

УДК 629.58
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2023.2-3\(491-492\).1](https://doi.org/10.15589/znp2023.2-3(491-492).1)

PROBLEMS OF DESIGN AND SERIES PRODUCTION OF MARINE ROBOTICS IN UKRAINE

ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ І СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ В УКРАЇНІ

Georgii V. Babkin

georgii.babkin@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0001-6303-0993

Volodymyr S. Blintsov

volodymyr.blintsov@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-3912-2174

Г. В. Бабкін,

канд. техн. наук, доцент

В. С. Блінцов,

д-р техн. наук, професор

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. Marine robotics is a field that is attracting increasing interest and plays an important role in a variety of fields, from ocean exploration to industrial and commercial applications. With the development of technology and the growing needs to explore and use the marine environment, robots have become indispensable tools for working underwater and solving complex tasks. The growing interest in the development of marine robotics is due to several factors. Despite the fact that at present significant results have been obtained in the direction of the creation of marine robotics tools, the use of such technical tools loses to the use of traditional marine technical tools and technologies. Such means are already used in almost all civil and military activities at sea. The relevance of this thesis is reinforced by the growing need for technical means to ensure countermeasures during hostilities and subsequent work to ensure the safety of waterways, repair hydrotechnical structures, protect the state border of the state, monitor the state of the environment, etc. At the same time, dozens of devices are being counted, and this is already a series of marine robotics devices that should be equipped with all boats, ships and port security services.

Purpose. Formulation of the scientific principles of the processes of creating marine robotics tools with the definition of features and problems of design and serial production.

Method. The research was carried out using: modern methods and processes of designing and manufacturing marine robotics.

Results. Formulated conceptual ways of implementing digital information technologies as the implementation of a hypothesis for a successful solution to the scientific problem of creating competitive means of marine robotics. Formulated problems of creating modern samples of marine robotics and ways to overcome them.

Scientific novelty. For the first time, a scientific hypothesis was formulated, which foresees the use of modern information technologies, mathematical modeling and automated production for the creation of marine robotics.

Practical importance. Organization and planning of works on the creation of marine robotics.

Key words: marine robotics tool; Shipbuilding 4.0; Information Technology; designing; production.

Анотація. Морська робототехніка – це галузь, яка приваблює все більший інтерес і відіграє важливу роль у різних сферах, від досліджень океану до промислових та комерційних програм. З розвитком технологій та зростанням потреб у дослідженні та використанні морського середовища, роботи стали незамінними інструментами для роботи під водою та вирішення складних завдань. Зростання інтересу до розробки засобів морської робототехніки обумовлений кількома чинниками. Не зважаючи на те, що а даний час у напрямку створення засобів морської робототехніки отримані значні результати, застосування таких технічних засобів програє використанню традиційних морських технічних засобів та технологій. Таки засоби вже використовуються майже у всіх цивільних та військових видах діяльності на морі. Підсиленням актуальності цієї тези є зростаюча необхідність у технічних засобах для забезпечення протидії під час ведення бойових дій та наступні роботи з забезпечення безпеки водних шляхів, ремонту гідротехнічних споруд, охорони державного кордону держави, виконанні контролю за станом навколишнього середовища та ін. При цьому йде рахунок на десятки апаратів,

а це вже серії засобів морської робототехніки, якими мають бути оснащені всі катери, кораблі та служби безпеки портів.

Мета. Формулювання наукових засад процесів створення засобів морської робототехніки з визначенням особливостей та проблематики проектування та серійного виготовлення.

Методика. При виконанні досліджень використовувались: сучасні методи та процеси проектування та виготовлення засобів морської робототехніки.

Результати. Сформульовані концептуальні шляхи впровадження цифрових інформаційних технологій як реалізації гіпотези для успішного розв'язку наукової проблеми створення конкурентоздатних засобів морської робототехніки. Сформульовані проблеми створення сучасних зразків засобів морської робототехніки та шляхи їх подолання.

Наукова новизна. Вперше сформульована науково гіпотеза яка передбачає використання для створення засобів морської робототехніки сучасних інформаційних технологій, математичного моделювання та автоматизованого виробництва.

Практична значимість. Організація та планування робіт по створенню засобів морської робототехніки.

Ключові слова: засоби морської робототехніки; Суднобудування 4.0; інформаційні технології; проектування; виробництво.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Морська робототехніка – це галузь, яка приваблює все більший інтерес і відіграє важливу роль у різних сферах, від досліджень океану до промислових та комерційних програм. З розвитком технологій та зростанням потреб у дослідженні та використанні морського середовища, роботи стали незамінними інструментами для роботи під водою та вирішення складних завдань. Зростання інтересу до розробки засобів морської робототехніки (ЗМР) обумовлений кількома чинниками.

По-перше, морські роботи дозволяють отримувати доступ до морського дна, яке раніше було недоступним для дослідження або використання. Вони можуть працювати на великих глибинах, справлятися зі складними умовами та здійснювати дії у небезпечних середовищах. По-друге, морська робототехніка відкриває нові можливості для дослідження та застосування океану. Роботи можуть проводити наукові дослідження, збирати дані про екосистеми, аналізувати воду та океанські ресурси, а також допомагати у пошуку та вивченні підводних об'єктів. Крім того, морська робототехніка знаходить застосування у промисловості та торгівлі. Роботи можуть виконувати рутинні завдання, такі як обстеження та ремонт підводних структур, дослідження морського дна для видобутку ресурсів, а також допомагати у бурових та будівельних роботах. По-третє, ЗМР відкривають нові можливості у напрямках підвищення обороноздатності держави від загроз з морського напрямку та боротьби з морським тероризмом, а також дають змогу суттєво зменшити ризики для життя людей при проведенні операцій з гуманітарного розмінування акваторій держави, що є особливо актуальним для України в сучасних умовах.

Таким чином, розробка та використання ЗМР представляє значний потенціал, забезпечуючи нові можливості у дослідженні океану, промислових операціях, охороні навколишнього середовища та безпеці держави.

На цей час відбулися значні зміни у засобах і методах створення та застосування морських робототехнічних систем та комплексів. Зокрема, спостерігається наче зростання попиту на застосування ЗМР для вирішення науково-дослідних та практичних завдань в різноманітних галузях. Отриманий досвід полягає у створенні більш досконалих систем, комплексів та технологій для вирішення завдань в складних підводних умовах.

Не зважаючи на те, що в даний час у напряму створення ЗМР отримані значні результати, застосування таких технічних засобів програє використанню традиційних морських технічних засобів та технологій. Таки засоби вже використовуються майже у всіх цивільних та військових видах діяльності на морі.

Підсиленням актуальності цієї тези є зростаюча необхідність у технічних засобах для забезпечення протидії під час ведення бойових дій та наступні роботи з забезпечення безпеки водних шляхів, ремонту гідротехнічних споруд, охорони державного кордону держави, виконанні контролю за станом навколишнього середовища та ін. При цьому йде рахунок на десятки апаратів, а це вже серії ЗМР, якими мають бути оснащені всі катери, кораблі та служби безпеки портів [1, 2].

ЗМР набувають все більшого застосування як у провідних морських країнах світу, так і в Україні. На цей час найбільшого застосування набули наступні види ЗМР: безекіпажні надводні судна (БНС, в англійській літературі – unmanned surface vessel, USV), автономні ненаселені підводні апарати (АНПА, в англійській літературі – autonomous underwater vehicles, UUV), ненаселені самохідні прив'язні та буксирні підводні апарати (ППА, в англійській літературі – remotely operated vehicles, ROV та towed underwater vehicle, TUV), а також безпілотні літальні апарати (БПЛА, в англійській літературі – unmanned aerial vehicles, UAV) морського базування чи застосування.

До основних напрямків застосування ЗМР у провідних морських країнах світу відносяться:

- задачі промислового будівництва на шельфі T_{BS} ;
- задачі експлуатації морських інженерних споруд T_{ME} ;
- природоохоронні задачі T_{EP} ;
- аварійно-рятувальні роботи T_{ER} ;
- задачі з пошуку та видобування сировинних та мінеральних ресурсів морського шельфу T_{MR} ;
- задачі вивчення Світового океану T_{WO} ;
- підводна археологія T_{UA} .

У зв'язку з повномасштабною агресією рф в Україні до наведеного вище переліку задач сьогодні додаються ще дві надзвичайно важливі задачі застосування ЗМР:

- задача створення й ефективного застосування нових видів ЗМР оборонного призначення T_{DP} ;
- задача створення роботизованих технологій гуманітарного розмінування водних акваторій держави T_{HWA} .

Таким чином, множина MA_{SR} сучасних напрямків застосування ЗМР в інтересах України може бути представлена наступними задачами:

$$MA_{SR} = \{T_{BS}, T_{ME}, T_{EP}, T_{ER}, T_{MR}, T_{WO}, T_{UA}, T_{DP}, T_{HWA}\} \quad (1)$$

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В останні роки в Україні сформувався великий обсяг робіт по захисту акваторій портів і морських баз, забезпечення безпеки водних шляхів та ремонту гідротехнічних споруд. У світовій практиці для підводних робіт, пов'язаних з контролем стану їх донної поверхні використовується морські комплекси різного типу [3-5].

Розглядаються три основні проблеми; ефективність виробництва, безпека корабля, економічна ефективність та енергозбереження й охорона навколишнього середовища. У статті є огляд нинішнього академічного та промислового прогресу цієї нової хвилі промислової революції в суднобудівній галузі під назвою Суднобудування 4.0 (Shipping 4.0, Maritime 4.0, Shipyard 4.0) [6].

Таким чином, у наведених та інших зарубіжних публікаціях організаційно-технічні й наукові основи застосування новітніх технологій не розглядається, очевидно, з міркувань збереження комерційних таємниць і забезпечення конкурентоспроможності.

Аналіз показує, що на цей час в Україні практичний досвід проектування і застосування підводних апаратів для виконання підводно-технічних робіт є тільки у двох організацій – Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова і Державної служби з надзвичайних ситуацій України [7]. Досвід виконання таких робіт свідчить, що на цей час відсутні теорія, методи й методики, які дозволили

б сформувати технічне завдання на розробку й побудову відповідної підводної техніки для виконання такого роду робіт.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Враховуючи масштабність і загальнодержавний характер задачі для її успішного розв'язку необхідно формування спеціалізованої організації для проектування та серійного виробництва підводної робототехніки та розгортання її масового застосування на акваторіях держави, де ведеться активна морегосподарська діяльність.

Враховуючи специфіку виконуваних завдань та призначення засобів морської робототехніки, інформація про їх характеристики та технології їх створення та застосування є обмеженою.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Формулювання наукових засад процесів створення засобів морської робототехніки з визначенням особливостей та проблематики проектування та серійного виготовлення.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є процеси створення засобів морської робототехніки. Предметом дослідження є моделі, методи та механізми створення засобів морської робототехніки. Науково-прикладна задача створення засобів морської робототехніки вирішувалась у рамках новітніх концепцій та сучасних методологій. При виконанні досліджень використовувались: сучасні методи та процеси проектування та виготовлення засобів морської робототехніки.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Сучасні зразки ЗМР є окремим класом робототехнічних засобів, для якого характерні власні завдання, технології застосування, склад систем та особливості створення. Але, не зважаючи на те, що у даному напрямі науково-технічної діяльності вже на сьогоднішній час отримані значні результати, висловлюватись про те, що цей вид діяльності вже сформував окрему промислову галузь, ще зарано. Причина цього полягає у тому, що досягнуті наукові результати носять розрізнений характер, тобто найчастіше кожен науковий результат стосується окремого елементу ЗМР, не торкаючись інших частин системи або ЗМР у цілому. Виробництвом елементів ЗМР займаються велика кількість окремих організацій, при цьому елементи виготовлюються без орієнтації на конкретний тип або вид підводного робота, його розміри та архітектурно-конструктивний тип.

Як наслідок цього – значні витрати коштів та часу на створення ЗМР та їх низька конкурентоздатність порівняно до традиційних морських технічних засобів та технологій застосування.

На підставі вище викладеного можливо сформулювати наукову проблему, яка полягає у тому, що створення ЗМР в інтересах України і зовнішнього ринку вимагає підвищення їх конкурентоздатності.

Для вирішення цієї наукової проблеми можливо використати декілька традиційних шляхів:

- скорочення термінів проектування;
- підвищення обсягів створення ЗМР;
- підвищення якості ЗМР;
- скорочення витрат на створення ЗМР;
- бенчмаркінг.

Підвищення обсягів створення ЗМР можливо не розглядати як шлях для вирішення тому, що частіш за все, у світової практиці ЗМР створюються одиничними, дослідними зразками під конкретні завдання, вирішення яких з застосуванням традиційних технічних засобів або технологій неможливо. Але не зважаючи на зростання, попит на даний вид технічних засобів все ще програє.

В історії створення ЗМР у провідних морських країнах світу є лише один приклад серійного виробництва, це стосується створеного з кінця 60-х протимінного прив'язного підводного апарата PAP-104 французької фірми ЕСА.

Підвищення якості також не допоможе вирішенню наукової проблеми тому, що створені зразки ЗМР залишаються на рівні дослідного зразка і всі виявлені недоліки конструкції можуть бути враховані лише у наступному проекті.

Бенчмаркінг не спрацює завдяки тому, що досвід зі створення ЗМР у всіх, хто займається цією діяльністю, знаходиться приблизно на одному рівні.

Тому вирішення наукової проблеми створення конкурентоздатних ЗМР можливо лише з використанням останніх двох шляхів: скорочення термінів проектування та скорочення витрат на створення.

Для вирішення цієї наукової проблеми була сформульована гіпотеза, яка передбачає використання для створення ЗМР сучасних інформаційних технологій, математичного моделювання та автоматизованого виробництва на кожному з етапів проектно-конструкторських та будівельних робіт.

Концепція розв'язання сформульованої наукової проблеми може містити два шляхи реалізації, які базуються на двох відомих та апробованих технологіях:

- Building Informational Modeling, скорочено BIM [8];
- адаптована концепція Shipbuilding 4.0, на підставі Industry 4.0 [6].

Використання BIM технології передбачає повний перехід від фізичного та «гібридного» моделювання до математичного, об'єднання розрізнених математичних моделей елементів ЗМР в єдину комплексну модель з використанням: віртуальних прототипів, чисельного моделювання та результатів натурних випробувань, комплексних баз даних елементів ЗМР зі

всіма відомими характеристиками елементів, поєднаних загальним програмним забезпеченням з елементами штучного інтелекту. Тобто, має бути створено інформаційно-моделюючий програмний комплекс (ІМПК).

Для створення ефективного ІМПК, який вирішує проектні завдання, необхідно сформулювати систему критеріїв, за допомогою яких ІМПК буде генерувати рішення по формуванню складу ЗМР, а головний конструктор проекту ЗМР буде оцінювати результат його роботи та приймати остаточні проектні рішення.

Застосування сучасних інформаційних технологій під час проектування ЗМР робить процес більш ефективним та скорочує час проектно-конструкторських робіт порівняно з традиційними способами проектування. Досягається це за рахунок того, що такий спосіб передбачає не роботу з документацією в її класичному розумінні, а з комплексами програм, які генерують модель і всі необхідні для виробництва на верстатах з ЧПК файли. Завдяки цьому на першому етапі проектування є можливість отримати орієнтовну, не оптимізовану конструкцію майбутнього ЗМР і заощадити час та інші ресурси проекту.

Другий шлях передбачає повну цифровізацію процесу виробництва ЗМР шляхом впровадження в виробничий процес елементів роботизованого виробництва. Враховуючи, що ЗМР частіш за все створюється одиничними зразками або малими серіями, витрати на процеси управління виробництвом та технологічної підготовки виробництва співмірні з витратами на саме виробництво. Застосування для виготовлення елементів та вузлів ЗМР автоматичних оброблювальних центрів та верстатів з ЧПК скорочує витрати на виготовлення зразка ЗМР.

Лише за рахунок повної цифровізації процесу виробництва ЗМР можливим є оперативне відстежування усіх потрібних змін, які повинні бути внесені в конструкцію ЗМР з метою забезпечення його ефективності для досягнення визначеної мети та завдань.

При цьому проектування та серійне виробництво засобів морської робототехніки включає низку проблем, з якими стикаються розробники і виробники. Ось деякі з них:

1. Проблеми, пов'язані з навколишнім середовищем: Морська робототехніка стикається з викликами, такими як велика глибина, солоність води та корозія, морські течії та вітро-звильові збурення, мінливі погодні умови. Це вимагає від розробників використання у конструкції ЗМР матеріалів та систем, здатних витримати такі несприятливі умови.

2. Навігація та пошук: Морська робототехніка повинна мати надійні системи навігації та детектування, щоб оперувати у складних та незнайомих морських середовищах. Це може включати використання глобальної системи позиціонування (GPS), гідроакустичних датчиків та інших засобів для визначення місцезнаходження та виявлення об'єктів.

3. Взаємодія з навколишнім середовищем: Морська робототехніка повинна бути здатна взаємодіяти з різними видами морської живності та екологічними системами, щоб мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Це може вимагати розробки систем та алгоритмів, які дозволяють уникати зіткнень з тваринами, керувати шумовими та світловими ефектами тощо.

4. Енергетична ефективність: Засоби морської робототехніки, особливо довгострокові автономні системи, мають бути енергетично ефективними, щоб тривалий час залишатися в експлуатації. Розробка ефективних джерел живлення та управління енергією є ключовими аспектами під час проектування таких систем.

5. Безпека та надійність: Морська робототехніка може використовуватись у різних завданнях, таких як дослідження, підводні роботи, контроль забруднення тощо. Тому вона повинна бути безпечною та надійною, щоб запобігати негативним наслідкам, таким як аварії або витік палива, а також забезпечувати збереження власних даних та обладнання.

Це лише деякі з проблем, пов'язаних із проектуванням та серійним виробництвом морської робототехніки. Вирішення цих проблем потребує спільних зусиль інженерів, наукових дослідників та фахівців у галузі морської технології.

Реальні бойові дії, кількість поставлених мін та пошкоджень об'єктів морської інфраструктури сьогодні вимірюються багатьма тисячами. І протимінні сили Військово-Морських Сил повинні мати необхідні бойові можливості. Тобто, промисловість потрібно жорстко направити у напрямку створення простих, але ефективних виробів, придатних до масового серійного будівництва, забезпечення необхідного боєкомплекту ВМС для вирішення завдань за призначенням.

Актуальність розробки, створення і впровадження ЗМР в Україні підтверджується низкою міжнародних документів та рішеннями Президента й Уряду України, а саме: проголошенням у 2017 р. Генеральною Асамблеєю ООН Десятиліття наук про океан в інтересах стійкого розвитку (2021-2030 гг.), спрямованого на стимулювання науки про Світовий океан і накопичення знань із метою зупинення тенденції до погіршення стану океанської екосистеми й стимулювання нових можливостей для її збереження та стійкого розвитку [9]; указами Президента України та постановами Уряду України щодо необхідності розвитку роботизованих морських технологій [10]; наявністю у складі МОН України науково-дослідного судна «Ноосфера», призначеного для дослідження Світового океану і, зокрема, Антарктиди [11]; підготовкою в НУК вітчизняних і зарубіжних фахівців за напрямком “Sea Robotics” згідно одному зі стратегічних напрямків розвитку вищої освіти в Україні [12].

Крім того, у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова на протязі останніх років розроблено та впроваджено у проектну практику системний підхід до створення нових ЗМР, який ґрунтується на «рівняннях існування» новостворюваних морських роботів [13-20].

Очевидно, що розвиток вітчизняної морської робототехніки має ґрунтуватись на позитивному досвіді провідних морських країн світу з урахуванням затребуваності у роботизованих технологіях українських підприємств. Тому нижче пропонуються основні напрямки досліджень, які на цей час необхідно виконувати для формування теоретичного підґрунтя проектних розрахунків сучасних ЗМР.

У цілому, напрямки вказаних досліджень DR_{SA} з позицій системного підходу [20] пропонується класифікувати наступним чином:

- дослідження R_{ES} енергетичного забезпечення новостворюваних ЗМР, яке включає широкий спектр прикладних завдань, починаючи з гідродинамічних властивостей корпусу ЗМР і закінчуючи їх бортовими джерелами енергії та рушіями;

- дослідження R_{IS} інформаційного забезпечення новостворюваних ЗМР, яке включає аналіз і синтез системи керування ЗМР, їх систем радіозв'язку, супутникового та гідроакустичного зв'язку, а також систем навігації та сенсорних систем різного призначення;

- дослідження R_{CM} властивостей та аргументований вибір конструкційних матеріалів, які використовуються при створенні елементів ЗМР, тобто, дослідження конструкційної міцності ЗМР, стійкості матеріалів до зовнішнього гідростатичного тиску, корозійної та електрохімічної стійкості, а також стійкості до біологічного обростання, радіації тощо;

- дослідження R_{FP} функціональних властивостей ЗМР, які характеризують ефективність їх застосування за призначенням і включають великий перелік критеріїв, які дають змогу кількісно оцінити експлуатаційні властивості новостворюваних ЗМР (продуктивність, точність, достовірність результатів роботи, необхідні зовнішні ресурси і вимоги до носіїв та екіпажів, гідрокліматичні умови застосування тощо).

За необхідності, у рамках системного підходу, можуть окремо формулюватись й інші напрямки R_{OP} досліджень властивостей новостворюваних ЗМР, які дадуть змогу оцінювати вплив їхнього функціонування на навколишнє природне середовище, розглядати питання утилізації ЗМР тощо.

Зокрема, невід'ємною складовою таких досліджень має бути розробка нових та удосконалення існуючих технологій роботизованого виконання надводних і підводних робіт різного призначення.

Узагальнюючи сказане, запишемо множину напрямків головних досліджень DR_{SA} з позицій системного підходу:

$$DR_{SA} = \{R_{ES}; R_{IS}; R_{CM}; R_{FP}; R_{OP}\}. \quad (2)$$

Множина (2) утворює базовий перелік напрямків прикладних наукових досліджень, які забезпечують можливість проектування, побудови та експлуатації конкурентоспроможних засобів морської робототехніки в інтересах вітчизняних організацій.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Отримані результати дозволяють організувати ефективний процес робіт проекту створення засобів морської робототехніки по етапах життєвих циклів.

Зроблені висновки були отримані в НДІ підводної техніки НУК ім. адм. Макарова під час робіт по створенню сучасних зразків підводної техніки.

ВИСНОВКИ

1. Сформульовані концептуальні шляхи впровадження цифрових інформаційних технологій як реалізації гіпотези для успішного розв'язку наукової проблеми створення конкурентоздатних ЗМР.

2. Сформульовані проблеми створення сучасних зразків ЗМР та шляхи їх подолання.

REFERENCES

- [1] Pro «Polozhennia pro Derzhavnu inspektsiiu Ukrainy z bezpeky na morskому ta richkovому transporti»: Ukaz Prezidenta Ukrainy vid 8 kvitnia 2011 roku, № 447/2011.
- [2] Pro zatverdzhennia «Polozhennia pro sluzhbu morskoi bezpeky portu (portovoho zasobu)»: Nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy vid 25.08.2011 p. № 339.
- [3] Tadahiro Hyakudome. (2011) Design of Autonomous Underwater Vehicle. International Journal of Advanced Robotic Systems. Vol. 8, No. 1 (2011), pp 122-130. URL: <https://doi.org/10.5772/10536>.
- [4] Linklater, Amy. (2005) Design and Simulation of a Towed Underwater Vehicle, Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science In Aerospace Engineering. – Blacksburg, Virginia, 120 P. URL: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/33622/AmyThesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] Nimmy, Thomas, Manoj, T. Issac. (2017) Analysis of Tow Cables. Universal Journal of Mechanical Engineering 5(5): 144-149.
- [6] Venesa Stanic, Marko Hadjina, Niksa Fafandjel (2018) Toward shipbuilding 4.0-an industry 4.0 changing the face of the shipbuilding industry. – September 2018 Brodogradnja 69(3):pp 111-128. URL: https://www.researchgate.net/profile/Venesa-Stanic/publication/325715397_Toward_shipbuilding_40-an_industry_40_changing_the_face_of_the_shipbuilding_industry/links/5c471b62458515a4c7386413/Toward-shipbuilding-40-an-industry-40-changing-the-face-of-the-shipbuilding-industry.pdf?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRGV0YWlsIiwicGFhZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRGV0YWlsIn19
- [7] Ryzhkov, S. S., Blintsov, V. S., Yehorov, H. V., Zhukov, Yu. D., Kvasnytskyi, V. F., Koshkin, K. V., Krivtsun, I. V., Niekasov, V. O., Cevriukov, V. V., Solonichenko Yu. V. (2011); za red. S.S. Ryzhkova. Stvorennia universalnykh transportnykh suden i zasobiv okeanotekhniki, Mykolaiv: Vydavnytstvo NUK. – 340 s.
- [8] Talapov V.V. (2015) Tekhnologiya BIM: sut' i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya [BIM technology: essence and features of information modeling implementation]. Moscow: DMKPress, 410 p.
- [9] OON oholosyla desiatylitnia nauk pro okean. https://lb.ua/society/2017/12/06/383994_oon_obyavila_desyatiletie_nauk.html
- [10] Ukaz Prezidenta Ukrainy vid 20 serpnia 2021 roku № 372/2021 «Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 18 chervnia 2021 roku «Pro Stratehiiu rozvytku oboronno-promyslovoho kompleksu Ukrainy». <https://www.president.gov.ua/documents/3722021-39733>
- [11] Kryholam “Noosfera”. <http://uac.gov.ua/icebreaker-noosphere/>
- [12] Stratehiia rozvytku vyshchoi osvity v Ukraini na 2021-2030 roky. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, 2020. 71 s. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvytku-vyshchoi-osvity-v-ukraini-02-10-2020.pdf>
- [13] Upravlinnia innovatsiinoiu diialnistiu pidpriemstv ta orhanizatsii morehospodarskoho kompleksu: monohrafiia / S. I. Bai, V. S. Blintsov, S. D. Bushuiev ta in. – Mykolaiv: vydavets Torubara O. S., 2013. – 448 s.
- [14] Blintsov, V. S. Stvorennia ta zastosuvannia zasobiv morskoi robototekhniki dlia zneskodzhennia pidvodnykh potentsiino nebezpechnykh ob'ektiv [Tekst]: Naukova monohrafiia / V. S. Blintsov, O. V. Blintsov, H. V. Babkin, M. H. Hrytsaienko. Za zahalnoi redaktsiei prof. V. S. Blintsova. – Mykolaiv : Natsionalnyi universytet korablobuduvannia imeni admiral Makarova, 2016. – 366 s.
- [15] Upravlinnia upishnyimi proektamy stvorennia skladnoi tekhniki : Monohrafiia / H. V. Babkin, V. S. Blintsov, Ye. A. Druzhynin, S. H. Kiiko, N. R. Knyrik, K. V. Koshkin, D. M. Krytskyi, S. S. Ryzhkov, S. O. Slobodian, T. A. Farionova. Mykolaiv : Vydavnytstvo Torubary V. V., 2017. 336 s.
- [16] Pidvodna arkhologhiia pivnichnoho Prychornomoria : Stan ta perspektyvy rozvytku : monohrafiia / M. M. Ievlev, O. V. Chubenko, V. S. Blintsov, A. V. Nadtochy. Mykolaiv, Natsionalnyi universytet korablobuduvannia imeni admiral Makarova, 2019. 336 s.
- [17] V. Blintsov, G. Babkin. Theoretical Basis of Design and Production of Marine Robotics. Collective monograph “Prospects and priorities of research in science and technology” : Vol. 1. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2020. Pages 25-43.
- [18] Blintsov V.S., Aloba L.T., Nadtochy A.V., Nadtochii V.A. Osnovy avtomatyzhnogo keruvannia hrupoiu avtonomnykh nenaselennykh pidvodnykh aparativ. Naukova monohrafiia. Kherson : Khersonskiy navchalno-naukovy institut Natsionalnoho universytetu korablobuduvannia imeni admiral Makarova, 2022. – 147 s.
- [19] Blintsov V.S., Sirivchuk A.S., Nadtochy A.V., Nadtochii V.A. Avtomatyzatsiia keruvannia avtonomnym nenaselеныm pidvodnym aparatom z radiobuiem. Naukova monohrafiia. Kherson : Khersonskiy navchalno-naukovy institut Natsionalnoho universytetu korablobuduvannia imeni admiral Makarova, 2022. 196 s.

- [20] Projektuvannia zasobiv morskoi robototekhniki na osnovi systemnoho pidkhodu : monohrafiia : u 3 ch. / za red. d-ra tekhn. nauk, prof. V. S. Blintsova. Mykolaiv : Ilion, 2023. Ch. 1 : Samokhidni pryv'iazni pidvodni systemy / V. S. Blintsov, O. P. Klochkov, V. A. Nadtochii, A. V. Nadtochy. 2023. 164 s.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Про «Положення про Державну інспекцію України з безпеки на морському та річковому транспорті»: Указ Президента України від 8 квітня 2011 року, № 447/2011.
- [2] Про затвердження «Положення про службу морської безпеки порту (портового засобу)»: Наказ Міністерства інфраструктури України від 25.08.2011 р. № 339.
- [3] Tadahiyo Hyakudome. (2011) Design of Autonomous Underwater Vehicle. International Journal of Advanced Robotic Systems. Vol. 8, No. 1 (2011), pp 122-130. URL: <https://doi.org/10.5772/10536>.
- [4] Linklater, Amy. (2005) Design and Simulation of a Towed Underwater Vehicle. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science In Aerospace Engineering. – Blacksburg, Virginia, 2005. – 120 P. URL: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/33622/AmyThesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] Nimmy, Thomas, Manoj, T. Issac. (2017) Analysis of Tow Cables. Universal Journal of Mechanical Engineering 5(5): 144-149.
- [6] Venesa Stanic, Marko Hadjina, Niksa Fafandjel (2018) Toward shipbuilding 4.0-an industry 4.0 changing the face of the shipbuilding industry. – September 2018 Brodogradnja 69(3):pp 111-128. URL: https://www.researchgate.net/profile/Venesa-Stanic/publication/325715397_Toward_shipbuilding_40-an_industry_40_changing_the_face_of_the_shipbuilding_industry/links/5c471b62458515a4c7386413/Toward-shipbuilding-40-an-industry-40-changing-the-face-of-the-shipbuilding-industry.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRGV0YWlsIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRGV0YWlsIn19
- [7] Рижков, С. С., Блінцов, В. С., Єгоров, Г. В., Жуков, Ю. Д., Квасницький, В. Ф., Кошкін, К. В., Кривцун, І. В., Некрасов, В. О., Севрюков, В. В., Солоніченко Ю. В. (2011); за ред. С.С. Рижкова. Створення універсальних транспортних суден і засобів океанотехніки, Миколаїв: Видавництво НУК, 340 с.
- [8] Талапов В.В. (2015). Технологія BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования. ДМКПресс, 410 с.
- [9] ООН оголосила десятиліття наук про океан. https://lb.ua/society/2017/12/06/383994_oon_obyavila_desyatiletie_nauk.html
- [10] Указ Президента України від 20 серпня 2021 року № 372/2021 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 18 червня 2021 року «Про Стратегію розвитку оборонно-промислового комплексу України». <https://www.president.gov.ua/documents/3722021-39733>
- [11] Криголам “Ноосфера”. <http://uac.gov.ua/icebreaker-noosphere/>
- [12] Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021-2030 роки. Міністерство освіти і науки України, 2020. 71 с. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf>
- [13] Управління інноваційною діяльністю підприємств та організацій морегосподарського комплексу: монографія / С. І. Бай, В. С. Блінцов, С. Д. Бушуєв та ін. Миколаїв: видавець Торубара О. С., 2013. – 448 с.
- [14] Блінцов, В. С. (2016). Створення та застосування засобів морської робототехніки для знешкодження підводних потенційно небезпечних об'єктів : Наукова монографія / В. С. Блінцов, О. В. Блінцов, Г. В. Бабкін, М. Г. Грицаєнко. За загальною редакцією проф. В. С. Блінцова. Миколаїв : Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. 366 с.
- [15] Управління успішними проектами створення складної техніки : Монографія / Г. В. Бабкін, В. С. Блінцов, Є. А. Дружинін, С. Г. Кійко, Н. Р. Книрик, К. В. Кошкін, Д. М. Крицький, С. С. Рижков, С. О. Слободян, Т. А. Фаріонова. – Миколаїв : Видавництво Торубари В. В., 2017. 336 с.
- [16] Підводна археологія північного Причорномор'я : Стан та перспективи розвитку : монографія / М. М. Ієвлев, О. В. Чубенко, В. С. Блінцов, А. В. Надточій. – Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2019. – 336 с.
- [17] V. Blintsov, G. Babkin. Theoretical Basis of Design and Production of Marine Robotics. Collective monograph “Prospects and priorities of research in science and technology” : Vol. 1. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2020. Pages 25-43.
- [18] Блінцов В.С., Алоба Л.Т., Надточій А.В., Надточій В.А. (2022). Основи автоматичного керування групою автономних ненаселених підводних апаратів. Наукова монографія. Херсон : Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. 147 с.
- [19] Блінцов В.С., Сірівчук А.С., Надточій А.В., Надточій В.А. (2022). Автоматизація керування автономним ненаселеним підводним апаратом з радіобуєм. Наукова монографія. Херсон : Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. 196 с.
- [20] Проектування засобів морської робототехніки на основі системного підходу : монографія : у 3 ч. / за ред. д-ра техн. наук, проф. В. С. Блінцова. Миколаїв : Іліон, 2023. Ч. 1 : Самохідні прив'язні підводні системи / В. С. Блінцов, О. П. Ключков, В. А. Надточій, А. В. Надточій. 2023. 164 с.

© Бабкін Г. В., Блінцов В. С.

Дата надходження статті до редакції: 15.06.2023

Дата затвердження статті до друку: 30.06.2023