

Науково-дослідна частина
Національного університету
кораблебудування
імені адмірала Макарова

54025, м. Миколаїв,
пр. Героїв України, 9
Тел.: (0512) 70-91-04
<http://conference.nuos.edu.ua>
e-mail: conference@nuos.edu.ua

Навчально-науковий інститут
автоматики та електротехніки
Національного університету
кораблебудування
імені адмірала Макарова

54021, м. Миколаїв,
пр. Центральний, 3
Тел.: (0512) 47-70-95
<http://iae.nuos.edu.ua>
e-mail: university@nuos.edu.ua

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова



**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

ПІДВОДНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ

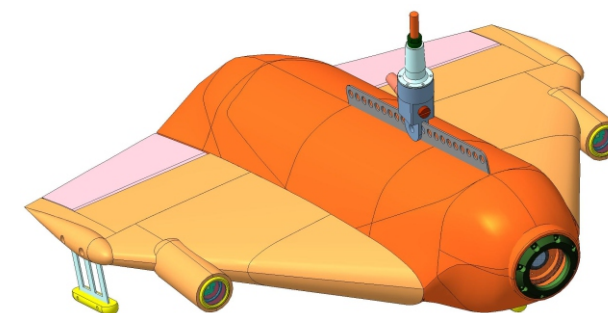
ПТТ-2017

МАТЕРІАЛИ

**VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ**

21–22 грудня 2017 року

**У двох частинах
Частина 1**



Миколаїв ■ НУК ■ 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

**ПІДВОДНА ТЕХНІКА
І ТЕХНОЛОГІЯ
ПТТ-2017**

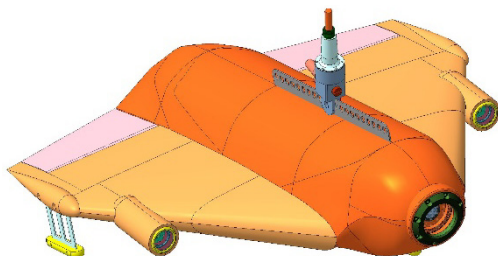
МАТЕРІАЛИ

**VII Всеукраїнської науково-технічної конференції
з міжнародною участю**

21–22 грудня 2017 року

**У двох частинах
Частина 1**

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
просп. Центральний, 3, м. Миколаїв*



МИКОЛАЇВ • НУК • 2017

ОРГАНІЗАТОРИ:

1. Міністерство освіти і науки України
2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
3. Центральний науково-дослідний інститут озброєння і військової техніки Збройних Сил України
4. Державне підприємство «Київський науково-дослідний інститут гідроприладів»
5. Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України
6. ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування» Державного концерну «Укроборонпром»
7. НДЦ «Державний океанаріум» ВМС Збройних Сил України
8. Головне Управління ДСНС України в Миколаївській області
9. Академія наук суднобудування України

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.

Претензії до організаторів не приймаються.

Відповідальна за випуск В. В. Трибулькевич

У 45

Підводна техніка і технологія: матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю : в 2 ч. – Миколаїв : НУК, 2017. – Ч. 1. – 112 с.

У збірнику подані матеріали VII Всеукраїнської НТК «Підводна техніка і технологія».

Розглянуті питання сучасного стану та завдань створення підводно-технічних засобів в інтересах організацій України, теоретичних основ функціонування, методів проектування та дослідження засобів підводної техніки, а також технологій ефективного застосування засобів підводної техніки.

Збірник може бути корисним для наукових співробітників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 004

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2017

СЕКЦІЯ 1. ТЕОРІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДВОДНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

УДК 65.012:629.58

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ БАГАТОЦІЛЬОВОЇ БУКСИРОВАНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ З АПАРАТОМ-ПЛАНЕРОМ

*Автор: Г.В. Бабкін, к.т.н., Національний університет
кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

На даній час виконання робіт з пошуку, інспекції та моніторингу прибережних зон й акваторій портів не можливе без застосування сучасних технічних засобів морської робототехніки (ЗМР). За результатами досліджень у галузі створення ЗМР різного призначення, можливо зробити висновок що найбільш ефективними для виконання інспекційних робіт є буксировані підводні системи. Це робить актуальним виведення результатів наукової школи української робототехніки на внутрішній і зовнішній ринки послуг по розробці і створенню конкурентоздатних ЗМР.

Підсиленням актуальності цієї тези є зростаюча необхідність у технічних засобах для забезпечення функцій з охорони державного кордону держави, виконанні контролю за станом навколишнього середовища, забезпечення населення харчовими продуктами морського походження 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].

Традиційно дані питання вирішуються за допомогою водолазних фахівців або з використанням самохідних прив'язних ЗМР та гідроакустичних засобів. Але, приймаючи до уваги обмеженість функційних можливостей таких засобів, динаміку зміни підводної обстановки, обсяги та умови виконання робіт по інспекції прибережних зон й акваторій портів можливо зробити наступні висновки:

- застосування водолазних фахівців ускладняється значним обсягом робіт та несприятливими погодними умовами;
- застосування гідроакустичної техніки неможливо завдяки незначній глибини району робіт (від 3 до 30 метрів);

– застосування самохідних прив'язних ЗМР у даному випадку ускладняється низькою продуктивністю даного виду техніки для виконання робіт на акваторіях, розміри яких значно перевищують довжину кабель-тросу, оскільки це вимагає постійну зміну місця якірної стоянки для судна-носія, а використання ЗМР у режимі зворотного буксирування (коли ЗМР рухається попереду судна-носія), малоефективне за рахунок низької швидкості руху ЗМР (не більше 1 м/с).

Тому, для вирішення поставлених питань, найбільш ефективним засобом є буксирований підводний апарат – апарат-планер. Такій вид ЗМР має наступні переваги перед традиційними засобами виконання підводних робіт:

- висока продуктивність – за рахунок широкого діапазону швидкостей буксирування – від 0,5 до 3 м/с;
- можливість виконувати роботи цілодобово на протязі усього року, не зважаючи на погодні умови;
- відсутність потреби у спеціалізованому плавзасобі для застосування;
- низька вартість ЗМР-планеру та як наслідок – низька собівартість виконуваних робіт;
- можливість виконувати роботу в автоматизованому режимі без участі оператора підводного апарату з стабілізацією положення у просторі;
- можливість виконувати безперервну відеозйомку донної поверхні на протязі тривалого часу.

Мінімальний склад обладнання такого ЗМР передбачає лише: бортову відеокамеру; систему освітлення; вимірювач крену та диференту; альтиметр (для вимірювання висоти над донною поверхнею); сервоприлади малої потужності (для керування положенням рулів глибини та напрямку). Беручи це до уваги, за попередніх оцінок, сумарна потужність такого ЗМР не буде перевищувати 200–300 Вт, у відмінність 1,5–3 кВт для малогабаритного самохідного прив'язного ЗМР. Мала споживана потужність ЗМР-планеру передбачає використання кабель-тросу мінімального діаметру, не більше 10 мм, що у сукупності з невеликим об'ємом бортового обладнання дозволяє будувати ЗМР з малими масо-габаритними показниками. Крім того, малі габарити та

вага ЗМР-планеру, дозволяють його розміщувати на будь-якому плавзасобі – від маломірних човнів до суден з великим тоннажем.

Список 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.

УДК 621.314.621

**ДОМИНИРУЮЩЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СОВРЕМЕННЫХ
ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ**

***Автори:** Р.О. Воскобойников; В.Н. Овсянников, к.т.н., доцент,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала
Макарова, г. Николаев, Украина*

Анализ рекламной и технической информации по материалам монографий [1-3], статей специализированных журналов [4; 5] и сайтов [6; 7] по подводным технологиям и технике позволяет осуществить некую экспертную оценку существующих тенденций развития судовых энергетических установок (ЭУ) и, в частности, – ЭУ современных подводных аппаратов (ПА). В предположении, что инженеры фирм, профессионально занимающиеся разработкой подводной техники, обладают достаточной научной и аналитической информацией о тактико-технических параметрах самых современных решений в области транспортной и автономной энергетики, можно утверждать, что данное (разработанное и рекламируемое) техническое решение обладает некоторыми явными преимуществами перед остальными альтернативными. Даже не зная критериев отбора можно успешно использовать эту аналитику при решении морских обычных (не экстремальных) задач, где приветствуются именно длительно проверенные и надёжные решения.

В области конструирования энергетических установок для малых ПА доминирующее первенство занимают установки с электроэнергетическими системами (ЭЭС). Причём, абсолютным лидером концент-

рации запаса необходимой для нормального функционирования ПА мощности можно назвать ЭУ на базе литиевых аккумуляторов.

Данное обстоятельство красноречиво иллюстрирует рисунок 1 [6]. По оси абсцисс здесь приводятся параметры удельной энергии, по оси ординат соответственно параметры объемной энергии различных типов аккумуляторов. Понятно, что с увеличением параметра удельной энергии аккумулятор заданной емкости будет иметь меньшие размеры, а при увеличении объемной энергии, соответственно, – более легкий вес.

Причем, данные аккумулирующие элементы используются в энергетических установках ПА в качестве основных. При этом ПА могут применяться для различного целевого назначения.

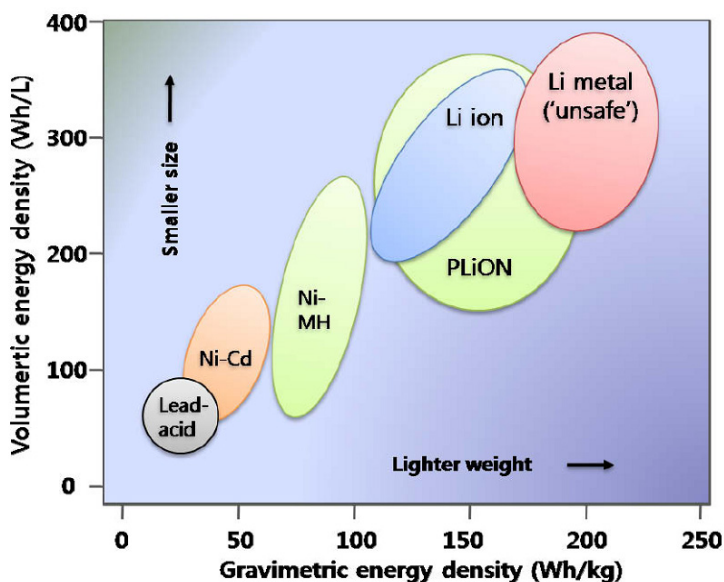


Рисунок 1 – Удельные характеристики основных типов аккумуляторов ПА

На рисунке видно, что с большим отставанием следует использование в качестве ЭУ систем на базе топливных элементов [5; 6]. Сви-

нцовые, никель-кадмиевые и серебряно-цинковые батареи в новых изделиях уже практически не применяются. И в серийных образцах ПА чаще используются литиевые или топливные элементы. При этом в конкретных проектах явно выражено влияние технологических возможностей и технических школ конкретных стран-разработчиков.

Следует добавить, что в продвинутых системах практикуется комбинация нескольких типов источников электроэнергии, что позволяет нивелировать присущие каждому из них недостатки. Так фактически стандартом де факто стали комбинации «топливный элемент – литиевый аккумулятор – суперконденсатор», а так же – «тепловой двигатель – электрогенератор – литиевый аккумулятор – суперконденсатор».

Следует отметить, что массовому использованию аккумуляторов на базе лития способствуют достижениям в области электрохимии литиевых батарей. В настоящее время, кроме того, наблюдается значительное планомерное снижение их стоимости [6, 7].

Поэтому все ведущие производители, такие как Teledyne, Kongsberg, Boeing [8-10] и другие, сконцентрировали свои усилия на ПА с полностью электрическими ЭУ.

Самыми яркими образцами развития данного направления стали подводный боевой дрон от Boeing [10] и первая полностью электрическая подводная лодка Японии Soryu-класса. Данная боевая подводная лодка (Japan Maritime Self-Defence Force – JMSDF) будет введена в эксплуатацию в марте 2020 [11].

Исходя из изложенного можно сделать вывод, что электроэнергетические установки на базе литиевых аккумуляторов будут еще долго занимать ведущую роль в конструировании и создании ПА.

Список литературы:

1. Войтов Д.В. Автономные необитаемые подводные аппараты. – М, Моркнига, 2015. – 332 с.
2. Войтов Д.В. Подводные обитаемые аппараты. – М, ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 303 с.
3. Ястребов В.С., Горлов А.А., Симинский В.В. Электроэнергетические установки подводных аппаратов. – Л, Судостроение, 1986. – 208 с.
4. Архив журнала «Подводные исследования и робототехника» <http://jmtп.febras.ru/rus/magazine-archive-rus.html>.

5. Архив журналу «Marine Technology Reporter»
<https://www.marinetechnews.com/magazine>.
6. Next generation lithium ion batteries for electrical vehicles. Edited by Chong Rae Park, In-Tech, 2009, www.intechweb.org.
7. Encyclopedia of electrochemical power sources. Red.: Jurgen Garcke, Chris K. Dyer, Patrick T. Moseley, Zempachi Ogumi, David A.J. Rand, Bruno Scrosati. – 423 p.
8. Сайт <http://www.teledynemarine.com/vehicles/>
9. Сайт <https://www.km.kongsberg.com/>
10. Water drone: Boeing launches incredible unmanned super-submarine
// <https://www.rt.com/viral/335381-drone-submarine-marine-warfare/>
11. Сайт <http://www.shephardmedia.com/news>.

УДК 629.56:005.8:378

ІННОВАЦІЙНА ПРИВАБЛИВІСТЬ БУДУВАННЯ ПЛАВУЧИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РАДІОАКТИВНИХ ВАНТАЖІВ

***Автори:** Ю.О. Казимиренко, к.т.н., доцент; О.В. Дрозд, к.т.н., доцент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Розвиток в Україні атомної промисловості, галузей хімічної, гірничопереробної промисловості пов'язаний з проблемами тимчасового зберігання і транспортування радіоактивних відходів (РАВ), для чого у міжнародній практиці використовуються спеціалізовані судна, плавучі сховища, технічні бази, обладнані біологічним захистом, який на конструктивному рівні ізолює шкідливі речовини при проведенні геолого-розвідувальних підводних досліджень, а також робіт щодо підйому з морського дна занурених об'єктів радіоактивної та хімічної небезпеки.

Мета роботи – аналіз показників інноваційного розвитку будівництва і модернізації спеціалізованих плавучих засобів, призначених для зберігання радіоактивних речовин.

Загальноприйняті методи пропонують різні підходи до ефективності впровадження інновацій, які визначаються економічною ефективністю у вартісному вираженні, новизною, соціальним значенням, ресурс-

ною ефективністю, яка відображає вплив інновацій на обсяг виробництва і розширене споживання, екологічністю тощо. Проте інноваційна привабливість не є виключно економічною проблемою, а регулюється впровадженням нових конструктивно-технологічних рішень. Технічним забезпеченням надійного ізолювання радіоактивних відходів на плавучих спорудах є їх відокремлення елементами біологічного захисту [1], які являють собою блоки або модулі. Типова структура планування інноваційної діяльності підприємств [2] безпосередньо пов'язана з проведенням дослідницько-конструкторських робіт, впровадженням прогресивних технологій, заходів зі зниження металоємності. Розвиток технологій нових функціональних матеріалів спрямований на підвищення захисту суднових конструкцій і елементів від шкідливого впливу небезпечних вантажів, зниження їх маси. Нові інноваційні впровадження у традиційні методики визначення будівельної вартості судна враховують науково-обґрунтовані практичні рекомендації щодо проектування і підвищення захисту метал-скляними матеріалами елементів суден для радіоактивних вантажів [1, 3]: зниження металоємності за рахунок впровадження композиційних матеріалів; виключення необхідності у обладнанні примусовими засобами охолодження при зберіганні на плавучих спорудах при зберіганні РАВ з потужністю остаточного тепловиділення 230 Вт/м^3 ; зниження собівартості виготовлення елементів біологічного захисту через впровадження нових технологій і нових складів матеріалів. Шляхи інноваційного розвитку технічних засобів доставки радіоактивних речовин на підприємства, а також вивезення відходів з місць їх накопичення у пункти переробки, наведені на рис. 1 у вигляді моделі, що відображає кількісні і якісні показники, які з різних боків висвітлюють проблему нових суден із залученням та розробкою нових технологій неорганічного матеріалознавства.

Проте слід вважати, що ефективність оцінюється не тільки за грошовим еквівалентом, а й за такими критеріями як актуальність, значущість та багатоаспектність інновацій, які у роботі пропонується визначати через індекс рентабельності, що для кожного з видів інноваційних розробок визначається за загальною формулою [4] і при значенні ($I_p > 1$) більш ніж одиниця вважається ефективним

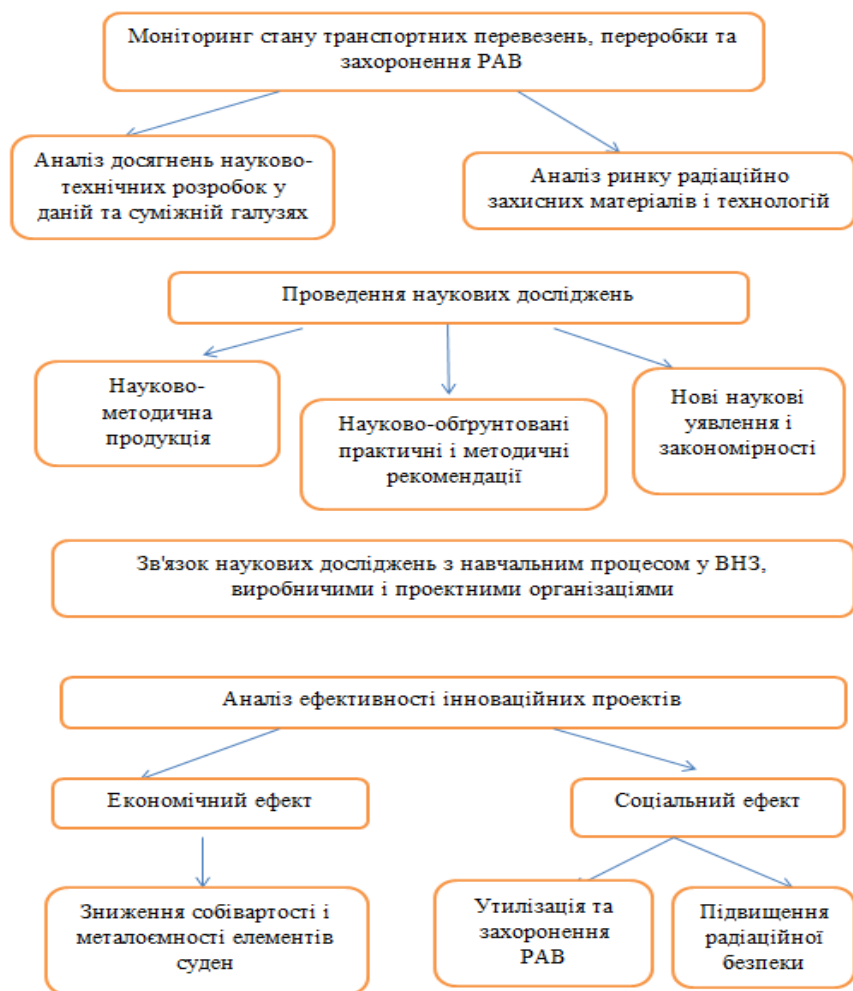


Рис. 1 – Аналітична модель інноваційних розробок

$$I_p = \frac{\sum_{t=0}^T D_t \cdot a_t}{\sum_{t=0}^T B_t \cdot a_t}, \quad (1)$$

де B_t – загальні інноваційні витрати за певний термін часу t ; a_t – коефіцієнт дисконтування; D_t – результат впровадження розробки. При цьому показник B можна прирівняти до інтелектуального капіталу, що містить скорочення коштів на проведення дороговартісних натурних випробувань за рахунок впровадження у методи проектування результатів моделювання теплового стану, термомеханічних процесів, напружено деформованого стану; виключення коштів на застосування складних вимірювальних засобів для визначення температур і швидкостей повітря; скорочення обсягу ремонтних робіт та часу праці при проведенні експертизи і профілактиці через впровадження науково-методичних принципів оцінювання технічного стану, які ґрунтуються на розроблених когнітивних моделях, причинно-наслідкових діаграмах і впровадженні інформаційно-пошукової системи. Приймаючи однаковий час окупності, коефіцієнт рентабельності зводиться до відношення D_t / B_t , тобто очікуваного прибутку до витрат. Оскільки інноваційні витрати як інтелектуальний капітал вважається на рівні здійсненої події (результатів дослідження), то у всіх випадках індекс рентабельності більше за одиницю: $I_p > 1$. Таким чином, розроблені у ході дослідження науково-методичні засади і технології із застосуванням нових метал-скляних комплексно-захисних матеріалів та покриттів підвищують не тільки техніко-експлуатаційні показники елементів біологічного захисту, а й інноваційну рентабельність проектування та будування суден і плавучих споруд для радіоактивних вантажів з урахуванням соціального ефекту та інтелектуального капіталу.

Висновок: Проаналізовано інноваційну привабливість нових технічних рішень у проектуванні і виготовленні за участю метал-скляних матеріалів і покриттів елементів біологічного захисту, розвиток і впровадження результатів яких узагальнені у вигляді моделі, яка пов'язує економічну ефективність наукових результатів наукового

дослідження з навчальним процесом та визначним соціальним ефектом у галузі розвитку транспортних засобів для вивезення РАВ з місць їх накопичення у пункти переробки і захоронення.

Список літератури:

1. Казимиренко, Ю. А. Перспективные материалы, способы и технологические направления формирования конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений для радиоактивных грузов / Ю. А. Казимиренко [Текст] // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy: Baki: Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası – 2017. – № 2. – С. 39–44.
2. Кириченко, О. П. Специфіка планування та організації інноваційної діяльності на суднобудівних підприємствах / О. П. Кириченко // Збірник наук. праць НУК. – 2011. – № 6. – С. 60–68.
3. Казимиренко, Ю. А. Влияние энергетических параметров радиоактивных грузов на процессы теплопереноса и прочность композитных конструкций плавучих сооружений [Текст] / Ю. А. Казимиренко // East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (Warsaw, Poland). – 2016. – № 4 (8). – Vol. 7. – P. 58–63.
4. Федулова, Л. І. Інноваційна економіка: підруч. [Текст] / Л. І. Федулова. – К.: Либідь, 2006. – 480 с.

УДК 629.58

**НЕОБХІДНІСТЬ СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ
РОБОТОТЕХНІКИ НА БАЗІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ**

Автор: О.П. Клочков, викладач, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Значна площа водного простору України та об'єктів річкової і морської інфраструктури потребує, окрім персоналу цих об'єктів, достатню кількість технічних засобів для нормальної експлуатації та обслуговування портів, гідроелектростанцій, дамб тощо. Важливим процесом у цьому випадку є висвітлення підводної обстановки, що дозволяє проводити моніторинг технічного стану елементів конструкцій, які знаходяться в умовах агресивного підводного середовища.

Ці функції можуть бути покладені на водолазні загони, але забезпечення та проведення водолазних робіт завжди пов'язане з ризиком для життя. Також умови зовнішнього середовища можуть бути не сприятливі для проведення підводно-технічних робіт (ПТР) з залученням водолазів.

У зв'язку з вище викладеним, використання для наведених задач засобів морської робототехніки (ЗМР) стає все більш актуальним для служб та організацій нашої країни. У якості ЗМР пропонується розглянути самохідну прив'язну підводну систему (СППС) на базі самохідного прив'язного підводного апарата (СППА), буксируему прив'язну підводну систему (БППС), опускає відеокамеру з відповідною системою освітлення, автономний ненаселений підводний апарат (АНПА).

В залежності від задач, що покладають на ЗМР, та способу формування результатів по закінченню ПТР, необхідно мати теоретичний інструмент для оцінки можливості створення відповідних ЗМР з обмеженням експлуатаційних параметрів та конструктивних характеристик, які вимагаються поставленим технічним завданням. Цю теоретичну основу пропонується базувати на рівняннях існування складових системного підходу [1, 2].

Список літератури:

1. **Блінцов, В.С.** Рівняння існування самохідної прив'язної підводної системи як оцінка можливості її створення [Текст] / В.С. Блінцов, О.П. Клочков // – Журнал «Підводні технології», вип. 3, 2016. – С. 25-30.
2. Проектирование самолётов [Текст]: справочник / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др.; под. общ. ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.

ПРОТОТИПУВАННЯ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ 3D ДРУКУ

***Автори:** В.А. Надточій, викладач; А.В. Надточій, ст. викладач, Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна*

Історична довідка. 30 жовтня 1989 року американець Скотт Крамп подав заявку на патентування свого винаходу: апарата для створення тривимірних об'єктів методом пошарового наплавлення (технологія FDM, або FFF, PJP що теж саме).

У березні 2005 року Едrianом Боуером (Adrian Bowyer) з університету Бата (Bath University) представлена ідея створення 3D машини здатної до відтворення самої себе - проект RepRap (із кресленнями й програмним забезпеченням у вільному доступі).

В 2009 році після закінчення терміну дії ключового патенту, до створення 3D принтерів на основі FDM/FFF /PJP технології приступає безліч компаній.

На даний час FDM/FFF /PJP принтери виробляються масово. Вони мають найбільшу кількість модифікацій і вартість від 150\$.

Основні технології 3D друку. 3D-друк може здійснюватися різними способами, з використанням різних матеріалів, але в основі кожного з них лежить принцип пошарового створення (виросування) твердого об'єкта. Існують наступні технології, для створення шарів;

- 1 - Fused deposition modeling, FDM (FFF /PJP)
- 2 - Robocasting или Direct Ink Writing, DIW
- 3 - laser stereolithography, SLA
- 4 - 3D printing
- 5 - Selective laser sintering, SLS
- 6 - Direct metal laser sintering, DMLS
- 7 - Selective heat sintering, SHS
- 8 - Electron beam freeform fabrication, EBF
- 9 - Laminated object manufacturing, LOM
- 10 - Directed Energy Deposition
- 11 - Multi Jet modeling, MJM

Технологія 2 пов'язана з використанням чорнил з великим вмістом керамічних часток після друку якими модель піддають випалюванню як виріб з кераміки. Технології 4-7 пов'язані з вирощуванням 3Dмоделі у послідовних плоских шарах порошку. Технологія 8 заснована на плавленні проволочного матеріалу електронним променем. Технологія 10 заснована на подачі порошку та його плавлення лазерним випромінюванням.

Застосування 3D друку. 3D-друк або «адитивне виробництво» - процес створення тривимірних об'єктів практично будь-якої геометричної форми на основі цифрової моделі. Є повною протилежністю

традиційних методів механічного виробництва й обробки «субтрактивне виробництво», таких як фрезерування або різання, де формування вигляду виробу відбувається за рахунок видалення зайвого матеріалу. 3D-друк знаходить застосування у проектуванні, прототипуванні та моделюванні як в інтересах приватних осіб так і в машинобудівній, електротехнічній, електронній, автомобільній, хімічній промисловості а також у капітальному будівництві та медицині. З 2013 р. 3D друк використовується при створенні найскладніших деталей з будь якого металу або пластику для потреб авіа-космічної галузі (NASA) (рис. 1).



Рисунок 1 – Форсунка ракетного двигуна.
Продукт адитивного виробництва

В 2017 року 3D друк використали в суднобудуванні. За допомоги принтера Big Area Additive Manufacturing (BAAM) (рис. 2) для ВМС США з вуглецевого волокна за 1 місяць, було надруковано корпус ПА «Optionally Manned Technology Demonstrator» (OMTD) загальною довжиною 10 метрів (рис. 3).

Як заявляють представники ВМС США, виготовлення корпусу апарата «традиційним» способом потребує 800000\$ і з терміном виготовлення до 5 місяців. З використанням 3D-принтера витрати скорочуються на 90% а необхідний час на створення корпусу не перевищив 4 тижні [<https://newsyou.info>].

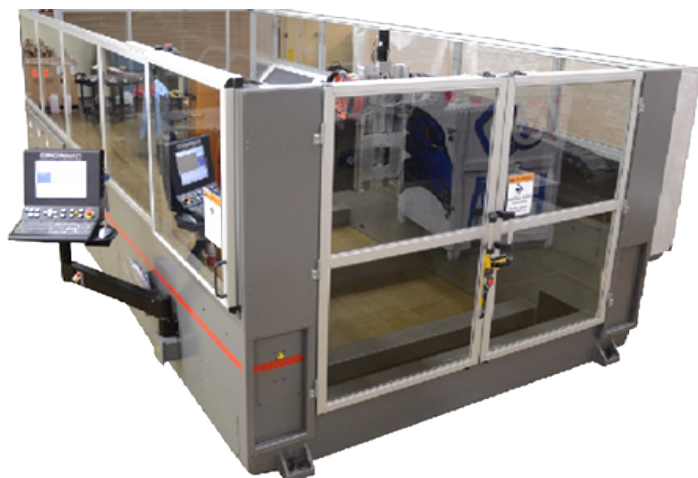


Рисунок 2 – 3D-принтер ВААМ



Рисунок 3 – Корпус підводного апарата OMTD

Після серії експериментів OMTD буде готовий до занурення найближчим часом. Якщо ця ініціатива увінчається успіхом, то до 2019 року ВМС США будуть отримувати підводні апарати, виготовлені вже по новій, більш економічній та швидкій у виробництві технології.

|web-site: conference.nuos.edu.ua | email: conference@nuos.edu.ua; tel (+380512) 709444; 709105|

3D друк в проектах НУК. В НДЧ підводної техніки НУК також широко застосовують технологію 3D друку. Спільно з лабораторією «Інтелектуального керування в електромеханіці» (ХФ НУК) виготовлено прототип корпусу підводного апарату по проекту «Глайдер» (рис. 4, 5).

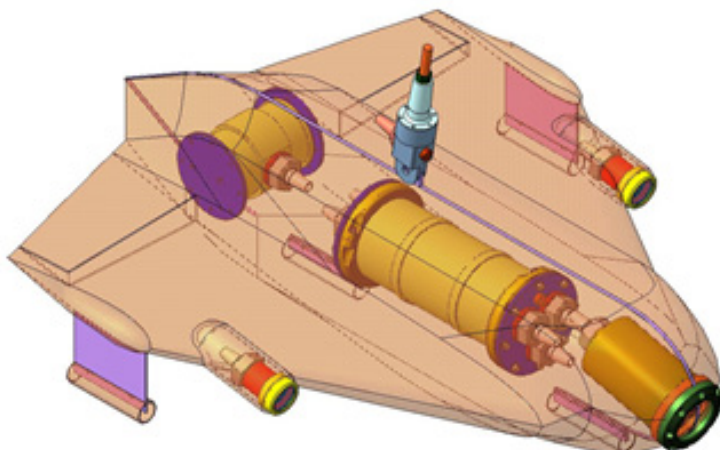


Рисунок 4 – 3D-модель ПА проекту «Глайдер»

Підводні апарати проекту «Глайдер» призначені для пошуку та інспекції затонулих об'єктів відео- і магнітометричними засобами.

Забезпечують передачу відеозображення в реальному масштабі часу й двосторонній інформаційний обмін між підводним апаратом і судном-буксирувальником.

Підводні апарати можуть бути укомплектовані портативними гідроакустичними приладами (сонаром, гідролокатором бічного огляду тощо).

Основні характеристики підводних апаратів проекту «Глайдер»:

Максимальна робоча глибина, м	20
Габаритні розміри, мм	800x600x170
Швидкість маршова, вузлів	1-6
Довжина кабель-тросу, м	до 50
Маса апарату, кг	10
Електроживлення	24
Кількість членів екіпажу, люд.	2

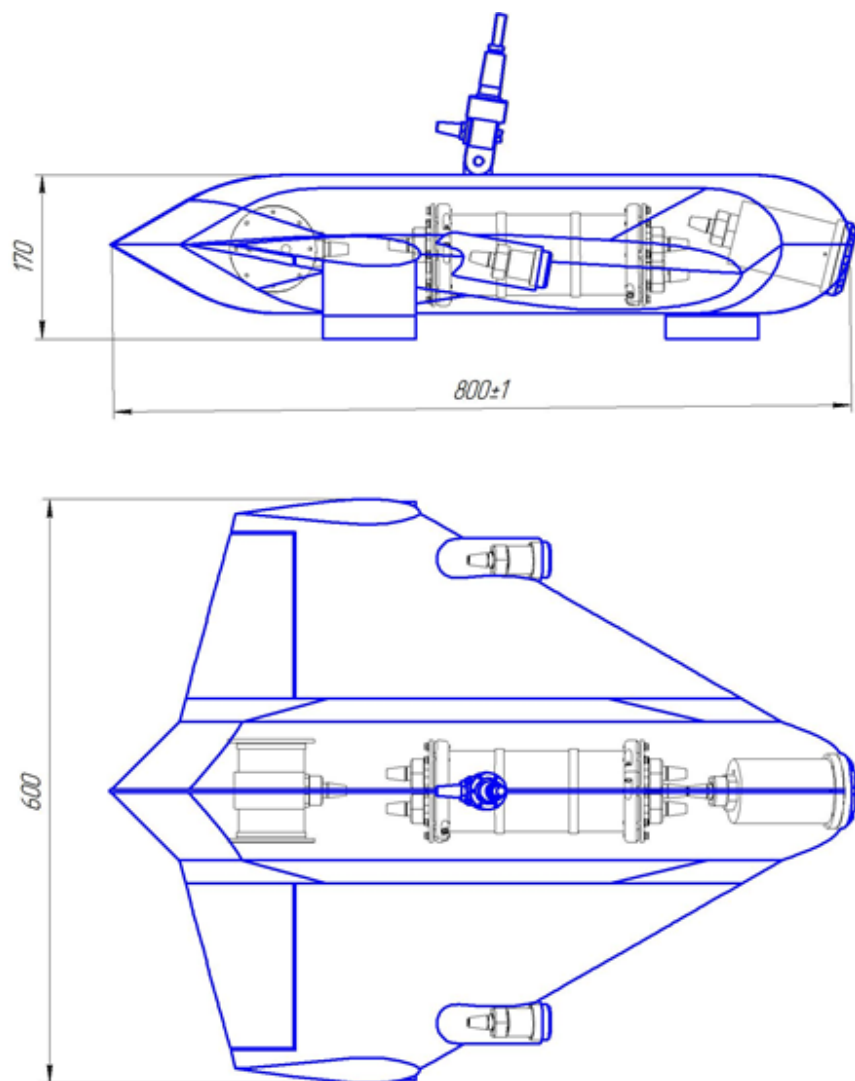


Рисунок 5 – Зовнішній вигляд ПА серії «Глайдер»

Гідрометеоумови:

температура води, °C 0- +30
температура повітря, °C 20 - +40
вітер, м/с до 10
водна поверхня, балів до 2

Друк корпусу з габаритними розмірами 800х600х170 по технології Fused deposition modeling, FDM (FFF /PJP) зайняв близько 330 годин (рис. 6). Витрати на матеріал друку (PLA пластик) 2500 грн. Виготовлення корпусу відбувалось частинам розміри яких вписувались в куб 210х210х210 мм (об'єм області друку 3D-принтера) з наступним склеюванням їх між собою, шпаклюванням, абразивною обробкою та фарбуванням. У порівнянні з традиційними методами моделювання-прототипування, коли створення корпусів ПА виконується із деревини (фанери, піностеролу, пінопласту) по лекалам і шаблонам, застосування 3D друку дозволяє прискорити створення готових зразків, оскільки такі моделі і прототипи можливо застосовувати при натурних випробуваннях.

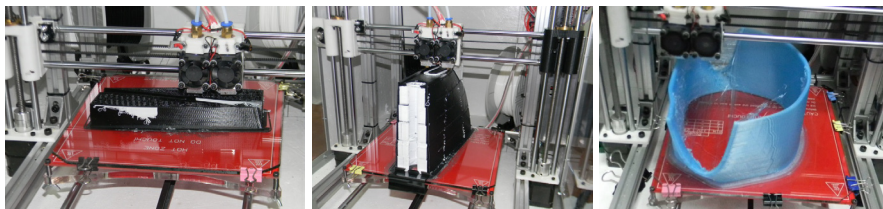
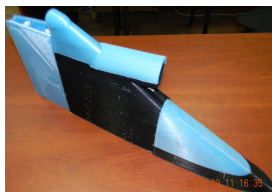


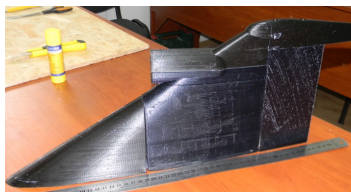
Рисунок 6 – Друк елементів коруса ПА проекта «Глайдер»

Крім того 3D принтер широко застосовується для виготовлення різноманітних деталей та вузлів з пластиків, наприклад корпусів обладнання, кріплень, механізмів та їх складових (рис. 7).

В планах НУК виготовлення 3D принтера з розміром робочого стола 500х500 мм и висотою друку 500 мм що дозволить значно розширити можливості застосування даної технології для створення підводних апаратів більш важких класів а також інших засобів морської техніки, зокрема безекіпажних надводних і двох-режимних суден, різноманітних роботизованих зразків транспортних систем та інших автоматичних та автоматизованих електромеханічних пристроїв та засобів.



Ліве крило



Праве крило



Елементи корпусу



Вузли кермового механізму

Рисунок 7 – Виготовленні деталі та вузли

УДК 629.58

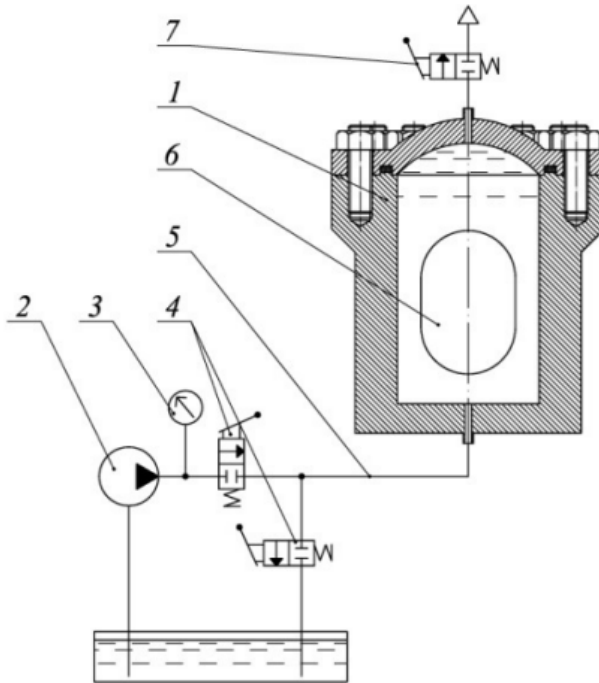
РОЗРОБКА КАМЕРИ ПІДВИЩЕНОГО ТИСКУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВОДНОЇ ТЕХНІКИ

*Автор: І.В. Оберемко, Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Проблеми зі значними часовими затратами на випробування в реальних робочих умовах міцності корпусів підводних апаратів або їх окремих елементів підштовхують до пошуку нових шляхів проведення випробувань безпосередньо на місці їх створення. Із широким розвитком машинобудівної галузі, технологій металообробки і зварювання, та наявності у продажу сучасних насосних установок, стало можливим створення камер підвищеного тиску необхідних параметрів власними силами. Таким чином можливо суттєве скорочення часу при

моделюванні поведінки підводної техніки при гідростатичному тиску в лабораторних умовах на суші.

Для створення безпечної та максимально ефективної камери було прийняте рішення про використання сталі марки 45. Стандартна схема стенду для випробувань виробів на вплив зовнішнього гідростатичного тиску показана на рис. 1.



1 – робоча камера; 2 – насос; 3 – манометр; 4 – клапани керування;
5 – трубопровід; 6 – об’єкт випробувань; 7 – вентиляційний клапан

Рисунок 1 – Стандартна схема стенду для випробувань

Метою дослідження будуть особливості випробувань підводної техніки та розрахункова методика оцінки характеристик дослідницького стенду. В ході їхнього огляду за певними початковими даними буде спроектована камера підвищеного тиску із параметрами, що влаштовують проєктантів підводної техніки.

Результати створення камери високого тиску є цінними для використання з метою усунення логістичних проблем, пришвидшення ходу випробувань та моделювання критичних або навіть агресивних морських умов, зумовлених не тільки тиском, а й певною солоністю та температурою води, в яких може перебувати підводна техніка.

Список літератури:

1. Красильников А.В. Сборка и испытания агрегатов и систем роботизированных морских технических средств. Учебное пособие. – СПб.: СПбНИУ ИТМО, 2013 г. – 152 с.
2. Pressure vessel design handbook / Henry H. Bednar. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, c1986. 431 p.
3. Practical guide to pressure vessel manufacturing / Sunil Pullarcot. New York, Basel. 2002, 347 p.
4. Pressure vessels: design and practice / Somnath Chattopadhyay. CRC Press. 2004, 175 p.

ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

***Автори:** В.А. Оникко; В.Н. Овсянников, к.т.н., доцент,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала
Макарова, г. Николаев, Украина*

Во всех промышленно развитых странах активно ведутся разработки неатомных анаэробных энергетических установок (ЭУ) подводных аппаратов (ПА) и подводных лодок, в частности. Направления исследований в данной области выбираются исходя из опыта национальных технических школ и уровня развития соответствующих отраслей машиностроения. Обозначились следующие приоритетные направления ЭУ подводных лодок: электрические ЭУ на основе аккумуляторов большой ёмкости или топливных элементов (Германия, Испания, Россия) и тепловые ЭУ на основе паротурбинных установок замкнутого цикла (MESMA, Франция), двигателей Стирлинга (Швеция, Япония) или дизелей замкнутого цикла (Чили, северная Корея). Все перечисленные ЭУ относятся к т.н. «единым» двигателям, которые используются в качестве главных как в надводном, так и в подводном

положениях. Классические дизель-электрические ЭУ ещё находятся в эксплуатации, но уже в ближайшем будущем будут полностью вытеснены «единицами» [1 – 13].

Что касается большинства ПА, то требования к длительности их автономной работы и мощности обычно не так жестки, как для боевых подводных лодок. Но здесь накладывается доминирующее требование удобства пользования. Кроме того, стоимость аккумуляторов и топливных батарей благодаря эволюции в области электрохимии непрерывно снижается. А вот технология производства тепловых двигателей давно отработана, и их цена уже не уменьшается. Причём, с внедрением устройств, направленных на повышение экологии выхлопа, даже растёт. Поэтому ЭУ всех малых и большей части средних ПА сейчас проектируются исключительно как электрические [14 – 16, 21 – 23]. Доли технических решений ЭУ ПА с полностью аккумуляторными системами (без возможности подзарядки во время выполнения миссии), с топливными элементами и ЭУ с тепловыми двигателями распределяются примерно в соотношении 90:9:1.

В настоящее время свёрнуты все работы, направленные на исследования теплофизических, механических и электромеханических аккумуляторов энергии, т.к. они значительно уступают электрохимическим аккумуляторам по удельной плотности хранения энергии. Источники тепловой энергии на основе гидрореагирующих металлов с использованием химических элементов Al, Mg, Si, Be, B, а также ядерные материалы – уран и радиоизотопы, как самые энергоёмкие, по прежнему будут широко использоваться в специальных и военных применениях.

Следует обратить внимание на регенерируемые термохимические аккумуляторы, использующие обратимые экзо – эндотермические окислительно-восстановительные реакции. Особенно на те, все компоненты и продукты реакций которых находятся в твёрдом (в общем случае – конденсированном) состоянии. Некоторые их составы имеют теплотворную способность, не уступающую углеводородным топливам, что позволяет эффективно использовать их в виде сменных блоков в составе тепловых двигателей с внешним подводом теплоты.

В [4] предлагается следующая диаграмма (рис. 1), отражающая эффективные области применения различных ЭУ и источников энергии.

Из рис. 1 следует, что ПА с аккумуляторными батареями или топливными элементами будут крупнее ПА, которые оснащены тепловыми двигателями или ядерными ЭУ. Но это не мешает бурно развиваться именно электрическим ЭУ.

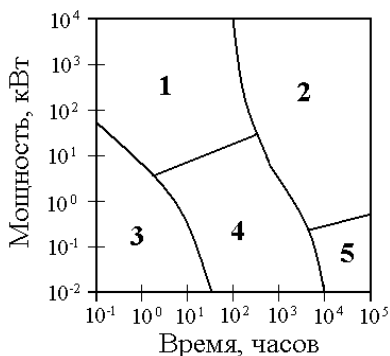


Рисунок 1 – Диаграммы мощности и продолжительности работы ЭУ от различных источников энергии: 1 – тепловые двигатели; 2 – ядерные реакторы; 3 – электрические аккумуляторные батареи; 4 – топливные элементы; 5 – радиоизотопы.

Отдельно следует рассматривать энергетические установки ПА, пополняющих запас энергии на борту за счёт преобразования энергии внешней среды – солнечной энергии (фотовольтаические батареи), энергии волн (электромеханические и маятниковые преобразователи) и перепада температур в толще воды (тепловые двигатели с внешним подводом теплоты и аккумуляторами тепла-холода). Плотность потока энергии здесь весьма мала, что подразумевает в миссии ПА длительные периоды пассивного дрейфа с зарядом бортовых аккумуляторов. Однако в концептуальном плане этот поток практически бесконечен [20, 22 – 24].

Сравнительные данные разных типов ЭУ [25] приведены в таблице 1.

Данные таблицы указывают на высокую конкурентоспособность литиевых систем по отношению к тепловым двигателям.

Таблица 1 – Сравнительные данные разных типов ЭУ

Технические характеристики

Технология	Удельная энергия Wh/kg	Удельная энергия Wh/Liter	Количество циклов	Цена \$/kWh	Готовность к применению
Вторичные батареи					
Lead Acid (Pb/PbO)	35	90	800	50	Используются
Nickel Cadmium (NiCd)	55	130	1,000	1,500	Используются
Nickel Hydride (NiH ₂)	60	150	10,000	2,000	Используются
Nickel Metal Hydride (NiMH)	70	175	300	50	Используются
Silver Zinc (Ag-Zn)	140	380	20	1,000	Используются
Silver Iron (Ag-Fe)	150	200	200+	500–800	Используются
Li-Solid Polymer Electrolyte (Li-SPE)	150	360	200	100–1,000	Прототип
Lithium Ion Solid State (Li-Ion-SPE)	150	360	1,000	100–1,000	Прототип
Lithium Ion (Li-Ion)	200	200	2,000	500–1,000	Используются
Lithium Cobalt Dioxide (LiCoO ₂)	220	300	50	1,000	Исследуются
Первичные батареи					
Lithium Sulfur Oxide (LiSO ₂)	140	500	1	400	Используются
Silver Zinc (Ag-Zn)	220	400	5	3,000	Используются
Lithium Manganese Dioxide (LiMnO ₂)	400	450	1	200	Используются
Aluminum-Seawater	450	400	1	100	Используются
Lithium Thionyl Chloride (LiSoCl ₂)	480	500	1	300	Используются
Lithium Carbon Monofluoride (Li(CF) _x)	800	1,200	1	1,700	Прототип
Топливные ячейки					
Alkaline	100	90	400	5,000	Прототип
Proton Exchange Membrane (PEM/GOX/GH)	225	200	50	10,000	Прототип
Proton Exchange Mem-	450	400	50	15,000	Прототип

brane (PEM/LOX/LH)					
Proton Exchange Mem- brane (PEM/SOX/SH)	1,000	883	50	5,000	Прототип
Aluminum-Water Semi- cell (Al/H ₂ O/LOX)	1,200	800	1	10,000	Прототип

Тепловые воздушнезависимые двигатели (Closed-Cycle Air Independent Propulsion Systems)

Internal Combustion Engine	75	170	2,000	50– 100	Используются
Diesel Engine	125	75	1,000	100– 200	Используются
Brayton-Lithium Sulfur Hexafluoride (LiSF ₆)	400	700	1	15	Прототип
Stirling	200	250	2,000	50– 100	Используются

Скромные финансовые возможности государственного бюджета Украины, а также ещё более скромные остатки технологических возможностей нашей страны в области энергетического машиностроения, не позволяют мечтать о сбалансированном «саморазвитии» разных направлений неатомного подводного судостроения. Поэтому в настоящее время единственной реальной возможностью развития этой отрасли можно считать создание малых и, возможно, средних ПА. Такие подводные аппараты будут полностью электрическими ЭУ на основе литиевых источников тока.

Литий является идеальным электродным материалом [17, 18], имеет по сравнению с другими щелочными материалами отличные физико-химические и электрохимические характеристики. Теоретические удельные ёмкости и удельные энергии составляют 397 А*ч/кг и 1175 Вт*ч/кг соответственно. Литиевые электрохимические системы лишь немного уступают перспективным, но высокотемпературным серно-натриевым аккумуляторам [17 – 19, 25].

Важнейшим преимуществом развития литиевых источников тока является то, что литий безопасен для окружающей среды и встречается в природе в значительном количестве. Разведанные на 2000 год миро-

вые запасы руд лития превышают один миллион тонн в пересчёте на чистый металл. При этом в Украине расположено самое большое в Европе Полоховское месторождение (Маловисковский район Кировоградской области) с рудой петалитового типа $(Li, Na)AlSi_4O_{10}$. Разведанный запас оценивается в 100 тысяч тонн и с прогнозом примерно в 180 тысяч тонн лития. Т.о. Украина имеет запасы мирового уровня (10%).

Кроме того, Украина пока ещё имеет достаточный научно-технический потенциал для развития именно литиевых аккумуляторов и топливных батарей. Институт общей и неорганической химии НАН Украины еще в 2000 году создал вполне конкуренто-способные образцы литиевых источников тока и отработал технологии их производства.

Т.о., если не продавать сырьё, а при должном контроле со стороны правительства и разумном финансировании развить это направление, то Украина имеет реальный шанс создать новую высокотехнологичную национальную отрасль и в условиях глобального разделения труда прочно занять свою нишу на мировом рынке. Показательным образцом в этом отношении является опыт Китая, который, имея мировые запасы руд редкоземельных металлов, на государственном уровне запретил экспортировать сырьё «редких земель». Экспорт таких материалов из КНР разрешен лишь в виде конечной продукции – например, в виде супермагнитов и т.п.

К основным выводам изложенного материала можно отнести следующее.

1. Тепловые двигатели в ближайшей перспективе будут доминировать в большом и среднем классе неатомных подводных лодок.

2. Малые и средние ПА будут иметь электрические ЭУ с постепенным вытеснением других типов.

3. Украина имеет потенциальные возможности для развития собственной национальной отрасли по производству высокотехнологичных литиевых аккумуляторов и топливных батарей, которые востребованы современным развитием транспорта.

Список литературы:

1. Алексеев Г.Н. Прогнозное ориентирование развития энергоустановок. – АН СССР, Всесоюзный инс-т тех. инф-ции. – М, Наука, 1978. – 200 с.

2. Левенберг В.Д. Нетрадиционные источники энергии в океанотехнике. Монография. – ЦНИИ «Румб», 1991. – 178 с.

3. Васильев В.А., Романов И.Д., Романова Е.А., Романов А.Д. История развития подводных лодок с воздухомнезависимыми установками в России и СССР. // Труды НГТУ, 2012, № 4 (97). – с 192 – 201.

4. Романов А.Д., Чернышов Е.А., Романова Е.А. Сравнительный обзор и оценка эффективности воздухомнезависимых энергетических установок различных конструкций. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10994> (дата обращения: 01.10.2017).

5. Романова Е.А., Чернышов Е.А., Романов А.Д. Оценка актуальности развития воздухомнезависимых энергетических установок и экспортного потенциала неатомных подводных лодок. // Вектор науки ТГУ. – 2015. – №1 (31), с. 25 – 28.

6. Чернышов Е.А., Романова Е.А., Романов А.Д. Развитие воздухомнезависимых энергетических установок подводных лодок. // СПб, Вестник Гос. Университета морского и речного флота, Выпуск 5 (33), 2015. – с 140 – 151.

7. Баландин А.В., Здобина Г.В., Кичев В.С., Костриков С.Г., Овдиенко И.Н., Чуксин Я.Н. Приложение 2. Проектно-конструкторские решения неатомных ПЛ. – ЦКБ морской техники «РУБИН».

8. Кириллов Н.Г. Анаэробные установки на основе двигателей Стирлинга – перспективное направление развития подводного кораблестроения в 21 в. // Журнал «Морской вестник, №1 (25), 2008 – с. 73 – 76.

9. Кириллов Н.Г. Альтернативная энергетика под водой: Состояние и анализ перспектив развития воздухомнезависимых энергетических установок для современных подводных кораблей. // Журнал «Альтернативный киловатт», № 1, 2, 2011. <http://www.akw-mag.ru/>

10. Крючков Ю.С. Подводные лодки и их создатели: 1900 – 2000 гг. Драмы людей, кораблей и идей. – Николаев, Изд-во Торубары Е.С., Изд-во Наваль, 2010. – 512 с.

11. Родионов А.А. Наука Санкт-Петербурга и морская мощь России. В 2 тт. – СПб, Наука, 2001-2002. – т1 / 534 с., т2 / 885 с.

12. Каталог концерна «Морское подводное оружие – Гидроприбор», АО «НИИ мортеплотехники», С-Пб. <http://www.gidropribor.ru/about/departments/morteploekhniki.html>

13. Архив журнала «Транспорт на альтернативном топливе» <http://www.metaninfo.ru/aftmarch.shtml>.
14. Войтов Д.В. Автономные необитаемые подводные аппараты. – М, Моркнига, 2015. – 332 с.
15. Архив журнала «Подводные исследования и робототехника» <http://jmtf.febras.ru/rus/magazine-archive-rus.html>.
16. Архив журнала «Marine Technology Reporter» <https://www.marinetechologynews.com/magazine>.
17. Кузьмінський Є.В., Колбасов Г.Я., Тевтуль Я.Ю., Голуб Н.Б. Нетрадиційні електрохімічні системи перетворення енергії. – Київ, ВД «Академперіодіка», 2002. – 182 с.
18. Городнянский В.В. Топливные элементы. Монография. – Городнянский В.В., 2007. – 304 с.
19. Промышленное применение аккумуляторных батарей. От автомобилей до авиакосмической промышленности и накопителей энергии. Пер. с англ. Под ред. М. Бруссилы, Дж. Пристойя. – М, Техносфера, 2011. – 784 с.
20. Коробков В.А. Преобразование энергии океана. – Л, Судостроение, 1986. – 280 с.
21. Energy storage for long endurance AUVs. // G. Griffiths, J. Jamieson, S. Mitchell, K. Rutherford.
22. International seminar Current and future Challenges in design and construction of underwater vehicles. – FICCI Federation House, Tansen Marg, New Delhi, November 22, 2016. – 334 p.
23. Appendix 1. Global Inventory of AUVs and Gliders. Return to Contents Global Inventory of AUV and Glider Technology available for Routine Marine Surveying. NERC science of the environment // Project Leaders: Dr Russell Wynn (NOC) and Dr Elizabeth Linley. – Marine Renewable Energy, Knowledge Exchange Programme, September 2013.
24. Stephen Beeby, Neil White, Energy harvesting for autonomous systems. – University of Southampton, Southampton, UK.
25. Encyclopedia of electrochemical power sources. Red.: Jurgen Garche, Chris K. Dyer, Patrick T. Moseley, Zempachi Ogumi, David A.J. Rand, Bruno Scrosati. – 423 p.

УДК 531.66 : 626.76

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ ТРОСА ПРИ УДАРЕ ПОСТОРОННЕГО ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА ПО БУКСИРНОМУ ТРОСУ ПОДВОДНОЙ БУКСИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ В ПРОИЗВОЛЬНОМ МЕСТЕ

Автор: К.С. Трунин, к.т.н., доцент, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

Ранее мы рассмотрели случай удара по буксирному тросу подводной буксируемой системы (ПБС) постороннего подводного объекта (ППО) посередине троса, в качестве которого было принято морское млекопитающее – кит малый полосатик [2,3]. Получены оценки динамического натяжения в тросе.

Однако, помимо столкновений буксируемых объектов с морскими обитателями часто происходят случаи столкновения отдельных элементов морских привязных систем (МПС), подводных буксируемых объектов (ПБО) и гибких связей (ГС) данных систем с другими ППО, в качестве которых могут выступать подводные лодки (ПЛ), привязные и автономные подводные аппараты (ПА), другие ПБО, различные подводные препятствия (выступающие скалы, расщелины, кораллы и др.), искусственные препятствия и объекты на дне (затонувшие корабли, утерянные рыбацкие сети и т.п.), элементы других МПС в процессе выполнения ими своего назначения. При этом последствия могут быть весьма тяжёлыми для сталкивающихся объектов. Примеры столкновений аппарата «Шелф Дайвер», КУРВ-3, аппарата «Пайсис-3» приведены в [6].

Множество аварийных случаев и ситуаций по целому ряду причин, остаются неизвестными или скрываются, особенно если это касается военных или научных объектов. Как видим на отдельных примерах возникает необходимость изучения взаимодействия ГС МПС, ППС и ПБС при ударе или зацепе, а также их взаимодействия с другими подводными объектами (ПО) при аварийных режимах эксплуатации.

Был рассмотрен также случай удара по тросу ППО в произвольном месте [4].

Целью данного исследования является определение значения динамического натяжения буксирного троса при ударе по нему в произвольной части постороннего подводного объекта с помощью разрабатываемой компьютерной модели динамики МПС с ГС [5].

Рассмотрим случай, когда при буксировке ПБО, в качестве которого рассматривается привязной подводный аппарат (ППА) искатель-уничтожитель донных мин, происходит столкновение, например, спасательного подводного аппарата (ПА), движущегося встречным курсом под водой, с буксирным тросом в произвольном месте. Полагаем, что система «надводный буксировщик – буксирный трос – буксируемый подводный объект» движется с постоянной скоростью. В качестве судна-буксировщика на рис. 1 изображён морской тральщик (МТЩ) пр. 266М, а в качестве ППО – спасательный ПА пр. 1855 [1, с.244].

В зависимости от скорости буксировки ПБА (а также массы судна-буксировщика) и скорости движения ППО в момент удара возможен либо кратковременный останов ПБС и дальнейшее замедленное движение ПБС, либо дальнейшее движение ПБС без замедления скорости (если масса встречного ППО незначительна), при этом будет происходить буксировка и ППО наряду с буксировкой ПБА. При этом возможно запутывание буксирного троса, изменение его формы, обрыв. Это потребует остановки судна-буксировщика, подъёма ПБА и ППО, если позволит мощность лебёдки судна-буксировщика, распутывания буксирного троса, ремонта ПБС, что в результате приведёт к невыполнению задания. В случае, если масса встречного ППО будет значительной по сравнению с судном-буксировщиком, возможен обрыв буксирного троса, или даже утопление судна-буксировщика встречным ППО, например, как это произошло с японским сейнером, когда американская ПЛА попала в его трал. Буквально за считанные минуты сейнер был потоплен, погибли несколько рыбаков. ПЛА удалось освободиться от трала, при этом военно-морским флотом США всячески отрицалось участие в столкновении ПЛА ВМС США.

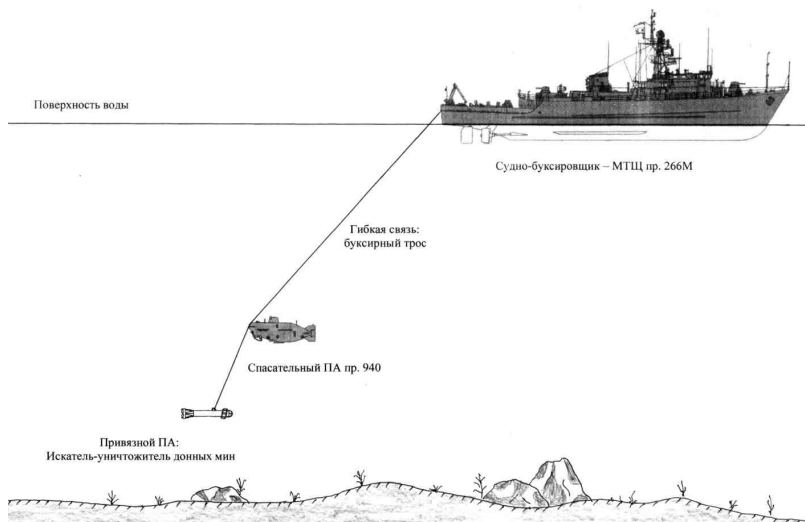


Рис. 1 – Схема системы «надводный буксировщик – буксирный трос – подводный буксируемый объект» в момент удара встречного ПО по буксирному тросу в произвольном месте.

Для проверки применимости разработанной компьютерной модели динамики МПС с ГС [14] для данной задачи принимаем следующие параметры МПС: длина ГС 100 м, её диаметр 14 мм, модуль Юнга $9,55 \cdot 10^8$ Па, погонная масса 0.15386 кг/м. Нормальный коэффициент гидродинамического сопротивления ГС равен 1,8, а тангенциальный – 0,025. неподвижны. В начальный момент времени ГС, СН и ПА находятся в состоянии покоя. ГС расположена вертикально и имеет форму прямой линии. Её натяжение (T) равно нулю. СН и ПА могут перемещаться в пространстве в результате столкновения с объектом массой m_2 (морским животным, рыбой или моллюском либо другим ППО), который движется с начальной скоростью V_0 , перпендикулярно к ГС в заданной точке ГС. Необходимо определить влияние положения точки столкновения морского объекта с ГС на силу её натяжения возле СН и ПА.

Параметры СН и ПА и морского объекта заданы в рабочем окне программы, показанном на рис. 2.

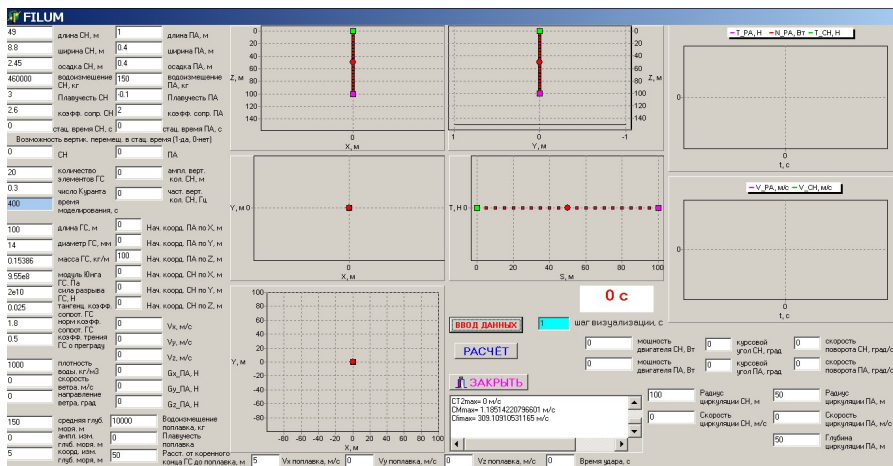


Рис. 2 – Начальный вид окна программы.

В процессе моделирования предполагали, что морской объект массой 10 т остаётся связанным с ГС (не освобождается от неё) в течение всего времени её движения, как в положительном, так и в отрицательном направлении. Результаты математического моделирования показывают, что форма ГС в процессе взаимодействия с ППО существенно зависит от положения точки удара.

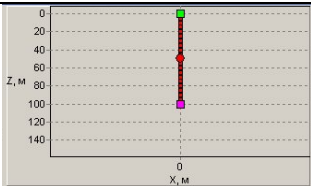
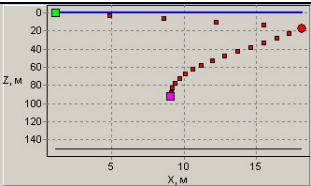
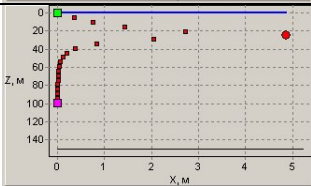
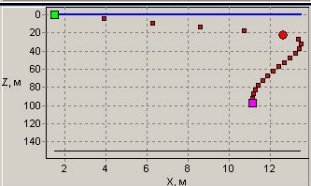
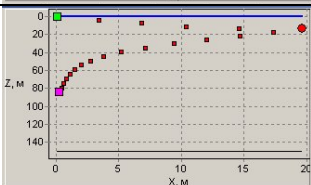
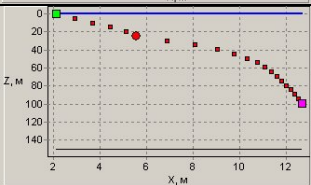
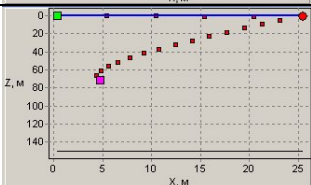
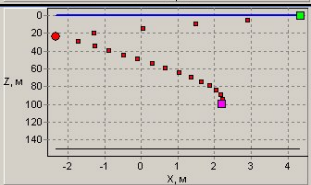
Для случая 1 в Табл. 1 приведены этапы изменения формы ГС в произвольные моменты времени в результате удара по ней на расстоянии 25 метров от СН.

На рис. 3 и 4 приведены изменение модуля скорости СН и ПА и силы натяжения ГС возле СН и ПА в результате удара по ГС на расстоянии 25 метров от СН.

Для случая 2 в Табл. 2 приведены этапы изменения формы ГС в результате удара по ней на расстоянии 50 метров от СН и ПА. Из таблицы 1 следует, что разная масса и размеры СН и ПА приводят к всплыванию морского объекта на глубину от 50 до 20 метров и последующее погружение в результате его торможения СН.

В дальнейшем морской объект изменяет направление своего движения на противоположное, увлекая за собой ПА. ГС получает наибольшее натяжение 4,1 кН возле СН (рис. 5).

Таблица 1 – Изменение формы ГС ПБС в процессе моделирования

Момент времени, с	Форма ГС	Момент времени, с	Форма ГС
1	2	3	4
0		40	
1		50	
8		65	
20		118	

СН к 338 сек. также получает перемещение 5,5 м. ПА движется с переменной скоростью, максимум модуля которой достигает 2,5 м/с. Смещение точки удара морского объекта по ГС в сторону СН (на расстоянии 25 м от него) существенно изменяет кинематику движения МПС (Табл. 2 и рис. 5), а также силовое воздействие на СН и ПА (рис. 6).

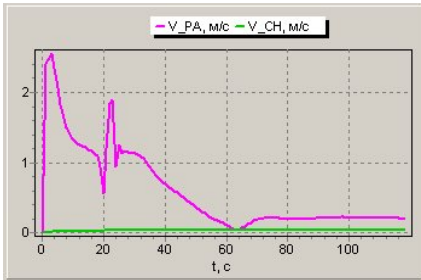


Рис. 3 – Изменение модуля скорости СН и ПА в результате удара по ГС на расстоянии 25 метров от СН.

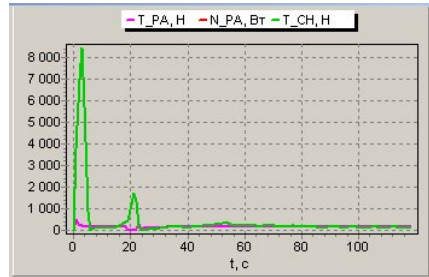


Рис.4 – Изменение силы натяжения ГС возле СН и ПА в результате удара по ней на расстоянии 25 метров от СН.

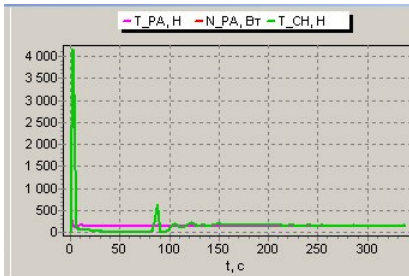


Рис. 5 – Изменение силы натяжения ГС возле СН и ПА в результате удара по ней на расстоянии 50 метров от СН и ПА.

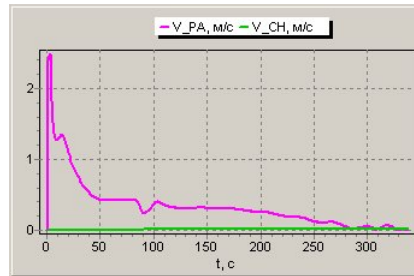


Рис. 6 – Изменение модуля скорости СН и ПА в результате удара по ГС на расстоянии 50 метров от СН и ПА.

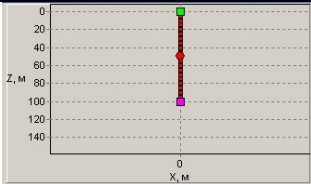
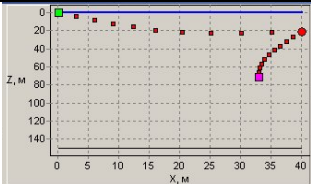
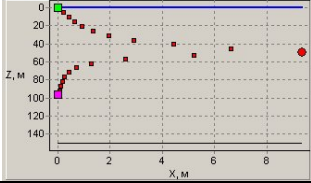
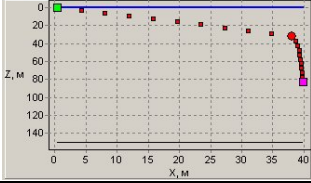
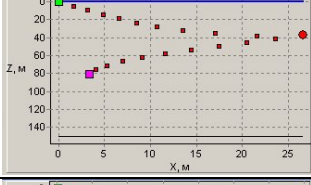
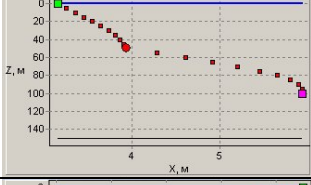
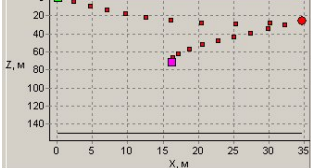
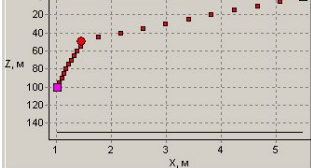
Для случая 3 в Табл. 3 показано изменение формы ГС в результате удара по ней на расстоянии 75 метров от СН.

Смещение точки удара морского объекта по ГС в сторону ПА (на расстоянии 75 м от СН) существенно изменяет кинематику движения МПС (см. Рис. 7 и 8).

То же происходит и для силового воздействия на СН и ПА (рис 8).

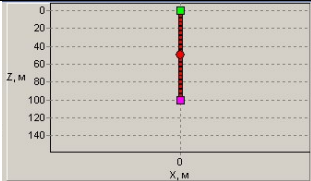
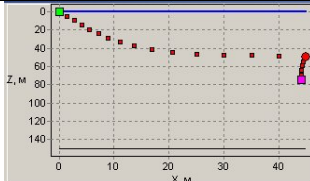
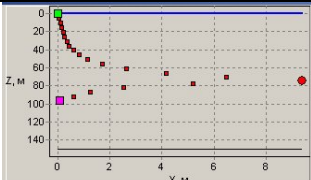
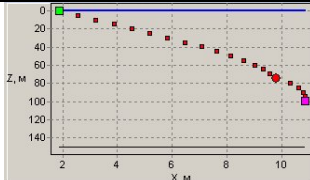
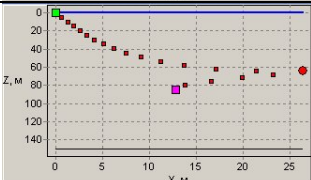
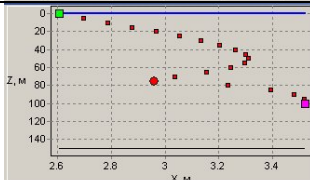
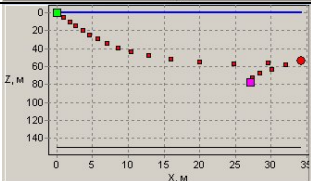
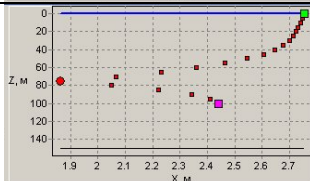
Можно отметить, что чем ближе удар морского объекта к СН, тем больше сила натяжения ГС. Однако, на силу натяжения ГС влияет не только положение точки удара, но и подвижность СН и ПА.

Таблиця 2 – Изменение формы ГС ПБС в процессе моделирования

Момент времени, с	Форма ГС	Момент времени, с	Форма ГС
1	2	3	4
0		59	
2		92	
12		238	
26		338	

Масса СН намного больше ПА и морского объекта и, следовательно, его подвижность очень мала. Поэтому приближение точки удара к СН, независимо от массы ПА (от 0,15 до 10т), практически не изменяет силу натяжения коренного конца ГС возле СН, но натяжение ходового конца ГС возле ПА существенно возрастает с увеличением массы ПА (Рис. 9).

Таблиця 3 – Изменение формы ГС ПБС в процессе моделирования

Момент времени, с	Форма ГС	Момент времени, с	Форма ГС
1	2	3	4
0		64	
2		216	
11		251	
22		258	

Приближение точки удара морского объекта к ПА уменьшает силу натяжения ГС возле СН, но увеличивает её вблизи ПА. Если ПА неподвижен, тогда натяжение ГС вблизи ПА неограниченно возрастает, что приводит к её разрыву. В целом, удар посередине ГС наиболее безопасен по величине её натяжения. Увеличение массы ПА приводит к немоному изменению натяжения коренного конца ГС.

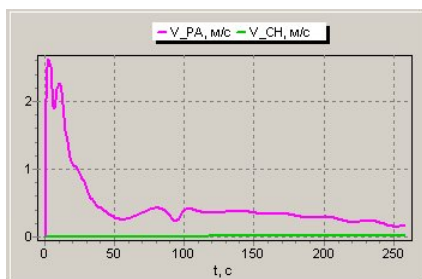


Рис. 7. Изменение модуля скорости СН и ПА в результате удара по ГС на расстоянии 75 метров от СН.

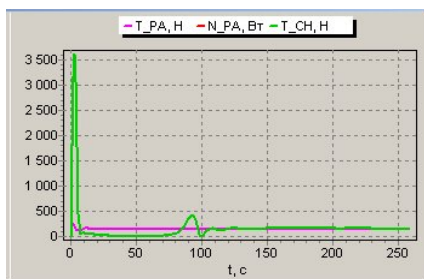


Рис. 8. Изменение силы натяжения ГС возле СН и ПА в результате удара по ней на расстоянии 75 метров от СН.

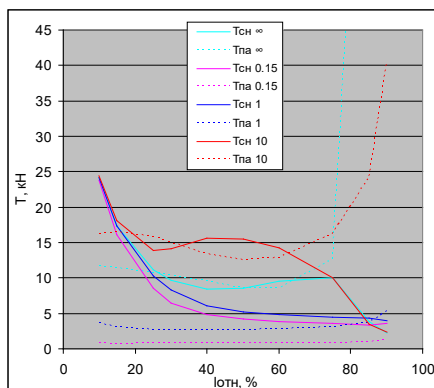
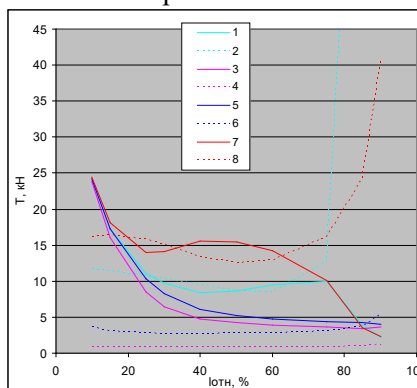


Рис. 9. Зависимость силы натяжения ГС от относительного расстояния от СН. Сплошные линии – натяжение коренного конца ГС (возле СН), а пунктирные – ходового (возле ПА).

Линии 1 и 2 – СН и ПА неподвижны, 3 и 4 – масса ПА 0,15т, 5 и 6 – масса ПА 1т, 7 и 8 – масса ПА 10т.



ВЫВОДЫ. Научная новизна данного исследования заключается в том, что используя разработанную компьютерную модель динамики МПС с ГС для ПБС, можно определить модули скорости СН и ПА, при ударе по нему ППО в произвольном месте, что позволяет усовер-

шенствовать методику проектирования ГС МПС и ПБС в условиях ударных нагрузок при аварийных режимах.

Список литературы:

1. Жданов Л.Б. Полная энциклопедия кораблей и судов [Текст] / Л.Б. Жданов, Справочное издание. – М.: МОРКНИГА, 2009. – 312 с.
2. Трунин К.С. Определение дополнительного натяжения троса при ударе постороннего подводного объекта по буксирному тросу [Текст] / К.С. Трунин. // Прикладные задачи математики и механики : материалы XIX междунар. наук.-техн. конф. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 67–69.
3. Трунин К.С. Оценка дополнительного натяжения троса при ударе подводного объекта по буксирному тросу [Текст] / К.С. Трунин. // Прикладні завдання математики та механіки-2012: матеріали XX міжнар. наук.-техн. конф., наук. ред. С.О. Папков – Севастополь: СевНТУ, 2012. – С.63-66.
4. Трунин К.С. Определение дополнительного натяжения троса при ударе постороннего подводного объекта по буксирному тросу в произвольном месте [Текст] / К.С. Трунин, С.Д. Титов // Прикладні завдання математики: матеріали XXI між нар. наук.-техн. конф., наук. ред. С.О. Папков – Севастополь, СевНТУ, 2013. – С. 66-69.
5. Трунин К.С. Компьютерная модель динамики морской привязной системы с гибкой связью [Текст] // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв, НУК, 2016. – С. 296-298.
6. Юрнев А.П. Аварии под водой [Текст] / А.П. Юрнев, Б.Д. Сахаров, А.В. Сытин. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1986. – 128 с.

СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА АВТОМАТИКА ПІДВОДНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ

УДК 681.5 : 629.584

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ НЕНАСЕЛЕНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ ЯК ОБ'ЄКТОМ ГРУПИ

Автори: О.В. Блінцов, д.т.н., доцент; Алоба Л.Т., фахівець;
В.І. Корицький, викладач; А.С. Сірівчук, викладач; Є.М. Табаков,
фахівець; В.В. Тищенко, фахівець, Національний університет
кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

В рамках задачі управління групою автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА) актуальним є синтез систем автоматичного керування (САК) їх узгодженим рухом. Під час руху необхідно, щоб кожен АНПА утримував безпечну дистанцію з сусідніми апаратами у заданому діапазоні відстаней: коли мінімальна дистанція між ними не створює загроз аварійного зіткнення (*режим адгезії*), а максимальна дистанція гарантує збереження групи та не створює загроз відходу окремого апарату з поля зору сенсорів інших членів групи (*режим когезії*) [1].

Метою роботи є розробка регулятора дистанції, який забезпечуватиме режими когезії й адгезії. Для досягнення цієї мети в роботі вирішено наступні задачі:

- розроблено структурну схему САК плоским рухом АНПА;
- розроблено та експериментально перевірено регулятор дистанції для системи автоматичного керування плоским рухом АНПА як агентом групи.

На рисунку 1 зображено структурну схему САК плоским рухом підводного апарата.

Вхідними даними для системи управління є:

- d_{danger} – відстань до цілі, в межах якої її знаходження є потенційно небезпечним, м;
- d_{miss} – відстань, при якій існує можливість втратити ціль з поля зору, м;

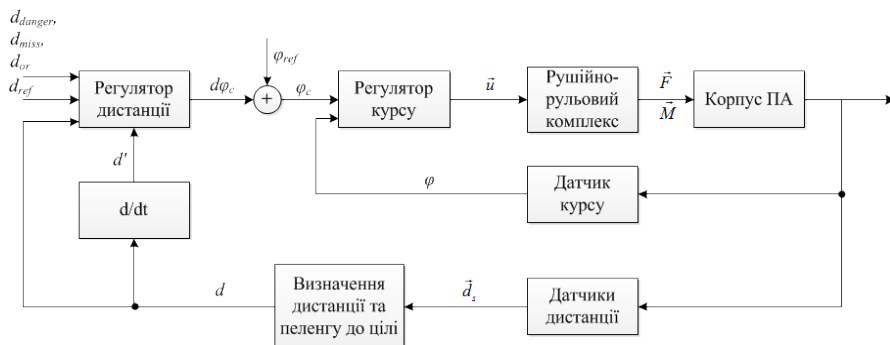


Рисунок 1 – Структурна схема САК плоским рухом АНПА

- d_{or} – відстань, при якій апарат втратив ціль з поля зору датчиків дистанції, м;
- d_{ref} – відстань до цілі, в межах якої апарат повинен рухатися заданим курсом, м;
- φ_{ref} – заданий курс руху апарата, град.

В залежності від скорегованого φ_c та фактичного φ значень регулятор курсу формує сигнал керування $\bar{u}$ для рушійно-рульового комплексу, в результаті роботи якого до корпусу підводного апарата прикладаються рівнодіючі керуючих сил $\vec{F}$ та моментів $\vec{M}$. Під впливом рушійної сили можуть змінюватися дані, отриманні від датчиків курсу та дистанції, внаслідок переміщення корпусу підводного апарата. Датчик курсу, представлений електронним компасом, передає дані щодо фактичного курсу руху апарата на регулятор. Дані, отримані від датчиків дистанції $\vec{d}$, використовуються для визначення дистанції до цілі d та її пеленгу. Після чого визначається швидкість руху цілі від/до апарата d' . На основі даних про дистанцію, швидкість руху цілі та налаштування робочих зон руху апарата регулятор дистанції формує кут відхилення $d\varphi$ руху апарата від заданого курсу. Регулятор дистанції є нечітким, типу Мамдані, з дефазифікацією по методу центра ваги [2].

На базі морської лабораторії «Дельта» було проведено експериментальну перевірку роботи регулятора дистанції при роботі АНПА в режимах когезії та адгезії, при відхиленні апарата від заданого курсу

під дією зовнішнього збурення, а також під впливом періодичного керуючого сигналу на рушійно-рульовий комплекс.

В результаті проведених досліджень визначено, що величина перерегулювання не перевищує 5%, статична похибка відсутня.

Список літератури:

1. Блінцов О.В. Експериментальне дослідження роботи системи автоматичного керування підводним апаратом як агентом групи [Текст] /Блінцов О.В., Алоба Л.Т. та ін./ – Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2017. – 347 - 348 с.

2. Блінцов, О.В. Автоматизація керування одноланковими самохідними прив'язними підводними системами. Навчальний посібник [Текст] / Блінцов О.В., Надточій В.А./ – Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2014. – 124 с.

УДК 629.584

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ САМОХІДНОЇ ПРИВ'ЯЗНОЇ ПІДВОДНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

***Автори:** О.В. Блінцов, д.т.н., доцент; В.І. Корицький, викладач, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Самохідна прив'язна підводна технологічна платформа (СПТП) є архітектурно-конструктивним типом телекерованих підводних апаратів, які призначено для доставки технологічного обладнання (ТО) (відеокамери, маніпулятори, різакі тросів та ін.) в зону проведення підводно-технічних робіт та позиціонування такого обладнання відносно підводного об'єкта [1]. СПТП складається з елементів із зосередженими (корпус, ТО) та розподіленими (кабель-трос) параметрами нелінійного характеру. В процесі керованого руху складові СПТП зазнають впливу невизначених зовнішніх збурень (вітро-хвильових, течії та ін.). Зазначені особливості суттєво ускладнюють наукову задачу автоматизації керування рухом СПТП та її ТО.

Сучасні підходи до синтезу систем автоматичного керування (САК) рухомими об'єктами реалізуються здебільше з використанням пропорційно-інтегрально-диференційних (ПІД) регуляторів або регуляторів, які функціонують в режимі «ковзання» [2, 3]. Регулятори з ПІД законом керування досить просто реалізувати. Однак такі регулятори не враховують нелінійної природи об'єкта керування, а також чутливі до шумів зворотних зв'язків. Крім того, ПІД регулятори забезпечують низькі динамічні характеристики системи керування при впливі на об'єкт керування невизначених зовнішніх збурень.

Регулятори в режимі «ковзання» забезпечують вищу якість процесу керування. Однак регулятори цього типу виробляють керуючі впливи, полярність яких може змінюватись з високою частотою, що призводить до зменшення терміну експлуатації електрорушійних пристроїв платформи. Крім того, функціонування регуляторів в режимі насичення унеможливорює організацію системи керування багатовимірними об'єктами на базі таких регуляторів.

Уникнути недоліків, зазначених вище, пропонується шляхом використання метода адаптивного інверсного керування [4]. В таких САК використовуються інверсні моделі об'єктів керування на основі штучних нейронних мереж. Такі моделі добре апроксимують нелінійні залежності, та при включенні до контуру керування дозволяють зменшити вплив зовнішніх збурень на процес керування.

Особливістю СПТП як об'єкта керування є конструктивне розділення поступальних та оберткових рухів для покращення її маневрових характеристик [5]. Для керування СПТП з урахуванням її конструктивних особливостей пропонується наступна структура САК (рис.1).

Система керування має забезпечувати наступні режими роботи СПТП та її ТО:

- позиціонування СПТП в точці підводного простору з заздалегідь визначеними координатами;
- прямолінійний рух СПТП з усталеною швидкістю;
- рух СПТП за складною просторовою траєкторією;
- позиціонування ТО відносно підводного об'єкту або певної точки підводного простору;
- маніпулювання підводним об'єктом (за умови наявності у складі СПТП відповідного ТО).

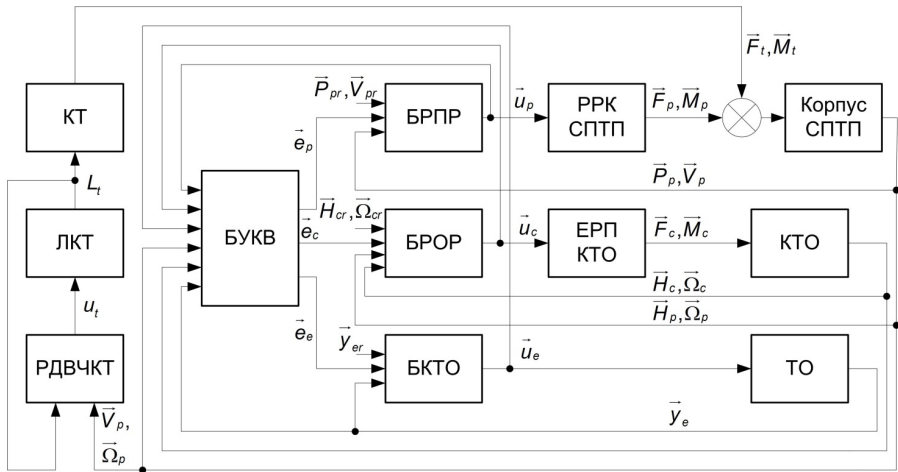


Рис. 1. Узагальнена структура САК СПТП

Поступальний рух СПТП забезпечується блоком регуляторів поступального руху (БРПР). Регулятори даного блоку на основі заданих векторів координат положення $\vec{P}_{pr}$ та швидкостей поступальних рухів $\vec{V}_{pr}$, а також векторів координат поточного положення $\vec{P}_p$ та поточних швидкостей $\vec{V}_p$ формують керуючі впливи $\vec{u}_p$ для рушійно-рульового комплексу (РРК) СПТП. Електрорушійні пристрої РРК утворюють рівнодіючі керуючих сил $\vec{F}_p$ та моментів $\vec{M}_p$, вплив яких приводить корпус СПТП до керованого руху.

Також на процес керованого руху СПТП впливають вектори сил $\vec{F}_t$ та моментів $\vec{M}_t$ натягу ходового кінця кабель-троса (КТ). Задача мінімізації вказаних впливів вирішується регулятором довжини витравленої частини кабель-троса (РДВЧКТ). Даний регулятор за поточною довжиною витравленої частини КТ L_t та векторами поточних швидкостей поступальних $\vec{V}_p$ та обертових $\vec{\Omega}_p$ рухів корпусу СПТП виробляє сигнал керування лебідкою кабель-троса (ЛКТ) u_t .

Переміщення ТО відносно корпусу СПТП та підводних об'єктів виконується комплексом технологічного обладнання (КТО). Керований рух КТО забезпечується блоком регуляторів обертових рухів (БРОР). Даний блок за заданими векторами координат просторової орієнтації $\vec{H}_{cr}$ та швидкостей обертових рухів $\vec{\Omega}_{cr}$, а також відповідними зворотними зв'язками від КТО ($\vec{H}_c, \vec{\Omega}_c$) та СПТП ($\vec{H}_p, \vec{\Omega}_p$) виробляє вектор керуючих впливів для електрорушійних пристроїв (ЕРП) КТО $\vec{u}_c$. Вектори сил $\vec{F}_c$ та моментів $\vec{M}_c$, вироблених ЕРП КТО, спричиняють керований рух складових комплексу технологічного обладнання. Керуючі впливи для ТО $\vec{u}_e$ формуються блоком керування технологічним обладнанням (БКТО) на основі заданого вектору станів $\vec{y}_{er}$ та поточного вектору станів $\vec{y}_e$ ТО.

Узгоджений рух всіх складових СПТП забезпечується блоком узгодження керуючих впливів (БУКВ). Задачею даного блоку є за керуючими впливами $\vec{u}_p, \vec{u}_c, \vec{u}_e$ та зворотними зв'язками від СПТП, КТО та ТО виробити вектори масштабування керуючих впливів регуляторів $\vec{e}_p, \vec{e}_c, \vec{e}_e$, які забезпечать найкращі показники якості процесів керування СПТП та її ТО в перехідних та усталених режимах, а також мінімізують імовірність втрати керованості підводної платформи через роботу її складових в режимі насичення [6].

Система автоматичного керування СПТП та її ТО реалізується на основі метода утримання керованості при багатовимірному керуванні підводним апаратом [6], метода адаптивного інверсного керування для синтезу регуляторів СПТП [4] та з урахуванням особливостей керування рухом телекерованих підводних апаратів нового архітектурно-конструктивного типу [5].

Список літератури:

1. Блінцов, О. В. Сучасні задачі керування самохідною прив'язною підводною технологічною платформою [Текст] / О. В. Блінцов, В. І. Корицький // Підводні технології. – 2017. – № 5. – С. 23-31.
2. Rua, S. Development of a Low-Level Control System for the ROV Visor3 [Text] / S. Rua, R. E. Vasquez // International Journal of Navigation and Observation. – 2016. – Vol. 2016. – 12 p. doi: 10.1155/2016/8029124

3. García-Valdovinos, L. G. Modelling, Design and Robust Control of a Remotely Operated Underwater Vehicle [Text] / L. G. García-Valdovinos, T. Salgado-Jiménez et al. // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2014. – Vol.11-1. – 16 p. doi: 10.5772/56810
4. Widrow, B. Adaptive Inverse Control. A Signal Processing Approach, Reissue Edition [Text] / B. Widrow, E. Walach. – Wiley-IEEE Press, 2007. – 508 p.
5. Blintsov, O. Architectural and structural type of self-propelled tethered underwater vehicles with improved maneuverability [Text] / O. Blintsov // Underwater Technologies. – 2016. – Vol. 3. – Pp.31-40.
6. Blintsov, O. Devising a Method for Maintaining Manageability at Multidimensional Automated Control of Tethered Underwater Vehicle [Text] / O. Blintsov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1/9. – Pp. 4-16. doi: 10.15587/1729-4061.2017.93291

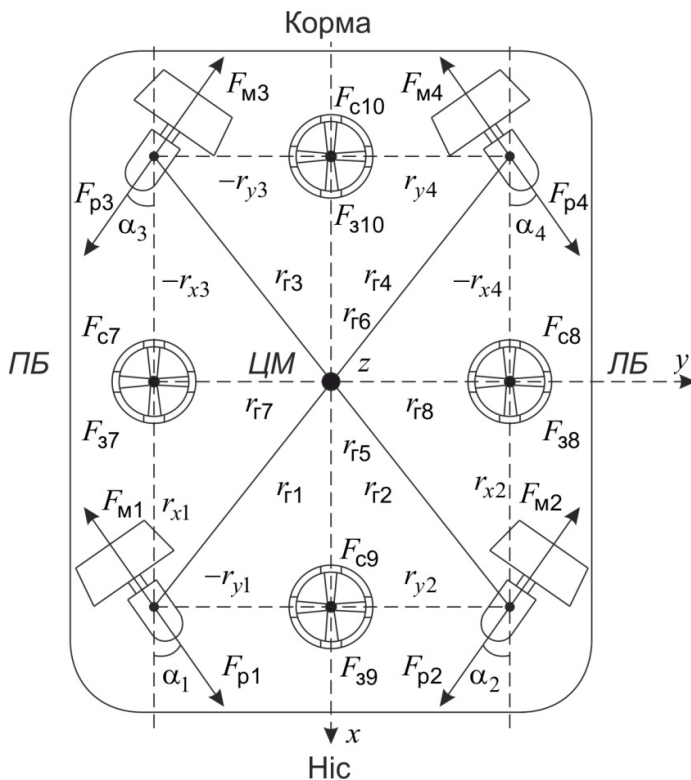
УДК 629

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ САМОХІДНОГО ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА-РОБОТА ТРАНСПОРТНОГО ТИПУ

***Автор:** А.М. Войтасик, викладач, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Рушійно-кермовий комплекс (РКК) самохідного прив'язного підводного апарата транспортного типу (СППАР-Т) пропонується організувати за просторовою схемою з вісьмома рушійними пристроями (РП), яку представлено на рис. 1 [1].

Застосовуючи чотири РП, які розташовані в горизонтальній площині, можливо об'єднати функції маршового та підрулюючого комплексу. Дана схема розташування РП забезпечить маршовий прямолінійний рух та можливість обертання підводного апарата (ПА) в точці, що в свою чергу забезпечить лаговий рух ПА. Лаговий рух ПА є необхідним при виконанні спеціалізованих робіт з доставки та установки великогабаритних вантажів.



ЦМ – центр мас; ПБ – правий борт; ЛБ – лівий борт
Рисунок 1 – РКК СПАР-Т

Проекції упорів рушіїв ПА при маршовому та реверсивному русі:

$$F_{\text{РКК_м_x}} = F_{\text{M1}} \cdot \cos(225^\circ) + F_{\text{M2}} \cdot \cos(135^\circ) + F_{\text{M3}} \cdot \cos(135^\circ) + F_{\text{M4}} \cdot \cos(225^\circ),$$

$$F_{\text{РКК_п_x}} = F_{\text{P1}} \cdot \cos(45^\circ) + F_{\text{P2}} \cdot \cos(315^\circ) + F_{\text{P3}} \cdot \cos(315^\circ) + F_{\text{P4}} \cdot \cos(45^\circ).$$

Проекції упорів рушіїв ПА при лаговому маршовому та реверсивному русі:

$$F_{\text{РКК_лм_y}} = F_{\text{м1}} \cdot \sin(225^\circ) + F_{\text{p2}} \cdot \sin(315^\circ) + F_{\text{p3}} \cdot \sin(315^\circ) + F_{\text{м4}} \cdot \sin(225^\circ),$$

$$F_{\text{РКК_лр_y}} = F_{\text{p1}} \cdot \sin(45^\circ) + F_{\text{м2}} \cdot \sin(315^\circ) + F_{\text{м3}} \cdot \sin(135^\circ) + F_{\text{p4}} \cdot \sin(225^\circ).$$

Моменти РКК підводного апарата при лівому та правому поворотах ПА навколо осі z :

$$M_{\text{РКК_пб}} = (F_{\text{p1}} + F_{\text{м2}} + F_{\text{p3}} + F_{\text{м4}}) \cdot r_{\text{г1}},$$

$$M_{\text{РКК_лб}} = (F_{\text{м1}} + F_{\text{p2}} + F_{\text{м3}} + F_{\text{p4}}) \cdot r_{\text{г1}}.$$

Моменти РКК ПА при крені на лівий чи правий борт відносно осі x :

$$M_{\text{РКК_пб_x}} = (F_{\text{с7}} - F_{\text{с8}}) \cdot r_{\text{г7}},$$

$$M_{\text{РКК_лб_x}} = (F_{\text{с8}} - F_{\text{с7}}) \cdot r_{\text{г8}}.$$

Моменти РКК ПА при диференті на ніс чи корму відносно осі y :

$$M_{\text{РКК_ніс_y}} = (F_{\text{с9}} - F_{\text{с10}}) \cdot r_{\text{г5}},$$

$$M_{\text{РКК_корма_y}} = (F_{\text{с10}} - F_{\text{с9}}) \cdot r_{\text{г6}}.$$

Зусилля РКК при зануренні ПА вздовж осі z :

$$F_{\text{РКК_з_z}} = F_{\text{с7}} + F_{\text{с8}} + F_{\text{с9}} + F_{\text{с10}},$$

$$F_{\text{РКК_с_z}} = F_{\text{с7}} + F_{\text{с8}} + F_{\text{с9}} + F_{\text{с10}}.$$

Інші чотири РП, встановлюються у вертикальній площині на осях симетрії ПА. Два вертикальні РП розміщені на лівому та правому бортах

ПА забезпечують регулювання крену. Два вертикальні РП розташовані в носовій та кормовій частинах ПА забезпечують регулювання диференту. Регулювання крену та диференту є необхідним для компенсації зовнішніх збурень від великогабаритних вантажів, яким СППАР-Т маніпулює.

Таке технологічне рішення матиме суттєвий вплив на динаміку руху ПА, якість його маневрування в товщі води та можливості застосування ПА при подоланні сил збурюючих впливів на його корпус [2].

Висновки

Розроблена математична модель відображає функціонування динаміки самохідного прив'язного підводного апарата-робота транспортного типу як об'єкту керування. Наведені формули необхідні для розробки структури спеціалізованого моделюючого комплексу, який буде реалізований на запропонованій моделі і буде слугувати інструментарієм для дослідження систем керування таким об'єктом.

Список літератури:

1. **Блінцов, В.С.** Створення підводного апарата-робота транспортно-вантажного типу [Текст] / В.С. Блінцов, А.М. Войтасик // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах: Збірник тез доповідей 16 науково-технічної конференції / ДНВЦ ЗС України – Чернігів: Брагинець О.В., 2016. – С. 50-51.
2. **Войтасик, А.М.** Організація автоматизованого керування підводною прив'язною самохідною вантажною системою [Текст] // А.М. Войтасик // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2017. – С. 57-59

УДК 629

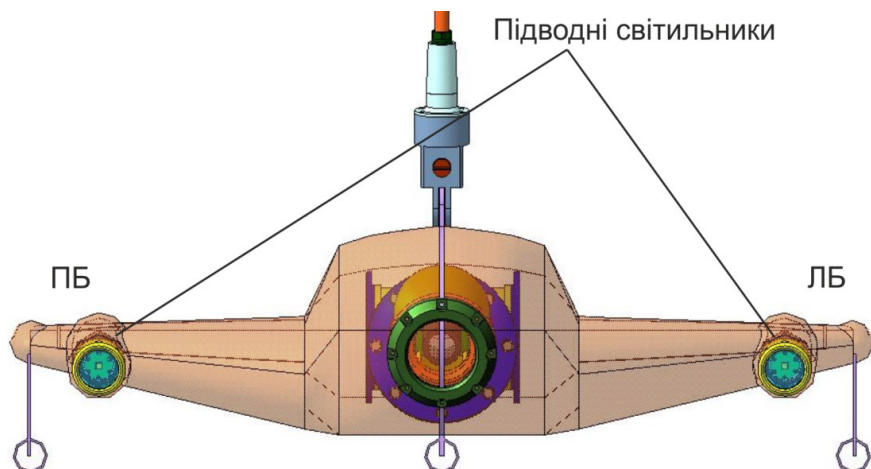
СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ БУКСИРУВАНОВОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА ПРОЕКТУ «ГЛАЙДЕР»

***Автори:** А.М. Войтасик, викладач; Ю.Г. Говорецька, студентка, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Основне призначення буксируваного підводного апарата (БПА) проекту «Глайдер» виконання пошукових та інспекційних підводно-

технічних робіт (ПТР) на глибинах до 50 м. Виконання таких робіт забезпечується при застосуванні відео- і магнітометричних засобів, які забезпечують передачу відеозображення в реальному масштабі часу і двосторонній інформаційний обмін між БПА і судном-буксирувальником (СБ).

Від ефективності системи освітлення (СО) БПА залежить якість отриманого відеозображення про підводну обстановку під час виконання місії. В якості елементів освітлення на БПА проекту «Глайдер» застосовано два світлодіоди потужністю по 10 Вт [1]. Світлодіоди, закріплені на алюмінієвих радіаторах, розташовуються в середині корпусу підводного світильника (ПС). Герметична конструкція ПС забезпечує можливість застосування виробу на глибинах до 100 м. Ввімкнення та вимкнення СО БПА проекту «Глайдер» реалізовано застосуванням двох драйверів керування (по одному драйверу керування на кожен ПС). Місце установки ПС на БПА проекту «Глайдер» продемонстровано на рис. 1.



ПБ) – правий борт; ЛБ) – лівий борт

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд БПА проекту «Глайдер» (вид спереду)

Керування системою освітлення виконується дистанційно з пульта керування, який входить до складу поста енергетики та керування (ПЕК) БПА [2]. Перевірка працездатності СО БПА проекту «Глайдер» на першому етапі було виконано в лабораторних умовах на рис. 2. Другий етап перевірки буде проведено під час тестування всіх систем БПА в морських умовах експлуатації.



Рисунок 2 – Перевірка працездатності СО БПА проекту «Глайдер»

Підключення ПС до міцного корпусу, в якому розташовані драйвери керування, виконано застосуванням герметичних роз'ємів.

Висновки

Запропонована система освітлення буксируваного підводного апарата проекту «Глайдер» була реалізована відповідно до теми дипломного проекту за рівнем спеціаліста з електромеханіки. Представлені технічні рішення цілком аргументовані та відповідають технічному завданню щодо створення буксируваного підводного апарата проекту «Глайдер».

Список літератури:

1. **Сірівчук, А.С.** Застосування світлодіодних матриць у складі освітлення підводного апарата [Текст] // А.С. Сірівчук // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці. Матеріали III міжнародної наукової конференції. – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 440-441.
2. **Войтасик, А.М.** Розробка стенду керування яскравістю підводного світильника [Текст] // А.М. Войтасик, Вербівський Д.О. // Макаровські читання: Матеріали VIII всеукраїнського форуму молодих науковців: – Миколаїв: НУК, 2015. – С. 24-26.

УДК 629

РОЗРОБКА КРЕНО-ДИФЕРЕНТНОЇ СИСТЕМИ ВАНТАЖНОГО САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО НОСІЯ

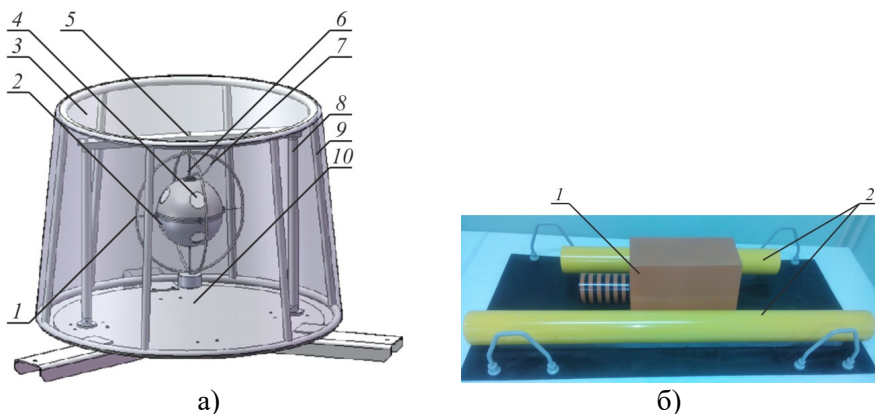
***Автори:** А.М. Войтасик, викладач; Ю.І. Лядовський, студент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

При виконанні підводної місії установки корисного вантажу на морське дно при застосуванні вантажного самохідного підводного носія (ВСПН) існує науково-практична проблема. Полягає дана проблема в зміні параметрів крену та диференту ВСПН під час реалізації підводної технології розгортання та згортання корисного вантажу на морському дні [1].

Корисний вантаж (КВ), який має бути встановлений на морському дні, представляє собою два окремо розташовані та зв'язані кабелем модулі автономної радіогідроакустичної станції (АРГАС):

- модуль-1, призначений для прийому та обробки акустичних сигналів (рис.1, а);
- модуль-2, призначений для забезпечення передачі отриманої інформації на береговий пост за допомогою радіолокації (рис.1, б).

Схема розташування АРГАС на морському дні після розгортання у робочий стан наведена на рис. 2.



- а) – антенно-електронного модуля-1: 1) – каркас системи підвіски; 2) – модуль векторно-фазового аналізатора; 3) – обтічник; 4) – звукова комірка; 5) – перекладина; 6) – амортизатор; 7) – кабель; 8) – стійка; 9) – каркас обтічника; 10) – основа;
- б) – модуля-2 передачі отриманої гідроакустичної інформації: 1) – лебідка радіобуя; 2) – міцні корпуси для джерел живлення лебідки та модуля-1

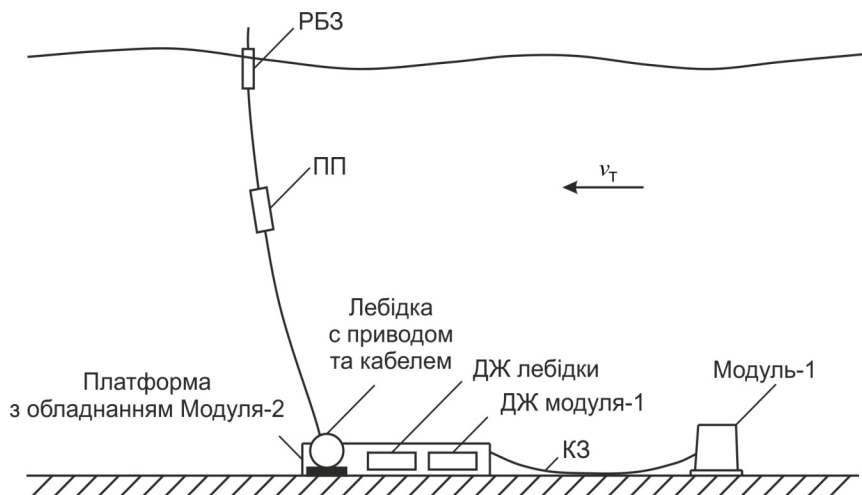
Рисунок 1 – Загальний вигляд двох модулів корисного вантажу у вигляді АРГАС

Відповідно до узагальнених алгоритмів функціонування автоматизованої крено-диферентної системи керування ВСПН на рис. 3 представлено схеми виконання основних етапів підводної місії [2].

При установці корисного модуля-1 на морське дно крено-диферентні параметри ВСПН змінюються. Для подальшого виконання підводної місії необхідно стабілізувати положення ВСПН у просторі. Це можна реалізувати двома основними способами:

- 1) Застосуванням баластної системи;
- 2) Застосуванням крено-диферентної системи.

Перший спосіб передбачає наявність балонів зі стиснутим повітрям, редукторів та дистанційно керованих насосів.



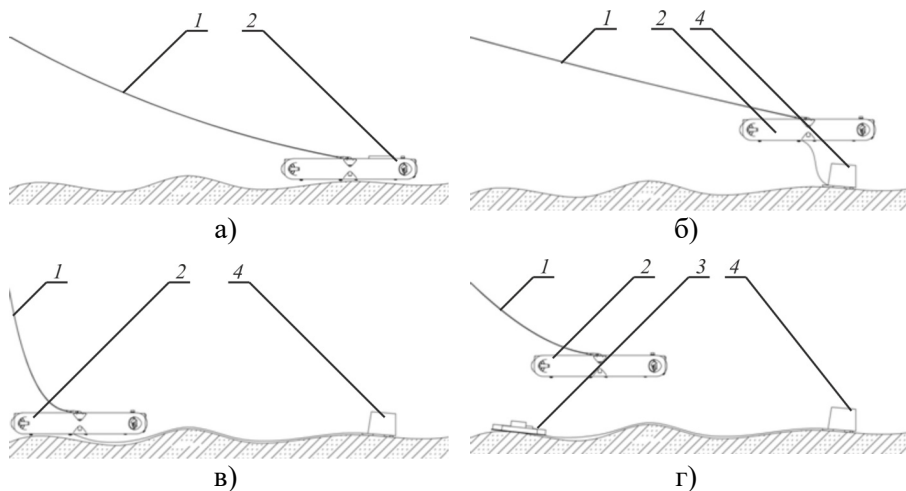
РБЗ – радіобуй зв’язку; ПП – проміжна плавучість;
ДЖ – джерело живлення; КЗ – кабель зв’язку; v_T – швидкість течії

Рисунок 2 – Реалізація підводної технології розгортання та згортання корисного вантажу на морському дні

Другий спосіб можна реалізувати при застосуванні стабілізуючих вантажів розміщених на рамі ВСПН. Перенесення таких вантажів по рамній конструкції запропоновано реалізувати за допомогою лінійних електроприводів. При необхідності компенсувати наявність або відсутність одного з модулів корисного вантажу лінійний електропривод має переміщувати стабілізуючий вантаж відповідно по показників акселерометра встановленого на борту ВСПН.

Висновки

Розробка системи крено-диферента вантажного самохідного підводного носія запропоновано реалізувати на базі застосування технології переміщення твердих вантажів по рамній конструкції підводного носія при застосуванні лінійних електроприводів. Дана робота виконується в рамках дипломного проектування.



а) – установка модуля-1; б) – перевірка правильності установки модуля-1; в) – перехід в точку установки модуля-2; г) – перевірка правильності установки модуля-2: 1) – КТ; 2) – ВСПН; 3) – модуль-2; 4) – модуль-1

Рисунок 3 – Схеми виконання основних етапів підводної місії ВСПН

Список літератури:

1. **Войтасик, А.М.** Організація автоматизованого керування підводною прив'язною самохідною вантажною системою [Текст] // А.М. Войтасик // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки – 2017: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції: – Миколаїв: НУК, 2017. – С. 57-59.

2. **Войтасик, А.М.** Самохідний прив'язний підводний апарат-робот транспортного типу як інструмент для вирішення задач спеціального призначення [Текст] // А.М. Войтасик // Розмінування акваторій: проблеми, теорія, практика та міжнародний досвід: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: – Кам'янець-Подільський: Центр розмінування Головного Управління Збройних Сил України, 2017. – Ч.1 – публікація без нумерацій.

УДК 629

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДЕОДОКУМЕНТУВАННЯ БУКСИРУВАНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА ПРОЕКТУ «ГЛАЙДЕР»

*Автори: А.М. Войтасик, викладач; П.О. Маріянчук, студент,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна*

При виконанні підводно-технічних робіт (ПТР) на підводних апаратах (ПА) обов'язкове використання ліхтарів штучного освітлення для отримання якісного зображення з камер відеоспостереження, що являється необхідністю для безпечного керування ПА та виконання поставленої задачі.

Для виконання ПТР з застосуванням буксируваного підводного апарата (БПА) проекту «Глайдер», представленого на рис. 1, необхідними параметрами системи відеодokumentування є:

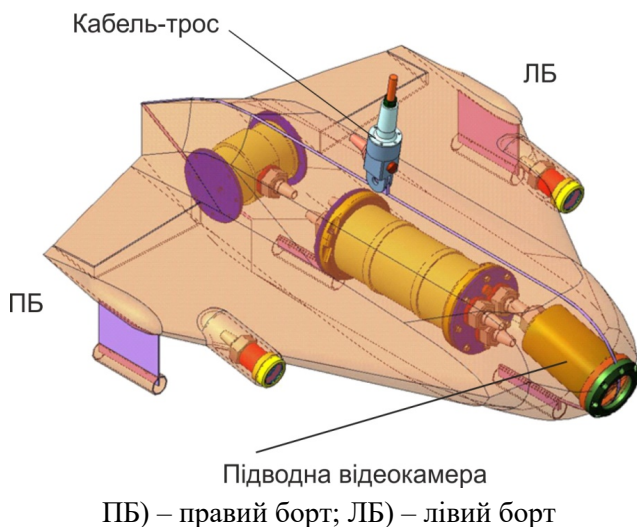


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд БПА проекту «Глайдер» (вид збоку)

- живлення від акумуляторної батареї 24 В;
- швидке поточне відео- інформування оператора про підводну обстановку;
- збереження отриманих фото- та відеоматеріалів;
- можливість доступу до відзнятих матеріалів.

Розроблена СВ БПА проекту «Глайдер» реалізована на базі застосування відеореєстратора, DC/DC перетворювачів, комутатора, ноутбука, кабель-тросу та камери відеоспостереження. Камери відеоспостереження розділяються на аналогові та цифрові. Відповідно до швидкостей буксирування підводного апарата проекту «Глайдер» (1-6 вузлів) більш доцільно застосовувати відеокамеру з найменшою часовою затримкою при передачі відеозображення, тобто аналогову камеру відеоспостереження з великою розподільчою здатністю [1].

Герметичність камери відеоспостереження забезпечується застосуванням анодованого алюмінієвого міцного корпусу, скляним ілюмінатором та гумовими кільцями.

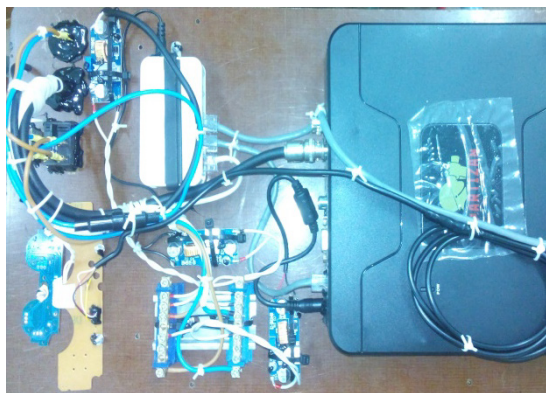
СВ БПА проекту «Глайдер» працює в двох режимах відеодокументування – кольоровий та чорно-білий. При недостатньому рівні природної освітленості слід застосувати додаткове штучне освітлення [2]. Відзнятий матеріал зберігається на жорсткому диску розміщеному у відеореєстраторі.

Зазначена СВ входить до складу поста енергетики та керування (ПЕК) БПА проекту «Глайдер» (рис. 2, а). Перевірка працездатності СВ БПА проекту «Глайдер» на першому етапі було виконано в лабораторних умовах (рис. 2, б). Другий етап перевірки буде проведено під час тестування всіх систем БПА в морських умовах експлуатації.

Підключення СВ до герметичного міцного корпусу камери відеоспостереження БПА проекту «Глайдер» виконано через кабель-трос, застосуванням герметичних роз'ємів.

Висновки

Запропонована система відеодокументування буксируваного підводного апарата проекту «Глайдер» була реалізована відповідно до теми дипломного проекту за рівнем спеціаліста з електромеханіки. Представленні технічні рішення цілком аргументовані та відповідають технічному завданню щодо створення буксируваного підводного апарата проекту «Глайдер».



а) – тестування СВ



б) – зовнішній вигляд
ПЕК разом з СВ

Рисунок 2 – Перевірка працездатності СВ БПА проекту «Глайдер»

Список літератури:

1. **Войтасик, А.М.** Лабораторний стенд для дослідження характеристик сучасних підводних відеокамер [Текст] // А.М. Войтасик // Автоматика: Матеріали XX міжнародної конференції з автоматичного управління, присвяченої 100-річчю з дня народження академіка НАНУ О.Г. Івахненка: – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 279.

2. **Войтасик, А.М.** Дослідження якості зображення камер відеоспостереження в умовах штучного освітлення [Текст] // А.М. Войтасик // Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю: – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 133-135.

УДК 629.584

РОЗРОБКА БЕЗКОНТАКТНОГО ВЕНТИЛЬНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З МІНІМАЛЬНОЮ АПАРАТНОЮ НАДМІРНІСТЮ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ПЛАВАЛЬНОГО АПАРАТА

Автори: Я.Б. Волянська, к.т.н., доцент; Д.О. Підлубний, студент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Вентильні безконтактні двигуни постійного струму (БДПС) зі збудженням від високоенергетичних рідкісноземельних постійних магнітів, наприклад, *Nd-Fe-B* (залізо-неодим-бор), найбільш перспективні з усіх типів традиційних електродвигунів для застосування в системах електроруху різних автономних плавальних апаратів (АПА) [1]. Потрібно відзначити, що останніми роками вентильні БДПС і електроприводи на їх основі активно виробляються провідними закордонними електротехнічними компаніями («Siemens», «General Electric», «Bosch», «Schneider Electric», «Fanuk», ABB та ін.) Основним стримуючим фактором широкого застосування електроприводів на основі БДПС є ціна перетворювача і наявність дорогого високорозрядного датчика положення ротора (ДПР, в закордонних джерелах – *Shaft Position Sensor* або *Shaft Encoder*), наявність розширених сервісно-діагностичних і захисних функцій, ряду інших вбудованих систем. Однак для використання в АПА подвійного призначення ці чинники виявляються несуттєвими, зокрема через те, що є можливості помітного спрощення системи управління, застосування найпростіших ДПР.

Вентильний електропривод являє собою синергетичне об'єднання в складі електромеханічної системи синхронного електричного двигуна зі збудженням від постійних магнітів і електронного комутатора. Оскільки управління ключами мостового інвертора здійснюється за командам ДПР, то таким чином реалізується жорсткий зворотний зв'язок по просторовому положенню ротора, що і визначає алгоритм підключення обмоток БДПС до джерела постійного струму. Щітково-колекторний пристрій, по суті, є механічним комутатором, а його аналог у БДПС – електронним комутатором. Саме ця властивість дозво-

ляє провести аналогію між моделлю вентильного електроприводу на основі БДПС і моделлю класичного щіткового електродвигуна постійного струму, у якого секції обмотки якоря за допомогою щітково-колекторного пристрою підключаються до джерела постійної напруги. Потрібно підкреслити, що синергетичне об'єднання в складі електроприводу названих компонентів впливає на роботу один одного. Тому найпростіша аналогія між електромеханічним перетворювачем і керованим інвертором може скласти основну особливість моделювання електроприводу з вентильним БДПС. Однак для побудови замкнутої системи управління АПА ця модель є надмірною, оскільки враховує всі електромагнітні процеси та процеси перемикання (ДПР, ключів, логічних елементів) що різко обмежує швидкість розрахунків.

Запропоновано просте технічне рішення електропривода з БДПС, що дозволяє відмовитися від ряду конструктивних елементів (двох регуляторів струму, одного додаткового датчика струму, декількох елементів порівняння, високорозрядних енкодера і ШІМ). Проведено модельні дослідження запропонованої схеми електропривода з мінімальною апаратною надмірністю, підтвердили працездатність запропонованого рішення.

Список літератури:

1. Волянська, Я. Б. Особливості побудови автоматичних систем керування рухом об'єктів морської робототехніки [Текст] / Я. Б. Волянська, С. М. Волянський // Електротехнические и компьютерные системы. – 2016. – Вып. 23 (99). – С. 39–44.
2. Карпович, О. Я. Особенности реализации датчика обратной связи по скорости и положению в вентильно-индукторном электроприводе [Текст] / О. Я. Карпович, О. А. Онищенко // Вестник НТУ «ХПИ». – 2003. – №. 11. – С. 65–70.
3. Noyal Doss, M. A. Reduction in cogging torque and flux per pole in BLDC motor by adapting U-clamped magnetic poles [Text] / M. A. Noyal Doss, S. Vijayakumar, A. J. Mohideen, K. S. Kannan, N. D. B. Sairam, K. Karthik // International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS). – 2017, Vol. 8, no. 1. – Pp. 297–304.

УДК 629.5

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ АНПА З ГРЕБНИМ ГВИНТОМ В ПОВОРОТНІЙ НАСАДЦІ

Автор: Г.С. Грудініна, викладач, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

На даному етапі розвитку підводних технологій все більше уваги приділяють рушійно-стерновому комплексу «гвинт – поворотна насадка». Даний рушійно-стерновий комплекс (РСК) досить ефективно зарекомендував себе для автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА).

Такий комплекс встановлюється на поворотній колонці, що забезпечує поворот комплексу в необхідне по відношенню до апарата положення, та забезпечує перекладку на кут від 0 градусів до 360 [1].

В наслідок зміни кута потоку, що набігає на гребний гвинт, значно змінюються гідродинамічні характеристики РСК.

Так, при перекладанні насадки на кут δ_n симетричність її обтікання потоком рушія порушується, що призводить до появи складової швидкості потоку $\vec{U}_n$, усереднений напрям якої може бути прийнято перпендикулярним до осі насадки. Тоді, вісь потоку комплексу, відповідно до рівності $\vec{U}_\delta = \vec{U} - \vec{U}_n$, відхиляється від осі гребного валу в ту ж сторону, що і насадка на деякий кут δ_ϵ . Цей кут залежить від відносної довжини насадки $\bar{l}_n$ і може бути виражений наступним чином:

$$\delta_\epsilon = \theta_n \delta_n = (1 - a_n \delta_n) \delta_n, \quad (1)$$

де $-a_n$ коефіцієнт апроксимації, який для насадок без стабілізатора, визначається за виразом:

$$a_n = 0,04838 - 0,067865 \bar{l}_n + 0,023328 \bar{l}_n^2, \quad (2)$$

Проектування комплексу «гвинт – поворотна насадка» здійснюється виходячи із задоволення одночасно вимог рухомості і керованості апарата

та. Діаметр гребного гвинта (ГГ), коефіцієнти розширення насадки визначаються з розрахунку рухомості, а відносна довжина і розміри насадки – з вимог керованості. Якщо оптимальна відносна довжина ходової насадки дорівнює 0,55-0,65, то відносну довжину поворотної насадки збільшують до 0,8-1,0 [3]. Конструктивно, комплекс показано на рисунку 1.

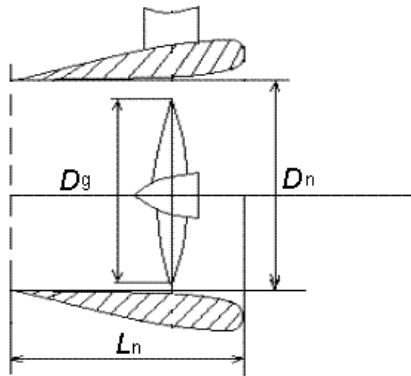


Рис.1 – Рушійно-стерновий комплекс «гвинт – поворотна насадка»:
Dn – внутрішній діаметр насадки; Dg – діаметр гвинта;
Ln – довжина насадки

При перекладанні насадки (рис. 2) упор комплексу $\vec{P}_k$ розкладається на дві складові: реакцію відхиленого на кут δ_c потоку $\vec{P}_\delta$, і додаткову реакцію $\vec{R}_\delta$, що виникає при набіганні частини потоку на відхилений профіль поворотної насадки. Тому:

$$\vec{P}_\delta = \vec{P}_k - \vec{R}_\delta. \quad (3)$$

Проектування рівності (3) на діаметральну та горизонтальну площини (рис.2) дозволяє отримати наступний результат [2]:

$$P_x = P_\delta \cos \delta_c = P_k (1 - \sin^2 (\theta_n \delta_n)), \quad (4)$$

$$P_y = P_\delta \sin \delta_c = P_k \sin(\theta_n \delta_n) \cos(\theta_n \delta_n). \quad (5)$$

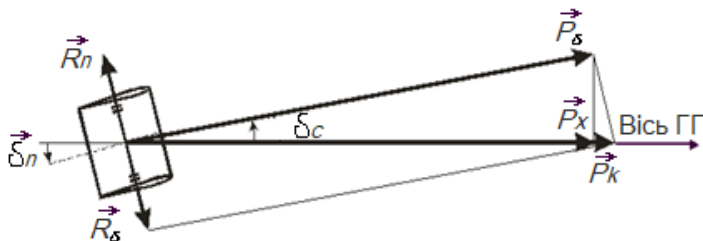
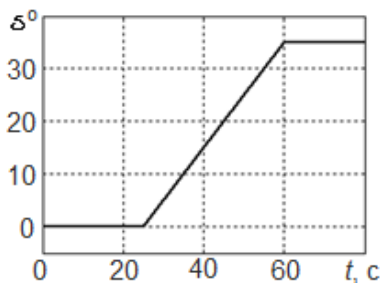


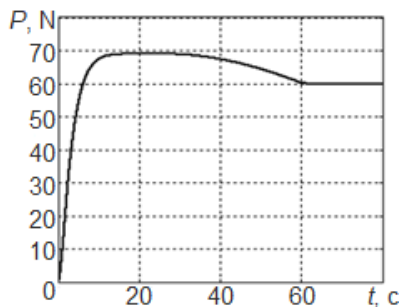
Рис.2 – Схема сил, що створюються рушієм під час перекладання насадки

Для перевірки працездатності даної математичної моделі розроблено Simulink-модель та виконано дослідження впливу скошеного потоку води, що набігає на РСК типу «гребний гвинт – поворотна насадка», для АНПА з наступними характеристиками: маса – 60 кг; швидкість ходу – 1 м/с; діаметр гребного гвинта – 160 мм; діаметр поворотної насадки – 166.4 мм; відносна довжина поворотної насадки – 1.0.

На рисунку 3 представлено результат моделювання руху АНПА на плоскій циркуляції з перекладкою насадки на кут 35° .



а



б

Рис. 3 – Результати моделювання руху АНПА під час перекладання насадки на кут 35° :
а – кут перекладки керма; б – сила упору ГГ

Список літератури:

1. Бражко А. С. Моделирование работы гребного винта в насадке в косом набегающем потоке [Текст] / А. С. Бражко, Ю. М. Король // Збірник наук. праць НУК. – №1. – 2013. – С. 12–16.
2. Бажанкин Ю.В. Анализ взаимодействия гребного винта с рулевым органом судна [Текст] / Ю.В. Бажанкин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – №1. – 2011. – С. 11–15.
3. Винт–поворотная насадка [Електронне видання] / Студопедия // точка доступа: https://studopedia.ru/7_23738_vint-povorotnaya-nasadka.

АЛГОРИТМЫ ВИЗУАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ ПОМОЩИ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

Автор: Д.Ф. Дунаевский, студент, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

Цель работы. Описание улучшенной методологии формирования и построения маршрутов пути автономного подводного аппарата при помощи алгоритмов на основе стереоизображений.

Обработка результатов

Высокоточное определение параметров движения АНПА является важной задачей при реализации режима позиционирования и в процессе выполнения им целенаправленных поисковых движений при наличии внешних возмущений (течение, морское волнение и т.д.). Режим позиционирования предназначен для поддержания определенных местоположения и ориентации АНПА. Данный режим необходим при выполнении операций, связанных с осмотром подводных сооружений, стыковкой и сбором данных вблизи дна [1-4]. Визуальная одометрия с использованием стереозрения [2, 5], обеспечивая высокую точность вычисления локальных перемещений, потенциально может сохранять приемлемую точность локализации робота и при его непродолжительном движении.

Однако, как известно, при длительном движении робота происходит накопление ошибки навигации. Совершенствование этого подхода, направленное на повышение точности, связано с разными аспектами,

включая повышение достоверности сопоставления особенностей на снимках, повышение эффективности алгоритмов ICP (Iterative Closest Point) и др. [6-9]. Одним из способов повышения точности навигации АНПА является учет данных от бортовых навигационно-пилотажных датчиков в алгоритмах обработки изображений. Например, в работах [10-12] были предложены схемы интегрированной обработки визуальных данных и данных измерений инерциального сенсора.

Работа, также направлена на повышение эффективности метода визуальной одометрии. В статье предлагается алгоритмическая база реализации визуального подхода с целью оптимизировать вычислительные затраты и повысить точность навигации АНПА, в том числе за счет интеграции измерений бортовых навигационно-пилотажных датчиков в процедуры обработки изображений.

Традиционная вычислительная схема метода визуальной одометрии с обработкой стереопоследовательности снимков организована следующим образом:

1. Выделение общего множества особенностей на четверке изображений двух стереопар.
2. Генерация и фильтрация двух облаков 3D точек.
3. Вычисление локального геометрического преобразования, связывающего локальные СК двух соседних позиций.
4. Вычисление параметров текущей позиции АНПА путем объединения локальных преобразований предшествующих позиций.

Таким образом, в каждой позиции АНПА, где выполняется съемка, визуальный метод позволяет определить параметры траектории, а также 3D координаты точечных особенностей на поверхностях наблюдаемых объектов.

Описанная выше базовая вычислительная схема была модифицирована за счет реализации адаптивной методики расчета траектории АНПА, направленной на повышение эффективности метода.

Адаптивная методика. При реализации визуального метода обычно используется схема расчета траектории с фиксированным шагом выбора обсчитываемых позиций АНПА. Однако она не оптимальна, поскольку не учитывает характера движения АНПА в условиях конкретной сцены. В частности, не гарантируется достаточное количество

сопоставленных особенностей, не учитываются форма траектории и динамика движения АНПА, число накапливаемых в буфере памяти кадров съемки при реальном движении аппарата не будет соответствовать фиксированному шагу. Как следствие это препятствует обеспечению режима реального времени в случае вычислительной трудоемкости используемых алгоритмов. Согласно методу визуальной одометрии вычисление текущей позиции АНПА основывается на результатах обработки всех предшествующих позиций. Поэтому для соответствия режиму реального времени необходимо, чтобы скорость алгоритмических вычислений была достаточной для того, чтобы время компьютерной обработки поступающих визуальных данных не превышало времени движения АНПА по траектории на текущий момент. Адаптивность реализуется тремя совместно работающими механизмами: а) выбор размера очередного шага в зависимости от степени перекрытия зон видимости стереокамеры для двух соседних позиций; б) уменьшение шага, если число сопоставленных особенностей меньше заданного порога; и в) отсечение тех частей изображения, которые не относятся к перекрытию зон видимости, оно выполняется непосредственно перед генерацией и сопоставлением особенностей в каждом из 4 исходных изображений.

Первый механизм позволяет задавать максимальный размер очередного шага, гарантирующий заданную величину общей (для двух позиций) зоны видимости, что направлено на минимизацию числа обсчитываемых позиций и соответственно на уменьшение времени счета. Уменьшение или увеличение размера общей области видимости позволяет увеличивать или соответственно уменьшать максимальный шаг. Зависимость между величиной перемещения камеры и величиной общей зоны видимости определяется геометрией, показанной на рисунке. 1.

Второй механизм (уменьшения шага) направлен на поддержание числа особенностей на уровне не ниже заданного порога, что необходимо для обеспечения высокой точности вычисления матрицы локального преобразования (определяет перемещение АНПА из предыдущей в текущую позицию). Если количество сопоставленных особенностей меньше заданного порога, то делается повторное сопоставление

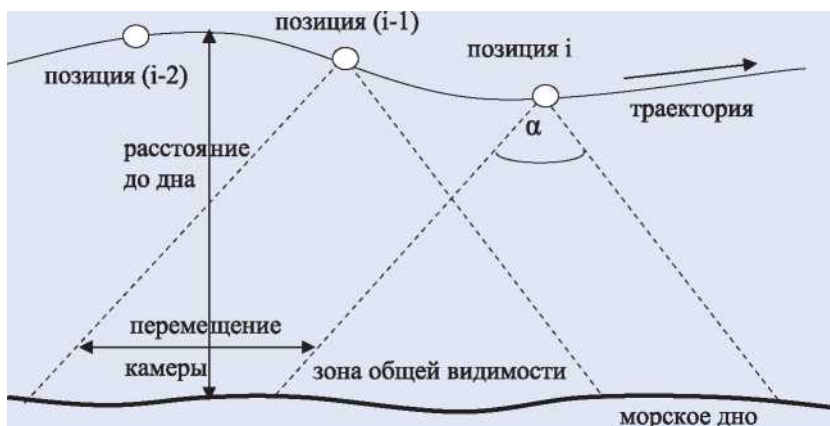


Рис. 1 – Вычисление адаптивного шага

после деления шага пополам (в экспериментах порог варьировался от 30 до 100 точечных особенностей). Процесс итеративный, пока не выполнится условие или размер шага не достигнет 1 кадра. Этот же алгоритм обеспечивает и последующее постепенное восстановление размера шага до максимального расчетного путем его удвоения.

Механизм отсечения части изображения, не относящейся к общей зоне видимости, дает два преимущества. Первое – сокращение времени обработки на этапе сопоставления особенностей за счет меньших размеров обрабатываемых изображений. Второе – эта процедура служит также и фильтром, поскольку естественным образом исключает возможные ошибочные сопоставления особенностей на перекрывающихся областях, что, в конечном счете, приводит к повышению точности вычислений локальных преобразований.

Выводы. Был описан традиционный метод формирования визуализации и обработки стереопоследовательности, а также его модифицированная и более оптимальная версия.

Список литературы:

1. Автономные подводные роботы: Системы и технологии / М.Д. Агеев, Л.В. Киселев, Ю.В. Матвиенко [и др.]. М.: Наука, 2005. 398 с.
2. Частиков А.П., Тотухов К.Е., Урвачев П.М. Теоретические основы интеллектуальной диагностики виртуального робота [Электрон-

ный ресурс] // Соврем. проблемы науки и образования. 2013. № 1.
URL: www.science-education.ru/107-8310.

3. Инзарцев А.В., Павин А.М., Багницкий А.В. Планирование и осуществление действий обследовательского подводного робота на базе поведенческих методов // Подводные исследования и робототехника. 2013. № 1(15). С. 4-16.

УДК 621.314.621

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ АКУМУЛЯТОРІВ ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

***Автори:** В.О. Оніпко; В.М. Овсянников, к.т.н., доцент,
Національний університет кораблебудування імені адмірала
Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Невід'ємним елементом енергетичного комплексу підводного апарату (ПА) є зарядний пристрій (ЗП) акумуляторів. Безумовно, що зовнішні характеристики такого ЗП є дуже важливими для надійності та довго тривалості експлуатації силового елементу ПА – акумулятора. При чому ці характеристики необхідно змінювати при різних видах зарядження акумулятора.

Основною метою статті є проведення аналізу схемотехніки сучасних джерел живлення зарядних пристроїв та виявлення перспективних технологій їх розробки.

Як відомо всі типи ЗП можна розподілити на дві групи: низькочастотні та високочастотні (інверторні). Інверторні мають значні переваги, а саме: струм після інвертора та подальшого спрямлення практично постійний та не залежить від коливань параметрів напруги живлення та параметрів навантаження. Крім того, струм зарядження акумуляторів ПА можна плавно регулювати наприклад за наявності електронного керування. В даному разі ЗП має значно менший розмір та масу за рахунок використання ультракомпактних трансформаторів [1].

На сьогоднішній час такі пристрої випускаються в основному закордонними виробниками, наприклад: SAF(Франція), FRONIUS (Австрія), ESAB (Швеція), MILLER (США). Вітчизняні виробники також

випускають інверторні апарати, але вони, порівняно з закордонними мають великі масо-габаритні показники, відносно низьку якість. В них, як правило, відсутня глибока стабілізація напруги та струму. Крім того, система контролю потужності та захисту не забезпечує необхідної швидкості перемикання.

З метою покращення характеристик ЗП та автоматизації процесу зарядження акумуляторів ПА пропонується інтегрувати в систему курування мікропроцесорний автоматичний універсальний регулятор MIG PROGRESS 4 [2].

Мікропроцесорна система керування інвертором має очевидні переваги. Приведемо основні з них, що пояснюють чому регулюючий пристрій такого типу виявився ефективним для вирішення цілої сукупності задач керування складними динамічними об'єктами.

Завдяки чіп-технології можуть бути легко введені нові поліпшені програми і реалізовані складні закони керування, у тому числі і такі, які важко або практично неможливо здійснити за допомогою традиційних засобів. Крім того, мікропроцесорна система керування знижує витрати і терміни проведення налагоджувальних робіт і змінює їхній характер. Також в даному випадку полегшується аналіз аварійних режимів і перехідних процесів, що без втрачення інформації можуть бути зареєстровані в пам'яті мікроЕОМ. Універсальність застосування мікропроцесорної системи курування дає можливості приєднання дистанційних регуляторів integral C10, Super Puls SP10 та інших. Тим самим забезпечується гнучкість керування процесу зарядження акумуляторів.

Завдяки оригінальній побудові, високої інтеграції електроніки, високої перешкодозахищеності по інформаційних каналах і ланцюгам живлення й інших засобів, забезпечуються упевнене функціонування і надійність роботи всього комплексу.

Центральною частиною регулятора є математична модель процесу зарядження акумулятора ПА. На її основі мікропроцесор виробляє оптимальні параметри процесу зарядження в цілому.

Відповідно до заданої програми 50000 разів у секунду здійснюються порівняння фактичних параметрів напруги та струму навантаження ЗП з обчисленими на моделі. Динамічний інвертор працює з гранично високою тактовою частотою, тому будь-яке відхилення параметрів від оптимальних коригується миттєво.

Технічна реалізація цифрового універсального електронного регулятора надвисокої швидкодії показана на рисунку 1. Регулятор побудований на базі однокристалльної восьмирозрядної високопродуктивної мікроЕОМ сімейства МК 5280С32. Запам'ятовуючий пристрій складається з ОЗП з послідовним доступом 24LC32 (DD6) і перепрограмуємого постійного запам'ятовуючого пристрою (ППЗП) 27С256 (DD8) ємністю 32 Кбайт.

Основним елементом підсистеми введення аналогових сигналів є функціонально закінчений, спільний з мікропроцесорами АЦП послідовного наближення типу К1113РV1 (DA3). Мікросхема виконує функції 10-розрядного аналого-цифрового перетворювача з представленням результатів перетворення в паралельному двійковому коді. Керування ключем DA1 по входах здійснюється через порт Р3.4 мікроЕОМ.

Запуск АЦП для перетворення виконується через порт Р3.5. Для сполучення АЦП з загальною магістраллю мікроЕОМ використовується регістр 74НС373 (DD2).

Для візуальної індикації внутрішнього стану регулятора і цифрової інформації, що перетворюється мікроЕОМ застосовується рідкокристалічна панель із системою керування типу РС0802.

Експериментальні дослідження ЗП, виконаного за приведеною схемою універсального регулятора, показали, що дуже важливим для забезпечення стабільної роботи джерела струму є вибір силових ключових елементів. Найбільш доцільним в даному випадку є використання силових IGBT – транзисторних модулів. При чому, для керування процесів зарядження акумуляторів великої ємності (при потужностях в межах до 10 кВт), кращі результати можуть бути отримані, коли застосовуються гібридні інтегральні інтелектуальні силові модулі. Таки модулі поєднують у собі: силовий ємнісний фільтр; мікросхему драйвера, призначену для формування та підсилення керуючого сигналу, що надійшов з системи курування; фільтр захисту від радіозавад; блок захисту, який відслідковує за параметрами напруги, струму, температури, явищами КЗ; блок живлення власних потреб.

Для реалізації перетворювача частоти достатньо змонтувати модуль на радіаторі, підключити живлення, навантаження, гальмівний резистор та подати керуючі сигнали.

Секція 2. Електрообладнання та автоматика підводних систем і комплексів

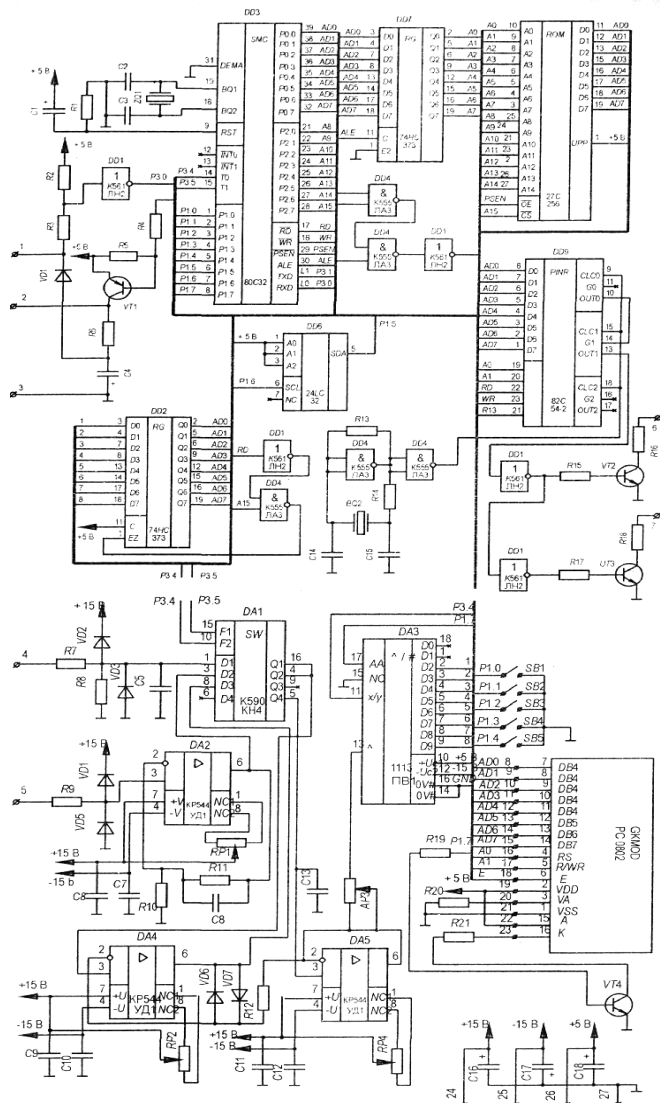


Рисунок 1 - Цифровий універсальний регулятор струму

До основних висновків можна віднести наступні: в сучасних ЗП доцільно використовувати інверторні блоки живлення з використанням силових IGBT –транзисторних модулів; в схему керування інвертором необхідно встановлювати мікропроцесорний контролер; застосування мікропроцесорного регулювання дозволить створити гнучку систему керування на базі мікроЕОМ.

Список літератури:

1. Овсянников В.М., Коколов С.О. Перспективні розробки малогабаритних джерел живлення для плазменних технологій Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю ПАЕТЗ – 2007. – Миколаїв: НУК ім. адмірала Макарова, 2007.
2. Верещаго Є.М., Квасницький В.Ф., Мірошніченко Л.М., Пентегов І.В. Схемотехніка інверторних джерел живлення для дугового зварювання: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – 283 с., іл.

УДК 621.314.621

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

Автори: В.О. Оніпко; І.І. Шлапак; Р.О. Воскобойніков; В.М. Овсянников, к.т.н., доцент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

На сьогодні системи керування потужністю (СКП) є ключовою складовою практично всіх суднових систем автоматизації енергетичних установок. Використання таких систем дозволяє максимізувати здатність запобіганню аварійного відключення електроживлення й мінімізувати витрату палива. СКП дає можливість зменшити витрати на обслуговування через захист устаткування проти поломок і збоїв. Через взаємодію СКП з іншими системами керування, може бути забезпечена максимізована робота підводного апарату (ПА). Особливо актуальним завданням можна назвати втілення таких систем на ПА великої потужності.

Не залежно від класу ПА, його енергетична система повинна бути стійкою до деяких несправностей. Згідно теорії, для конкретного судна фактичну повну встановлену потужність, яка підлягає управлінню, можна виразити наступним рівнянням [1]:

$$P_{rg} = P_{rgs} \cdot \frac{N_{comp}}{N_{comp} - 1}, \quad (1)$$

де P_{rg} – повна встановлена потужність, P_{rgs} – необхідна потужність генерування й N_{comp} – число відділених підсистем.

Генераторні установки, що живлять маршові двигуни, підрують пристрої і їхні допоміжні системи, завжди розміщені в окремих приміщеннях судна – електростанціях. При цьому, рівняння (1) засноване на рівній здібності кожної з підсистем, що звичайно застосовується в корабельних проектах. Згідно (1), встановлена потужність зменшується зі зменшенням числа підсистем, або числа машинних відсіків. Найвищу P_{rg} можна отримати із двома підсистемами (якщо $N_{comp} = 2$, тоді $P_{rg} = 2P_{rgs}$). Коли N_{comp} збільшується, P_{rg} прагне до P_{rgs} , тобто $P_{rg} \approx P_{rgs}$.

Зменшення встановленої навантажувальної здатності по потужності P_{rg} повністю компенсує збільшення додаткових відсіків, кожного з допоміжними системами й службами. Таким чином, вказані суперечливі цілі й обмеження призводять до необхідності рішення задачі оптимізації. Основними обмеженнями рішення задачі оптимізації є: уразливість до одиночних дефектів з можливістю розширюватися на багаторазові дефекти; виконання функцій системи при різних експлуатаційних й погодних умовах.

Цілями задачі оптимізації є: мінімізація встановленої потужності ПА; мінімізація складності енергетичної системи й витрат на додаткове допоміжне устаткування; мінімізація експлуатаційних витрат; мінімізація витрат палива.

Для реалізації цих цілей, корисно користуватися алгоритмом резервування енергетичної системи [2], який наведено на рис.1.

При визначенні кількості рівнів резервування енергетичної системи з одним, або двома машинними відділеннями, необхідно враховувати:

– рівень генерування потужності (визначає число генераторних установок);

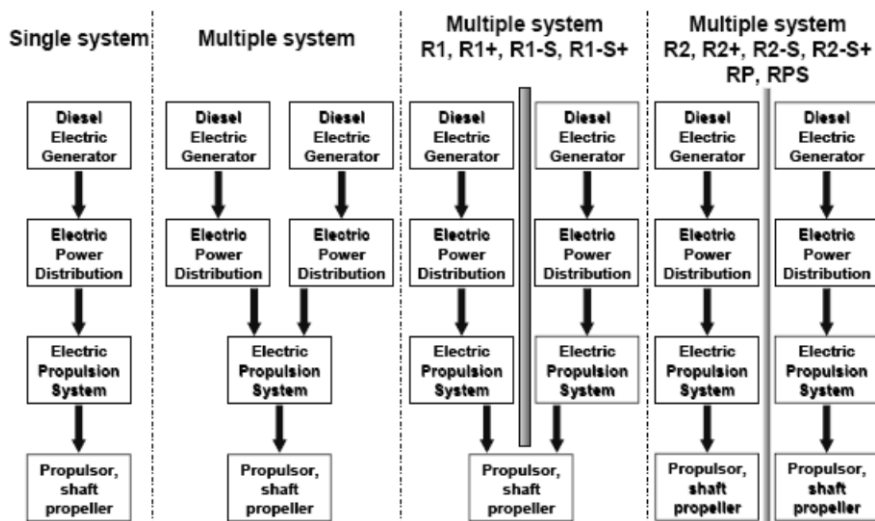


Рисунок 1 – Різні рівні резервування енергетичної системи для одного або двох машинних відділень

- рівень розподілу потужності (визначає число розподільних щитів, споживачів, і т.д.);
- електричну частину головної енергетичної установки (число частотних перетворювачів, електродвигунів, і т.д.);
- механічну частину головної енергетичної установки (число валів, механізмів, рушіїв, і т.д.).

Для кожного із цих рівнів цілі й обмеження, визначені вище, можуть бути включені в рішення задачі оптимізації. Конструкційні обмеження впливають на потужність при експлуатації ПА, а також на надійність його енергосистеми.

Таким чином, робота СКП буде залежати великою мірою від більшості постійних параметрів, таких як: конфігурація енергетичної системи; клас DP; встановлена потужність; число генераторних установок; число розподільчих щитів.

Слід відмітити схильність системи керування потужності ПА до дефектів.

Секція 2. Електрообладнання та автоматика підводних систем і комплексів

У звичайному машинному відділенні з більш низьким рівнем автоматизації система керування централізована в одному контролюючому блоці (центральный процесор) і багатьох місцевих блоках керування, які розподілені в машинному відділенні. Головна станція оператора розташована в тому ж самому місці де й центральний процесор – приміщенні ЦПУ.

На судах з високим рівнем автоматизації, які експлуатуються сьогодні, розподіл функцій СКП відбувається в декількох блоках. На рис.2 показано інтеграційну систему, яка охоплює зв'язки з судновою мережею, між постами керування, програмувальними логічними контролерами маршових двигунів й двигунів підрулюючих пристроїв.

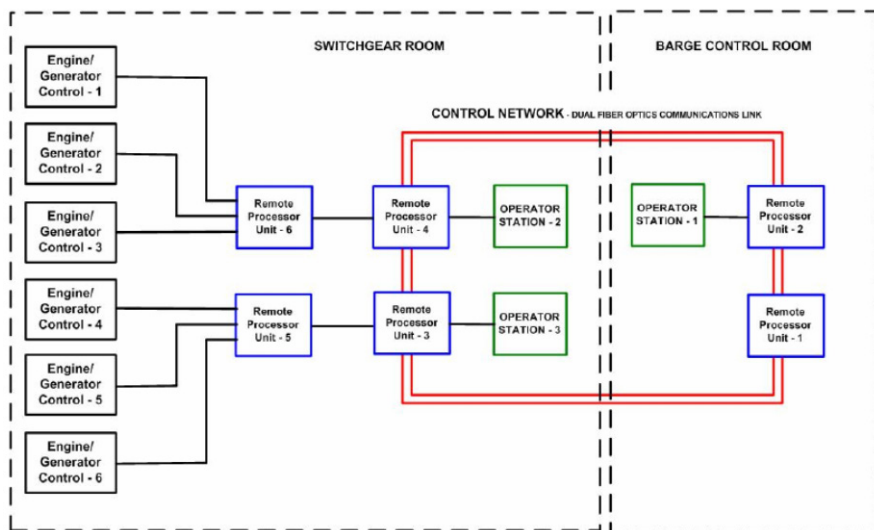


Рисунок 2 – Функціональна інтеграція й інформаційний розподіл в СКП.

На рис. 2 видно, що структура СКП є достатньо складною. Всі елементи системи виконують обчислення, засновані на інформації, отриманій від її власної шини.

У випадках, коли судно працює з енергетичною системою, що розділена на дві або більше ізольовані підсистеми, у кожній енергетичної системи буде своя власна підстанція СКП. В даному випадку кожна підстанція СКП може діяти як автономна одиниця.

Для менших суден [3], що характерно для ПА, кожен контролер відповідає за станцію в цілому. Тут СКП контролює режимами експлуатації й режимами готовності.

Висновки

1. Система керування потужністю ПА повністю контролює споживану потужність й порівнює її з доступним виробітком.
2. Система керування потужністю судна може автоматично запускати й зупиняти генераторні агрегати та змінювати їх навантаження.
3. У випадку раптової відмови працюючої генераторної установки, енергетична система буде переключена на інші генераторні агрегати.

Список літератури:

1. Kroneberg. André Innovation in shipping by using scenarios.
2. Kurt Strand A. System Dynamic Approach to One-dimensional Fluid Flow.
3. Steinebach, Christian Knowledge Based. Systems for Diagnosis of Rotating Machinery.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАБЕЛЬНОЙ ЛЕБЕДКИ ПОДВОДНОГО КОМПЛЕКСА

Автор: С.Ю. Осадчий, студент, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

Компенсация влияние качки может осуществляться с помощью спуско-подъемного устройства (СПУ) [1], чертеж которого представлен на рис.1.

Такое СПУ, по сравнению с устройствами, рассмотренными в главе 6, обладает двумя весьма существенными преимуществами. Во-первых, много-кратно уменьшается износ кабель-троса от изгибных деформаций на блоках СПУ, так как в режиме компенсации качки, при постоянном среднем значении глубины погружения БПО, барабан

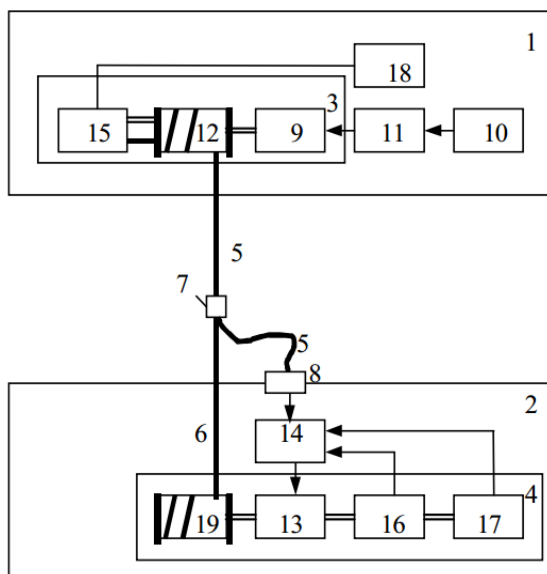


Рис.1 – Спуско-подъемное устройство

1 – судно-носитель; 2 – БПО; 3 – судовая лебедка;
4 – амортизирующая лебедка; 5 – кабель-трос; 6 – дополнительный трос; 7 – замковое соединение; 8 – гермоввод; 13 – электропривод;
10 – задатчик скорости; 14 – блоки управления электроприводом;
19 – барабан лебедки; 15 – токосъемник; 16 - измерительный преобразователь длины дополнительного троса; 17 – измерительный преобразователь скорости дополнительного троса; 18 – задатчик среднего значения длины вытравленного троса.

судовой лебёдки неподвижен и кабель-трос не перемещается по блокам. Во-вторых, компенсация влияния качки производится за счёт работы маломощной амортизирующей лебёдки, установленной на БПО. При этом в два и более раз может быть уменьшена мощность судовой лебёдки. Доказательства этих преимуществ приведены ниже. СПУ содержит судовую лебедку 3, установленную на судне-носителе 1, и амортизирующую лебедку (АЛ) 4, установленную на БПО 2. Кабель-трос 5 связан с дополнительным тросом (канатом) 6 замковым соеди-

нением 7 с образованием петли между соединением 7 и креплением кабель-троса к БПО 8. Система управления электроприводом 9 судовой лебедки включает в себя задатчик скорости 10 и управляющий блок 11. Верхний конец кабель-троса 5 наматывается на барабан судовой лебедки 12, а нижний конец соединен с БПО.

Электропривод 13 АЛ подключен к выходу управляющего блока 14, вход которого через кабель-трос 5 и токосъемник 15 соединен с датчиком 18 среднего значения смотанной с барабана 19 длины троса 6. Измерительные преобразователи длины 16 и скорости 17 дополнительного троса подключены к управляющему блоку 14. Основное перемещение БПО осуществляется путем сматывания или наматывания кабель-троса 5 с барабана судовой лебедки 12 со скоростью, заданной датчиком 10. АЛ вместе с управляющим блоком 14 образует систему автоматического управления (САУ) моментом привода лебедки, который определяется суммой сигналов с датчика 18 и сигналов отрицательной обратной связи от измерительных преобразователей 16 и 17. Момент на барабане АЛ имеет постоянную и переменную составляющие. Постоянная составляющая уравнивает момент нагрузки, соответствующий весу БПО в воде, а переменная составляющая, в свою очередь, разделяется на две. Первая из них, выполняя функции упругого элемента, пропорциональна отклонению от заданного значения смотанной с барабана 19 длины дополнительного троса. Вторая составляющая переменного момента амортизирующей лебедки предназначена для выполнения функции демпфирующего элемента.

Она пропорциональна скорости дополнительного троса или угловой скорости электродвигателя амортизирующей лебедки. Среднюю длину смотанной части дополнительного троса можно изменять, подавая соответствующий сигнал с датчика 18. При этом изменяется расстояние между замковым соединением и БПО и, следовательно, глубина его погружения. Таким способом производят дополнительное перемещение БПО в вертикальном направлении, ограниченное полной длиной дополнительного троса. Этим перемещением можно подрегулировать глубину погружения БПО, компенсируя, например, влияние течений, или осуществить плавное сближение опускаемого объекта с каким-либо предметом на морском дне.

При изменении скорости буксирной лебедки или под действием качки судна на морском волнении в кабель-тросе 5 возникают продольные механические колебания, вызывающие переменные усилия, которые, воздействуя через дополнительный трос 6 на АЛ, изменяют момент на ее барабане 19. При перемещении соединения 7 вверх дополнительный трос сматывается с барабана АЛ, и при перемещении соединения вниз – наматывается, уменьшая тем самым размах изменения усилия в дополнительном тросе 6 и перемещения БПО. Таким образом осуществляется компенсация качки судна на глубину погружения БПО, удержание опускаемого объекта на взволнованной поверхности воды и устраняется появление слабины и рывков в гибкой связи.

Радиусы кривизны петли кабель-троса между замковым соединением 7 и гермовводом 8 в процессе работы амортизирующей лебедки изменяются, оставаясь при этом в несколько раз большими, чем радиусы блока и барабана судовой лебедки 3.

Поэтому износ кабель-троса с таким СПУ значительно снижается по сравнению с вариантом, когда компенсация влияния качки судна осуществляется с помощью судовой лебедки. Если всё-таки произойдёт обрыв медных токоведущих проводников кабель-троса на участке между замковым соединением и гермовводом, то этот, относительно короткий, отрезок кабель-троса может быть удалён без особого ущерба для функциональных возможностей БПО.

Вывод: представлен алгоритм оптимальной конфигурации КТ, при которой он оказывает минимальное воздействие на ПА.

Список литературы:

1. Автономные подводные роботы: системы и технологии / М.Д. Агеев, Л.В. Киселев, Ю.В. Матвиенко и др.: под общ. ред. М.Д. Агеева; [отв. ред. Л.В. Киселев]; Ин-т проблем морских технологий. – М.: Наука.
2. Агеев М.Д., Касаткин Б.А., Киселев Л.В. и др. Автоматические подводные аппараты. Л. Судостроение, 1981.

ЗАДАЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Автор: Д.А. Саржан, студент, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

Цель работы. Формирование задач и необходимых для интеллектуальной системы для формирования адекватного поведения подводного аппарата в аварийных ситуациях.

Обработка результатов

Контрольно-аварийная система (КАС) является одним из основных компонентов информационно-управляющей системы подводного робота (ПР). КАС обеспечивает как безопасность робота под водой, так и его устойчивость к сбоям подсистем, что повышает вероятность выполнения задания. Основной информацией для распознавания неисправностей являются сигналы, вырабатываемые средствами самодиагностики подсистем робота, а также измеряемые датчиками параметры. В настоящее время работа КАС аппарата основана на гипотезе об изолированности сигналов. Для случая нескольких квазисовременных сигналов реакция робота не всегда является адекватной.

Для реализации предлагаемого интеллектуального КАС (далее ИКАС) используется онтологический подход, который позволяет избавиться от упомянутых недостатков существующей версии КАС. ИКАС функционирует как агент тактического уровня информационно-управляющей системы, способный выполнять диагностические действия (подмиссии) при необходимости. ИКАС формируется компилятором по заданной базе знаний и описанию конфигурации робота с использованием облачной платформы IASaaS. Знания представляются семантической сетью. Архитектура ИКАС АПР состоит из трех основных блоков: блока формирования знаний о диагностике неисправностей АПР, транслятора знаний в программный код и собственно КАС АПР.

Подводные роботы (ПР) находят всё более широкое применение для выполнения длительных океанологических исследований или технологических операций. При осуществлении таких работ крайне акту-

альна надійність функціонування робота і його здатність в максимальній ступені виконати передбачені задачі.

ПР можна розглядати як пристрій для генерації ціленаправленого і адекватного поведіння. Ціленаправленість означає, що поведінка робота орієнтована на рішення поставлених перед ним завдань, які описуються місією (програмой-заданием). Адекватність його поведінки визначається здатністю розумним чином реагувати як на події, що відбуваються в зовнішньому середовищі (наприклад, виникнення перешкодж і здатність к ним обходу), так і на події, що виникають в внутрішньому середовищі (наприклад, виникнення несправностей окремих пристроїв апарату), зберігаючи ціленаправленість поведінки (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Модель поведінки підводного апарату

Адекватність поведінки ПР підтримується контрольно-аварійною системою (КАС), яка входить в склад інформаційно-управляючої системи (ІУС) і тим чином здійснює проведення ди-

агностику робота. Основной информация, которой оперирует КАС, а также параметры, измеренные датчики внешней среды и навигационной системы ПР (внешняя информация). К числу основных задач, решаемых КАС, можно отнести:

- диагностика состояния ПР на основе анализа внутренних и внешних событий и измеряемых параметров;
- локализацию аварийных ситуаций путем выполнения действий по восстановлению, использованию альтернативных режимов движения или работы бортового оборудования;
- трансформацию миссии при невозможности выполнить её целиком.

В настоящее время работа КАС аппарата основана на гипотезе об изолированности сигналов, т.е. КАС реагирует на эту информацию реактивно – при появлении того или иного сигнала выполняется связанный с этим сигналом программный модуль. Во многих случаях такое поведение аварийной системы оправданно, однако существуют ситуации, когда единичная авария может вызвать появление нескольких сигналов квазиодновременно. Кроме того, одна авария может повлечь последовательность других аварий. В существующей версии КАС эта проблема частично разрешается путём настройки временных задержек на реакцию по каждому сигналу. Однако в общем случае реакция робота на такие неисправности не всегда является адекватной. Это может приводить к преждевременному прекращению миссии в ситуациях, когда она может быть продолжена за счёт использования дублирующих бортовых устройств, альтернативных режимов движения или хотя бы в сокращенном варианте.

Выводы. Были сформированы основные задачи необходимые для интеллектуальной системы для формирования адекватного поведения подводного аппарата в аварийных ситуациях. Также формирование общей модели принятия решений подводным аппаратом.

Список литературы:

1. Автономные подводные роботы: Системы и технологии / М.Д. Агеев, Л.В. Киселев, Ю.В. Матвиенко [и др.]. М.: Наука, 2005. 398 с.

2. Частиков А.П., Тотухов К.Е., Урвачев П.М. Теоретические основы интеллектуальной диагностики виртуального робота [Электронный ресурс] // Современ. проблемы науки и образования. 2013. № 1. URL: www.science-education.ru/107-8310.

3. Инзарцев А.В., Павин А.М., Багницкий А.В. Планирование и осуществление действий обследовательского подводного робота на базе поведенческих методов // Подводные исследования и робототехника. 2013. № 1(15). С. 4-16.

УДК 629

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИМУЛЯТОРА РУХУ АВТОНОМНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА З РАДІОБУЄМ

Автор: А.С. Сірівчук, викладач, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Розробка кожної системи автоматичного керування потребує проведення великої кількості перевірок працездатності. Використання симулятора значно зменшує затрати часу та матеріальних витрат при її розробці, оскільки відпадає необхідність витрати на використання та перевезення макету або установки на проміжних етапах розробки.

Основними елементами симулятора руху автономного підводного апарата з радіобуєм (АПА-РБ) (рис. 1) є: математична модель руху корпусу АПА, кабель-буксиру (КБ) та радіобую (РБ), модель зовнішнього середовища, модель рушійно-рульового комплексу (РРК) та симулятору датчиків.

Математична модель руху корпусу АПА включає в себе рівняння динаміки руху твердого тіла в просторі, а також розрахунок сил які дію на підводний апарат та засоби інтегрування кінематичних параметрів корпусу. Вихідними значеннями даної моделі є вектор кутового положення АПА в просторі $\bar{\Omega}_{ПА}$, координати $\bar{X}_{ПА}$, прискорення $\bar{a}_{ПА}$, кутову $\bar{\omega}_{ПА}$ та поступальну $\bar{v}_{ПА}$ швидкість апарата. Зовні математична модель отримує вектори сил РРК $\bar{F}_{РРК}$ та РБ $\bar{F}_{КБПА}$, а також підводні течії $\bar{v}_t$.

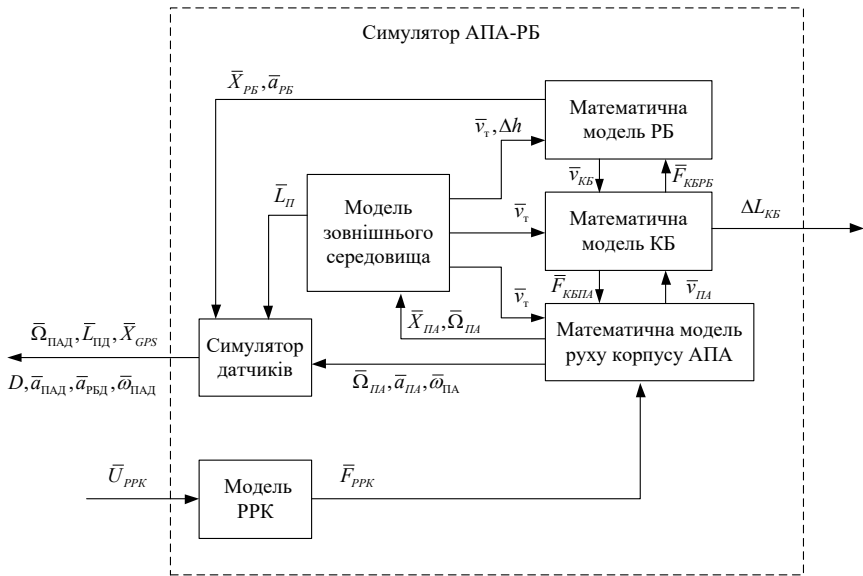


Рисунок 1 – Структура симулятора руху підводного апарата

Математична модель КБ включає в себе модель руху гнучкої лінії в просторі та визначення сил які діють, як на АПА $\bar{F}_{КБПА}$ так і на РБ $\bar{F}_{КБРБ}$. Крім того при моделюванні зміни розміру гнучкої лінії ΔL_{KB} її ланки мають можливість змінювати свій розмір таким чином можна промодельовати діяльність лебідки кабель-буксиру.

Особливістю моделювання РБ є неповне його занурення під воду, а й можливість моделювання хвильового збурення Δh , що діє на нього. В якості вихідного сигналу виступає положення РБ на площині $\bar{X}_{РБ}$ (для симуляції роботи GPS), $\bar{a}_{РБ}$ поступальне прискорення радіобуя та поступальна швидкість РБ $\bar{v}_{КБ}$.

Модель зовнішнього середовища включає в себе карту підводних течій, генератор хвилювань для РБ та карту рельєфу місцевості. Відповідно до положення ПА по карті місцевості визначаються довжини

між апаратом та перешкодами $\bar{L}_D$ та даний сигнал передається на симулятор датчиків. Також по положенню апарата визначається вектор швидкості течії $\bar{v}_T$.

Для підвищення реалістичності використовується симулятор датчиків, що працює для затримки значення сигналів та можливості додавання перешкоди до сигналу зворотного зв'язку на виході передається модифікований сигнал. В якості вихідного сигналу використовується кутове положення апарата $\bar{\Omega}_{\text{ПАД}}$ (моделювання магнітометра та акселерометра), відстань до об'єктів $\bar{L}_{\text{ПД}}$ (гідроакустичні дальноміри), положення радіобуя $\bar{X}_{\text{GPS}}$ (GPS), глибина D (датчик тиску), прискорення апарата $\bar{a}_{\text{ПАД}}$ та $\bar{a}_{\text{РБД}}$ радіобуй (акселерометр), кутова швидкість апарата $\bar{\omega}_{\text{ПАД}}$ (гіроскоп).

Висновок

Використання симулятору руху АПА-РБ дозволить більш швидко розробити систему автоматичного керування для такого типу апарата, а використання симулятору датчиків дозволить заздалегідь передбачити фільтруючі модулі в регуляторі, що значно зменшить час налаштування при використанні на реальному об'єкті.

УДК 629

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ ПІДВОДНОГО АПАРАТА З РАДІОБУЄМ

Автори: А.С. Сірівчук, викладач; О.М. Архипов, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Передовий досвід провідних морських країн світу (США, Італія, Франція) свідчить, що для мілководних акваторій (глибиною до 50 м) доцільно використовувати автономні підводні апарати з буксированими радіобуями (АПА-РБ). Такий підводний апарат не має недоліків «класичних» автономних підводних апаратів (АПА) (неможливість реалізації режиму «on-line») та недоліків «класичних» прив'язних під-

водних апаратів (обмежений радіус робочої зони і необхідність постійного залучення надводного судна забезпечення). До того ж АПА-РБ має значно меншу собівартість за рахунок малої робочої глибини та можливості оперативного ручного керування підводними місіями і передачі інформації в режимі реального часу

Пропонований архітектурно-конструктивний тип підводного апарата містить як зовнішнє начиння обладнання буксирований радіобуй (РБ), який розташований у верхній кормовій частині АПА та має змогу автоматично відстикувуватися від нього, рухатися поверхнею моря в буксирувальному режимі для забезпечення двостороннього зв'язку з береговим або судовим постом керування, а також автоматично пристиковуватися до АПА після завершення місії. Керовану зміну довжини КБ для вказаних режимів забезпечує автоматична лебідка КБ, яка розташована на АПА.

Структура живлення НПА складається з двох основних частин (рис. 1): блок електроніки (БК), блок силової електроніки (БСЕ). В свою чергу БК складається з бортового комп'ютера, світлового діода, DC/DC перетворювача, комутатора, світильника, камери. БСЕ складається з блока керування двигуном, драйвера двигуна, маршевого двигуна, вертикального двигуна, двигуна лебідки, блока керування лебідки, і DC/DC перетворювача.

В якості джерела живлення поста керування може виступати судова електростанція, автономний генератор і берегова лінія електропередачі. Зазвичай, джерелом живлення є судова електростанція, оскільки більшість робіт, що проводиться з залученням ПА, виконуються з судна носія.

На персональний комп'ютер або ноутбук встановлюється ньому необхідне програмного забезпечення та приєднується пристрій керування (джойстик). Завданням даного комп'ютера є керування ПА, моніторинг його стану та передача відеосигналу на допоміжний монітор.

Радіобуй – це морський буй з радіопередавачем, автоматично подає радіосигнали за допомогою Wi-Fi точки на пост керування. Радіобуй з'єднується з ПА за допомогою кабель тросу (КТ). КТ обирається з нульовою плавучістю.

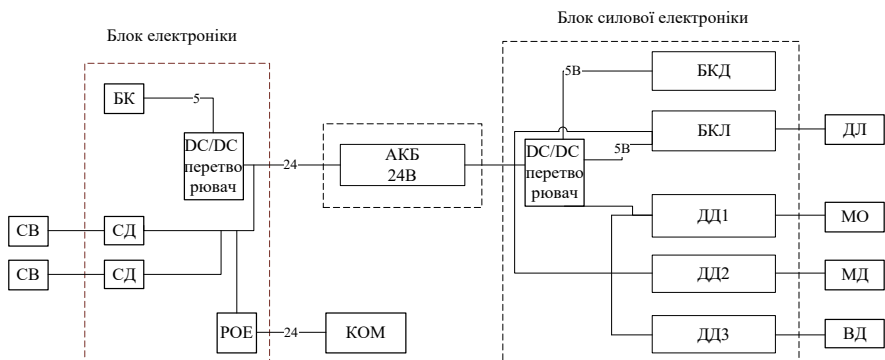


Рисунок 1 – Узагальнена структура живлення

Обладнання підводного апарата розміщено в міцних корпусах (МК), розділених за призначенням. Такий підхід підтверджує модульність конструкції апарата та збільшує електроенергетичну сумісність всього обладнання в цілому.

Головний МК, з точки зору системи керування, включає в себе основні елементи керування та зв'язку. Основним вузлом зв'язку є Ethernet комутатор, який зв'язує бортовий комп'ютер та ІР-камеру з буям радіозв'язку. Для живлення камери та зв'язку з нею по одному кабелю використовується POE-адаптер.

Висновок

Система енергоживлення розроблена з мінімальною кількістю робочих елементів, щоб зменшити розміри обладнання і зробити дешевшим виробництво, але при цьому це не впливає на працездатність.

Список літератури:

1. **Блінцов, В.С.** Сучасні задачі автоматизації керування автономним ненаселеним підводним апаратом з радіобуєм [Текст] // В. С. Блінцов, А. С. Сірівчук // Збірник наукових праць НУК. – №3 – 2017.– с. 56-62

УДК 621.314.621

КРАТКИЙ МОНИТОРИНГ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

*Авторы: И.И. Шлапак; В.Н. Овсянников, к.т.н., доцент,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала
Макарова, г. Николаев, Украина*

Беспилотные подводные аппараты в данный момент оказывают большое влияние на технологию проведения океанографических исследований и технику выполнения работ в море. Так за последние 40 лет в высокоразвитых государствах, которые занимают ведущее положение в области морских технологий, было создано свыше 13 тыс. самоходных необитаемых подводных аппаратов (НПА) [1]. При помощи таких НПА решаются задачи широкого круга. Данные подводные аппараты уже продемонстрировали свою эффективность при выполнении аварийно-спасательных, обзорно-поисковых, научно-исследовательских и других видов работ. Рассмотрим состояние и общие тенденции развития этой категории робототехнических средств.

При всем разнообразии самоходных НПА (по конструктивному облику, типу энергосиловой установки, массогабаритным характеристикам, целевому назначению) общепризнанной классификации в этом классе робототехники еще не сложилось. Поэтому в зарубежных публикациях, посвященных анализу состояния и прогнозу развития НПА, приводятся достаточно противоречивые факты и статистические сведения. Обзор отечественных и зарубежных публикаций в области подводной техники позволил сформулировать наиболее общее и непротиворечивое условное деление самоходных НПА (рис.1).

Все самоходные НПА (UUV – Unmanned Underwater Vehicle) разделяют на два больших подкласса: неавтономные (привязные) НПА и автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА). К неавтономным НПА относят буксируемые и самоходные привязные подводные аппараты. Далее в классе неавтономных НПА будут рассматриваться

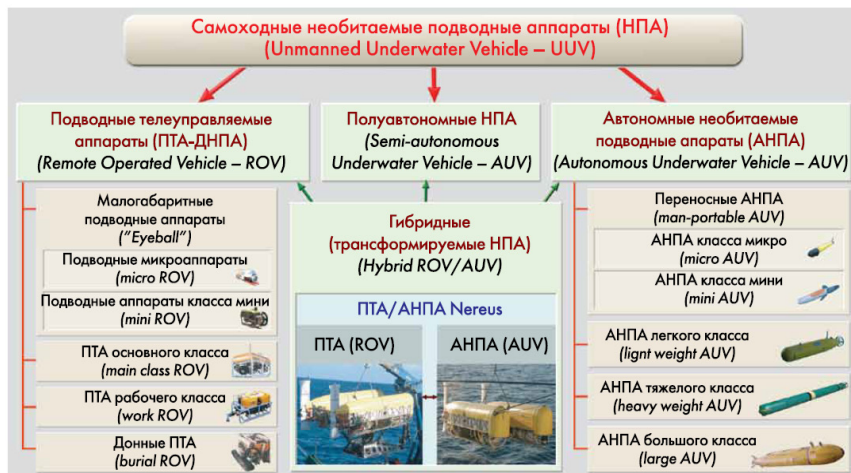


Рисунок 1 – Классификация самоходных НПА (АНПА – по программам ВМС США)

только самоходные аппараты (аппараты с движительной системой). Неавтономные НПА с движительной установкой (самоходные неавтономные НПА) за рубежом называют дистанционно-управляемые аппараты (Remote Operated Vehicle – ROV или ДНПА). В отечественной литературе эти аппараты наиболее часто называют подводными телеуправляемыми аппаратами (ПТА). Причем для отнесения аппарата к этому классу принципиально наличие проводного канала энергообеспечения и телеуправления (кабель-связки). Самоходные НПА могут быть плавающими в толще воды, самоходными донными или с комбинированным типом движения. К автономным необитаемым подводным аппаратам (АНПА) относятся самоходные НПА с автономной системой энергообеспечения и, как правило, беспроводным каналом телеуправления и связи. НПА с автономной системой энергообеспечения, но с проводным каналом управления и связи (обычно на основе волоконно-оптической линии связи), составляют класс полуавтономных аппаратов.

Примером такого полуавтономного НПА может служить аппарат проекта NMRS (Nearterm Mine Reconnaissance System), разработанный компанией Northrop Grumman по заказу ВМС США. Надо отметить,

что деление НПА по признаку автономности сформировалось в процессе эволюции этого вида техники, и под автономностью понимается, прежде всего, энергетическая независимость аппарата от судна-носителя. Таким образом, телеуправляемыми могут быть как автономные, так и неавтономные аппараты.

Самоходные НПА уже сформировались в достаточно представительный класс робототехнических средств, на считывающий свыше 500 различных проектов (моделей).

В разработке и производстве самоходных НПА лидируют США, Великобритания, Канада, Франция, Германия и Япония а также Южная Корея (рис.2).

Назначение НПА

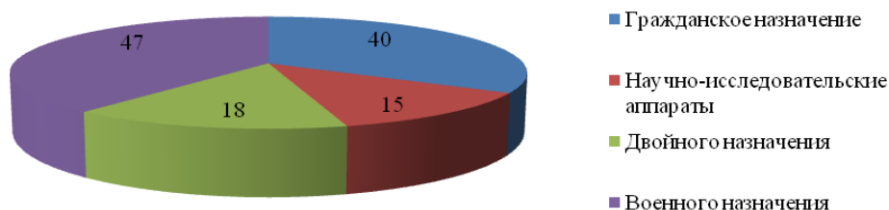


Рисунок 2 – Распределения неавтономных НПА за назначением.

По целевому назначению и особенностям технического оснащения неавтономные НПА разделяют на несколько классов. Рисунок 2 замечательно иллюстрирует сказанное.

Разделение неавтономных НПА на микро и мини уже давно используется в зарубежной литературе. Однако такая классификация не имеет четких границ, а потому не однозначна. Аппараты этих классов можно отнести к изделиям микросистемной техники, сформировавшимся в результате миниатюризации всех систем необитаемых подводных аппаратов (НПА). Поэтому остановимся на следующей услов-

ной классификации неавтономных НПА по массе аппарата: микро (масса менее <5 кг), мини (масса 5–30 кг), легкие (30–500 кг), средние (500–5000 кг) и тяжелые (более 5000 кг).

Класс подводных микроаппаратов (ПМА, micro ROV) сформировался относительно недавно и объединяет аппараты массой не более 5 кг. Как, правило, ПМА предназначены для выполнения обзорно-поисковых работ на глубинах до 100–150 м. Подводные малогабаритные аппараты (mini ROV) – это самоходные НПА с массой от 5 до 30 кг.

Аппараты основного класса предназначены для решения поисковых, инспекционных и осмотровых задач, выполнения легких механических работ в толще воды и проведения измерений параметров водной среды. Их типовые характеристики: максимальная рабочая глубина – до 3000 м (в большинстве проектов – до 1000 м); радиус действия (максимальное удаление от обеспечивающего судна) – до 150 м (в редких случаях до 1000 м); скорость подводного хода – до 2,5 узлов; масса – до 350 кг.

Аппараты для проведения подводно-технических работ (аварийно-спасательных, поисковых, инженерно-строительных и ремонтных) содержат достаточно сложное навесное оборудование (рис.3). В соответствии с чем этот класс НПА имеет массу от 30 до 6000 кг.

Аппарат Deep Ocean Engineering (рис.4) продемонстрировала новейшее дополнение к семейству подводных беспилотных летательных аппаратов. Phantom T5, ROV призван стать мощным, надежным, надежным, портативной и легко расширяемой системы.

Согласно DOE, приложения для Phantom T5 охватывают широкий спектр. Основные составляющие:

- Внутренняя безопасность (оборона, военные, таможня, полиция);
- Мониторинг гидроэлектрической системы;
- Инфраструктурные проверки (мосты, туннели, трубопроводы, корпуса судов);
- Научные исследования (геология, биология, археология);
- Исследования (нефть и газ, спасение, S & R);
- Кинематография (видео, фотографии, фильмы).

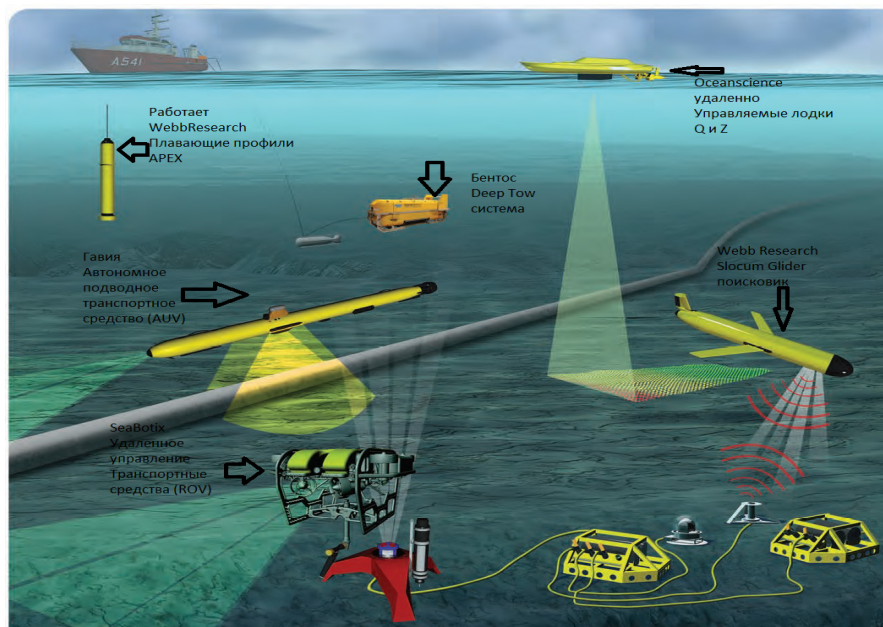


Рисунок 3 – Пример использования НПА по исследованиям океана



Рисунок 4 – Deep Ocean Engineering

Открытая рама Phantom T5 делает механические интеграция ветерок, а выделенное расширение разъемы для перегородки, используемые как для питания, так и для телеметрии, являются стандартными. К тому же, опциональность позволяет клиенту закрепить свои датчики или инструменты, подключая к расширительной переборке разъемы для почти безграничных возможностей задачи, возможностей расширения.

Стандартные функции Phantom T5:

- Full HD видео (1080i и 0,35 люкс) с 20-кратным оптическим масштабирование, экранное видеографическое наложение, установленное на платформе наклона с обратной связью по углу;
- 300-метровая глубина, светодиодные фонари, и переносимость двух человек;
- Доступные для пользователя источники питания / телеметрические переборки и открытая архитектура кадра для облегченного расширения;
- Минимальная площадь основания для быстрого развертывания;
- Высокопроизводительные двигатели с магнитной связью (максимальное отношение тяги к весу и надежность любого ROV в своем классе;
- Устойчивые, не корродирующие полипропиленовые шасси;
- Не требующие технического обслуживания автоматические функции (включая автозаправка, авто-глубина, автоматическая стабилизация и авто-высота).

Возможности океанографических исследовательских беспилотных аппаратов и их потенциальное воздействие на морскую разведку хорошо продемонстрировано, когда наибольшее развертывание морских автономные транспортные средства в британских водах имели место в октябре 2014. В рамках широкомасштабной исследовательской работы, поток из семи USVs и AUV предприняли 300-мильную миссию в районе Атлантический океан с юго-запада Великобритании, чтобы протестировать новые технологии и отобразить морскую жизнь на ключевой поверхности. Два корабля были инновационными британскими устройства, предназначенные для работы в течение нескольких месяцев с использованием возобновляемых источников энергии, включая энергии ветра и волн.

Изложенное можно прокомментировать одним предложением – в современный мир требует все большее и большее количество необитаемых подводных аппаратов.

Список литературы:

1. Л.Бочаров. Необитаемые подводные аппараты: состояние и общие тенденции развития // Журнал "Электроника: Наука, технология, бизнес" 7/2009.
2. Marine Technology January/February 2016.

СЕКЦІЯ 3. ПІДВОДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЕКСПЕДИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ

ІННОВАЦІЙНІ БАТИМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ АКВАТОРІЙ

Автори: В.С. Блінцов, д.т.н., професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна; М.М. Ієвлев, к.і.н., Інститут археології НАН України, м. Київ, Україна; О.В. Чубенко, фахівець, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Протягом 3-х останніх років фахівцями Науково-дослідного інституту підводної техніки НУК виконано низку науково-методичних та виробничих досліджень в акваторії шельфу Чорного моря, річках Дніпро, Південний Буг, Ірша, Уж, Десна. Зокрема, на Дніпрі проведена батиметрична зйомка 5-ти мостів Києва. Також гідролокаційні роботи виконані в ряді країн Латинської Америки, Африки, Європи.

Було використано весь спектр сучасного комерційно доступного гідроакустичного обладнання, картографічного матеріалу, супутникові знімки високої роздільної здатності, рис. 1.



Рисунок 1 – Ширококутовий ехолот SonarHub

Результатом робіт є карти підводного рельєфу донної поверхні у вигляді ізобат із точністю позначення глибин до 0.05м, з кольоровою градацією глибин, об'ємна 3D-модель рельєфу дна. Класичне подання інформації у вигляді ізобат дублюється цифровими растрами глибин у загальноприйнятних обмінних форматах, рис. 2.

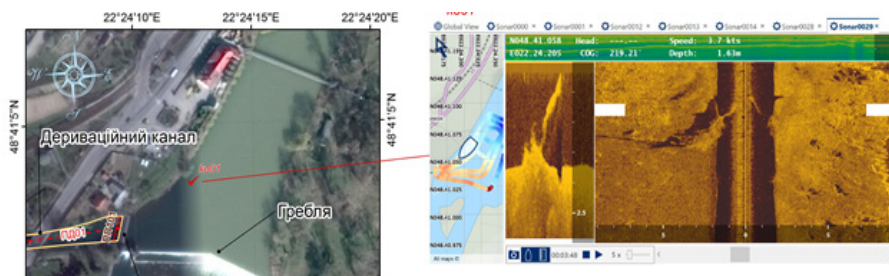


Рисунок 2 – Ідентифікація потенційно небезпечних об'єктів

В роботі використовується сучасне ліцензійне програмне забезпечення класу гідрологічних та геоінформаційних систем в складі програм ReefMaster, Sonar Viewer, ESRI ArcGIS, Mapinfo Professional, інше додаткове програмне забезпечення.

Дослідження дозволять оперативно вирішити низку завдань, а саме:

- уточнення та коригування достовірності навігаційних карт;
- виконання гідрографічних робіт з метою гарантування безпеки плавання (виявлення зон, небезпечних для проходження суден, човнів та інших об'єктів, визначення їх координат і позначення плавучими знаками);
- позначення безпечних підводних зон на ділянках пляжів; пошук і обстеження затонулих об'єктів;
- обстеження та інспекція підводних трубопроводів і комунікацій;
- підводно-технічне обстеження гідротехнічних споруд;
- картографування ареалу розповсюдження придонної флори і фауни;
- складання та актуалізація батиметричних карт;
- попередній розрахунок кількісних та якісних характеристик донних відкладів (мул, пісок);

– ідентифікація донних пасток, сприятливих для концентрації корисних компонентів ряду розсіпних родовищ корисних копалин, рис. 3.

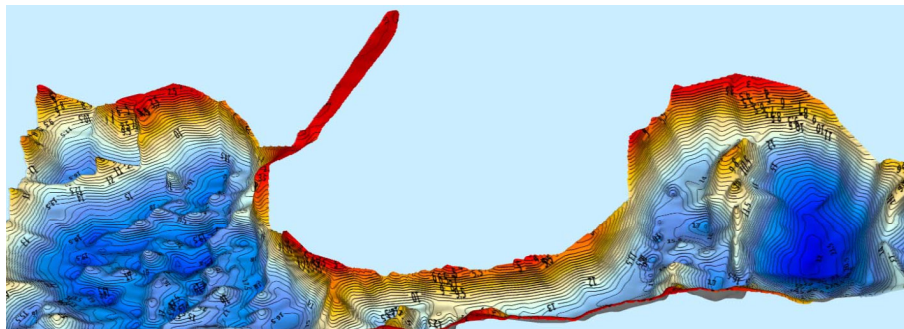


Рисунок 3 – ГідроЛокаційне моделювання

Університет володіє усім обладнанням, необхідним для проведення гідроЛокаційних досліджень, а також має багаторічний досвід робіт, що дозволяє оптимально використовувати час та мінімізувати витрати і ризики.

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ РОБОТИЗАЦИИ ПОДВОДНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УКРАИНЕ

Автор: А.В. Надточий, ст. преподаватель, Херсонская филия Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Херсон, Украина

Цель изложенного в докладе исследования – формирование и решение задач роботизации подводных археологических исследований (ПАИ), что обеспечит повышение их эффективности за счет применения необитаемых подводных аппаратов (НПА) и переход к безводолазным технологиям.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

– разработка отечественного законодательного обеспечения подводных археологических исследований (ПАИ);

- создание отечественного парка средств морской робототехники;
- разработка и оценка вариантов сценариев качественного развития ПАИ в результате роботизации;
- робототехнические и кадровое обеспечение ПАИ;
- создание новых методик количественной оценки эффективности роботизации;
- создание инновационных научно-образовательных и культурно-исторических объектов.

Одной из важных задач роботизации ПАИ является задача усовершенствования законодательной и нормативной базы ПАИ

Матричная модель задачи усовершенствования законодательной и нормативной базы имеет вид:

$$N_{3 \times 4} = \begin{array}{c|cccc} & \begin{array}{c} T \\ E \end{array} & T_1 & T_2 & T_3 & T_4 \\ \hline E_1 & N_{11} & N_{12} & N_{13} & N_{14} \\ E_2 & N_{21} & N_{22} & N_{23} & N_{24} \\ E_3 & N_{31} & N_{32} & N_{33} & N_{34} \end{array}$$

где T – угрозы ПАИ: T_1 – несанкционированный подводный поиск; T_2 – несанкционированные формы учета, сохранения и музеефикации артефактов; T_3 – несанкционированное использование артефактов или акваторий, где они обнаружены; T_4 – несанкционированное вторжение на акватории и места хранения артефактов, которые технически защищены от несанкционированного доступа законным путем.

E – мероприятия по законодательному обеспечению ПАИ: E_1 – просветительские мероприятия; E_2 – административные мероприятия; E_3 – силовые мероприятия.

В докладе излагаются также направления усовершенствования законодательно-нормативной базы. Структура таких задач приведена на рис.1.



Рисунок 1 – Направления совершенствования законодательно-нормативной базы ПАИ

В докладе рассматривается также задача разработки сценариев реализации роботизации ПАИ, рис. 2.

Здесь академический сценарий предусматривает роботизацию ПАИ силами коллективов профильных организаций НАН Украины (в первую очередь – Института археологии НАНУ) и университетов МОН Украины, разрабатывают и внедряют НПА в различных сферах морской деятельности (в первую очередь – НУК им. адм. Макарова); этот сценарий характеризуется крайне ограниченным финансированием академической и вузовской науки и на сегодняшний день практически может считаться волонтерским; однако, его роль является ведущей в аспекте теории подводной робототехники археологического назначения;

государственный сценарий предусматривает целевое финансирование заданий создания НПА археологического назначения в рамках

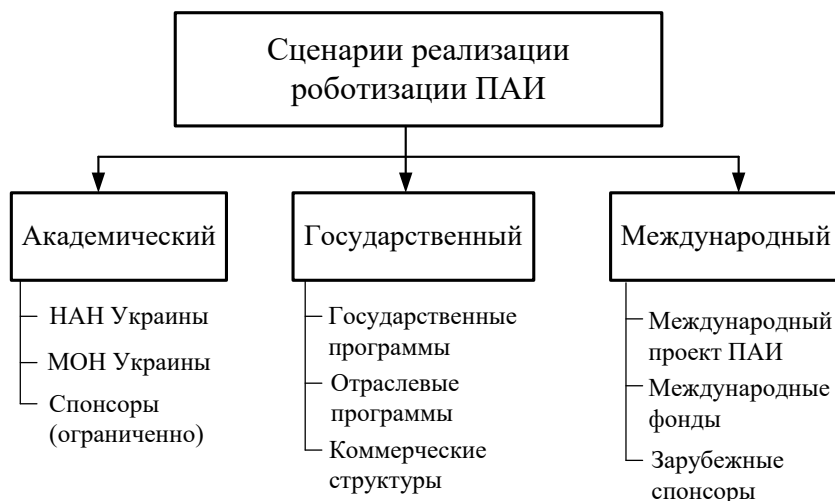


Рисунок 2 – Возможные сценарии реализации задач роботизации ПАИ

целевых государственных программ; такой сценарий может быть реализован также как составляющая отраслевых программ роботизации других сфер морской деятельности – природоохранных, добывающих и тому подобное;

международный сценарий предусматривает привлечение зарубежных организаций, фондов или отдельных компаний-спонсоров и является наиболее продуктивным, учитывая международное значение археологических исследований в территориальных водах Украины и межнациональный характер выявленных объектов подводного культурного наследия; однако, реализация такого варианта сценария возможна при условии разработки и принятия мировым научным сообществом комплексных проектов ПАИ международного значения.

В докладе предлагается также решение задачи робототехнического обеспечения ПАИ, представленное в табл. 1.

В табл. 1 обозначены:

БПА – буксируемые подводные аппараты;

ТПА – телеуправляемые подводные аппараты-роботы;

Таблица 1 – Робототехническое обеспечение ПАИ

По глубине Γ По виду археологической деятельности $ВАД$	Малые глубины Γ_M		Большие глубины Γ_B	
	Ненаселенные подводные аппараты (НПА)	Навесные приборы и инструменты (НПИ)	Ненаселенные подводные аппараты (НПА)	Навесные приборы и инструменты (НПИ)
Поисковые (археологическая разведка) $ВАД_A$	БПА, ТПА	ТВ, Мг, Пр, С, Л	БПА, АНПА	ТВ, Мг, Пр, С
Обследовательские $ВАД_O$	ОПА, ТПА	ТВ, Мн, Гм	ТПА	ТВ, Мн, Гм
Картографические $ВАД_K$	ТПА, АНПА	С, Е, СНС	АНПА	АДН, Мг, Пр, С
Исследовательские $ВАД_И$	ТПА	ТВ, ФА, Мн, Гм	ТПА	ТВ, ФА, Мн, Гм
Подъемные $ВАД_П$	ТПА	ТВ, Мн, АДАП	ТПА	ТВ, Мн, АДАП
Защитные $ВАД_З$	ТПА	ПСС, ПБ	ТПА, АНПА	ПСС

АНПА – автономные самоходные подводные аппараты-роботы;

ОПА – опускаемые привязные аппараты;

ТВ – телевизионная система;

Мг – поисковые магнитометры;

Пр – гидроакустический профилограф;

С – сонар;

Л – технология ЛИДАР;

Мн – дистанционно управляемый подводный манипулятор;

Гм – гидромонитор;

Е – эхолот;

СНС – спутниковая навигационная система;

АДН – аппаратура донной навигации;

ФА – фотоаппаратура;

АДАП – аппаратура для доставки артефактов на поверхность;

ПСС – приборы подводного наблюдения и сигнализации;

ПБ – приборы блокировки злоумышленников.

Вывод: сформировано и решено ряд основных задач роботизации подводных археологических исследований, что обеспечивает повышение их эффективности за счет применения необитаемых подводных аппаратов и переход к безводолазным технологиям.

УДК 005.8

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА АРТЕФАКНОСТІ ПРОЕКТІВ ПІДВОДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Автори: А.В. Надточій, ст. викладач; І.І. Надточій, к.е.н., доцент, Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна

Новітні наукові дослідження, проведені вітчизняними науковцями, свідчать про перспективність розвитку підводної археології на Чорному морі. За останніми даними у територіальних водах України виявлено тисячі об'єктів підводної культурної спадщини, які знаходяться на глибинах 100 метрів і більше та мають національне та міжнародне значення.

Ідея інноваційного проекту «Віртуальний підводний музей України» запропонована ректором НУК проф. Рижковим С.С. та проректором НУК проф. Блінцовим В.С. як варіант виходу України на міжнародний рівень з унікальними об'єктами підводної культурної спадщини, які можна зробити надбанням людства через сучасні роботизовані підводні технології.

Оскільки на цей час виявлено та обстежено декілька десятків затонулих підводних об'єктів [1], які мають історичну цінність та можуть відігравати розважальну та науково-пізнавальну цінність, ступінь артефактності проекту [2] «Віртуальний підводний музей України» визначимо за залежністю:

$$\Omega^{(j)} = \frac{\sum \frac{p_i^{(j)}}{p_i^{(j)}} + \sum \frac{w_i^{(j)}}{w_i^{(j)}}}{\sum \frac{p_i^{(j)}}{p_i^{(j)}} + \sum \frac{w_i^{(j)}}{w_i^{(j)}} + \sum \frac{d_i^{(j)}}{d_i^{(j)}} + \sum \frac{z_i^{(j)}}{z_i^{(j)}}}, \quad (1)$$

де: $j=1, \dots, N$ – порядковий номер проекту; $i=1, \dots, M$ – порядковий номер характеристики проекту; $p_i^{(j)}$, $w_i^{(j)}$ – параметричні та функціональні

характеристики елементарних артефактних складових проекту; $d_i^{(j)}$, $z_i^{(j)}$ – параметричні та функціональні характеристики елементарних складових проекту, які потребують розробки.

Виходячи з можливості та доцільності побудови десяти таких об'єктів ($N=10$).

Попередній аналіз показує, що однією з головних технічних труднощів реалізації підводних проектів є робоча глибина, на якій вони функціонують. Для першого етапу реалізації проекту «Підводний музей Чорного моря» (ПМЧМ) у територіальних водах України на цей час є характерними дві робочі глибини (глибини знаходження підводних археологічно цінних об'єктів) – до 100 метрів та до 500 метрів (глибина шельфу Чорного моря).

Тому до параметричних характеристик проекту доцільно віднести глибину $p_{i=1}^{(j)} = H_{UM}^{(j)}$, на якій має бути створено підводний музей, та розміри артефактного об'єкта $p_{i=2}^{(j)} = S_{UM}^{(j)}$.

До функціональних характеристик проекту доцільно віднести також дві характеристики: обсяг інформаційного обміну $w_{i=1}^{(j)} = I_{UM}^{(j)}$ між підводним обладнанням j -го проекту музею та користувачем (Інтернет-відвідувачем j -го віртуального музею), та вартість технічної реалізації $w_{i=2}^{(j)} = B_{UM}^{(j)}$ доступу до артефактних складових цього проекту.

Як приклад, попередньо прийемо, що $S_{UM}^{(j)} = const$ та $I_{UM}^{(j)} = const$ для всіх груп музеїв, оскільки підводні об'єкти (експонати музею) будемо вважати однотипними (затонулі судна), а об'єми інформаційного обміну зі споживачами (відвідувачами віртуального музею) приблизно однаковими та обумовленими стандартними наборами користуальницьких можливостей для відвідувачів музеїв. Тоді за умови, що п'ять проектів передбачають створення підводних музеїв на глибинах до 100 метрів, а інші п'ять – на глибинах до 600 метрів, а також, що кожний наступний проект з цих двох груп проектів зменшує обсяги витрат ресурсів, необхідних для реалізації параметричних та функціональних характеристик елементарних складових проекту, які потребують розробки в j -му проекті, на 10% (коефіцієнт зменшення витрат ресурсів $\delta_{100}=0,1$) для проектів на глибинах до 100 метрів та на 5%

(коефіцієнт зменшення витрат ресурсів $\delta_{500}=0,05$) для проектів на глибинах до 500 метрів, маємо наступні залежності:

$$\Omega_{100m}^{(j)} = \frac{\sum_{i=1}^2 \frac{p_i^{(j)}}{p_i^{(j)}} + \sum_{i=1}^2 \frac{w_i^{(j)}}{w_i^{(j)}}}{\sum_{i=1}^2 \frac{p_i^{(j)}}{p_i^{(j)}} + \sum_{i=1}^2 \frac{w_i^{(j)}}{w_i^{(j)}} + k_{100m} \left(\frac{p_{i=1}^{(j)}}{p_{i=1}^{(j)}} + \frac{w_{i=2}^{(j)}}{w_{i=2}^{(j)}} \right)}; \quad (2)$$

$$\Omega_{500m}^{(j)} = \frac{\sum_{i=1}^2 \frac{p_i^{(j)}}{p_i^{(j)}} + \sum_{i=1}^2 \frac{w_i^{(j)}}{w_i^{(j)}}}{\sum_{i=1}^2 \frac{p_i^{(j)}}{p_i^{(j)}} + \sum_{i=1}^2 \frac{w_i^{(j)}}{w_i^{(j)}} + k_{500m} \left(\frac{p_{i=1}^{(j)}}{p_{i=1}^{(j)}} + \frac{w_{i=2}^{(j)}}{w_{i=2}^{(j)}} \right)}, \quad (3)$$

де: $j=0, \dots, 4$ – порядковий номер проекту;

$i=1, 2$ – порядковий номер характеристики проекту;

$k_{100m}=(1-j \cdot \delta_{100})$;

$k_{500m}=(1-j \cdot \delta_{500})$.

Зазначимо, що у прикладі, який розглядається, до параметричних і функціональних характеристик елементарних складових проектів, які потребують розробки в поточному j -му проекті, віднесено $p_{i=1}^{(j)} = H_{UM}^{(j)}$ та $w_{i=2}^{(j)} = B_{UM}^{(j)}$ (характеристики, які залежать від глибини встановлення обладнання музею та від вартості технічної реалізації j -го проекту).

Виконані розрахунки з використанням залежностей (2) та (3) показують, що ступінь артефактності Ω двох варіантів проектів «Віртуальний підводний музей України» (для глибин до 100 метрів та до 500 метрів) зростає у залежності від кількості виконаних проектів:

для глибин до 100 метрів: $\Omega_{100m}^{(1)}=0,667, \dots \Omega_{100m}^{(5)}=0,769$;

для глибин до 500 метрів: $\Omega_{500m}^{(1)}=0,667, \dots \Omega_{500m}^{(5)}=0,714$.

Отримані результати свідчать про більшу артефактність «мілководних» проектів, оскільки вони мають менш складну технічну реалізацію та більшу можливість до тиражування.

У цілому, отримані залежності (1), (2) та (3) дають змогу кількісно оцінити можливість та доцільність розробки та реалізації проектів типу «Віртуальний підводний музей України» з урахуванням особливостей як параметричних, так і функціональних характеристик проектів для різних умов експлуатації.

Список літератури:

1. Воронов, С. А. Сокровища Черного моря. Подводная археология Украины. // К.: Изд-во «ЧП «Медоборы-2006», 2010. – 100 с.
2. Харитонов, Ю.Н. Управление проектами реконструкции на основе артефактных платформ [Текст] /Ю.Н. Харитонов // Авиационно-космическая техника и технологии: Науч.-техн. журнал:– Харьков, ХАИ, 2008.- № 8(55).– С.189-192.
3. Надточий, А.В. Моделі управління проектами роботизації підводних археологічних досліджень / А. В. Надточий // «Управління проектами: стан та перспективи» : Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції. – НУК, 2017. – С. 72-76.
4. Рижков, С. С. Звіт ректора Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова за 2008-2013 р.р. – Миколаїв : НУК, 2013. – 220 с.
5. Надточий, А. В. Концептуальна модель управління проектами роботизації підводних археологічних досліджень / Електронне видання «Вісник НУК», 2017. – №1.

УДК 656.61:629.5

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ СТРУКТУРНОЇ ТА ПАРАМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Автори: В.А. Надточій, викладач; І.І. Надточій, магістр, Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна

Відомий в колах авіамоделізму з 2015 р. проект що включає в себе апаратне та програмне забезпечення під найменуванням OpenPilot і подальша його модифікація LibrePilot, дозволяє виконувати налаштування та дистанційне керування різноманітними радіо-моделями (РМ) такими як літаки, гелікоптери, наземні моделі з колісними та гусеничними шасі, моторні катери тощо. Однією з особливостей проекту

LibrePilot є можливість не тільки дистанційного керування а й отримання та збереження телеметричної інформації від бортових систем РМ [1]. В рамках даного проекту існує декілька варіантів організації радіоканалів дистанційного керування та телеметрії, проте для цілей накопичення телеметричної інформації найбільш зручним являється варіант з використанням модуля телеметрії Oplink та ПЕОМ як наземної керуючої станції (НКС) рис.1.

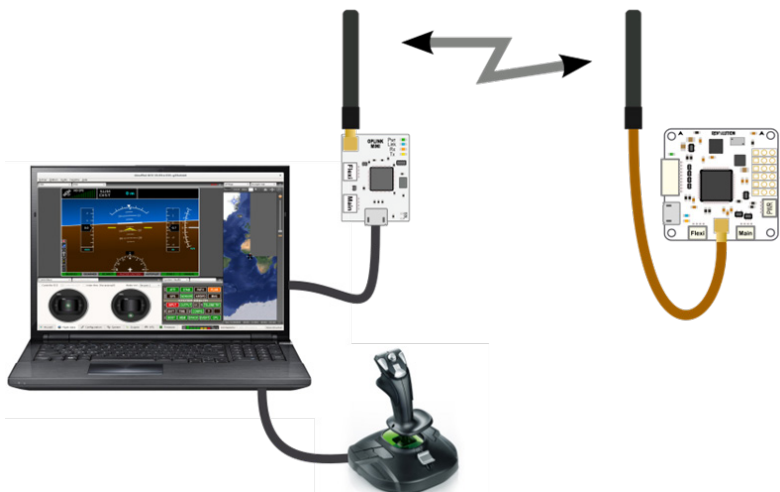


Рис. 1 – Організація одночасного дистанційного керування та телеметрії за допомогою ПЕОМ.

Програмне забезпечення (ПЗ) LibrePilot що встановлюється на НКС має вбудований плагін «Score» який використовується для відображення будь-яких поточних даних з UavObject при використанні радіотелеметрії. За замовчуванням виводяться дані акселерометрів, гіроскопів, стан орієнтації і «FlightTime» (польотний час). Всі дані можуть бути збережені в файлі з розширенням csv для подальшого аналізу.

Під ідентифікацією системи мається на увазі методологія побудови математичної моделі динамічної системи, на основі даних, отриманих шляхом вимірювань вхідних і вихідних сигналів (змінних) цієї системи.

Для проведення ідентифікації необхідно;

- 1) виміряти вхідні і вихідні сигнали системи в часі або в частотній області.
- 2) визначити структуру моделі.
- 3) визначити метод оцінки регульованого параметра в обраному варіанті моделі.
- 4) оцінити передбачувану модель, з точки зору її практичної адекватності.

Перед побудовою моделі доцільно проаналізувати якість отриманих даних, використовуючи методи доступні в Signal Processing Toolbox системи MATLAB. Наприклад, проаналізувати спектр вхідного сигналу щоб визначити його рівень у всьому діапазоні смуги пропускання системи [2].

Control System Toolbox передбачає опис систем у вигляді сукупності даних: вхідна частота гармонійного сигналу - реакція на виході на цей сигнал; остання записується у вигляді комплексного числа що містить інформацію про амплітуду і фазі вихідного сигналу. Таку інформацію часто мають в розпорядженні при експериментальному дослідженні керованого об'єкта. Спочатку створюються масиви вхідних частот ω і комплексних чисел реакцій при цих частотах f , а потім використовується команда `sys = frd(f, \omega)`.

Моделі FRD на жаль не можна напряму перетворити в моделі інших типів. Для цього необхідно попередньо, при використанні System Identification Toolbox системи MATLAB сформувати наближену передавальну функцію системи за результатами вихідних реакції системи на сукупність гармонійних сигналів різних частот.

Оцінка якості математичної моделі об'єкта керування виконується шляхом порівняння її реакції з сигналами на виході і відповідному вході оригінального об'єкта контрольованих зазначеними вище засобами.

Використовуючи підхід чорного ящика, можна створити динамічно подібну модель системи, перебираючи різні структури і їх порядки [3].

Список літератури:

1. Librepilot [електронний ресурс] // Сайт «Librepilot». – Режим доступу: <https://librepilot.atlassian.net>

2. Дьяконов В.П., Круглов В. В., MATLAB анализ, идентифткация и моделирование систем. Специальный справочник - СПб:Питер, 2005
3. В. М. Перельмутер Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. - 224 с.: ил.

ЗМІСТ

Секція 1. Теорія проектування підводних технічних засобів.....3

Обґрунтування проекту багатоцільової буксированої підводної системи з апаратом-планером <i>Г.В. Бабкін</i>	3
Доминирующее направление развития энергетических установок современных подводных аппаратов <i>Р.О. Воскобойников; В.Н. Овсянников</i>	5
Інноваційна привабливість будівництва плавучих засобів для радіоактивних вантажів <i>Ю.О. Казимиренко; О.В. Дрозд</i>	8
Необхідність створення засобів морської робототехніки на базі системного підходу <i>О.П. Клочков</i>	12
Прототипування засобів морської робототехніки з використанням 3D друку <i>В.А. Надточій; А.В. Надточій</i>	13
Розробка камери підвищеного тиску для випробування елементів підводної техніки <i>І.В. Оберемко</i>	20
Возможности развития энергетических установок подводных аппаратов <i>В.А. Онишко; В.Н. Овсянников</i>	22
Определение дополнительного натяжения троса при ударе постороннего подводного объекта по буксирному тросу подводной буксируемой системы в произвольном месте <i>К.С. Трунин</i>	30

Секція 2. Електрообладнання та автоматика підводних систем і комплексів40

Розробка системи автоматичного керування автономним ненаселеним підводним апаратом як об'єктом групи <i>О.В. Блінцов; Алоба Л.Т.; В.І. Корицький; А.С. Сірівчук; Є.М. Табаков; В.В. Тищенко</i>	40
Розробка системи автоматичного керування рухом самохідної прив'язної підводної технологічної платформи <i>О.В. Блінцов; В.І. Корицький</i>	42
Математична модель руху самохідного прив'язного підводного апарата-робота транспортного типу <i>А.М. Войтасик</i>	46

Система освітлення буксируваного підводного апарата проекту «Глайдер» <i>А.М. Войтасик; Ю.Г. Говорецька</i>	49
Розробка крено-диферентної системи вантажного самохідного підводного носія <i>А.М. Войтасик; Ю.І. Лядовський</i>	52
Розробка системи відеодокументування буксируваного підводного апарата проекту «Глайдер» <i>А.М. Войтасик; П.О. Маріянчук</i>	56
Розробка безконтактного вентильного електропривода з мінімальною апаратною надмірністю для автономного плавального апарата <i>Я.Б. Волянська; Д.О. Підлубний</i>	59
Математичне моделювання динаміки АНПА з гребним гвинтом в поворотній насадці <i>Г.С. Грудініна</i>	61
Алгоритми візуальної навігації для автономного підводного апарата при допомозі стереоізображень <i>Д.Ф. Дунаевський</i>	64
Мікропроцесорний зарядний пристрій акумуляторів підводного апарату <i>В.О. Оніпко; В.М. Овсянников</i>	68
Система керування потужністю енергетичної установки підводного апарату <i>В.О. Оніпко; І.І. Шлапак; Р.О. Воскобойников; В.М. Овсянников</i>	72
Усовершенствование кабельной лебёдки подводного комплекса <i>С.Ю. Осадчий</i>	76
Задачи интеллектуальной системы для формирования поведения подводного аппарата в аварийных ситуациях <i>Д.А. Саржан</i>	80
Розробка структури симулятора руху автономного підводного апарата з радіобуєм <i>А.С. Сірівчук</i>	83
Розробка структури системи енергоживлення підводного апарата з радіобуєм <i>А.С. Сірівчук; О.М. Архипов</i>	85
Краткий мониторинг перспективности использования необитаемых подводных аппаратов <i>И.И. Шлапак; В.Н. Овсянников</i>	88

Секція 3. Підводні дослідження та експедиційна діяльність.....	95
Інноваційні батиметричні дослідження природних та техногенних акваторій <i>В.С. Блінцов; М.М. Ієвлев; О.В. Чубенко</i>	95
Современные задачи роботизации подводных археологических исследований в Украине <i>А.В. Надточий</i>	97
Кількісна оцінка артефактності проєктів підводних досліджень <i>А.В. Надточій; І.І. Надточій</i>	102
Щодо можливості структурної та параметричної ідентифікації рухомих об'єктів <i>В.А. Надточій; І.І. Надточій</i>	105

Наукове видання

**ПІДВОДНА ТЕХНІКА
І ТЕХНОЛОГІЯ**

ПТТ-2017

**VII Всеукраїнська науково-технічна конференція
з міжнародною участю**

21–22 грудня 2017 року

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
просп. Центральний, 3, м. Миколаїв*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**У двох частинах
Частина 1**

(українською та російською мовами)

Відповідальна за випуск В. В.Трибулькевич

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 6,5. Тираж 100 прим. Зам. № 375.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.