичної, проектно-конструкторської, виробничої та організаційно-кадрової діяльності зі створення та оснащення ВМС новими зразками АНПА [7]:

розвиток військово-морського мистецтва щодо ефективного застосування нових типів АНПА, у результаті чого буде отримано обґрунтований кількісний склад апаратів та їхні тактико-технічні характеристики (ТТХ);

розробка типорозмірного ряду АНПА як пріоритетного напрямку озброєння і техніки ВМС України;

створення та освоєння у ВМС держави нових зразків АНПА;

освоєння серійного випуску АНПА;

підготовка кадрів для експлуатації створених серій АНПА.

Перший напрямок передбачає: розробку та обґрунтування нових для ВМС безпекажних (роботизованих) технологій збору та оперативного оновлен-

ня інформації про надводну та підводну обстановку як складової ефективного управління ВМС у мирний час, у кризових ситуаціях і в особливий період; розробку та обґрунтування нових для ВМС роботизованих технологій стримування та активної протидії проявам агресії проти України з моря.

Другий напрямок передбачає: розробку складової проекту концепції розвитку АНПА щодо оснащення ВМС безпекажними роботизованими морськими (підводними та надводними) апаратами та системами на період, визначений в установленому порядку; розробку та обґрунтування типорозмірного ряду, кількості й тактико-технічних характеристик АНПА для інформаційно-технічного забезпечення системи висвітлення підводної обстановки у морських водах держави та для реалізації задач стримування і протидії агресії проти держави з моря.

Третій напрямок передбачає: розробку та обґрунтування ТТХ нових типів АНПА для виконання оперативних і довгострокових завдань в інтересах ВМС держави; розробку діючих та головних зразків АНПА в інтересах ВМС держави для відпрацювання типових морських робіт за призначенням.

Четвертий напрямок передбачає: освоєння серійного виробництва АНПА на вітчизняних виробничих потужностях; оснащення серійними АНПА ВМС держави; практичне відпрацювання новітніх безпекажних технологій застосування АНПА в інтересах ВМС держави.

П'ятий напрямок передбачає: підготовку кадрів з експлуатації АНПА; практичне освоєння нових типів морської техніки особовим складом кораблів та берегових служб ВМС держави.

Розглянемо особливості створення нових зразків АНПА для відповідних акваторій, глибин та підводних завдань.

Як було показано вище, типовими завданнями АНПА для ВМС є:

- висвітлення підводної обстановки у військово-морських базах та на якірних стоянках кораблів;
- протидиверсійне та антитерористичне патрулювання на закритих акваторіях;
- картографування донної поверхні;
- виявлення та обстеження підводних потенційно небезпечних об'єктів тощо.

Виконання кожного з указаних завдань передбачає просторовий рух та позиціонування АНПА і вимагає певних інструментальних засобів для проведення підводних вимірювань та підводних інструментальних робіт. Крім того, сформульовані задачі необхідно виконувати у широкому діапазоні морських глибин та із заданою продуктивністю, що вимагає системного підходу до створення необхідного типорозмірного ряду АНПА.

Виходячи зі світового досвіду створення безпілотних літальних апаратів [8], констатуємо, що

існують два шляхи побудови АНПА:

- проектування та будівництво унікальних типів АНПА вузьконаправленого призначення з максимально високими технічними характеристиками;
- проектування та будівництво універсальних АНПА – рухомих підводних платформ з можливістю широкого спектра модифікацій за призначенням та зміни приладового забезпечення.

Детальне ознайомлення із сучасними концепціями та практичними результатами створення АНПА [2, 4, 27] свідчить, що в основі розробки нових зразків техніки лежить намагання досягти максимуму критерію ефективності застосування. Як такий критерій у залежності від завдання АНПА використовуються: продуктивність, вантажопідйомність, точність, універсальність, економічність та ін.

Технічно відповідність тому або іншому критерію задовольняють шляхом модульності конструкції АНПА та гнучкого перенастроювання і/або перекомпонування окремих складових АНПА для отримання максимально можливого ефекту.

Виходячи із цього, у роботі пропонується концепція проектування АНПА для ВМС, заснована на наступній системній послідовності: «підводне завдання – підводна технологія – підводна робота – експлуатаційна властивість – архітектурно-конструктивний тип – тактико-технічні характеристики».

Розглянемо запропоновані складові концепції більш детально.

Підводне завдання (*M*) – це місія АНПА, для виконання якої він виходить у море. Це можуть бути: цільовий пошук підводних і надводних об'єктів, контроль доступу на захищені акваторії, збирання інформації про гідрофізичні й гідрохімічні характеристики води тощо. Окремим важливим завданням для АНПА є його робота у складі групи підводних апаратів, які виконують спільну місію [10, 15].

Підводна технологія (*T*) – це спосіб (множина підводних робіт) та послідовність проведення робіт для виконання підводного завдання (місії). Розробка підводних технологій передбачає опис траєкторій просторового руху АНПА із заданими швидкостями, формулювання вимог до просторового позиціонування АНПА при використанні підводного інструменту (різаків, маніпуляторів тощо), розробку узгоджених паралельних процесів просторового руху й підводних вимірювань і т. д.

Підводна робота (*J*) – це окрема підводна операція як складова виконання підводної технології: просторове переміщення або позиціонування АНПА у заданій робочій точці; виконання вимірювань, відбору проб води чи ґрунту; застосування маніпуляторів або іншого начіпного обладнання; транспортування корисного вантажу тощо.

Експлуатаційна властивість (*E*) – це технічна спроможність АНПА виконати задану підводну робо-

ту. Вона характеризується продуктивністю та якістю виконання тієї або іншої роботи, ергономічними показниками, енерговитратами, надійністю та іншими експлуатаційними показниками.

Архітектурно-конструктивний тип (*K*) – це варіант проектного рішення щодо загальної конструкції АНПА із заданими експлуатаційними властивостями для виконання певного переліку підводних завдань. Архітектурно-конструктивний тип АНПА включає у себе узагальнену характеристику основних архітектурних і конструктивних особливостей АНПА (конструкція силової рами, конструкція та кількість міцних і легких корпусів, конструкція легкого корпусу – гідродинамічного обтічника, загальне розміщення енергетичного, інформаційно-керуючого та допоміжного обладнання, кількість та взаємне розташування рушіїв, розташування гідроакустичних приладів та начіпного обладнання, зовнішній вигляд тощо).

Тактико-технічні характеристики (*C*) – це сукупність кількісних характеристик окремого типу (проекту) АНПА, яка об'єднує загальні масогабаритні та експлуатаційні дані, що характеризують його застосування за призначенням. До масогабаритних даних відносять: вагу на повітрі та у воді; довжину, ширину, висоту. До експлуатаційних характеристик відносять: автономність; робочу та максимальну глибину занурення; швидкості маршового, вертикального і лагового руху; енергоспоживання та характеристики системи енергоживлення; характеристики корисного вантажу (масогабарити, вага, функції тощо); характеристики фото-, відео- та гідроакустичного обладнання і систем зв'язку; характеристики навігаційно-керуючого комплексу; умови експлуатації, зберігання і транспортування; стійкість до зовнішніх впливів; відомості про обслуговування і технічну підтримку тощо.

Виходячи із запропонованої концепції, узагальнений алгоритм проектування АНПА для ВМС України може бути поданий алгоритмом, записаним символічною мовою алгоритмів (рис. 2).

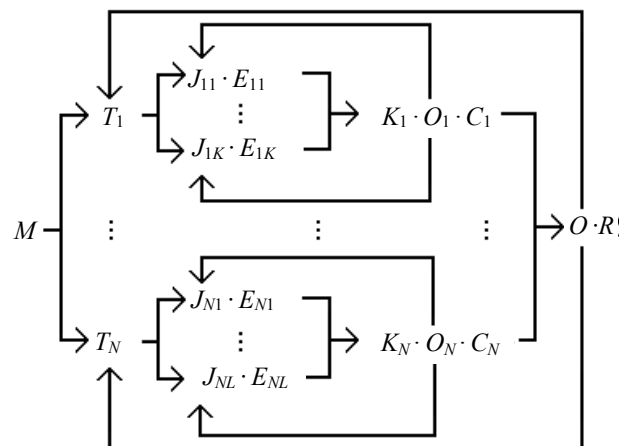


Рис. 2. Узагальнений алгоритм проектування АНПА

На рисунку позначено: O – роботи з оцінювання отриманих результатів (порівняння архітектурних типів, тактико-технічних та цінових характеристик N варіантів підводних технологій, якими планується виконати підводне завдання M); R – прийняття остаточного рішення щодо вибору більш досконалої підводної технології. Стрілками зворотного напрямку на рисунку показані ітераційні процеси, індексами K і L – кількості підводних робіт для досліджуваних технологій.

Фактично результатом виконання за запропонованим алгоритмом є проект технічного завдання на створення АНПА з науково обґрунтованими тактико-технічними характеристиками.

Попередній аналіз показує, що найбільш наукоємними складовими запропонованої концепції на цей час є складові J , E , K та C , оскільки саме вони визначають інженерно-технічні рішення щодо елементів і систем АНПА та економічну доцільність його створення.

До ключових задач реалізації цих складових можна віднести:

забезпечення високої автономності та скритності АНПА, які досягаються застосуванням сучасних джерел енергії (сонячної енергії, біотемпературних джерел тощо) та гідродинамічно досконалих рушіїв та обводів корпусу АНПА;

енергетичну, інформаційну та конструктивну стандартизацію, що зменшує вартість створення АНПА;

модульність конструкції рушіїв, систем енергетики та інформатики, зниження експлуатаційних та

ремонтних витрат на обслуговування окремих вузлів і систем АНПА;

мережецентричний принцип функціонування – інтеграцію з іншими пілотованими й безпілотними рухомими морськими платформами, сенсорами та вузлами зв'язку за типом загальносистемного рішення типу FORCEnet [12];

синтез «інтелектуальних» сенсорів фізичних параметрів з високою роздільною здатністю та «інтелектуальних» систем автоматичного керування АНПА, здатних до адаптації та самонавчання в умовах невизначеності зовнішніх збурень та нестационарності власних параметрів підводного апарата;

створення нових систем підводної комунікації на принципах багатопроменової гідроакустики та оптики [5];

розробку принципів мультиагентного (групового) керування мережею АНПА, що забезпечило б оперативну керувану зміну просторового розташування групи АНПА на акваторії в залежності від підводної місії.

ВИСНОВОК

Розроблено концепцію проектування автономних підводних апаратів-роботів для ВМС держави, яка спирається на наукоємні складові формулювання підводних завдань, експлуатаційних властивостей, архітектурно-конструктивного типу АНПА та його тактико-технічних характеристик. Запропонована концепція може бути покладена в основу формування технічного завдання на створення нових зразків АНПА для ВМС держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Автоматические подводные аппараты [Текст] / М. Д. Агеев, Б. А. Касаткин, Л. В. Киселев [и др.]. – Л. : Судостроение, 1981. – 224 с.
- [2] Агеев, М. Д. Автономные подводные роботы. Системы и технологии [Текст] / М. Д. Агеев. – М. : Наука, 2005. – 398 с.
- [3] Агеев, М. Д. АНПА: от первых макетов до глубоководных комплексов [Текст] / М. Д. Агеев, Л. В. Киселев, Н. И. Рылов // Подводные технологии. – 2005. – № 1. – С. 6–19.
- [4] Бабак, Л. Н. Об одном алгоритме поиска источника подводного шлейфа, основанном на использовании группы АНПА [Текст] / Л. Н. Бабак, А. Ф. Щербатюк // Управление большими системами : сб. трудов. – 2010. – Спец. вып. – № 30.1 «Сетевые модели в управлении». – С. 536–548.
- [5] Баулин, В. Реализация концепции «Сетецентрическая война» в ВМС США [Текст] / В. Баулин, А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2009. – № 6. – С. 61–67.
- [6] Безекіпажна військово-морська техніка – стан та оснащення ВМС ЗС України [Текст] / В. С. Блінцов, О. М. Киристюк, О. В. Красних, С. В. Яким'як // Наука і оборона. – 2012. – № 4. – С. 61–64.
- [7] Безекіпажні морські системи: перспективи і завдання для забезпечення потреб ВМС ЗС України [Текст] / В. С. Блінцов, О. М. Киристюк, О. В. Красних, С. В. Яким'як // Тези доп. 4-ї Наук.-техн. конф. «Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки». – К. : ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2013. – С. 378–380.
- [8] Беспилотные летательные аппараты : Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик [Текст] / В. М. Ильющко, М. М. Митрахович [и др.] ; под общ. ред. В. И. Силкова. – К. : ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009. – 302 с.
- [9] Блінцов, С. В. Автоматичне керування автономними підводними апаратами в умовах невизначеності [Текст] : монографія / С. В. Блінцов. – Миколаїв : Іліон, 2008. – 204 с.

- [10] **Блінцов, С. В.** Особливості групового керування автономними підводними апаратами при виконанні пошукових робіт [Текст] / С. В. Блінцов, Доан Фук Тхи // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 6/9(66). – С. 56–60.
- [11] **Бочаров, Л.** Необитаемые подводные аппараты: состояние и тенденции развития [Текст] / Л. Бочаров. – М. : Электроника ; Наука. Технология. Бизнес, 2009. – № 7. – С. 62–69.
- [12] Воєнна доктрина України [Текст] // Указ Президента України № 648/2004 від 15 червня 2004 р.
- [13] **Дмитриев, А. Н.** Проектирование подводных аппаратов [Текст] / А. Н. Дмитриев. – Л. : Судостроение, 1978. – 238 с.
- [14] Закон України «Про Збройні сили України» [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 9.
- [15] **Иванов, А. И.** Сетевые аспекты группового поведения автономных подводных аппаратов [Текст] / А. И. Иванов, Н. А. Лазутина, И. У. Сахабетдинов // Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения : труды 3-й Всероссийской конференции с международным участием. – М. : Ин-т проблем управления РАН, 2010. – С. 548–551.
- [16] **Илларионов, Г. Ю.** Подводные роботы в минной войне [Текст] : монография / Г. Ю. Илларионов, К. С. Сиденко, В. В. Сидоренков. – Калининград : ОАО «Янтарный сказ», 2008. – 116 с.
- [17] **Илларионов, Г. Ю.** Угроза из глубины: XXI век [Текст] / Г. Ю. Илларионов, К. С. Сиденко, Л. Ю. Бочаров. – Хабаровск : КГУП «Хабаровская краевая типография», 2011. – 304 с.
- [18] **Пантов, Е. Н.** Основы теории движения подводных аппаратов [Текст] / Е. Н. Пантов, Н. Н. Махин, Б. Б. Шереметов. – Л. : Судостроение, 1973. – 216 с.
- [19] Подводные технологии и средства освоения Мирового океана [Текст]. – М. : Оружие и технологии, 2011. – 780 с.
- [20] Самоходные обитаемые подводные аппараты [Текст] / Ю. А. Боженков, А. П. Борков, В. М. Гаврилов [и др.] ; под общей ред. И. Б. Иконникова. – Л. : Судостроение, 1986. – 264 с.
- [21] **Сухова, А.** Системы безопасности объектов на акваториях [Текст] / А. Сухова // Морской флот. – М., 2007. – № 5. – С. 49–53.
- [22] **Филаретов, В. Ф.** Устройства и системы управления подводных роботов [Текст] / В. Ф. Филаретов, А. В. Лебедев, Д. А. Юхимец ; Ин-т автоматики и процессов управления ДВО РАН. – М. : Наука, 2005. – 270 с.
- [23] Admiral Vern Clark. Sea Power 21: Projecting Decisive Joint Capabilities [Electronic resource] / U. S. Navy. – Proc. Mag., Oct. 2002. – Vol. 128/10/1.196. – Режим доступа: <http://www.usni.org>.
- [24] FY 2009-2034. Unmanned Systems Integrated Roadmap [Electronic resource]. – Washington : Department of Defense. – 2009. – 20 Apr.
- [25] **Joshua, G. G.** Underwater gliders: dynamics, control and design [Text] : A dissertation presented to the faculty of princeton university in candidacy for the degree of doctor of philosophy / G. G. Joshua. – Princeton University, 2005. – 289 p.
- [26] Hydra. Broad Agency Announcement, Tactical Technology Office (TTO). – DARPA-BAA-13-39, August 22, 2013. – 39 p.
- [27] **Moore, S.** Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication [Text] / S. W. Moore, Harry Bohm, Vickie Jensen // Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010. – 770 p.
- [28] The Navy Unmanned Undersea Vehicle. (UUV) Master Plan [Electronic resource] / Department of the Navy ; United States of America, 2004. – 127 p. – Режим доступа: <http://www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp.pdf>.
- [29] **Toshiyuki, Y.** Multi-robot systems, trends and development [Text] / Y. Toshiyuki, O. Kazuhiro. – InTech, India, 2011. – 596 p.
- [30] Undersea Vehicles and National Needs. National Research Council. National. – Washington : Academy Press, 1996. – 101 p.