



**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

ПІДВОДНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ

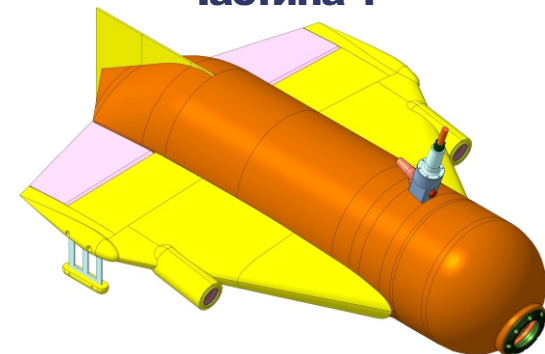
ПТТ-2018

МАТЕРІАЛИ

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

12-14 грудня 2018 року

**У двох частинах
Частина 1**



Миколаїв ■ НУК ■ 2018

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова**

**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**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

**ПІДВОДНА ТЕХНІКА
І ТЕХНОЛОГІЯ**

ПТТ-2018

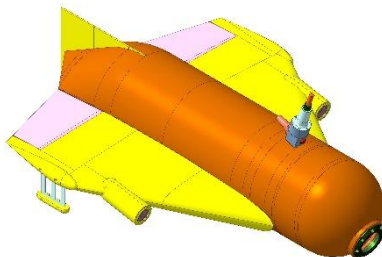
МАТЕРІАЛИ

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

12 – 14 грудня 2018 року

**У двох частинах
Частина 1**

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
просп. Центральний, 3*



МИКОЛАЇВ • НУК • 2018

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 гідроапаратури»
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

**Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.
Претензії до організаторів не приймаються.**

Відповідальна за випуск В. В. Трибулькевич

У 45 **Підводна техніка і технологія: матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю : в 2 ч. – Миколаїв : НУК, 2018. – Ч. 1. – 100 с.**

У збірнику подані матеріали VIII 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

СЕКЦІЯ 1. ТЕОРІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДВОДНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

УДК 65.012:629.58

МАЛОГАБАРИТНА УСТАНОВКА З ВІДЕОКАМЕРОЙ ДЛЯ ІНСПЕКЦІЇ АРТЕЗІАНСЬКИХ СВЕРДЛОВИН

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

Системи інспекції свердловин спеціально розроблені для інспекції глибоких колодязів, бурових і артезіанських свердловин. Відеокамера поміщена у водонепроникний корпус, здатний витримати великий тиск. В одному корпусі з камерою знаходиться потужне джерело світла. Камера опускається за допомогою лебідки. Такі системи інспекції забезпечують огляд свердловини глибиною до 500 метрів із записом результатів спостереження для подальшого аналізу. Ці системи використовуються для профілактичного огляду обсадної колони, моніторингу труб на корозію і пошкодження і іншого.

Необхідність регулярної інспекції артезіанських свердловин (рис. 1) обумовлена руйнуванням обсадної труби, в результаті якої в воду потрапляють домішки.

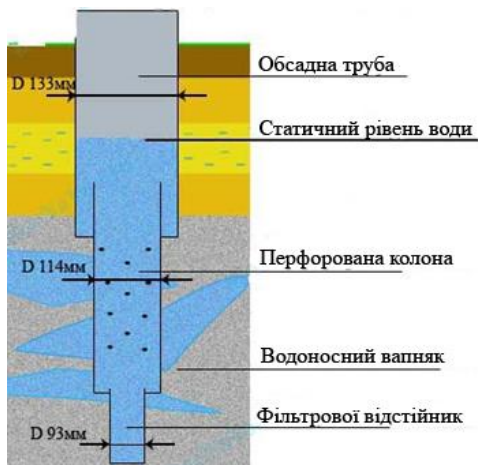


Рис.1 – Конструкція артезіанської свердловини

Перший проект ПСВ-90/100 прив'язної свердловинної відеокамери (ПСВ) був розроблений фахівцями НУК у 2012 році (рис. 2) [1]. ПСВ призначена для проведення інспекційних робіт на родовищах мінералізованої води, огляду стану обсадної труби і водозабірної фільтру, пошуку і локалізації їх пошкоджень, заміру рівня водного дзеркала та для безпечного огляду порожнин при інспекції катакомб.



Рис.2 – Погружна відеокамера ПСВ-90/100

Конструктивно ПСВ дозволяє виконувати обстеження свердловини на повітрі та під водою. До складу виробу надходять: прив'язна свердловинна камера; кабель-трос; пульт керування; джерело живлення; комплект з'єднувальних кабелів; комплект ЗПП; комплект експлуатаційної документації. Відеокамера має наступні характеристики:

Максимальна робоча глибина, м	100
Габаритні розміри, мм	90×535
Довжина кабель-тросу, м	до 100
Діаметр кабель-тросу, мм	13
Кількість камер	2
Маса виробу, кг	5
Вимір курсу, град	360
Поворот відеоблоку, град	±150
Електроживлення	24 В, 12 Вт
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	2

Суттєвим недоліком цього проекту є обмежена глибина занурення та зовнішній діаметр, що не дозволяє виконувати інспекцію свердловин з діаметром перфорованої колони менш 93 мм.

Ці недоліки було усунені у ПСВ проекту ПСВ-62/200 2013 року (рис. 3) [2].



Рис.3 – Погружна відеокамера ПСВ-62/200

До складу ПСВ було додано транспортний візок оснащений лічильником довжини кабель-тросу та лебідкою з електроприладом. Електроприлад дозволяє регулювати швидкість намотування і змотування кабель-троса. Конструкція транспортного візка дозволяє розгортати на ньому ПЕОМ для документування процесу інспекції. Відеокамера має наступні характеристики:

Погружна відеокамера:

Максимальна робоча глибина, м	200
Габаритні розміри, мм	62x275
Кількість відеокамер	1
Маса, кг	1,14
Електроживлення	автономне, 12 В
Час безперервної роботи, год	9
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	1

Транспортний візок:

Габаритні розміри, мм:

- в транспортному положенні 800x850x950
- в робочому положенні 800x1370x1370

Маса, кг 80

Електроживлення автономне, 12 В

Довжина кабель-тросу, м 305

Діаметр кабель-тросу, мм 6,02

Точність вимірювання довжини КТ,% 0,5

Час безперервної роботи, год 9

Однак цей проект не позбавлений недоліків. Завдяки габаритам та вазі транспортного візка його транспортування до місця роботи можливо лише вантажним транспортом.

Усунення цього недоліка стало можливо завдяки впровадженню у 2018 році ПСВ проекту ПСВ-62/150 (рис. 4).



Рис.4 – Погружна відеокамера ПСВ-62/150

В цьому проєкті транспортний візок було змінено на малогабаритний каркас-трансформер з кабельною лебідкою, на якому встановлено лічильник довжини кабель-тросу. Відеокамера має наступні характеристики:

Погружна відеокамера:

Максимальна робоча глибина, м	200
Габаритні розміри, мм	62х275
Кількість відеокамер	1
Маса, кг	1,14
Електроживлення	автономне, 12 В
Час безперервної роботи, год	9
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	1
Кабельна лебідка:	
– в транспортному положенні	400х520х556
– в робочому положенні	400х615х963
Маса, кг	4
Довжина кабель-тросу, м	153
Діаметр кабель-тросу, мм	6,02
Точність вимірювання довжини КТ,%	0,5

Завдяки можливості трансформування положення (рис. 5) каркасу лебідки з'явилась можливість її транспортування будь яким видом автомобільного транспорту. Лебідка має ручний привод. Фіксація положення кабельного барабана здійснюється механічним стопором.

Список літератури:

1. Бабкін, Г. В. Прив'язна відеокамера для інспекції технічного стану свердловинних джерел води. [Текст] / Г. В. Бабкін, В. С. Блінцов, Д. В. Костенко // Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів (ПАЕТЗ-2012): Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 112–114.
2. Бабкин, Г. В. Видеоустановка для инспекции скважин [Текст] / Г. В. Бабкин // Підводна техніка і технологія (ПТТ-2012): Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 5–7.

УДК 681.5

**ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД РОЗРОБКИ І СТВОРЕННЯ
ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ-РОБОТІВ
(ДО 25-РІЧЧЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО
ІНСТИТУТУ ПІДВОДНОЇ ТЕХНІКИ НУК)**

***Автор:** В.С. Блінцов, д.т.н., проф., Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова є єдиним в Україні навчальним і науковим закладом, де започаткований і по протязі багатьох десятиліть успішно розвивається науковий напрямок «Підводна техніка». Спочатку це було «Відділення підводної техніки», організоване в університеті (тоді Миколаївському кораблебудівному інституті імені адмірала С.Й. Макарова) в середині 80-х років минулого століття з ініціативи тодішнього ректора інституту д.т.н., проф. Александрова М.М. Цей структурний підрозділ успішно працював під керівництвом ректора М.М. Александрова та доцента А.М. Вашедченка до початку 2003 року.

У лютому 1993 р. цей колектив науковців та інженерів був реорганізований у «Центр підводної техніки МКІ», а у 2003 р. Центр отримав сьогоднішню назву «Науково-дослідний інститут підводної техніки» (НДІ ПТ).

Від заснування по теперішній час діяльність НДІ ПТ зорієнтована за наступними напрямками:

- розвиток теорії проектування та експлуатації засобів океанотехніки;
- підготовка наукових та інженерних кадрів у галузі морської робототехніки;
- проектування та будівництво підводних апаратів;
- морська експедиційна діяльність з використанням створених в НДІ ПТ підводних апаратів.

Визначальну роль у становленні НДІ ПТ у ті роки зіграли провідні науковці університету, доктори наук, професори Александров М.М., Боград В.М., Бугаєнко Б.А., Вашедченко А.М., Магула В.Е., Сліжевський М.Б., Ткаченко О.М.

Підготовка наукових та інженерних кадрів з океанотехніки проводиться через докторантуру та аспірантуру НУК, а також через навчальні інститути НУК, де готуються бакалаври, спеціалісти і магістри за переліком спеціальностей: океанотехніка, композиційні матеріали, електромеханіка, автоматика, комп'ютерні науки тощо. Більше десяти років (до од'єднання спеціальностей згідно Постанови КМ України від 20.04.2015 р., №266) в університеті проводилось навчання зі спеціалізації «Електрообладнання і автоматика підводно-технічних систем і комплексів», яка сьогодні продовжується у вигляді освітньо-професійної програми «Морська робототехніка».

За вказаний період часу за тематикою НДІ ПТ успішно захищено одну докторську та 15 кандидатських дисертацій, видано понад десяти наукових монографій та навчальних посібників [1-11], виконано низку держбюджетних і госпдоговірних робіт за замовленнями Національної академії наук України, Міністерства культури України, Міністерства енергетики України, Міністерства оборони України, Державної служби України з надзвичайних ситуацій та інших вітчизняних та зарубіжних організацій.

За чверть сторіччя свого існування колективом НДІ ПТ виконано біля тридцяти проектів підводних апаратів і систем, побудовано, успішно випробувано та передано замовникам засобів підводної робототехніки різного призначення – більше 30 одиниць, у тому числі поставлено на озброєння ВМС ЗС України – 3 підводних апарата, передано у підконтрольну експлуатацію до ВМС ЗС України – 1 підводний апарат.

Зовнішній вигляд деяких створених в НДІ ПТ засобів підводної техніки показано на рис. 1.



НПА «Искатель», 2003



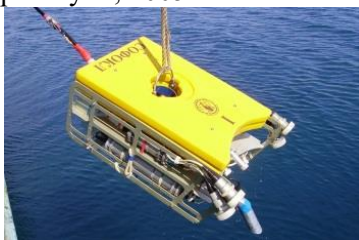
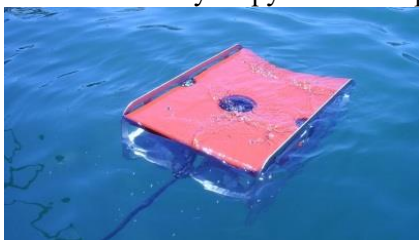
НПА «Агент-1», 2004



Опускний ПА «ЕГІР», 2004



Буксировані ПА серії «Арго-Буй», 2005



НПА серії «Інспектор», 2008

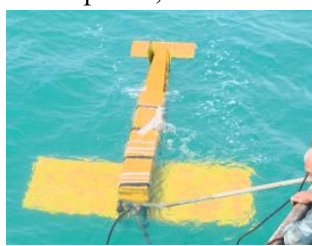
НПА «Софокл», 2009



НПА «МТК-200»,
2007



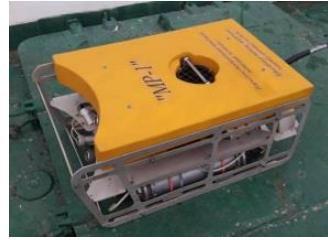
НПА «Чорномор»,
2010



TOV «Планер»,
2012



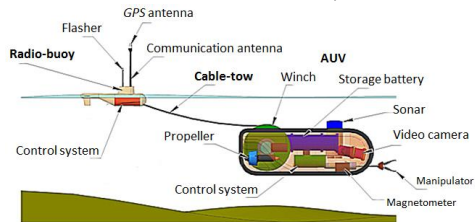
НПА «Гідрограф», 2014



НПА «МР-1», 2016



НПА «ВСПН»,
2013-2016



Автономний підводний апарат
«АНПА-РБ», 2016



Буксирований ПА «Глайдер»,
2017



Підводна опускаюча відеокамера,
2018

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд створених засобів підводної
робототехніки НДІ ПТ

Деякі результати застосування розроблених засобів підводної робототехніки при проведенні морських експедицій в інтересах НАН України, ДСНС України та ВМС ЗС України наведено на рис. 2.



Затонулі мінометні міни



Снаряди у трюмі затонулого судна



Виявлені та підняті на поверхню
глибинна бомба і снаряд



Супровід водолаза-сапера

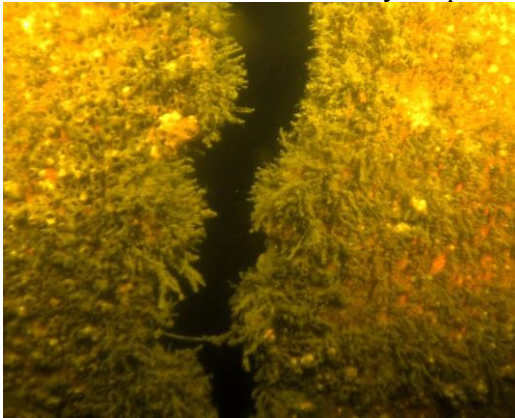


Встановлення маяка для виявленого затонулого об'єкта





Обстеження бойової галери Візантійської імперії – щит воїна-галерника, амфори, підйом артефакта за допомогою маніпулятора, встановленого на підводному апараті



Обстеження тріщини у борту затонулого судна



Виявлення ушкодження направляючої шандори у результаті
обстеження гідротехнічної споруди

Рисунок 2 – Результати використання створених засобів підводної
робототехніки НДІ ПТ

Досвід НДІ ПТ у проектуванні, створенні і застосуванні підводних апаратів-роботів свідчить, що для широкого їх застосування в інтересах вітчизняних організацій необхідно переходити до серійного їх виробництва. Однак, це неможливо у рамках вкрай обмежених виробничих потужностей університету.

Єдиним шляхом подальшого впровадження такої техніки в Україні у промислових масштабах може бути організація спеціалізованої проектної організації та визначення заводу-будівельника, які спроможні були б виконувати весь комплекс проектних, будівельних та випробувальних робіт.

У доповіді обговорюються можливості організації співпраці науковців вищої школи та представників проектних організацій і виробничого сектору у напрямку створення вітчизняних засобів підводної робототехніки.

Список літератури:

1. Механизмы управления проектами и программами регионального и отраслевого развития: Монография / В.Н. Бурков, В.С. Блинов, А.М. Возный, К.В. Кошкин, К.М. Михайлов, Ю.Н. Харитонов, С.К. Чернов, А.Н. Шамрай. – Николаев: Издательство Торубари О.С., 2010. – 176 с.

2. Створення універсальних транспортних суден і засобів океанотехніки: Монографія / С.С. Рижков, В.С. Блінцов, Г.В. Єгоров, Ю.Д. Жуков, В.Ф. Квасницький, К.В. Кошкін, І.В. Кривцун, В.О. Некрасов, В.В. Севрюков, Ю.В. Солоніченко; за ред. С.С. Рижкова. – Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. – 340 с.

3. Наука в Южном регионе Украины (1971-2011) / Александров Б.Г., Алексенко Т.Л., Андреев В.И., Андронати С.А., Блинцов В.С. [и др.] ; ред. С.А. Андронати; Южный научный центр НАН Украины и МОНМС Украины. – Одесса: Фенікс, 2011. – 704 с.

4. Управління інноваційною діяльністю підприємств та організацій морегосподарського комплексу: монографія / С. І. Бай, В. С. Блінцов, С. Д. Бушуєв та ін. – Миколаїв: видавець Торубара О. С., 2013. – 448 с.

5. Блінцов, В. С. Підводні буксировані системи: Монографія [Текст] / В. С. Блінцов, О. В. Блінцов, Т. Д. Чан // – Миколаїв: Вид-во НУК, 2014. – 104 с.

6. Блінцов, О. В. Автоматизація керування одноланковими самохідними прив'язними підводними системи: Навчальний посібник [Текст] / О. В. Блінцов, В. А. Надточій // – Миколаїв: Вид-во НУК, 2014. – 124 с.

7. Блінцов В.С., Блінцов О.В., Надточій В.А. Протимінні прив'язні підводні апарати і системи. Наукова монографія / В. С. Блінцов, О. В. Блінцов, В. А. Надточій // Миколаїв : НУК, 2015. – 108 с.

8. Блінцов, В. С. Створення та застосування засобів морської робототехніки для знешкодження підводних потенційно небезпечних об'єктів [Текст]: Наукова монографія / В. С. Блінцов, О. В. Блінцов, Г. В. Бабкін, М. Г. Грицаєнко. За загальною редакцією проф. В. С. Блінцова. – Миколаїв : Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2016. – 366 с.

9. Управління успішними проектами створення складної техніки : Монографія / Г. В. Бабкін, В. С. Блінцов, Є. А. Дружинін, С. Г. Кійко, Н. Р. Книрик, К. В. Кошкін, Д. М. Крицький, С. С. Рижков, С. О. Слободян, Т. А. Фаріонова. – Миколаїв : Видавництво Торубари В. В., 2017. – 336 с.

10. Блінцов, О. В. Автоматичне керування підводними комплексами з гнучкими зв'язками [Текст]: наукова монографія / О. В. Блінцов. – Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2017. – 356 с.

11. Блінцов, О. В. Системи автоматичного керування рухом підводних комплексів з гнучкими зв'язками : Навчальний посібник / О. В. Блінцов. – Миколаїв : Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2018. – 251 с.

УДК 629.5.012

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ПОРОЖНИСТИХ СКЛЯНИХ МІКРОСФЕР ЯК ДИСПЕРСНИХ НАПОВНЮВАЧІВ В СИНТАКТИЧНИХ ПІНАХ

Автори: Є.Т. Бурдун, к.т.н., проф.; І.О. Єлсуков, студент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Порожнисті замкнені мікросфери діаметром від 5–500 мкм з уявною густиною від 100–700 кг/м³ призначені для виробництва матеріалів плавучості підводних технічних засобів Світового океану. Виробниками порожнистих мікросфер є в основному фірми США, Китаю, Росії, Великобританії та Японії [1]. В якості сировини для виготовлення мікросфер використовується сировина різного походження. Це може бути скло, вуглець та полімерний матеріал. Мікросфера в структурі сферопластику знаходиться у стані близькому до гідростатичного навантаження. Ідеальною мікросферою буде така, у якій об'ємна деформація $\varepsilon_{\text{вмсф}}$, що розраховується за формулою

$$\varepsilon_{\text{вмсф}} = \frac{P}{K_{\text{мсф}}}, \quad (1)$$

буде дорівнювати об'ємній деформації синтактичної піни $\varepsilon_{\text{всп}}$, як масиву квазіізотропного матеріалу:

$$\varepsilon_{\text{всп}} = \frac{P}{K_{\text{сп}}}, \quad (2)$$

де P – гідростатичний тиск, МПа; $K_{\text{мсф}}$ – об’ємний модуль стискання мікросфери, МПа; $K_{\text{СП}}$ – об’ємний модуль стискування синтактику, МПа.

Одним з таких видів матеріалу плавучості є синтактична піна – легка полімерна композиція на базі порожнистих мікросфер, що містить в основі епоксидний, поліефірний або вінілефірний сполучник. Синтактична піна при експлуатації завантажена гідростатичним тиском, повинна мати достатній рівень міцності і довговічності. У такому масиві наповнювач-зв’язуюче практично не виникає концентрація напружень на мікросфері (або вона незначна). Ідеальним наповнювачем є мікросфера, для якої виконується умова:

$$k = \frac{K_{\text{мсф}}}{K_{\text{СП}}} = 1. \quad (3)$$

Ціль роботи полягає в аналізі властивостей промислових мікросфер провідних країн з позиції кращих варіантів складів використання у складі синтактика. Порівняльна теоретична оцінка різних марок мікросфер проводилась за співставленням модулів їх об’ємного стискання з об’ємним модулем деформації мікросфери (як окремої конструкції). У якості зв’язуючого синтактичної піни прийнято епоксидне зв’язуюче «ЭД-20» при $\zeta=0,63$. В роботі розглядалися тільки скляні наповнювачі, так як потрібна інформація для розрахунків характеристик інших типів сировини є недоступна або неповна.

Модулі об’ємного стискання синтактику $K_{\text{СП}}$ та пружності $E_{\text{СП}}$ розраховувались за математичними моделями [2]. Автор [2, с.107] стверджує, що його модель має мінімальну погрішність результатів при $\zeta < 0,5$. Це підтверджують розрахунки при $\zeta=0,63$, модуль $K_{\text{СП}}$ перевищує експериментальне значення на незначну величину, формули для розрахунку громіздкі, але є реальними.

Розрахункові значення $K_{\text{мсф}}$ (рис.1, криві 1-5) і $K_{\text{СП}}$ (рис.1, криві 1'-5') в залежності від уявної густини мікросфер $\rho_{\text{мсф}}$ різних виробників і різної сировини:

1) із Е-скла: 1-Великобританія (Potters); 2- Китай (HGM); 3-Росія (НПО Склопластик); 4-США (3M);

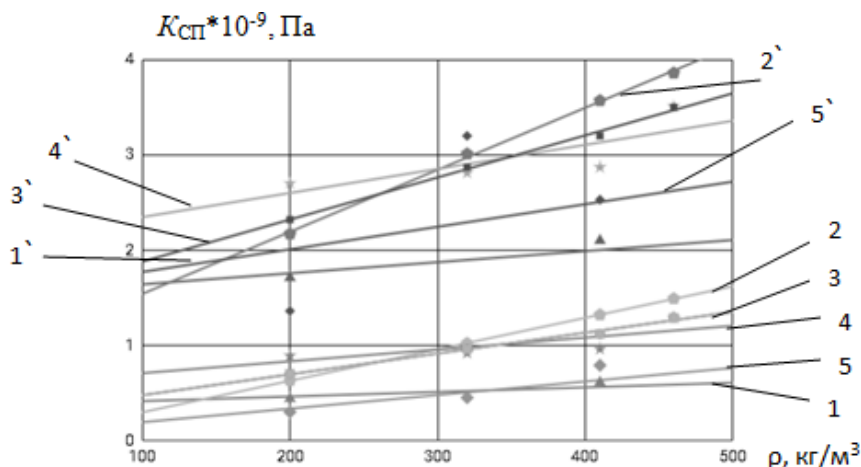


Рисунок 1 – Співпоставлення значень модуля об'ємного стиснення мікросфер $K_{\text{мсф}}$ і синтактичної піни $K_{\text{СП}}$ провідних держав

2) із боросилікатного скла та кварцу: 5- США (Eccospheres); Розрахункові значення модуля пружності $E_{\text{СП}}$ вказані на рис.2. Вихідні дані для розрахунку вказані в [1] для всіх країн та [3] для Великобританії.

На рис.3 показана залежність об'ємної деформації при обтискуванні мікросфери $\varepsilon_{V\text{мсф}}$ по (1) від густини мікросфери (при тиску $P=1,5$ МПа). На рис.4 показана залежність об'ємної деформації при обтискуванні синтактичної піни $\varepsilon_{V\text{СП}}$ по (2) від густини мікросфери (при тиску $P=10$ МПа).

Оптимальний склад синтактів із умови міцності оцінює модель Лавренюка В.Г. [4]:

$$l = \frac{2 E_c (1 - 2 \mu) \delta}{E (1 - \mu_c) a} = 1, \quad (4)$$

де E_c, E – модулі пружності і коефіцієнти Пуасона μ_c, μ скла та матриці, відповідно; δ – товщина стінки мікросфери, a – внутрішній радіус мікросфери. Результати розрахунку наведено у табл.1.

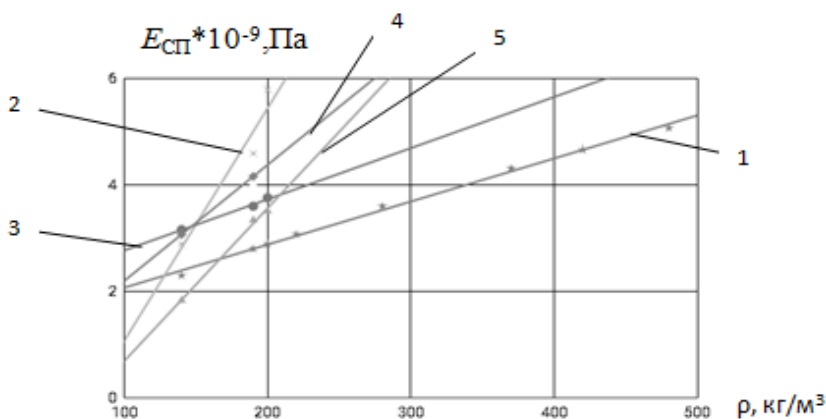


Рисунок 2 – Співпоставлення значень модуля пружності синтактичної піни $E_{сп}$ провідних держав

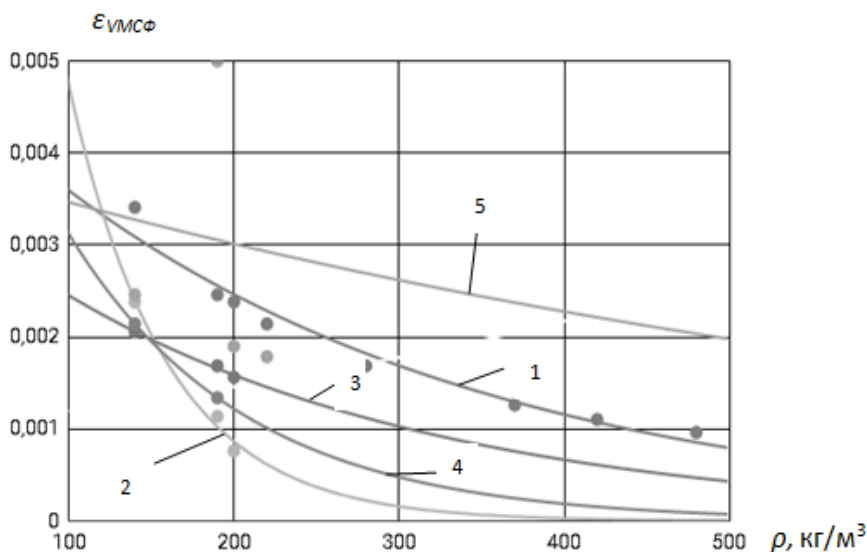


Рисунок 3 – Співпоставлення значень об'ємної деформації мікросфер $\epsilon_{вмсф}$ при тиску $P=1,5$ МПа провідних держав

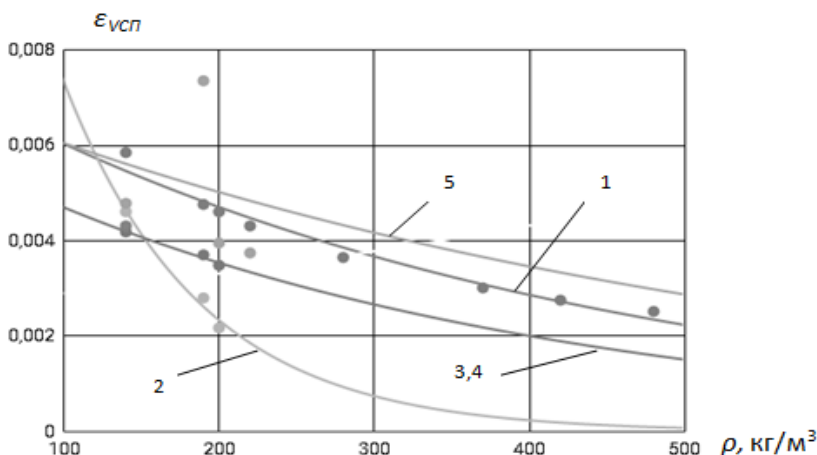


Рисунок 4 – Співпоставлення значень об'ємної деформації синтактичної піни ϵ_{vsp} при тиску $P=10$ МПа провідних держав

Таблиця 1. Оптимальні склади сферопластиків за критерієм (4)

Марка мікросфер	5028 (Велико-британія)	HL-35 (Китай)	МСВП-4 (Росія)	R (США)	SID-270Z (США)
Уявна густина, кг/м^3	280	350	300	200	270
Значення критерію l	1,12	1,15	0,99	0,66	1,53

Інші марки мікросфер за властивостями далекі від оптимального складу сферопластику за цим критерієм. Найбільш наближеним до критерію (3) є марки мікросфер, що вказані у табл.2

Висновки: 1. На мікросферах густиною більше 300–350 кг/м^3 отримуються важкі для підводної техніки сферопластики густиною більше 700 кг/м^3 .

Таблиця 2. Оптимальні склади сферопластиків за критерієм (3)

Марка мікросфер	5070S (Велико- британія)	HL-60- 10000 (Китай)	МСВП-5 (Росія)	R (США)	SID-270Z (США)
Уявна гу- стина, кг/м ³	700	600	400	200	270
Значення критерію k	2,17	2,34	2,72	2,11	2,1

2. По критерію оптимальності (3) більш перспективними є кварцові мікросфери SID 270-Z, за ними йдуть боросилікатні мікросфери R, наступні після них – мікросфери з Е-Скла.

3. По критерію оптимальності (4) більш ефективними є мікросфери МСВП-4 із Е-скла, близькі до них боросилікатні мікросфери, за ними – кварцові.

4. Найкращий матеріал з точки зору модуля пружності $E_{СП}$ – боросилікат, поступаються значеннями Е-скло та кварц.

5. Модуль об'ємного стискання з позиції зміни об'єму синтактичної піни і води по мірі занурення на глибину має задовольняти умову $K_{СП} \approx K_B$. При цьому модуль об'ємного стискання морської води $K_B = 2070$ МПа [1, стор.534]. Якщо не задовольнити цю умову – буде збільшений об'єм корпусу підводного апарату, та як наслідок маса і густина, після чого конструкція буде не в змозі забезпечити апарату необхідну плавучість.

Список літератури:

1. **D.Klempner & V.Sendijarevich** Handbook of polymer foams and foam techology, 2nd edition, Hanser Publisher – Munich. 2004. – P. 515-540
2. **Ванин Г.А.** Микромеханика композиционных материалов –К. Наукова думка, 1985. – С.105 – 110
3. **Potters Europe** – Engineered Glass Materials www.potterseurope.com – Techical data sheet 3-03-042-1-07
4. **Лавренюк В.Г., Петриленкова Е.Б., Телегин В.А.** О проектировании пеноматериалов на основе полимерных связующих и микросфер // Труды НКИ, вып.42, Николаев, НКИ, 1970. – С. 99-103.

УДК 629.584

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БЕЗЕКІПАЖНОГО БУКСИРУВАНОГО ПІДВОДНОГО КОМПЛЕКСУ ЯК ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА ЙОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Автори: Ж.Ю. Буруніна, к.т.н., доцент; П.С. Куценко, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Безекіпажні буксировані прив'язні підводні комплекси (ББПК) відносяться до перспективних засобів морської робототехніки (ЗМР), за допомогою яких виконується широкий спектр підводних робіт пошукового, інспекційного та дослідницького характеру [1, 2]. До складу типового ББПК входять: буксирований підводний апарат (БПА, в англійській літературі – towed operated vehicles, TOV), який за допомогою кабель-буксиру (КБ, в англійській літературі – towed cable, TC) з'єднаний з постом енергетики та керування ББПК (ПЕК, в англійській літературі – control and energy device, CED), що розміщують на безекіпажному надводному судні-буксировальнику (БСБ, в англійській літературі – unmanned surface vessel, USV). На борту БПА розміщено корисний вантаж (КВ, в англійській літературі – job load, JL) – прилади та сенсори для виконання пошукових та дослідницьких робіт.

Зазначимо, що ПЕК забезпечує керування ББПК в усіх режимах його просторового руху та в усіх технологічних режимах за призначенням.

Опускання БПА на воду (початкова фаза підводної роботи) та його підйом на палубу БСБ (завершальна фаза підводної роботи) виконуються за допомогою суднового спуско-піднімального пристрою (СПП, в англійській літературі – cargo device, CD). Для зберігання КБ у міжопераційний період та для керованої зміни довжини його попущеної частини під час виконання підводних робіт на БСБ розміщують також кабельну лебідку (КЛ, в англійській літературі – cable winch, CW), рис. 1.

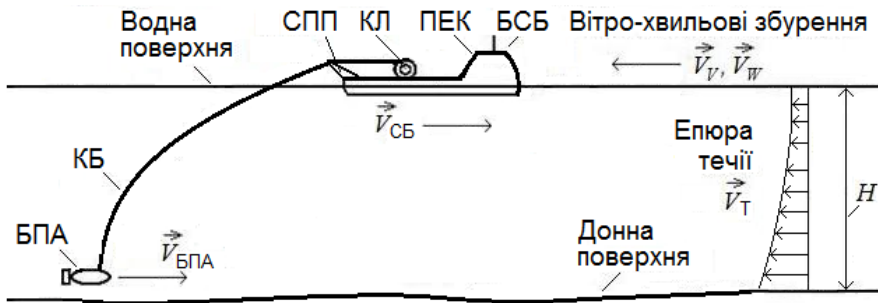


Рисунок 1 – Склад безкіпажного буксируваного підводного комплексу

Автоматизація проектування таких комплексів навіть на попередніх етапах розробки вимагає використання достовірних математичних моделей, які описують функціонування окремих його складових у потоці води та за умов силової взаємодії їх між собою [3]. При цьому, до головних завдань проектування, які необхідно розв'язувати за допомогою математичного моделювання та комп'ютерного дослідження цих моделей, відносяться:

- дослідження характеру силової взаємодії між складовими ББПК;
- дослідження сил, які виникають та несучих поверхнях БПА та на поверхнях хвостового оперення при різних швидкостях потоку води, що набігає;
- дослідження сил на корінному та ходовому кінцях КБ при різних швидкостях потоку води, що набігає;
- дослідження керованого усталеного руху всіх складових ББПК;
- дослідження динаміки руху всіх складових ББПК.

Питанням створення математичних моделей ББПК та їх застосуванням для створення спеціалізованих моделюючих комплексів на ранніх етапах проектування присвячено велику кількість робіт [4-7]. Однак у більшості робіт автори обмежуються розглядом окремих складових ББПК і не розглядають їх взаємодію між собою на основі системного підходу.

У доповіді розглядається математичне моделювання ББПК у повному складі – від БСБ до КБ, який обстежує полосу донної поверхні довжиною k і шириною l (рис. 2).

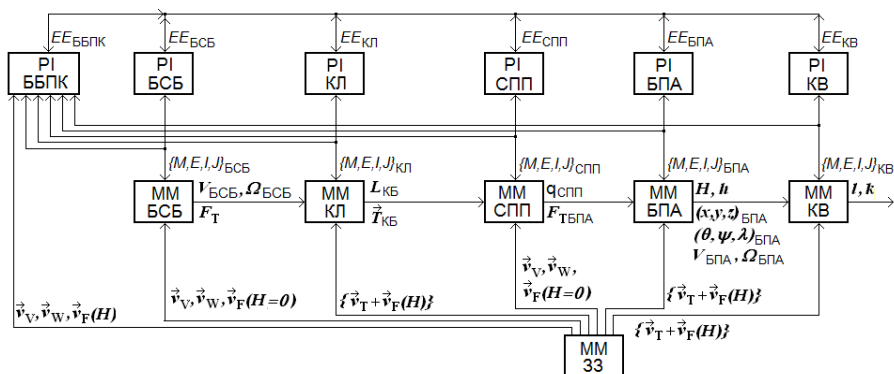


Рисунок 2 – Узагальнена структура математичної моделі ББПК

Математична модель ББПК складається з моделей шести основних його складових – математичних моделей (ММ) БСБ, СПП, КЛ, БПА, КВ, які містять рівняння керованої динаміки цих складових, та математичної моделі зовнішніх збурень (33), які діють на складові комплексу в процесі її функціонування. Позначення вихідних змінних ММ відповідають позначенням в [5].

На доповнення до [5] узагальнена структура ММ ББПК доповнена моделлю динаміки СПП, вихідними змінними якої є кут нахилу виконавчої рами СПП $q_{СПП}$ та сила $F_{ТБПА}$ на грузовому механізмі СПП.

Крім того, узагальнена модель ББПК доповнена рівняннями існування (PI) для кожної складової комплексу та ББПК у цілому [8]:

$$EE_{\text{БПК}} = \{EE_{\text{БСБ}}; EE_{\text{СПП}}; EE_{\text{КЛ}}; EE_{\text{БПА}}; EE_{\text{КВ}}\} =$$

$$= \begin{vmatrix} M_{\text{БСБ}} & M_{\text{СПП}} & M_{\text{КЛ}} & M_{\text{БПА}} & M_{\text{КВ}} \\ E_{\text{БСБ}} & E_{\text{СПП}} & E_{\text{КЛ}} & E_{\text{БПА}} & E_{\text{КВ}} \\ I_{\text{БСБ}} & I_{\text{СПП}} & I_{\text{КЛ}} & I_{\text{БПА}} & I_{\text{КВ}} \\ J_{\text{БСБ}} & J_{\text{СПП}} & J_{\text{КЛ}} & J_{\text{БПА}} & J_{\text{КВ}} \end{vmatrix}, \quad (1)$$

де EE – рівняння, відповідно, БПК у цілому та множини його складових $\{\text{БСБ}, \text{СПП}, \text{КЛ}, \text{БПА}, \text{КВ}\}$;

M, E, I, J – відповідно, матеріальні, енергетичні, інформаційні та експлуатаційні (функціональні) критерії існування вказаних складових БПК.

У доповіді наводяться приклади застосування математичної моделі БПК при дослідженні можливостей створення нових зразків підводної робототехніки згідно вимог Замовника.

Список літератури:

1. Створення універсальних транспортних суден і засобів океанотехніки: Монографія / С.С. Рижков, В.С. Блінцов, Г.В. Єгоров, Ю.Д. Жуков, В.Ф. Квасницький, К.В. Кошкін, І.В. Кривцун, В.О. Некрасов, В.В. Севрюков, Ю.В. Солоніченко; за ред. С.С. Рижкова. – Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. – 340 с.

2. Егоров В. И. Подводные буксируемые системы.: Учебное пособие. [Текст] / В. И. Егоров // – Л. : Судостроение, 1981. – 304 с. о НУК, 2011. – 340 с.

3. Буруніна Ж.Ю. Вплив конструктивних параметрів одноланкової підводної буксированої системи з підйомним апаратом на її експлуатаційні характеристики. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03 – механіка та конструювання суден. – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, 2005.

4. Блинцов В.С., Нгуен Тьен Лонг. Моделирующий комплекс для исследования свойств подводной буксируемой системы как объекта управления // Збірка наукових праць Інституту проблем моделювання

в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. Спеціальний випуск. В 2-х томах. Т. 1. – Київ, НАН України, ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова. – 2005. – С. 22-27.

5. Блинцов, А. В. Специализированный моделирующий комплекс для исследования эффективности системы управления подводной буксируемой системой [Текст] / А. В. Блинцов, Ж. Ю. Бурунина, П. Г. Клименко, Т. Д. Чан // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2012. – №1. – С. 92-97.

6. Liu Chuanlong, Zhang Yuwen, Xu-Long Yuan. Simulation of Recycling Cable in underwater towed System. Proceedings of 2012 International Conference on Mechanical Engineering and Material Science (MEMS 2012). Pp, 70-72.
https://www.researchgate.net/publication/266651284_Simulation_of_Recycling_Cable_in_Underwater_Towed_System

7. Vineet K. Srivastava, Mohammad Tamsir. Dynamic behavior of underwater towed cable in linear profile. International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 2, Issue 7, July-2011.
<https://pdfs.semanticscholar.org/fe04/8af7057476a54f47dbd7c344e6b59d854fcf.pdf>

8. 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.

УДК 629.58

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ РУШІЙНО-СТЕРНОВОГО ПРИСТРОЮ НА РАННІХ СТАДІЯХ ПРОЕКТУВАННЯ

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

У складі самохідного прив'язного підводного апарата (СППА) рушійно-стерновий пристрій (РСП) є одиницею рушійно-стернового комплексу (РСК), завдяки якому апарат досягає визначеної робочої точки у товщі підводного простору. Безпосередньо РСП виконує функції забезпечення маршового, вертикального чи лагового руху. У ба-

зовій класичній конфігурації до складу РСК входить три РСП – два маршових та один вертикальний. Всі три РСП можуть мати однакову конструкцію, але за необхідності конструкція вертикального РСП може відрізнятись [1].

У першу чергу, згідно системного підходу на ранніх стадіях проектування визначення потребують наступні параметри РСП – маса, об'єм та потужність, що споживається [2].

Розглянемо склад РСП на базі елементів асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, до складу якого входять: статор, ротор, корпус підводного виконання (у т. ч. і підшипники), насадка, гребний гвинт, гумові вироби (компенсатор та гумові ущільнення), кріплення, рідкий діелектрик, кабельна частина гермороз'єму.

Відповідно маса РСП визначатиметься сумою мас цих елементів, при чому деталізація може змінюватися у достатньо широкому діапазоні:

$$m_{\text{РСП}} = m_{\text{СТ}} + m_{\text{РОТ}} + m_{\text{КОР}} + m_{\text{НАС}} + m_{\text{ГТ}} + m_{\text{ГВ}} + m_{\text{КР}} + m_{\text{РД}} + m_{\text{КЧГ}}$$

А об'єм РСП визначається як об'єм паралелепіпеда, в якому довжина вимірюється від крайньої точки насадки до крайньої точки незгинного кінця гермороз'єму чи деталі, що захищає компенсатор від механічних ушкоджень, а ширина та висота дорівнює найбільшому діаметру насадки, так як він зазвичай більше діаметру корпусу РСП.

Таким чином, згідно технічного завдання (ТЗ), у загальній конструкції СППА маса та об'єм РСП обмежується певними значеннями, що є вимогою до цього пристрою і регламентують можливість його створення для конкретного апарата на ранніх етапах проектування, тобто розрахункові значення маси та об'єму повинні бути меншими чи рівними тим, що задані у ТЗ.

$$m_{\text{РСП}} \leq m_{\text{РСП_ТЗ}};$$

$$V_{\text{РСП}} \leq V_{\text{РСП_ТЗ}}.$$

Ця вимога також стосується і потужності РСП, значення якої отримують з технічних характеристик електродвигуна, що обрано за основу:

$$P_{\text{РСП}} \leq P_{\text{РСП_ТЗ.}}$$

Стосовно інформаційної складової системного підходу, то вимоги до неї більше відносяться до електронних засобів, що розташовані у міцному корпусі керування РСП. А відносно функціональної складової потребують розгляду зручність обслуговування РСП, періодичність цього заходу та ремонтпридатність.

Вигляд РСП, що спроектовано та виготовлено на основі складових асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором наведено на рис. 1.

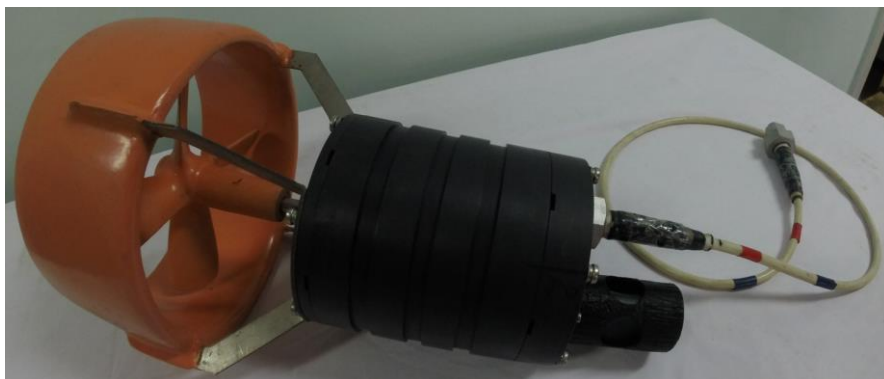


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд рушійно-стернового пристрою

Використання системного підходу при визначенні параметрів РСП на ранніх стадіях проектування дозволяє орієнтовно оцінити їх кількісні значення для ствердження відповідності значенням, що задані у ТЗ, після чого здійснюється перехід до наступного етапу проектування СППА.

Список літератури:

1. Блинцов, В.С. Проектирование самоходных привязных подводных систем [Текст] / В.С. Блинцов, В.Э. Магула. – К.: Наукова думка, 1997 – 140 с.

2. 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.

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ САМОХІДНОЇ ПРИВ'ЯЗНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ

Автор: В.А. Надточий, к.т.н., ст. викладач, Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна

Самохідні прив'язні підводні системи (СППС, англ. ROV) являються найефективнішим а іноді єдиним інструментом, що дозволяє успішно реалізовувати безводолазні підводні технології. СППС відрізняються високими техніко-експлуатаційними характеристиками і унікальними можливостями у порівнянні з іншими засобами морської техніки. Однією з переваг СППС є її висока інформаційна продуктивність яка властива інформаційним системам реального часу. Це дозволяє застосовувати СППС в таких умовах, де вимагається оперативність прийняття рішень і висока швидкодія. Крім того, з точки зору людини-користувача, важливою функцією є документування виконуваних підводних робіт, що також легко реалізувати в СППС.

Особливості роботи СППС обумовлюють необхідність створення і застосування гнучких мультирежимних систем автоматичного керування (тобто САК які можуть легко пристосовуватись до виконання різних задач, можуть функціонувати при динамічних зовнішніх та внутрішніх системних умовах, можуть самонавчатись і т. і.). До складу СППС відносяться такі основні підсистеми керування: рухом судна-носія (СН), кабельною лебідкою (КЛ), рухом підводного апарата (ПА), начіпним обладнанням (НО).

Інтегровану САК СППС структурно пропонується будувати по ієрархічному принципу як багаторівневу керуючу структуру, що містить наступні рівні [1-3]: виконавчий, контролюючий, програмний, тактичний та стратегічний.

В кожній із підсистем керування на кожному з перерахованих рівнів відбувається безперервна циркуляція інформації. Зазвичай ця інформація має вигляд цифрових даних.

Архітектура СППС обумовлює існування інформаційного простору судна-носія та інформаційного простору підводного апарата, поєднаних між собою середовищем обміну інформацією, функції якої фізично виконує кабель-трос. Інформаційна модель СППС (рис. 1) містить такі складові:

1) Інформаційний простір зовнішнього середовища S^s , що теоретично складається з двох окремих просторів а саме, інформаційного поля підводного середовища – S^{su} та інформаційного поля надводного середовища – S^{ss} . Під інформаційним простором (полем) розуміється множина фізико-хімічних параметрів зовнішнього середовища, які описують його стан (в макро-масштабі або локально) та які можуть бути виміряні інструментально (з певною похибкою) і тим самим трансформовані в формат цифрових даних з метою подальшої їх обробки.

$$S^s = S^{su} \cup S^{ss}$$

2) Інформаційний простір підводного – S^{ou} та/або – надводного об'єктів S^{os} , які разом утворюють загальний об'єкт – S^o . Під інформаційним простором (полем) S^o також розуміється множина його фізико-хімічних параметрів.

$$S^o = S^{ou} \cup S^{os}$$

Інформаційний простір об'єкта S^o взаємодіє з інформаційним простором навколишнього середовища S^s . Для S^o природного походження. Для S^o неприродного походження $S^s \not\subset S^o$.

3) Інформаційний простір СППС – S^{rov} складається з двох окремих просторів, інформаційного поля СН – S^{sh} та інформаційного поля ПА – S^{uv} з'єднаних між собою провідним середовищем. Таким чином $S^{rov} = S^{sh} \cup S^{uv}$.

Під інформаційним простором (полем) S^{rov} розуміється множина цифрових даних пов'язаних з процесами;

- вимірювань параметрів зовнішнього середовища або об'єкта а також власних параметрів,
- керування основними підсистемами СППС (на всіх рівнях) враховуючи дані, що циркулюють в зворотних зв'язках і несуть інформацію про внутрішні процеси, які в свою чергу, є відображенням взаємодії СППС з зовнішнім середовищем або об'єктом,
- передачі на відстань,
- архівація/деархівація, кодування/декодування
- збереження.

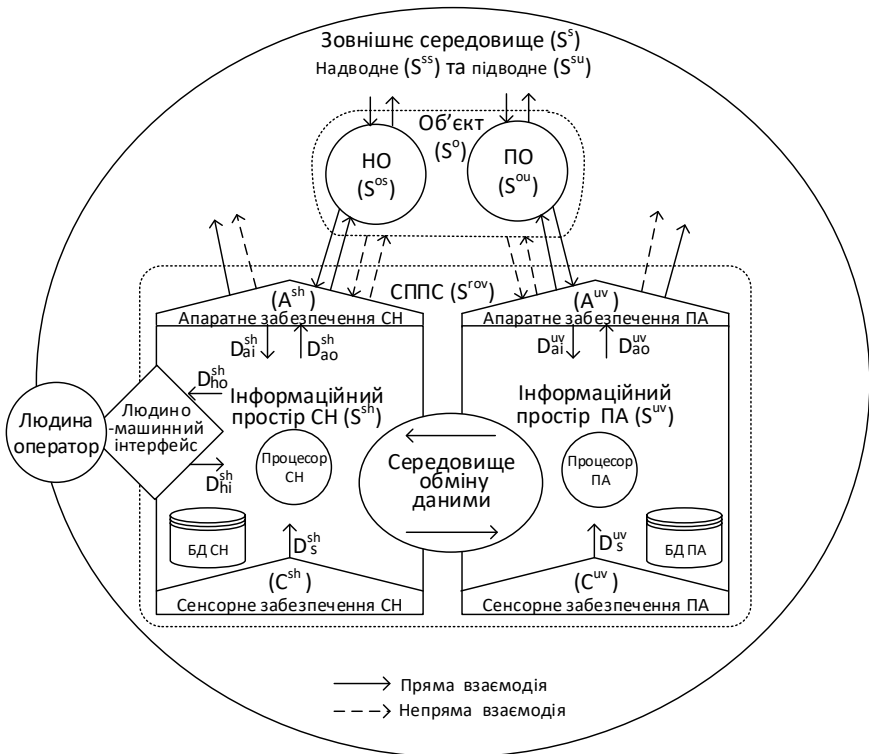


Рисунок 1 – Абстрактна інформаційна модель СПІС

Інформаційний простір S^{rov} взаємодіє з апаратним забезпечення СН та ПА яке представляється множинами A^{sh} та A^{uv} . Таким чином $A^{rov} = A^{sh} \cup A^{uv}$.

Апаратне забезпечення A^{rov} може прямо (рушійно-кормовий комплекс, маніпулятори, датчики температури, тиску, швидкості) або непрямо (GPS, радары, сонари, лідари, фото-відео апаратура) вилучати інформацію з навколишнього середовища і через нього з об'єктів. Апаратне забезпечення також може прямо або непрямо вилучати інформацію безпосередньо від об'єктів. Апаратне забезпечення СН та ПА в процесі функціонування потребує інструкції, або інакше кажучи «споживає» керуючу інформацію D_{ao}^{sh} , D_{ao}^{uv} і одночасно, генерує нові дані D_{ai}^{sh} та D_{ai}^{uv} , які містять інформацію про процеси, що протікають як в апаратному забезпеченні (опціонально), так і данні утворені взаємодією апаратного забезпечення з зовнішнім середовищем та/або об'єктами. Крім того, інформаційний простір S^{rov} постійно поповнюється даними D_s^{sh} та D_s^{uv} від множини сенсорів C^{sh} та C^{uv} (датчики температури, тиску, глибини, висоти над ґрунтом, швидкості, прискорення, координат, курсу, орієнтації, солоності, щільності рідини і т. і.). Загальним джерелом і споживачем інформації є людина. Вхідні D_{hi}^{sh} та вихідні D_{ho}^{sh} дані які циркулюють між людиною-оператором та інформаційним простором S^{rov} через людино-машинний інтерфейс (інтерфейс вводу-виводу) дозволяють проводити оперативне керування СППС, вилучати необхідну інформацію з метою подальшої обробки або збереження в інших інформаційних системах. Таким чином $S^{rov} = D_{hi}^{sh} \cup D_{ho}^{sh} \cup D_{ao}^{sh} \cup D_{ao}^{uv} \cup D_{ai}^{sh} \cup D_{ai}^{uv} \cup D_s^{sh} \cup D_s^{uv}$.

Обробку даних в інформаційних просторах S^{sh} та S^{uv} виконують процесори. В рамках наведеної моделі, процесори представляють собою сукупність обчислювальних пристроїв які забезпечують функціонування СН та ПА. Таким чином процес керування основними підсистемами СППС в інформаційному просторі S^{rov} можна представити абстрактно,

Для СН $D_{hi}^{sh} + D_s^{sh} + D_{ai(-t)}^{sh} \rightarrow process \rightarrow D_{ao}^{sh} \rightarrow A^{sh} \rightarrow act + D_{ai(t)}^{sh}$,

Для ПА $D_{hi}^{sh} + D_s^{uv} + D_{ai(-t)}^{uv} \rightarrow process \rightarrow D_{ao}^{uv} \rightarrow A^{uv} \rightarrow act + D_{ai(t)}^{uv}$

Крім того,

Для СН $D_s^{uv} + D_{ai(-t)}^{uv} \rightarrow process \rightarrow D_{ao}^{sh} \rightarrow A^{sh} \rightarrow act + D_{ai(t)}^{sh}$,

Для ПА $D_s^{sh} + D_{ai(-t)}^{sh} \rightarrow process \rightarrow D_{ao}^{uv} \rightarrow A^{uv} \rightarrow act + D_{ai(t)}^{uv}$

(1)

Дані що впливають в інформаційний простір СППС від апаратного забезпечення $D_{ai(-t)}^{uv}$, $D_{ai(-t)}^{sh}$ і використовуються у текучих обчисленнях, отримані на основі минулих процесів $(-t)$. Нові дані $D_{ai(t)}^{uv}$, $D_{ai(t)}^{sh}$, з індексом (t) отримуються одночасно зі зміною керованих величин (фізичних процесів) в апаратному забезпеченні A^{sh} і A^{uv} на основі оброблених (*process*) керуючих даних D_{ao}^{sh} і D_{ao}^{uv} , тобто є відображенням миттєвих дій (*act*). Нові дані $D_{ai(t)}^{uv}$, $D_{ai(t)}^{sh}$ можуть бути використані в подальшому

Абстрактна модель на рис. 1 містить також бази даних (БД), окремі для СН та ПА. Функції БД, це збереження масивів інформації, їх кластеризація, опис та архівація з метою подальшого ефективного використання. Наявність БД дозволяє легко реалізовувати такі функції як документування процесу виконання підводно-технічних робіт, внутрішніх процесів, формування звітів комерційного, технічного та наукового призначення. БД можуть виконувати функції «чорних скринь», де фіксуються всі важливі для функціонування внутрішні та зовнішні фізичні та інформаційні процеси, зокрема команди від людини оператора. Зазвичай реальні СППС мають аналог БД в інформаційному просторі СН або в сторонньому просторі. З точки зору повноти інформаційного забезпечення, інформаційної безпеки та автономності, БД також має бути складовою частиною інформаційного простору ПА. Як видно з (1), процес керування апаратною складовою ПА включає дані, які належать до інформаційного простору СН та людини-оператора і транслуються в інформаційний простір ПА через КТ. При втраті КТ та неможливості організувати інші канали обміну даними, наявність

на борту ПА БД (і резервного джерела живлення) дозволить ПА самостійно виконати місію або повернутись до СН, оскільки наявна в БД інформація дозволить шляхом використання екстраполяційних методів і власного інформаційного простору адекватно сприймати навколишню обстановку і реагувати на неї.

Висновки.

1. Інформаційний простір СППС може існувати тільки при існуванні середовища обміну даними, або інакше кажучи кабель-троса (акустичних каналів). При відсутності такого середовища інформаційний простір СППС поділяється на окремі незалежні простори СН та ПА.

2. Втрата в процесі функціонування такого елемента як КТ в СППС є неприпустимою і означає крах інформаційної системи. Для покращення стійкості СППС вважається за необхідне оснащення ПА власною БД яка дозволить при застосуванні спеціальних алгоритмів і резервного джерела живлення безаварійно завершити підводну місію і повернутись до СН.

3. Для створення системи документування СППС, в складі бортового обладнання СН та ПА необхідна наявність баз даних – пристроїв та алгоритмів, для збереження, архівації, кластеризації і опису інформаційного простору СППС, за достатній інтервал часу з достатньою дискретизацією (рівнем квантування за часом).

Список літератури:

1. Надточій, В. А. Інтегрована система автоматичного керування самохідною прив'язною підводною системою з маніпулятором // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : Матеріали 4-ї міжнар.наук.-техн. конф. – Миколаїв : НУК, 2013. – С. 477-480.

2. Блінцов В.С., Блінцов О.В., Надточій В.А. Моделюючий комплекс для дослідження динаміки системи «самохідний прив'язний підводний апарат – мані-пулятор». // Матеріали четвертої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті». – Том 1. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2012. – С. 75-77.

3. Надточій В.А. Інтеграція керування самохідною прив'язною підводною системою у складі морського технологічного комплексу // «Восточно-Европейский журнал передовых технологий», 2013. – №5/4(65). – С. 40-44.

РОЗВИТОК ДВИГУНІВ ПІДВОДНИХ ЧОВНІВ У ХІХ ТА НА ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТЬ

Автор: С.М. Соколюк, к.і.н., доцент, Національний університет оборони України ім. Івана Черняховського, Україна

Історичний досвід свідчить, що найбільш непростою справою на зорі підводного кораблебудування, на відміну від створення корпусів, стало створення двигунів підводних човнів (далі – ПЧ). які мали б забезпечувати їх рух у надводному та підводному положенні. Активне вирішення цієї проблеми у Російській імперії відбулося у другій половині ХІХ ст. – на початку ХХ ст. (до завершення російсько-японської війни 1904–1905 рр.).

Напрацювання у цій галузі в Росії першої половини ХІХ ст., зокрема, проекти підводних човнів К. Черновського (1829 р.), О. Подолецького (1831 р.), К. Шільдера (1834 р.) були дослідницькими зразками і слугували базою для подальшої розробки цього виду зброї, оскільки вони містили недоліки своїх попередників, зокрема, використання м'язової сили двигуна, а цей чинник не дозволяв вирішити проблему в принципі. Перші спроби використати машину для руху підводного човна була здійснена російськими конструкторами М. Спірідоновим, О. Герном та І. Александровським саме у другій половині ХІХ ст.

Так, у жовтні 1855 р. російський механік, офіцер флоту М. Спірідонов надав до Морського Технічного Комітету (далі – МТК) проект підводного човна, що мав би рухатися за допомогою гвинта від повітряних машин, на які подавалося б стиснуте повітря зі сталевих балонів, при цьому відпрацьоване повітря мло відводитися у човен для забезпечення дихання екіпажу, а залишок – за борт. Утім, через свою недосконалість проект був відхилений.

Пропозиції побудувати підводний човен баварця Вільгельма Бауера (1822–1875) зустріли велику зацікавленість у російського уряду, оскільки через невдачі у Кримській (Східній) війні (1853–1855 рр.) та

технічну відсталість підводний човен міг бути використаний проти флоту союзників. Після першого невдалого проекту човна, який через використання м'язової сили для руху був визнаний безперспективним, В. Бауер запропонував побудувати «підводний корвет», озброєний 4 гарматами й оснащений двома двигунами: для надводного положення – паровою машиною, а під водою – пневматичним двигуном на стисненому повітрі, проте, через втрату підтримки Морського Технічного Комітету (далі – МТК) контракт про співпрацю із ним було розірвано.

Вирішити проблему руху під водою за допомогою механічної сили у своїх дослідях сподівався військовий інженер штабс-капітан Отомар Герн (1827–1882 рр.). На човні, збудованому у 1863 р. на Їжорському заводі в Санкт-Петербурзі, ним була спроба використати газовий двигун, сконструйований військовим хіміком полковником М. Петрашевським, що мав працювати на зрідженому аміаку. Утім, його недосконалість і небезпека для екіпажу змусила відмовитися від цієї ідеї. Утім, набутий власний та іноземний досвід дозволив винахіднику спроектувати новий підводний човен з енергетичною установкою, що складалася з парового котла і парової двоциліндрової машини потужністю 6 к.с. для обертання гребного гвинта. У надводному положенні для руху в котлі спалювалося вугілля, у підводному – скипидар, який розпилювався за допомогою форсунки, сконструйованої відомим російським інженером-теплотехніком О. Шпаковським; горіння забезпечувалося стиснутим повітрям з балонів і мало вистачити за розрахунками на 5 год. підводного плавання. Було передбачено також резервну можливість переведення парової машини на роботу замість пари стиснутим повітрям із запасних резервуарів у режимі пневматичного двигуна.

З метою удосконалення способу руху свого човна у підводному положенні, О. Герн запропонував спалювати в топках хімічне паливо (т.зв. «ракетну суміш») з умістом кисню, що не потребувало атмосферного повітря. Кількарічні випробування підтвердили можливість створення такого двигуна і в серпні 1871 р. отримало схвалення членів комісії МТК. Таким чином, дослідями винахідника була практично доведена можливість створення єдиного двигуна, але технічні складності, пов'язані з неможливістю надійно герметизувати топку котла,

переведенням його на різні види палива, а також необхідність мати їх значні запаси і потреба у великій кількості стисненого повітря призвело до неможливості створення субмарини.

Маючи певний запас часу, винахідник планував використати його для установки на човні електродвигуна і надав у 1876 р. прохання на ім'я заступника головного інспектора інженерних військ (керівник інженерної оборони Севастополя під час Кримської війни) генерала Е. Тотлебена про виділення коштів, котрий цю ідею не підтримав, оскільки вважав справу підводного плавання надміру небезпечною і висловив сумнів у можливості підготувати для плавання на підводних човнах відповідних фахівців, а проект підводного човна О. Герна визнав недосконалим і прохання не задовольнив.

Перший у Росії підводний човен із механічним двигуном вдалося сконструювати і побудувати талановитому інженеру Івану Александровському (1817–1894). Ураховуючи досвід попередників у справі конструювання субмарин, конструктор за сприяння відомого інженера-кораблебудівника Степана Бурачека (1800–1876) розробив свій перший проект човна, на якому з метою забезпечення руху були встановлені дві пневматичні машини на два вали, для роботи яких стиснуте повітря запасалося у балонах під тиском 60–100 атм., чого мало вистачити на 20–30 миль плавання. Відпрацьоване повітря частково надходило всередину корпусу для дихання людей, надлишок – стравлювався за борт (подібно проекту М. Спірідонова).

Пізніше, у серпні 1876 р., винахідник запропонував установити на підводному човні парові котли на рідкому паливі, яке вприскувалося б у топку за допомогою форсунок, а потім накопиченим паром продовжувати приводити в рух парову машину. Проте, цю та подальші пропозиції щодо подальших робіт з перебудови ПЧ, подані автором у 1878 та 1882 рр., МТК відхилив.

Оригінальний проект субмарини розробив у 1869 р. відставний поручник О. Лазарев. Крім інших започаткувань для цього типу корабля, конструктор планував втілити на ньому сміливу ідею «єдиного» двигуна для підводного і надводного ходу, причому, спроектував пристрій для подачі повітря до двигуна у підводному положенні – прообраз «шноркеля». Проте, незважаючи на втілені прогресивні й оригінальні ідеї, цей проект вищим керівництвом був визнаний передчасним.

Після російсько-турецької війни 1877–1778 рр. питання розробки та будівництва підводних човнів набуло нової сили: протягом 1879–1880 рр. Морське міністерство розглянуло 5 проєктів.

Саме на цей період припадає діяльність відомого вітчизняного інженера, уродженця Подільської губернії, Степана (Стефана Казимира) Джевецького (1843–1938), з іменем якого пов'язано початок серійного будівництва перших субмарин у Росії. Активний учасник російсько-турецької війни, георгіївський кавалер С. Джевецький спроектував послідовно чотири підводних кораблі, і побудував їх. Розпочавши із примітивних карликових субмарин з педальним приводом протягом 1876–1883 рр., інженер розробив четвертий варіант ПЧ з акумулятором і електродвигуном потужністю 1,8 к.с. Один із човнів його серії (50 од.) він пропонував оснастити гребним гвинтом, інший – водометом. Отримавши схвалення начальства, С. Джевецький у 1884 р. сам спроектував і виготовив потрібне йому електрообладнання. У 1885 р. на обох човнах було закінчено переобладнання і їх випробували на Неві в Санкт-Петербурзі, при цьому човен з гребним гвинтом протягом 20 хв. йшов під водою проти течії річки зі швидкістю 4 вузли, водомет розвинув хід менше 3-х вузлів. Для управління по курсу конструктор замість поворотного гвинта запровадив вертикальне стерно. У підсумку, у зв'язку з використанням старої зброї – зринаючих мін – МТК не визнав можливим прийняти цей човен на озброєння флоту.

У 1887 р. С. Джевецький запропонував російському морському відомству проєкт підводного човна надводною водотоннажністю 55 тонн і підводною – 63 т, рух якого на поверхні повинна була забезпечити парова машина потужністю 300 к.с. (до 15 вуз.), яка працювала на нафті, під водою – електромотор потужністю 100 к.с. (до 10 вуз.), що працював від акумуляторної батареї з 400 елементів. Розрахункова дальність плавання повним ходом у надводному положенні передбачалася до 600 миль, під водою на електромоторі – 30 миль. Човен мав подвійний корпус (з проміжком між обшивками у 20 см), розрахований на глибину занурення до 20 м. Озброєння складали 2 рамкових торпедних апарати власної конструкції (боєкомплект 4 торпеди).

Оскільки МТК відхилив цей проект, С. Джевецький у 1892 р. переробив його і в 1896 р. представив на конкурс морського міністерства Франції, за який отримав 2-гу премію (1-шу – не вручали нікому). Він являв собою збільшений у габаритах і трохи змінений у деталях попередній корабель. Водотоннажність за проектом становила 190 тонн, дві парові машини Лавалю на рідкому паливі мали забезпечити надводний хід 15 вуз. протягом 48 год. (720 миль). Розрахункова швидкість під водою на електромоторах планувалася в 10 вузлів. Озброєння човна складало 4 рамкових торпедних апарати по бортах субмарини автоторського проекту.

У 1903–1904 рр. на замовлення «Комітету з посилення флоту» на кошти, пожертвовані поштовими працівниками, С. Джевецький спроектував свій черговий підводний човен. Закладений у грудні 1904 р. на Металічному заводі в Санкт-Петербурзі, човен був спущений на воду в жовтні 1906 р. Проте, ходові випробування, розпочаті 28 вересня 1907 р., завершилися лише в серпні 1909 р. Із зарахуванням до бойового складу флоту 23 вересня 1909 р. човен і отримав свою назву «Почтовый». Силовий блок човна складало п'ять моторів: два бензинових по 130 к.с, що працювали на гребний вал; бензиновий у 60 к.с, який працював на компресор повітря високого тиску; бензиновий на 5 к.с, який працював на електрогенератор; пневматичний на 60 к.с, що працював на газовий насос. Повітря для роботи бензинових моторів надходило з машинного відділення, яке сполучувалося з атмосферою через відкритий вхідний люк. Під водою працював тільки один гребний бензиновий мотор, при цьому повітря він отримував від батареї із 45 повітряних балонів загальним об'ємом 10 м³. Човен водотоннажністю 134/148 тонн на випробуваннях досягнув максимальну швидкість 11,4 вуз. у надводному та 6,1 вуз. у підводному положенні; розрахункова дальність плавання визначалася 340 та 27 миль відповідно; глибина занурення – 30 метрів. Озброєння складало 4 рамкових торпедні апарати для 457-мм торпед, екіпаж налічував 11 осіб.

Слід зазначити, що на човен передбачалася установка мотора єдиного ходу, що мав працювати по замкнутому циклу (проект мічмана М. Нікольського (1888–1969), помічника командира ПЧ «Почтовый»). Оригінальність установки полягала у використанні кисню замість стиснутого повітря і винесення процесу очищення вихлопних

газів та збагачення їх окислювачем із двигуна у самостійну систему регенерації. Але подальшої розробки на той час ідея не набула і, човен, простоявши на береговій стінці заводу одинадцять років, у вересні 1924 р. був розібраний на метал.

У підсумку, протягом 1877–1908 рр. С. Джевецький спроектував 11 підводних човнів, більша частина з яких була побудована і випробувана, причому, проект 1885 р. мав у якості двигуна електромотор, що живився від акумуляторної батареї, проекти 1887 та 1892 рр. для надводного ходу використовували парові машини на нафті, для підводного – електромотори, а ПЧ «Почтовый» 1909 р. побудови мав комбіновану машину з бензиновими, електричними та пневматичним двигунами та створеним мотором єдиного ходу замкнутого циклу.

У період російсько-японської війни 1904–1905 рр. з розвитком технічної думки проектуються підводні човни, які в якості рушіїв мали вже двигуни внутрішнього згорання. Одним із перших такого типу став підводний човен «Кета» лейтенанта Сергія Яновича (1878–1935), модернізований із початком російсько-японської війни у 1904 р. із одного із законсервованих човнів С. Джевецького третьої серії шляхом встановлення на ньому бензинового двигуна замість велосипедного приводу, і озброєний двома рамковими апаратами системи Джевецького для торпед калібру 381 мм. Човен міг плавати тільки в напівпідводному положенні (нині його називають позиційним або крейсерським). При цьому повітря для забезпечення роботи двигуна засмоктувалося через спеціальну трубу, свого роду примітивний «шноркель». Таким чином, Янович фактично повторив ідеї попередників Герна та зарубіжних конструкторів Барбура і Холланда.

Після випробувань, усунення виявлених недоліків і прийому комісією, яку очолював відомий вчений-кораблебудівник О. Крилов (1863–1945), човен у 1905 р. був зарахований до складу російського флоту під назвою «катер малої видимості «Кета», доправлений у травні залізницею на Далекий Схід і під командуванням С. Яновича був зарахований до складу Загону оборони гирла Амура і в період із 3 червня по 20 вересня того ж року він здійснив 17 виходів в море, пройшовши майже 950 миль. Але сам факт наявності субмарини у гирлі Амуру мало стримую-

чу дію на противника і змусило його відмовитися від планів висадити десант у районі гирла Амуру. Утім, незважаючи на спроби модернізації, цей тип човна – напівзануреного – вже був застарілим.

У 1904 р. на Балтійському заводі в Санкт-Петербурзі за проектом лейтенанта російського флоту О. Боткіна був збудований човен «Челимь» водотоннажністю 1 т, який також міг плавати у двох положеннях: надводному і позиційному. Двигуном єдиного ходу служив один гасовий мотор потужністю 1 к.с., повітря для його роботи при плаванні в позиційному положенні також засмоктувалося через спеціальну трубу. Озброєння складало 2 рамкові торпедні апарати Джевецького для 381-мм торпед. 17 серпня 1904 р. на рейді Кронштадта було проведено успішне випробування торпедних апаратів, проте човен продемонстрував занадто низьку швидкість для активних дій, що змушувало його доправляти до району дій тільки на буксирі. Утім, вибору особливого не було і після повернення човна на буксирі назад до Санкт-Петербурга його завантажили на залізничну платформу і відправили до Владивостока. Утім, через низькі технічні характеристики (навіть гіршими ніж у «Кети») участі в бойових діях проти японців цей човен не брав.

Улітку 1904 р., в обложеному японцями Порт-Артурі залізничний технік Михайло Нальотов (1869–1935) побудував ПЧ водотоннажністю 25 т. За наявними відомостями, за своїм влаштуванням він був подібний до «Кети» і «Челима», тобто був напівпідводний судном, яке не мало електромотора для руху на глибині. М. Нальотов планував, що його озброєння буде складатися із 2-х торпед Уайтхеда в рамкових апаратах зовні корпусу, або з 4-х якірних мін загородження. За результатами проведених восени випробувань і пробного занурення на 10 м, на човні було вирішено встановити гасовий мотор з роз'їзного катера броненосця «Пересвєть». Проте, із капітуляцією фортеці, бажаючи зберегти свій винахід у таємниці, 20 грудня (за старим стилем), М. Нальотов підірвав підводний човен на внутрішньому рейді гавані.

У 1901 р. за проектом лейтенанта Євгена Колбасьева (1862–1918) у майстернях Кронштадтського порту корабельний інженер Микола Кутейников (1872–1921) побудував човен з розбірним корпусом, названий «Петр Кошка». Головною відмінністю цього човна стала наявність шести електромоторів загальною потужністю 24 к.с., гребні вали

яких були розташовані під кутом 20 градусів до діаметральної лінії корпусу. Ці шість двигунів дозволяли розвивати максимальну швидкість 8,5 вузлів (15,74 км/год) на поверхні і 6 вузлів (11,1 км/год) під водою. Акумулятори загальною масою 4 т забезпечували 15-мильну дальність плавання під водою на швидкості 3,5 вуз., або 40 миль в надводному положенні на 4 вуз. Проте, замість високої маневреності, як сподівалися автори проекту, човен вийшов надзвичайно нестійким у русі: незначна зміна числа обертів будь-якого із шести електромоторів викликала відхилення від заданого курсу. Відтак, даний проект подальшого розвитку не отримав і, відправлений у лютому 1904 р. до Порт-Артура, човен простояв у порту до кінця оборони і перед капітуляцією фортеці наприкінці грудня 1904 р. був затоплений у західній частині гавані.

Однією із перших сконструйованих і збудованих субмарин з електричним ходом у 1903 р. став човен-електрохід «Форель» («Forelle»), подарований фірмою Фрідріха Круппа у 1904 р. російському Морському міністерству у якості дослідного за три замовлених натомість ПЧ типу «Карп». Електромотор потужністю 60 л.с. забезпечував повний хід до 8 вуз. на поверхні (дальність плавання 20 миль на 4,5 вуз.) і близько 6 вуз. під водою (дальність плавання під водою – 18 миль на 3,5 вуз.). озброєння складалося з двох 457-мм торпед в трубних апаратах ззовні корпусу побортно.

Після проведених у Санкт-Петербурзі випробувань з початком російсько-японської війни човен був доправлений залізницею з Лібави до Владивостока, де під командуванням лейтенанта Тимофія Фон-дер Рааб-Тіллена (1880–1929) «Форель» протягом п'яти місяців був єдиною формально діючою підводною одиницею флоту на Тихоокеанському театрі, хоча у море він не виходив, перебуваючи у стані готовності до закінчення війни.

Першою повноцінною бойовою одиницею став збудований у 1903 р. за проектом І. Бубнова та М. Беклемішева підводний човен «Дельфін», на якому був установлений бензиновий двигун заводу Даймлера (Німеччина) за проектом інженера Луцького та електродвигун підводного ходу.

Наявність на човнах небезпечних у пожежному відношенні бензинових та газових (газолінових) двигунів внутрішнього згоряння потребувало розробки та встановлення більш досконалого і безпечного двигуна внутрішнього згоряння для надводного ходу, яким і став дизельний двигун, освоєний на вітчизняних підприємствах і встановлений восени 1905 р. на підводному човні нового типу «Миного».

Отже, пройшовши еволюцію від використання м'язової сили та використання повітряних (пневматичних) машин для руху у надводному та підводному положеннях, з розвитком техніки наприкінці XIX – на початку XX ст.ст., зокрема, розвитку електричних акумуляторів та електромоторів, вдалося частково вирішити проблему двигуна для підводного човна.

Після багаторічних досліджень і дослідів на початку XX ст. отримала загальне визнання подвійна система двигунів для субмарин: для руху на поверхні воли бензиновий або газоліновий двигун, а під водою електромотор, який живиться від акумулятора. Наступним прогресивним кроком стало створення та використання на підводних човнах для надводного ходу дизельного двигуна.

Вдале вирішення цієї проблеми, як і інших, зокрема, широкий розвиток оптики, що дала перископ, і вдосконалення торпедної зброї, зумовило великий стрибок у розвитку підводних човнів, які у подальшому повною мірою продемонстрували свої якості і здобули право на рівне, а потім і на перше місце серед інших класів бойових кораблів і підводного плавання загалом.

СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА АВТОМАТИКА ПІДВОДНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ

УДК 629.584

НАУКОВІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ СУДНОВОЇ СИСТЕМИ «СПУСКО-ПІДНІМАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ – КАБЕЛЬНА ЛЕБІДКА»

Автор: Т.Б. Алієв, магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Численні дослідження океану за допомогою спеціалізованої підводної техніки пов'язані з виконанням операцій спуску і підйому незалежно від призначення і масогабаритних показників використовуваних підводних апаратів. Зазначені операції є складними, дорогими і дуже відповідальними, особливо при виконанні оперативних підводно-технічних або пошуково-рятувальних робіт. Термінові роботи характерні тим, що на їх виконання не завжди достатньо часу для очікування ідеальних погодних умов і робочі занурення не рідко виконують при відчутному хвилюванні моря, вночі, при негативних температурах повітря і т.д. Варто відзначити, що погані метеоумови і темний час доби можуть настати і при виконанні планових робіт [1-3].

Якщо проектуванню підводних апаратів приділено достатньо уваги, то до спуско-піднімальних пристроїв, як до допоміжного обладнання, необґрунтовано приділяють менше уваги [3]. У світі існують не один десяток фірм, основний напрямок яких є створення спуско-піднімальних пристроїв. Свою продукцію подібні компанії найчастіше виготовляють у вигляді універсального пристрою під певний типорозмір апаратів або під конкретний апарат. Огляд конструктивних особливостей і умов експлуатації спуско-піднімальних пристроїв для підводних апаратів дає підставу вважати, що завдання створення ефективних спуско-піднімальних пристроїв для різного класу підводної техніки є досить актуальною [4].

Мета дослідження – розробка методів автоматизації роботи системи «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка» шляхом вдосконалення моделі її функціонування.

Для досягнення поставленої мети в під час досліджень вирішені наступні основні завдання:

- визначені основні напрямки в області створення систем «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка»;
- виконано аналіз сучасних рішень побудови систем «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка»;
- побудова математичної моделі функціонування системи «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка».

Об'єкт дослідження – модель функціонування системи «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка».

Методи дослідження. Науково-прикладна задача автоматизації роботи системи «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка» вирішувалася в рамках новітніх концепцій і сучасних технологій створення засобів морської робототехніки. При виконанні досліджень застосовувалися методи моделювання елементів системи в середовищі Matlab – Simulink.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку науково-методологічних основ створення засобів морської робототехніки.

Отримала подальший розвиток математична модель функціонування системи «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка» на основі особливостей реалізації та застосування засобів морської робототехніки різного типу, що дозволяє підвищити ефективність її створення і застосування шляхом оптимізації характеристик системи автоматичного управління.

Список літератури:

1. Бугаенко Б.А. Динамика судовых спускоподъемных операций / Бугаенко Б.А. – К.: Наукова думка, 2004. – 320 с.
2. Галь А.Ф., Дубина М.А. Анализ конструкций спускоподъемных устройств подводных технических средств. / Зб. наук. праць НУК, 2008, №2. – С. 32–37.
3. Галь А.Ф., Дубина М.А. Особенности спускоподъемных устройств подводных аппаратов. / Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2008, № 24. – С. 131–136.

4. Судовые устройства: Справочник / под ред. Александрова М.Н. – Л.: Судостроение, 1987. – 656 с.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ АНПА

Автор: Л.Т. Алоба, преподаватель, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

Группа автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) рассматривается как многоагентная система, состоящая из группы автономных агентов, взаимодействующих друг с другом, и каждый аппарат рассматривается как агент с возможностями связи. Примером тому является система Hydromea Vertex АНПА – группа (рой) небольших, портативных и высокоинтегрированных АНПА для измерения качества воды, для работы в группах из 10 и более аппаратов [1].

Одним из привлекательных сценариев подводной деятельности является концепция команды АНПА с несколькими недорогими вариантами навигации с навигационной информацией. Использование нескольких АНПА имеет значительные преимущества, как для военных, так и для коммерческих применений. Нефтегазовый сектор и добыча на морском дне, в настоящее время, являются одним из крупнейших областей потенциального роста.

Группа согласованных АНПА, обеспечивающая гибкость, параллелизм, масштабируемость, надежность, стабильность, экономичность, энергоэффективность и экономичность, а также возможность использования одного АНПА [2,3]. Специализированный модельный комплекс (СМК), предназначенный для компьютерных исследований интеллектуальных систем, автоматических систем управления (САУ) и группового управления (ГУ) АНПА в условиях постоянных собственных параметров АНПА и неопределенности внешних возмущений с участием программных модулей [4]. СУ каждым АНПА в группе должна иметь функции самообучения, принятия решений по маневрированию, обнаружения сонарных изображений.

В рамках задачи управления группой актуальным является синтез их согласованным движением. Одним из условий для реализации ГУ является организация требуемого навигационного обеспечения для всех АНПА в группе. В некоторых специальных случаях, множественные недорогие целевые АНПА направляются и управляются одним или двумя АНПА более высокими ценами как ведущими аппаратами. Задача заключается в разработке согласованных стратегий однородной группы АНПА и в модульной архитектуре, которая позволяет обрабатывать неоднородность.

В скоординированной группе разнородных АНПА, где один более дорогостоящий центральный АНПА, на основе интеллектуального радиогидроакустического буя (РГАБ) дифференциальной GPS (ДСГП), чтобы предоставить дешевых АНПА с навигационной информацией. Можно оценить точное положение центрального (ведущего) АНПА, несущее акустического пингера, по измеренному времени прихода сигнала (ТОА) акустических сигналов и ДСГП, которые собирались и вычислялись навигационным судно – носителем или/и поверхностными буями по радиолинии и иногда с расстояния до 5 км. С использованием подводной концепции ДСГП, а также набора интеллектуальных поверхностных РГАБ (обычно четыре из них) [5].

В системе, ведущий получит точную позицию ДСГП, не поднимаясь на поверхность, чтобы периодически откалибровать свои позиции, что серьезно нарушит или даже ухудшит всю стратегию координации и формирования команды, помимо нежелательной энергии, потребляемой для взлета до поверхности. Другие АНПА как ведомые получают точное положение через акустическую связь с ведущим АНПА, а ведущий может генерировать и выделять путевые точки другим подчиненным АНПА. Группа разнородных АНПА тоже удобно реализует скоординированный сценарий.

Ведущий АНПА с надежной навигационной системой используется для управления другими АНПА. Пятиуровневая обобщенная структура системы автоматического группового управления (САГУ) АНПА, сопоставленная с иерархической архитектурой управления для каждого АНПА в гетерогенной/гомогенной группе АНПА, показана на рис. 1.

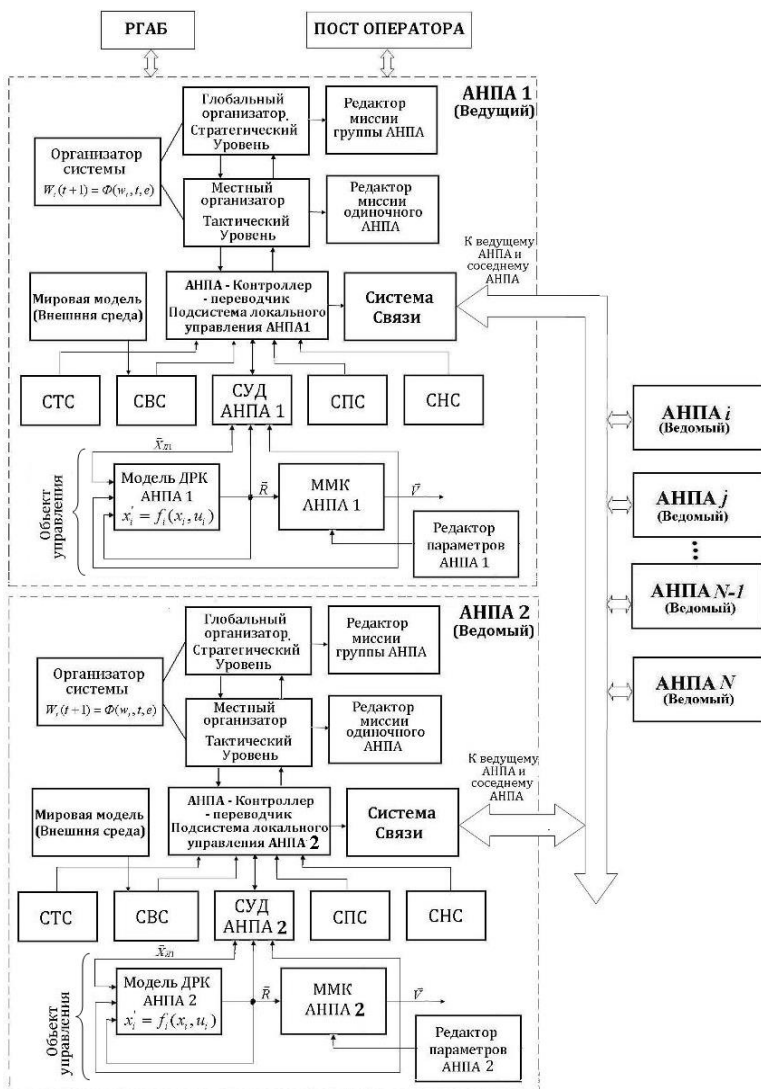


Рис.1. Пятиуровневая обобщенная структура системы автоматического группового управления (САГУ) АНПА

Обобщенная структура состоит из пяти уровней: два разных уровня, на которых система может быть разработана и изучена, микроуровень, который фокусируется на внутренней архитектуре агентов, и макроуровень, который управляет системой группового управления (СГУ) из глобальной точки.

Система управления двигателями СУД АНПА – эта подсистема управляющая двигателями, пропеллерами и рулями, то есть движение АНПА управляется с помощью двигателей и рулей и ещё плавучести. Она управляет группой, когда она видит обратную связь, как выполняется её группа.

Математическая модель двигательного-рулевого комплекса АНПА1 (ММ ДРК1 АНПА1) – состоит из двигателей и рулей. На выходе есть упор $\bar{R}_1$, который действует на корпуса аппарата. Уравнение рулевым комплексом содержит в правой частях и сил и датчиками формирует управляющие сигналы на движители.

ММ К АНПА1 – Математическая модель корпуса АНПА1. На выходе корпуса будет переменный вектор скорости движения, $\bar{V}_1$. Интегрирующая скорости получает путь. Реакция воды действует на корпуса аппарата. Уравнение математической модели корпуса, на правой частях содержит обратную связь и будет переменное сопротивление скорости.

$\bar{X}l1$ – локальная управляющая команда, которую система управление даёт на корпусе.

СНС – Система навигационных сенсоров. В состав АНПА-1 входит обычная навигационная система (НС), которая состоит из магнитного компаса, датчиков наклона (крен, дифферент), угловых скоростей и глубины погружения

Структура взаимодействий такова: контролер ведущего группы выполняет процедуру формирования точек выборки и связывает точки выборки вместе со временем координации и с контролерами других групп; по прибытии в назначенную точку выборки каждый групповой контролер отправляет сообщение с образцом ведущего АНПА; процесс начинается снова, когда ведущий получает образцы из других групповых контролеров. Во время каждой миссии предполагается, что

в каждой отдельной группе есть только один ведущий, и для простоты эта роль фиксируется для всей миссии без исключения.

Процедуры самоорганизации АНПА для создания группы на практике определяют архитектуру АНПА на основе задачи, для которой она была создана, а также учитывают среду работы. При проектировании архитектуры, важна информация о количестве агентов, которые будут работать над задачей, и взаимодействия друг с другом.

Самоорганизация по параметру – способность группы координировать свои действия на основе показаний её сенсорных подсистем. Самоорганизация в пространстве – группа целенаправленно управляют размещением и перемещением АНПА в пространстве.

Глобальный организатор в ведущем АНПА обрабатывает координату на основе событий, назначая новые путевые точки для АНПА в группе и определяет, когда миссия завершена, и когда вся система нуждается в перенастройке. Локальный организатор отвечает за управление движением и диагностику неисправностей каждого АНПА.

Гетерогенные системы группы АНПА – когда ведомые АНПА в группе не могут получить информации от ведущего АНПА в течение ожидаемого временного интервала, один из них займёт позицию в качестве ведущего из-за существующего глобального организатора и вся группа АНПА будет надёжной при потере ведущего АНПА.

Уровень стратегической СУ поведением представляет собой интеллектуальную систему, позволяющую реализовать сложные задачи АНПА, приводящие к решению им поставленной задачи. Он раскладывает поставленную задачу на более мелкие подзадачи до тех пор, пока она не будет состоять из заданий для тактического уровня СУ.

Уровень стратегического управления группой АНПА реализуется ведущим группы и включает в себя развитие стратегического поведения i-ой группы и анализирует данную задачу, формализует характеристики объектов подводного поиска и агентов группы, разрабатывает общий план миссии для i-ой группы АНПА. Также, определяет критерии качества выполненной миссии для i-ой группы АНПА; выявление любых проблем и внесение необходимых регулировок.

Глобальний контроллер органайзера находится либо в главном организаторе режима, либо в ведомом АНПА и заботится о сотрудничестве с другими АНПА и принимает решение о единой системе на основе событий.

Уровень тактического управления группы АНПА предусматривает фактическую реализацию задачи поисковой миссии для каждого АНПА *i*-ой группы. Он выбирает из базы данных законы безопасного пространственного перемещения АНПА и позиционирования, вблизи основанного подводного объекта; выбирает законы идентификации, проверки объектов и документирования результатов; определяет режимы и форматы коммуникации для АНПА *i*-ой группы между собой, ведущем группы и уровнем стратегического управления.

Мировая модель представляет собой представление об окружающей среде, в которой работает АНПА и информацию о других АНПА в группе. Она имеет встроенный хранилищ информации и набор инструментов (алгоритмов), которые могут отвечать на запросы и обрабатывать информацию в других формах, когда необходимо. Важным преимуществом является надежное извлечение метаданных из необработанных данных датчиков, позволяющих передавать только критические данные оператору или между АНПА и на самые высокие уровни автономного принятия решений.

Интерпретатор АНПА предоставляет набор команд координации, интерпретируемых из локального органайзера. Такой промежуточный уровень является интерфейсом между координацией высокого уровня в организаторе системы и реализацией низкого уровня в контроллере АНПА.

Переводчик АНПА обращается к локальному организатору события, которое используется местным организатором для обработки возможных неисправностей. Контроллер АНПА получает маневры, указанные интерпретатором АНПА. Он вычисляет команды управления низкого уровня и выполняет их на АНПА. Взаимодействие между ведущим и ведомым достигается через сеть (канал) связи.

С предлагаемой архитектурой обобщенной структуры системы автоматического группового управления АНПА с несколькими АНПА могли не только реализовывать согласованные стратегии в конфигу-

рации ведущего-ведомого во всей группе, но также легко обрабатывать неоднородность в пятислойной архитектуре внутри отдельных АНПА.

Выводы

1) Представлена обобщенная структура системы автоматического группового управления АНПА сопоставленная с пятиуровневой (пятислойной) иерархической архитектурой управления.

2) Полученная иерархическая архитектура управления заключается в разработке согласованных стратегий однородной группы АНПА и в модульной архитектуре, которая позволяет обрабатывать неоднородность.

Список литературы:

1. Dr. Felix Schill, Dr. Alexander Bahr. Swarm AUVs for environmental sensing. Hydromea 2017. 33 Pages. https://www.oceanologyinternational.com/_novadocuments/230277?v=635950465917630000

2. Блинцов С.В. Совершенствование управления автономным необитаемым подводним аппаратом как агентом группы морских роботов[Текст] / С.В. Блинцов, Л.Т. Алоба // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв НУК, 2016. – № 5(467). – С. 30-35

3. Efficient Use of AUVs in the Maritime Environment. G Slămnoiu, O Radu, V Roșca, C Pascu, G Surdu, E Curcă, R G Damian and A Rădulescu. International Conference on Innovative Research – ICIR EUROINVENT 2017. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/209/1/012098/pdf>

4. С. В. Блінцов, Тхи Доа н Фук. Особливості групового керування автономними підводними апаратами при виконанні пошукових робіт. Восточно-Европейский журнал передовых технологий ISSN 1729-3774 2013. Сс. 56-60.

5. Xianbo Xiang, Guohua Xu, Qin Zhang, Zhihu Xiao and Xinhan Huang. Coordinated Control for Multi-AUV Systems Based on Hybrid Automata. Proceedings of the © 2008 IEEE. International Conference on Robotics and Biomimetics. Pp. 2121-2126. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4522497/>

УДК 681.5

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОСТОРОВИМ РУХОМ ТЕЛЕКЕРОВАНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

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

Виконання підводних робіт з обстеження донної поверхні та пошуку підводних об'єктів із застосуванням водолазних технологій є неефективним, а іноді, навіть, неможливим. В таких випадках доцільним вбачається застосування безекіпажних підводних систем на основі телекерованих підводних апаратів.

Телекерований підводний апарат (ТПА) є багатовимірним об'єктом керування, який здійснює просторовий рух в умовах параметричної невизначеності та впливу зовнішніх збурень. Крім того, рух апарата описується системою нелінійних матричних диференціальних рівнянь другого порядку. Тому, керування просторовим рухом ТПА пропонується реалізувати за допомогою системи, побудованої за функціональною схемою з рис. 1.

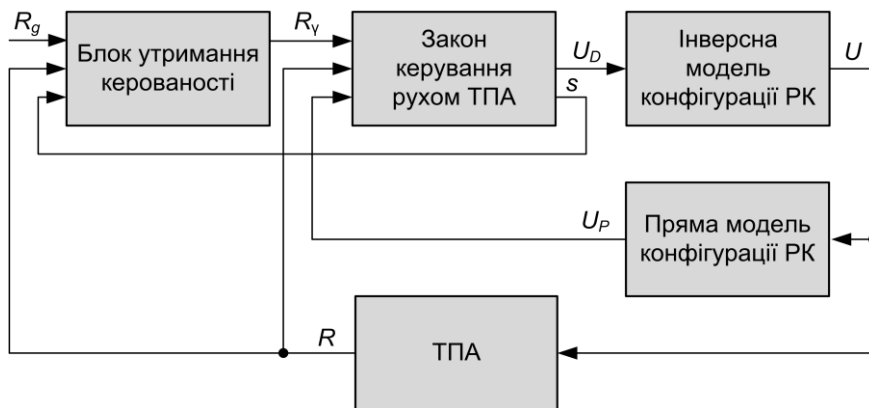


Рис. 1. Функціональна схема системи керування просторовим рухом ТПА

Задача керування, представлена матрицею заданих значень позиційних кінематичних параметрів ТПА R_g , надходить до блоку утримання керованості [1]. Даний блок забезпечує керованість всіх ступенів рухливості ТПА в режимі насичення шляхом обмеження задачі керування:

$$R_\gamma = F(R_g, R, s),$$

де R_γ – матриця обмежених значень задачі керування; R – матриця позиційних кінематичних параметрів ТПА; s – ознака режиму насичення.

Обмежена задача R_γ подається на вхід закону керування рухом ТПА, який формує матрицю сигналів керування ступенями рухливості апарата. Реалізація закону керування потребує розподілу сигналів керування між складовими рушійного комплексу (РК) ТПА. Дана задача вирішується інверсною моделлю конфігурації РК. Така модель є матрицею псевдо-оберненою до прямої моделі конфігурації РК. Пряма модель конфігурації РК визначається виразом:

$$D = \begin{bmatrix} d^T & r^T \times d^T \end{bmatrix}^T,$$

де d – матриця, компоненти якої характеризують напрями дії зусиль, створюваних рушійними пристроями ТПА; r – матриця, компоненти якої є координатами розміщення рушійних пристроїв ТПА, вираженими в зв'язаній з апаратом системі координат. Верхнім індексом « T » позначено операцію транспонування.

Матриця сигналів керування РК ТПА визначається за виразом:

$$U = D^+ U_D, \quad (1)$$

де U_D – матриця сигналів керування ступенями рухливості ТПА. Верхнім індексом « $+$ » позначено операцію обчислення псевдо-оберненої матриці.

Закон керування просторовим рухом ТПА пропонується синтезувати з використанням принципів оберненої динаміки об'єкта керування та мінімізації локальних функціоналів, що характеризують енергію руху в околі фазових траєкторій еталонних моделей за градієнтною схемою другого порядку [2]:

$$\left. \begin{aligned} D\ddot{U} + HD\dot{U} &= K\ddot{E} + 2K\tau^{-1}\dot{E} + K\tau^{-2}E; \\ E &= R_\gamma - R; \end{aligned} \right\}$$

де K , H – матриці параметрів градієнтного пошуку; τ – матриця постійних часу еталонної моделі. Матриці K , H , τ є діагональними розмірності $N \times N$, де N – кількість рушійних пристроїв ТПА. Точкою позначено операцію взяття похідної за часом.

Приведемо отриманий закон керування до виду (1) шляхом подвійного інтегрування за часом:

$$\left. \begin{aligned} U_D &= \left(KE + 2K\tau^{-1} \int_t E dt + K\tau^{-2} \iint_t E dt dt - \int_t HU_p dt \right); \\ U_p &= DU. \end{aligned} \right\}$$

Перевагою від використання такої форми закону керування є відсутність необхідності у визначенні похідних від матриці позиційних кінематичних параметрів ТПА. В доповіді розглядаються питання синтезу закону керування рухом ТПА та оцінки якості процесів, які реалізує система автоматичного керування.

Список літератури:

1. 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
2. Крутько, П. Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. Цикл лекций [Текст]: уч. пос. / П. Д. Крутько. – М.: Машиностроение, 2004. – 576 с.

УДК 629

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО МОДЕЛЮЮЧОГО КОМПЛЕКСУ САМОХІДНОЇ ПРИВ'ЯЗНОЇ ПІДВОДНОЇ ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

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

Спеціалізований моделюючий комплекс призначений для дослідження квазістаціонарних та динамічних режимів руху самохідної прив'язної підводної вантажної системи (СППВС) будується на основі систем нелінійних диференційно-алгебраїчних рівнянь функціонування застосованих елементів системи [1].

Вивчення керування рухом самохідного прив'язного підводного апарата робота транспортного типу (СППАР-Т) як основної складової частини СППВС виконується з позицій руху в просторі твердого тіла в обраних системах координат [2].

Поточний стан СППАР-Т оцінюється векторами швидкості переміщення (поступального руху) центра мас апарата в просторі $\vec{V}_{ROV}$, швидкості обертального руху центра мас апарата в просторі $\vec{\Omega}_{ROV}$, положення апарата в просторі $\vec{P}_{ROV}$, масивом кутової орієнтації апарата в просторі $H_{ROV} = \{\varphi, \psi, \theta\}$, де φ , ψ , θ – відповідно кути рискання, диференту, та крену апарата-робота.

Масив сигналів керування електро-рушійного комплексу (ЕРК) СППАР-Т U має подаватись на вхід моделі. При цьому виконується розрахунок кінематичних праматерів апарата за допомогою моделюючого комплексу. При русі апарата-робота малими прискореннями відносно судна-носія (СН) на його корпусі (КПАР-Т) будуть виникати збурювальні моменти, викликані впливом потоку. Суттєвий вплив на зміну кутів крену та диференту корпусу СППАР-Т у підводному просторі будуть надавати маси від двох модулів КВ. Захват та відчеплення корисного вантажу (КВ) реалізується застосуванням двоканальної си-

стеми маніпуляторних пристроїв (МП). Один канал відповідає за маніпуляції з модулем-1, інший за маніпуляції з модулем-2 КВ. Відповідно, при зміні кутової орієнтації апарата будуть змінюватися і вектори сил ЕРК. Для дослідження зазначених впливів моделюючий комплекс пропонується розробляти на основі структури, наведених на рис. 1 [1, 3].

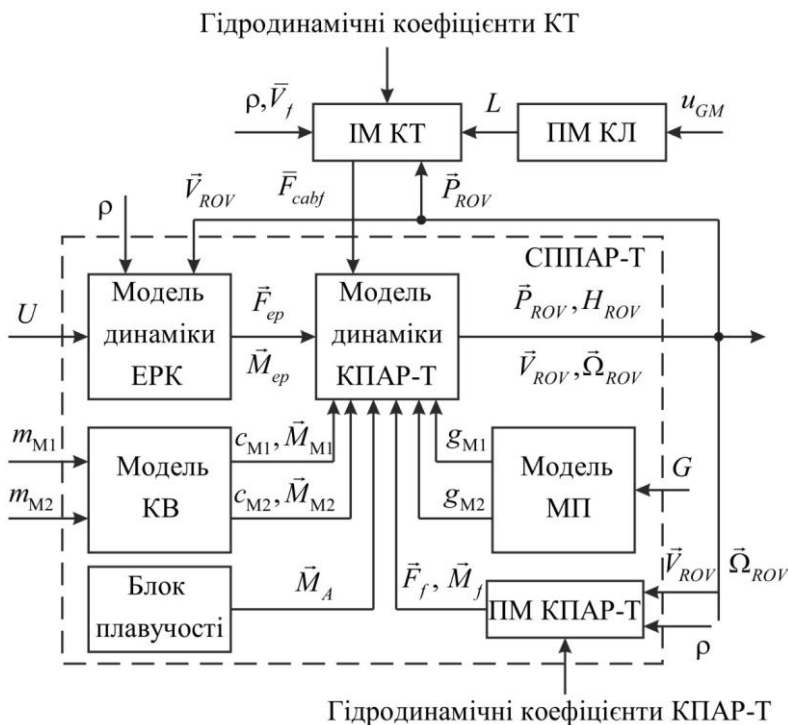


Рисунок 1 – Структура моделі СППВС з урахуванням динаміки КПАР-Т

На рис. 1 прийнято такі позначення: U – масив сигналів керування ЕРК; ρ – питома густина води; $\vec{V}_f$ – вектор потоку води; $\vec{F}_{ep}$, $\vec{M}_{ep}$ – відповідно вектори сил і моментів засобів керування; $\vec{F}_{cabf}$ – вектор

сили натягу від КТ; $\vec{F}_f$, $\vec{M}_f$ – відповідно вектори сил і моментів, які виникають внаслідок взаємодії корпусу апарату (КПАР-Т) з потоком води; m_{M1}, m_{M2} – маси модулів 1 і 2 КВ; c_{M1}, c_{M2} – центри мас модулів 1 і 2 КВ; G – масив сигналів керування системою МП; g_{M1}, g_{M2} – канали керування захвату та відчеплення модулів 1 і 2 КВ; $\vec{M}_a$ – момент, викликаний дією сили плавучості основного блока КПАР-Т; $\vec{M}_{M1}, \vec{M}_{M2}$ – моменти, викликані дією сил плавучості модулів 1 і 2 КВ; $\vec{V}_{ROV}$ – вектор швидкості переміщення (поступального руху) центра мас апарата в просторі; $\vec{\Omega}_{ROV}$ – вектор швидкості обертального руху центра мас апарата в просторі; $\vec{P}_{ROV}$ – вектор положення апарата в просторі; H_{ROV} – масив кутової орієнтації апарата в просторі; L – довжина попущеної частини кабель-троса (КТ); u_{GM} – сигнал керування приводом кабельної лебідки (КЛ); ІМ КТ – інверсна модель кабель-троса; ПМ КПАР-Т – пряма модель корпусу апарата-робота транспортного типу; ПМ КЛ – пряма модель лебідки кабель-троса.

Висновки

Модель СППВС, реалізована за наведеною структурою, дає змогу оцінити характер та величину впливу збурень, які виникають на корпусі СППАР-Т внаслідок його руху в потоці води з малими прискореннями, під квазістаціонарною силовою дією від КТ.

Список літератури:

1. Блінцов, О.В. Удосконалення керування квазістаціонарним просторовим рухом самохідної прив'язної підводної системи в умовах невизначеності: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.13.03 – системи та процеси керування / Олександр Володимирович Блінцов; Національний університет "Львівська політехніка". – Львів, 2009. – 20 с.
2. Лукомский, Ю.А. Системы управления морскими подвижными объектами / Ю.А. Лукомский, В.С. Чугунов. – Л.: Судостроение, 1988. – 271 с.

3. Войтасик, А.М. Підводна техніка і технології: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2017. – Ч.2 – С. 40-45

УДК 629

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРИВ'ЯЗНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ В УМОВАХ ТЕЧІЇ

Автор: О.Б. Горюшкін, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Прив'язні підводні апарати на даний момент широко використовуються, як в Україні так і в інших передових крейсах світу[1]. Однією з проблем з якими необхідно боротися є вплив течії на прив'язну підводну систему. На відміну від автономних підводних апаратів, прив'язні з'єднанні з судном носієм гнучкою лінією (кабель-тросом(КТ)). Сила яка діє на КТ внаслідок набігаючого потоку води є значно більшою ніж та сила яка діє безпосередньо на підводний апарат [2]. Тому завдання розробки системи автоматичного керування в умовах течії є актуальною задачею сьогодення.

Метою роботи є розробка структури системи автоматичного керування рухом прив'язного підводного апарата, яка повинна компенсувати або зменшити дію течії.

Для розробки структури системи керування перш за все необхідно визначити ті впливи, які спричиняє дія течії на підводний апарат. Перш за все течія діє на силу натягу КТ і та через нього діє на прив'язний підводний апарат, що обумовлює зменшення швидкості руху апарата, а також появу обертового моменту. При дії течії безпосередньо на підводний апарат окрім зменшення його швидкості виникає його бокове переміщення відносно його руху(зміщення), коли апарат рухається не вздовж лінії руху течії (такий режим роботи є дуже рідким).

Таким чином система автоматичного керування повинна вирішувати наступні завдання:

- зменшення впливу КТ на підводний апарат;

– підтримання швидкості руху апарата та компенсація зміщення апарату.

Зменшення впливу КТ на підводний апарат можливо досягненням регулюванням оптимальної довжини КТ відносно координат підводного апарата. Регулювання витравленої довжини КТ відбувається на судну носії та залежить лише тільки від координат ходового кінця відносно корінного.

Для усунення зміщення апарату відносно заданої траєкторії руху при відсутності лагових рухів забезпечується корегуванням курсу апарата, а його швидкість корегується швидкістю обертання рухів. В умовах коли поворот апарата та його маршовий рух забезпечуються одними і тими ж рухами, тоді підтримання курсу є більш пріоритетною задачею.

Таким чином для побудови системи автоматичного керування прив'язним підводним апаратом в умовах течії необхідно синтезувати наступні регулятори:

- регулятор випущеної довжини КТ;
- регулятор курсу з підпорядкованим регулятором швидкості.

Регулятор випущеної довжини КТ (рис. 1) доцільно створювати з двома контурами зворотного зв'язку[3], оскільки виникає необхідність швидко реагувати на зміну моменту $M_{КТ}$, яка виникає в результаті дії сили натягу КТ на барабан лебідки, а відстеження даного моменту є складною задачею оскільки він залежить від багатьох факторів: випущена частина КТ, координати апарата, швидкість руху апарата та течії тощо.

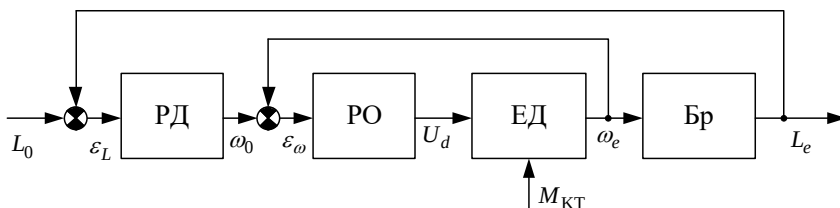


Рисунок 1 – Регулятор випущеної довжини КТ

Оскільки в даній системі є зовнішня діє яку неможна розрахувати обираємо керування по відхиленню з двома від'ємними зв'язками. Система керування задає оптимальну довжину КТ L_0 , яка порівнює дане значення з випущеною частиною L_e , а різниця подається ε_L на вхід регулятора довжини (РД), що визначає необхідну швидкість обертання електродвигуна ω_0 . На регулятор обертів двигуна (РО) приходить різниця ε_ω між заданою ω_0 та поточною ω_e швидкістю обертання двигуна, а результатом роботи регулятора виступає напруга U_d , яка подається на електродвигун лебідки КТ. Модель барабана (Бр) забезпечує розрахунок випущеної довжини КТ.

Регулятор курсу з підпорядкованим регулятором швидкості (рис. 2) побудовано для рушійно-кермового комплексу (РКК), в якому за горизонтальний рух відповідає два маршових рушія, що встановлені в горизонтальній площині та паралельно основної осі симетрії апарата, а лаговий або підрулюючий відсутні.

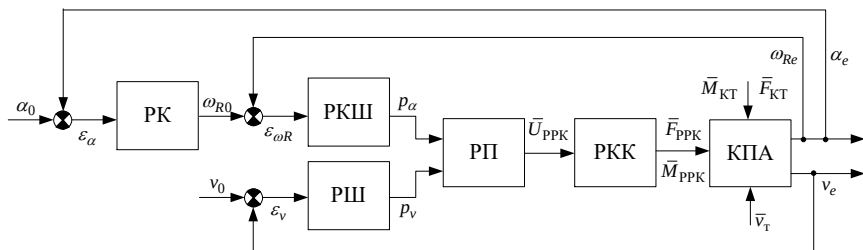


Рисунок 2 – Структура регулятора курсу та швидкості

Початкові параметри руху v_0 та α_0 для даного регулятора задаються більш високим рівнем системи автоматичного керування. Регулювання курсом має два контури зворотного зв'язку оскільки двигуни безпосередньо впливають на зміну кутової швидкості. Таким чином у внутрішньому контурі зворотного зв'язку є регулятор кутової швидкості апарата (РКШ) виходом якого є напрямок та сила протилежно направленного потоку (p_α), які повинен відпрацювати РКК. В свою

чергу регулятор швидкості (РШ) задає напрямок та силу прямо направленого потоку (p_v), а регулятор потужності (РП) розраховує необхідний вектор напруг $\bar{U}_{\text{РРК}}$, який подається на РКК. Розрахунок потужності ведеться з такої умови, що p_α відпрацьовується повністю, а залишок потужності віддається на відпрацювання параметра p_v . РКК отримує напругу на свої рушії та отримує вектор сил $\bar{F}_{\text{РРК}}$ та моментів $\bar{M}_{\text{РРК}}$, якими він діє на корпус підводного апарата (КПА). Окрім сил РКК на корпус також діють сили $\bar{F}_{\text{КТ}}$ та моменти $\bar{M}_{\text{КТ}}$ від КТ, та вектор швидкості течії $\bar{v}_t$.

Результатами дії регулятора курсу та швидкості визначається курс та швидкість руху прив'язного підводного апарата.

Висновки. Було розглянуто дію течії на прив'язний підводний апарат та виділено основні задачі, які ставляться перед системою автоматичного керування прив'язним підводним апаратом в умовах течії. Було виділено регулятори, які повинні забезпечувати оптимальний рух підводного апарата в горизонтальній площині. Було розроблено структури даних регуляторів та описано алгоритм їх роботи.

Список літератури:

1. Блінцов В. С. Програма «Підводні апарати НУК – на службі Миколаївщини» – перші результати [Текст]/ В.С. Блінцов, М. Г. Грицаєнко// Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали 3-ї Міжнародної науково-технічної конференції – Миколаїв: НУК, 2012. – с. 499-502.
2. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы. [Текст] / В. С. Блинцов // . – К.: Наукова думка, 1998. – 142 с.
3. Терехов В. М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. В.М.Терехова. [Текст] / В. М. Терехов – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.

УДК 629.584

НАУКОВІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОСТОРОВОГО РУХУ БУКСИРУВАНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ

Автор: О.А. Зайченко, магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Друга половина 20 та початок 21 сторіччя характеризується інтенсивним освоєнням Світового океану. Роботи, що проводяться на континентальному шельфі і в морських глибинах з метою видобутку сировини для промисловості і харчових ресурсів, нерозривно пов'язані зі створенням найрізноманітніших буксируваних пристроїв [1-3].

Завдяки менших витрат на розробку, виробництво і меншим експлуатаційних витрат, до буксируваним системам проявляється більше інтересу, ніж до прив'язних дистанційно керованих системам.

Буксирувана система являє собою обтічне тіло з пасивними або активними стабілізаторами положення. Однак дані системи при їх переваги в частині простоти конструкції експлуатації мають недоліком, їх положення при буксируванні і маневруванні кораблів-носіїв невідзначено, тобто невідомі параметри їх руху (такі як крен, диферент, глибина), що погіршує точність визначення напрямку на ціль.

Для вирішення даного завдання розроблені і розробляються різні системи контролю положення буксирі підводного апарату при буксируванні. Дані системи будуються на різних датчиках визначення просторової орієнтації. Параметри буксирування (такі як: глибина буксирування, видалення апарату від носія і т.п.) задаються за допомогою носія буксирувальника [3].

Мета дослідження – розробка методів автоматизації просторового руху буксируваної системи шляхом вдосконалення моделі її функціонування.

Для досягнення поставленої мети в під час досліджень вирішені наступні основні завдання:

- визначені основні напрямки в області створення буксируваних систем;
- виконано аналіз сучасних рішень побудови буксируваних систем;

– побудова математичної моделі функціонування буксированих систем, її просторового руху та орієнтації.

Об'єкт дослідження – модель функціонування системи просторового руху та орієнтації буксированого підводного апарату.

Методи дослідження. Науково-прикладна задача автоматизації роботи системи просторового руху та орієнтації буксированого підводного апарату вирішувалася в рамках новітніх концепцій і сучасних технологій створення засобів морської робототехніки. При виконанні досліджень застосовувалися методи моделювання елементів системи в середовищі Matlab – Simulink.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку науково-методологічних основ створення засобів морської робототехніки.

Отримала подальший розвиток математична модель функціонування системи просторового руху та орієнтації буксированого підводного апарату на основі особливостей реалізації та застосування засобів морської робототехніки різного типу, що дозволяє підвищити ефективність її створення і застосування шляхом оптимізації характеристик системи просторового руху та орієнтації.

Список літератури:

1. Булатов В. И. Рулевые устройства: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. 52 с.
2. Анучин О. Н., Емельянцеv Г. И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. – СПб.: изд. ЦНИИ «Электроприбор», 2003г., стр. 389.
3. Лукомский Ю. А., Корчанов В. М. Управление морскими подвижными объектами: Учебник. СПб.: Элмор, 1996.

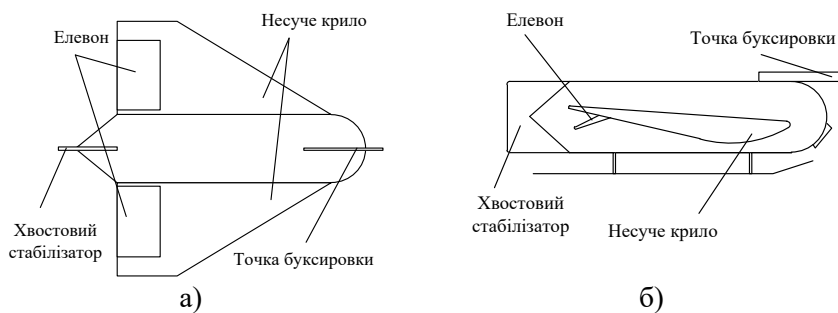
УДК 629

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БУКСИРУВАНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ

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

На даний час в Україні все більше набирає актуальність задачі висвітлення підводної обстановки на мілководній акваторії. До таких задач належить кртографічно-розвідувальні, пошуково-рятувальні та протимінні роботи. Переліченні задачі можуть бути вирішенні за допомогою безкіпажних буксируваних систем. Однією з особливостей висвітлення підводної обстановки на мілководних акваторіях за допомогою буксируваних підводних апаратів є невелика полоса охоплення вимірювального обладнання, тому виникає необхідність проходження зони моніторингу багатьма галсами.

Однією з проблем використання буксируваних систем в даному режимі є режим розвороту для зміни галса. Для зменшення зусиль які діють на підводний апарат під час розвороту необхідно змінювати крен підводного апарата. Тому для буксированого підводного апарата, що працює на мілководі доцільно застосовувати конфігурацію типу «летюче крило» (рис. 1). Для керування кутом крену та диференту використовуються елевони. Крен регулюється різницею між кутами повороту елевонів, а диферент – їх спільним відхиленням.



а) вид зверху; б) вид збоку;

Рисунок 1 – Конфігурація підводного апарата типу «летюче крило»

Задачами системи автоматичного керування для даного типу апарата є стабілізація заданого крену ψ_3 та заданого диференту θ_3 . Для якісного вимірювання параметрів навколишнього середовища перш за все більш пріоритетним є стабілізація крену. Кут відхилення елевонів перш за все впливає на зміну швидкості обертання за відповідною віссю, тому для регулювання кожного кута відхилення (ψ_3 , θ_3) використовується двоконтурна система, з внутрішнім контуром стабілізації швидкості обертання (ω_ψ , ω_θ) з блоком пріоритету, що при виході кута відхилення елевону за його робочу зону, коректує кути відхилення з повним відпрацюванням різності кутів елевонів (рис. 2).

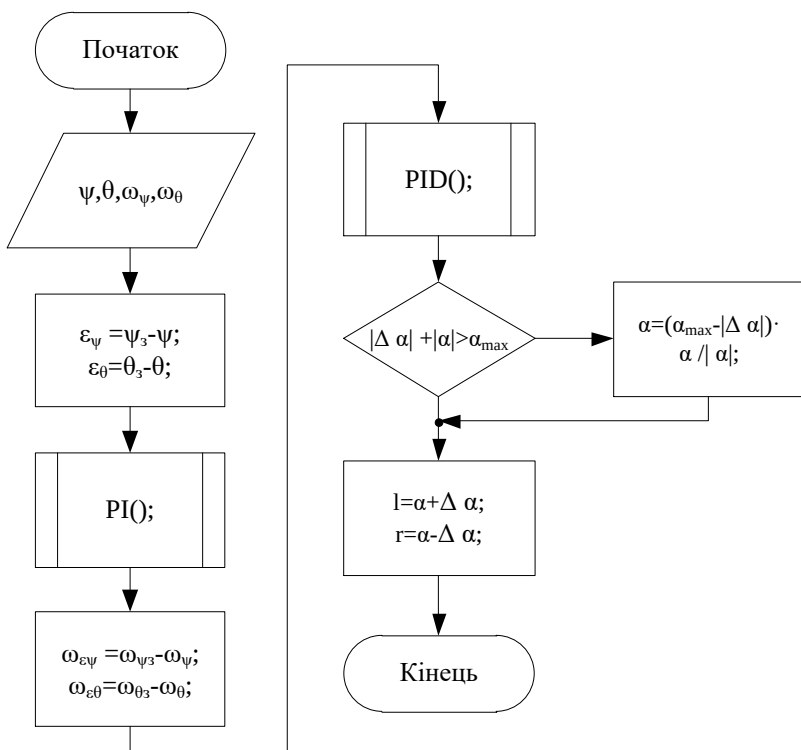


Рисунок 2 – Алгоритм роботи системи автоматичного керування

В якості вхідного сигналу для системи автоматичного керування виступають задані кути крену та диференту(ψ_3, θ_3), а в якості зворотного зв'язку виступають поточні кути положення (ψ, θ) та швидкості обертання($\omega_\psi, \omega_\theta$). Сигнал керування для швидкості обертання ($\omega_{\psi 3}, \omega_{\theta 3}$) розраховується за допомогою лінійних ПІ регуляторів, виходячи з похибки між поточними та заданими кутами нахилу($\epsilon_\psi, \epsilon_\theta$). Кут (α) та різниця ($\Delta\alpha$) між кутами відхилення розраховується за допомогою лінійного ПІД регулятора. Якщо сумарне значення модулів розрахованого відхилення виходить за допустиме значення $\alpha_{\max}$, тоді коректується значення α .

Розроблений алгоритм системи автоматичного керування була опробована на буксирному підводному апараті проекту «Глайдер».

Список літератури:

1. Власов К.П. Теория автоматического управления. Учебное пособие[Текст] / К.П. Власов // . – Х.: Издательство «Гуманитарный центр», 2006. – с.

УДК 681.51

СУЧАСНІ ЗАВДАННЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПІДВОДНИМИ АПАРАТАМИ З ГІДРОБІОНІЧНИМИ РУШІЯМИ

***Автори:** С.І. Ольшевський, ст. викладач; В.М. Стефанов, студент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Вступ

Проектування ефективних прив'язних і автономних підводних систем є складним завданням, що включає в себе дослідження й проектні роботи з декількох напрямків – механіка, гідродинаміка, керування й енергетика. Такі параметри підводної системи як габарити (механіка) визначаються багато в чому параметрами джерел і перетворювачів енергії (енергетика) і впливають на процеси руху у водному середовищі (гідродинаміка). Система керування рухом повинна враховувати вплив навколишнього середовища й, наскільки це можливо, передбачати реакцію підводної системи на зміну впливів, що керують або збурюють.

Використання рушіїв гідробіонічного типу є перспективним з огляду на їх ефективність, особливо у порівнянні із традиційними рушійними на основі використання гвинтів (як прямої дії так і у складі водометних пристроїв). З одного боку гідро біонти привносять мінімум шуму та збурень при своєму переміщенні у товщі води та особливо у придонному шарі. З іншого боку, широко відомий так званий «парадокс Грея» [1] – якщо опір твердої моделі, що буксирується з тією ж швидкістю, відповідають опорі тіла дельфіна, то його м'язи повинні бути як мінімум у сім разів потужнішими.

Огляд сучасних підводних апаратів (ПА) з гідробіонічними рушійними

Існують два критерії класифікації гідробіонтів – по біотопам (місце перебування) та по екологічній ніші (функціональній ролі в екологічній системі). Функціональна роль зазвичай представлена місцем гідробіонта у харчовому ланцюзі.

Зазвичай розділяють чотири види біотопів – за місцем переважного розташування. Цих місць чотири – товща води та три границі середовищ – повітря-вода, вода-дно, повітря-вода-дно. Для практичного використання найбільш цікавими є три перших. Але границя повітря-вода досить давно експлуатується людиною і розроблено та використовується багато механізмів для виконання робіт у цьому середовищі.

Мешканців біотопу вода-дно називають бентос. Рослинне населення дна – фітобентос – представлене водоростями та вищими рослинами. Тваринні мешканці дна – зообентос – молюски, ракоподібні, всілякі хробаки та інш. Границя вода-дно цікава з точки зору побудови та використання механізмів для дослідження морського дна та видобутку корисних копалин. Використання гусеничних механізмів здається виправданим у цьому випадку.

В товщі води мешкають два типи організмів – планктон та нектон. Планктон – як фітопланктон так і зоопланктон – складається з дрібних організмів, що не спроможні контролювати своє положення у воді та керувати ним. Нектон складається з активних плавців – риб, амфібій, рептилій звірів, великих комах і їхніх личинок (у прісних водах) та головоногих молюсків (у морській воді) [2].

Стосовно до підводних апаратів з гідробіонічними рушіями найбільший інтерес мають гідробіонти, що входять до групи нектонів.

При цьому можна умовно поділити усі способи створення руху на [3]:

- реактивний за рахунок викидання струменя води (наприклад медузи, кальмари);
- хвилеподібний (тварини та риби).

Відносно довшання тіла тварини можливо виділити вугороподібний (в'юн, вугор), скромброїдний (прогонисті риби з відносно великим хвостовим плавником) та кузовковий типи створення руху. При цьому рушієм є як весь корпус (вугор) так і тільки хвостовий плавник (великі кити). При збільшенні розмірів тварини зменшується відносна участь корпусу у створенні руху і збільшується відносний внесок хвостового плавника.

При різноманітності існуючих на цей час ПА єдиної класифікації їх ще не склалося. По-перше є два великі класи – самохідні ПА та ті, що буксируються. У подальшому розглядаємо лише самохідні ПА – таки, що мають власну систему рушіїв. Класифікація самохідних ПА можлива по декільком параметрам.

У першу чергу це автономність – автономні ПА мають власну систему енергоживлення та не мають постійного фізичного каналу зв'язку з судном носієм. Керування та передача інформації відбувається, найчастіше, через гідроакустичний канал зв'язку або періодично через радіоканал з використанням буя з антеною.

Неавтономні ПА (або дистанційно-керовані ПА, Remote Operated Vehicle – ROV) – телекеровані ПА – принципово мають кабельний канал для енергоживлення та керування [4]. За способом забезпечення руху та конструктивному вигляду ПА поділяються на ПА з класичними гідродинамічними формами (торпеда, капля та інш.), планерними формами (активне використання крила відносно великої площини), формою для сонячних панелей та біонічними формами – плаваючого та плазуючого типу.

У подальшому розглядаємо ПА плаваючого типу.

Відповідно до [5] спосіб створення рушійної сили можливо за рахунок як суто хвильових рухів тіла (вугор) так і суто хвостового плавника, що махає (кузовкові) з великою кількістю проміжних типів (ставрида та ту-

нець як типові представники проміжних типів). Конструктори ПА з гідробіонічними рушійми використовували різні моделі – від суто хвильового [6,7] до системи з двома [8–10] та однією [11–13] рухомими ланками.

Переваги використання стеблових рушіїв з двома рухомими ланками – стеблом та плавником.

Аналіз ПА та моделей з гідробіонічними рушійми [6–15] дозволяє визначити наступні переваги стеблових рушіїв [16].

Можливість визначити окремий внесок у рушійну силу саме плавника, виключити вплив хвильового ефекту.

Порівняльна простота конструкції за рахунок мінімальної кількості рухомих частин.

Порівняльна висока енергетична ефективність передачі енергії від електродвигуна до безпосередньо плавника за рахунок як мінімальної кількості з'єднань, так і за рахунок виключення із циклу роботи плавника необхідності в розгоні та гальмуванні як електродвигуна, так і механічно поєднаних з ним елементів.

Формування задач для подальшого дослідження

Подальші дослідження спрямовуються у бік відпрацювання апаратної та програмної частин системи керування рушієм для реалізації типових функцій керування швидкістю та курсом ПА з використанням як класичних підходів з регуляторами струму та швидкості електропривода, так і перспективних систем програмного керування та використання елементів штучного інтелекту.

Список літератури:

1. J. Gray. The propulsive powers of the dolphin. Journal of Experimental Biology, pages 192–199, August 1935.
2. Е.А. Зилов. Гидробиология и водная экология. Учебное пособие. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2007. – 118 с.
3. Слижевский Н.Б. Гидробионика в судостроении: Учебн. пособие. – Николаев: УГМТУ, 2002. – 112 с.
4. Блинцов В.С., Щепелев С.В., Ольшевский С.И. Исследование влияния параметров кабель-троса двухзвенной подводной системы для случая "обратной буксировки". Морские технологии: Сб. науч. тр. НИИ – Николаев: НИИ, 1993. – с. 19-24.

5. Michael Sfakiotakis, David M. Lane, J. Bruce C. Davies Review of Fish Swimming Modes for Aquatic Locomotion. Journal of oceanic engineering, Vol. 24, No. 2, April 1999, p 237-252.
6. W. Hoar and D. Randall, editors. Fish Physiology, volume 7. Academic Press, 1978. Locomotion.
7. Junzhi Yu, Shuo Wang, Min Tan. A simplified propulsive model of bio-mimetic robot fish and its realization. Cambridge University Press . Robotica (2005) volume 23, pp. 101–107.
8. S. D. Kelly, R. J. Mason, C. T. Anhalt, R. M. Murray, J. W. Burdick. Modeling and experimental investigation of carangiform locomotion for control. In Proceedings of the American Control Conference, pages 1271–1276, June 1998.
9. S. D. Kelly and R. M. Murray. Modelling efficient pisciform swimming for control. International Journal of Robust and Nonlinear Control, 10:217–241, 2000.
10. K. Morgansen, V. Duindam, R. Mason, J. Burdick, R. Murray. Nonlinear control methods for planar carangiform robot fish locomotion. In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotic and Automation, pages 427–434, 2001.
11. D.A. Read, F.S. Hover, M.S. Triantafyllou. Forces on oscillating foils for propulsion and maneuvering. Journal of Fluids and Structures 17 (2003), p 163–183.
12. Xinyan Deng, Srinath Avadhanula. Biomimetic Micro Underwater Vehicle with Oscillating Fin Propulsion: System Design and Force Measurement. Robotics and Intelligent Machines Laboratory University of California, Berkeley, USA, 2005.
13. NAOMI KATO "Control Performance in the Horizontal Plane of a Fish Robot with Mechanical Pectoral Fins", Ieee journal of oceanic engineering, vol. 25, no. 1, January 2000.
14. H. Yamaguchi, N. Bose. Oscillating foils for marine propulsion. In Proceedings of the Fourth International Offshore and Polar Engineering Conference, volume 3, pages 539–544, April 1994.
15. Hirata K. Development of Experimental Fish Robot. Proceeding of the 6th International Symposium on Marine Engineering. Volume 2, p. 711-714. Tokyo, Japan, 2000.

16. Блинцов В.С., Ольшевский С.И. Моделирование гидробионического движителя плавникового типа для задач синтеза систем управления. Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: ХДМА, 2012. – №6. – с. 211-224.

УДК 629.584

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КАБЕЛЬНОЇ ЛЕБІДКИ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ КЕРОВАНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

Автор: В.П. Скляр, магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Безлюдні підводні апарати широко застосовуються в багатьох сферах, пов'язаних з освоєнням Світового океану, наприклад, при дослідженні морського дна, нафтогазових пошукових роботах, рятувальних операціях і т.д. Для виробництва ряду підводних робіт більш ефективними вважаються безлюдні підводні апарати, що пов'язані з надводним кораблем кабелем або кабель-тросом: телекеровані, що буксируються або прив'язні апарати [1-3]. Такі безлюдні підводні апарати отримують по кабелю безперервне електропостачання і сигнали управління з надводного корабля, що збільшує робочу глибину і час підводних робіт на відміну від автономних апаратів. По кабель-тросу до надводного корабля надходить інформація про досліджуваний об'єкт. Однак кабель-трос здійснює вплив на безлюдний підводний апарат, тому повинні визначатися і враховуватися форма кабель-тросу і його розподілені натягу не тільки в поточний момент часу, але і з попередженням для виключення можливості аварійних ситуацій.

При цьому потрібно враховувати, що такій же вплив здійснюється на кабельну лебідку, яка обирає або стравлює кабель-трос. Тому питання синхронної роботи комплексу «кабельна лебідка – кабель-трос – підводний апарат» підсилює актуальність цього напрямку наукових досліджень.

Мета дослідження – дослідження режимів роботи автоматизованої кабельної лебідки для дистанційної керованого підводного апарату для підвищення ефективності проведених підводних робіт і досліджень шляхом вдосконалення моделі функціонування кабельної лебідки.

Для досягнення поставленої мети в під час досліджень вирішені наступні основні завдання:

- визначені основні напрямки в області створення кабельних лебідок для дистанційно керованих підводних апаратів;
- виконано аналіз сучасних рішень побудови систем керування режимами роботи кабельних лебідок для дистанційно керованих підводних апаратів;
- побудова математичної моделі керування режимами роботи кабельної лебідки для дистанційно керованого підводного апарату.

Об'єкт дослідження – модель функціонування системи керування режимами роботи кабельної лебідки для дистанційно керованого підводного апарату.

Методи дослідження. Науково-прикладна задача автоматизації роботи системи керування режимами роботи кабельної лебідки для дистанційно керованого підводного апарату вирішувалася в рамках новітніх концепцій і сучасних технологій створення засобів морської робототехніки. При виконанні досліджень застосовувалися методи моделювання елементів системи в середовищі Matlab – Simulink [4,5].

Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку науково-методологічних основ створення засобів морської робототехніки

Отримала подальший розвиток математична модель функціонування системи керування режимами роботи кабельної лебідки для дистанційно керованого підводного апарату на основі особливостей реалізації та застосування засобів морської робототехніки різного типу, що дозволяє підвищити ефективність її створення і застосування шляхом оптимізації характеристик та застосування елементів штучного інтелекту.

Список літератури:

1. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. – К.: Наукова думка, 1998. – 142 с.
2. Привязные подводные системы. Прикладные задачи статики и динамики / Н. И. Виноградов [и др.]. – СПб. : Изд. С.-Петерб. ун-та, 2000.
3. Грумондз В. Т., Половинкин В.В. Управляемое движение подводного аппарата: учеб. Пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2005. – 100 с.

4. Васильев К. К. Теория автоматического управления (следящие системы): Учебное пособие. – 2-е изд. – Ульяновск, 2001. – 98 с.
5. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление: пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знания, 2009. – 798 с.

УДК 629.584

ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ АУТОНОМНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

Автор: Д.С. Фасій, магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Дослідження простору океану з використанням підводного робототехніки дозволяє складати карти дна світового океану, збирати дані і робити моніторинг підводного середовища, вивчати підводний флору і фауну і досліджувати морське дно на наявність затонувлих суден. Окремим пунктом слід виділити дослідження і використання вуглеводнів та інших мінералів (корисних копалин) і ресурсів у важкодоступних місцях, таких як великі глибини океану і підлідної простір.

Рішенням викладених проблем може стати розробка підводних апаратів, здатних занурюватися на велику глибину, що володіють високою маневреністю і автономністю, здатних виконувати широкий спектр завдань, як цивільних, так і військових.

На сьогоднішній день головним напрямком розвитку підводного робототехніки є розробка автономних безлюдних підводних апаратів. Даний клас підводного робототехніки розвивається досить давно, проте, відносно недавно він отримав новий поштовх у розвитку. Це пов'язано з рядом економічних причин, таких як відкриття підводних родовищ корисних копалин, і деяких інших.

Система енергозабезпечення автономного безлюдного підводного апарату повинна вирішувати два основні завдання: перша – це передача енергії з судна-носія на підводний апарат і друга – необхідне перетворення переданої енергії з метою заряду акумуляторних батарей апарату.

Принципи побудови силових перетворювальних пристроїв, які можуть бути використані при розробці системи енергопостачання автоном-

них безлюдних підводних апаратів, досить докладно і глибоко висвітлені в літературі. Виконання вимог, що пред'являються до силових елементів автономного інвертора і зарядного пристрою, вихідним параметрам драйверів комутуючих пристроїв, дотримання правил конструктивного виконання шини харчування інвертора і зарядного пристрою, а також забезпечення необхідних вимог до параметрів і виконання фільтрів цих пристроїв дозволить створити ефективну і надійну систему енергопостачання автономних безлюдних підводних апаратів.

Мета дослідження – розробка методів оптимізації характеристик електроенергетичної установки автономного підводного апарата.

Для досягнення поставленої мети в під час досліджень вирішені наступні **основні завдання**:

- визначені основні напрямки в області створення електроенергетичних установок автономного підводного апарата;
- виконано аналіз сучасних рішень побудови електроенергетичних установок автономного підводного апарата;
- побудова математичної моделі функціонування електроенергетичних установок автономного підводного апарата.

Об'єкт дослідження – модель функціонування електроенергетичної установки автономного підводного апарата.

Методи дослідження. Науково-прикладна задача автоматизації роботи електроенергетичної установки автономного підводного апарата вирішувалася в рамках новітніх концепцій і сучасних технологій створення засобів морської робототехніки. При виконанні досліджень застосовувалися методи моделювання елементів системи в середовищі Matlab – Simulink.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку науково-методологічних основ створення засобів морської робототехніки.

Отримала подальший розвиток математична модель функціонування джерела енергії автономного підводного апарата на основі особливостей реалізації та застосування засобів морської робототехніки автономного типу, що дозволяє підвищити ефективність їх створення і застосування шляхом оптимізації характеристик електроенергетичної установки.

Список літератури:

1. Ястребов В. С. Телеуправляемые подводные аппараты. – Л.: Судостроение, 1985. – 232 с.
2. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы. – К.: Наукова думка, 1998. – 142 с.

УДК 629.584

**ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
БУКСИРУВАНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ**

Автор: О.В. Черненко, магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Енергетична забезпеченість підводного апарату є найважливішим показником, який визначає його можливості і ефективність використання. Система енергозабезпечення підводного апарату виконує дві функції: по-перше, забезпечує його достатнім рівнем електроенергії, по-друге, забезпечує режими мінімізації споживання електроенергії. Однак ефективність системи енергозабезпечення підводного апарату в більшій мірі залежить від складу його бортового обладнання та оптимальності характеристик енергоспоживання кожного елемента.

Кожен з існуючих типів підводних апаратів, автономні і прив'язні, по-своєму залежать від енергетичного забезпечення. Автономні – від енергоємності енергоносіїв, прив'язні – від досконалості передачі і перетворення енергії, здатності енергосистеми забезпечувати пікові навантаження.

Для прив'язних підводних апаратів, найважливіше значення набуває система перетворення і передачі електроенергії по кабелю, часто значної протяжності. Оптимальний вибір обладнання істотно визначає масогабаритні характеристики не тільки самого підводного апарату, а й кабелю, спускопод'ємного пристрої і в кінцевому підсумку – судна забезпечення.

Найважливіше значення має вибір способу передачі електроенергії по кабелю. Тут центральним стає питання зазнавати перешкод яку створює енергетичний канал, на надзвичайно чутливі канали передачі інформації, управління і телеметрії.

Мета дослідження – розробка та дослідження основ побудови енергетичних систем підводних апаратів.

Для досягнення поставленої мети в під час досліджень вирішені наступні основні завдання:

- аналіз основних факторів, що впливають на вибір характеристик енергетичної системи буксируваних підводних апаратів.

- аналіз і оцінка ступеня впливу систем буксированого підводного апарату на параметри енергетичної системи.

- дослідження впливу структури і ступеня надмірності рушійно-кермового комплексу, типу і структури системи передачі енергії на структуру енергетичної системи буксированого підводного апарату.

Об'єкт дослідження – система енергозабезпечення буксируваних підводних апаратів.

Методи дослідження. Науково-прикладна задача оптимізації характеристик електрообладнання буксированого підводного апарату вирішувалася в рамках новітніх концепцій і сучасних технологій створення засобів морської робототехніки. При виконанні досліджень застосовувалися методи моделювання елементів системи в середовищі Matlab – Simulink.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку науково-методологічних основ створення засобів морської робототехніки.

Отримала подальший розвиток основи побудови систем енергозабезпечення буксируваних підводних апаратів, що забезпечують мінімальне енергоспоживання, шляхом оптимізації характеристик енергоспоживання базових споживачів енергії.

Список літератури:

1. Ястребов В. С. Телеуправляемые подводные аппараты. – Л.: Судостроение, 1985. – 232 с.
2. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы. – К.: Наукова думка, 1998. – 142 с.
3. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники Учебное пособие. – Изд. 2_е, испр. и доп. – Новосибирск: Изд_во НГТУ, 2003. – 664 с.
4. Розанов Ю. К. Основы силовой преобразовательной техники. – М.: Энергия, 1979. – 392 с.

СЕКЦІЯ 3. ПІДВОДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЕКСПЕДИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ

УДК 903.034

ПІДВОДНА АРХЕОЛОГІЯ УКРАЇНИ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Автори: 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

Підводна археологія, будучи складовою частиною світової науки тісно пов'язаною з іншими науковими напрямками, цілком залежала від розвитку вітчизняної суспільної думки. Вона ніколи не була наукою в собі й розвивалася послідовно, деякою мірою самотужку, залежно від потреб суспільства.

У розвитку вітчизняної підводної археології можна виділити кілька періодів, що розрізняються між собою не тільки хронологічно, але й по своїй методологічній спрямованості, прийомам наукового дослідження, методам одержання інформації, цілям і завданням історичної реконструкції.

Об'єктами вивчення підводної археології є різноманітні пам'ятки археології та історії, котрі за якихось обставин опинилися на дні моря, лиману чи річки. До сьогодення саме ці пам'ятки найменш досліджені порівняно з розташованими на суші аналогічними пам'ятками і потребують детального вивчення. Недостатня вивченість цих пам'яток пояснюється, в першу чергу, труднощами проведення їх досліджень під водою, відсутністю розроблених досконалих методик та необхідного обладнання. На даний час розроблено й існують різні методики проведення підводних досліджень, в тому числі й археологічні. Створені різноманітні прилади й роботи, які значно полегшують та допомагають при проведенні підводних археологічних досліджень. Потрібно зауважити, що значна кількість пам'яток історії й археології знаходяться на значних глибинах і без необхідного обладнання їх дослідження просто неможливе.

Усі пам'ятки археології можна поділити в першу чергу по часу їх виникнення та існування, їх типу (поселення, корабель, порт та ін.) та місцезнаходження (глибини розташування). Для дослідження кожного типу пам'ятки потрібно розробляти окрему методику досліджень з урахуванням глибини її знаходження та щільності ґрунту, на якому вона знаходиться. На сьогодні створені та продовжуються розробки різноманітного обладнання і роботів, які суттєво полегшують проведення підводних археологічних досліджень, особливо на великих глибинах, на яких людина не може перебувати.

Перший етап – XVIII – середина 30 р. XX століття – початковий період у розвитку підводної археології. На початку підводні дослідження мали скарбопошуковий характер, вони сприяли нагромадженню інформації, що послужила надалі основою для справді наукового вивчення знайдених у воді археологічних пам'яток, які мають безпосереднє відношення до мореплавання, кораблебудування й торгівлі. Уже на початку XVIII ст. починає проглядатися розуміння важливості цілеспрямованих підводних досліджень.

Показовим у цьому плані є Указ Петра I від 13 лютого 1718 р., у якому говориться: «Коли хто знайде в землі або у воді які старі речі... не такі як у нас нині є або такі, так зело великі або малі перед звичайними, так само які старі написи на каменях, залізі або міді, або яку стару й незвичайну рушницю, посуд та інше, усе, що зело старо й незвичайно, також би приносили, за що буде дача дивлячись по речах». У другому, більше пізньому указі пропонувалося не тільки збирати певні речі, але й «де найдуться такі, всьому робити креслення, як що знайдуть». Укази Петра I стали першими у світі урядовими розпорядженнями, що ставили своєю метою вивчення й охорону пам'яток, що перебували не тільки на суші, але й у воді.

На початку XIX століття почалося планомірне дослідження античних міст і поселень Північного Причорномор'я, що знаходилися на території Російської держави. Проводилися дослідження не тільки давніх городищ й курганів, але й вивчення археологічних пам'яток, що перебувають на дні Чорного моря. У виданому в 1823 р. І.М. Муравйовим-Апостолом «Подорожі по Тавриді» зверталася увага на те, що частина Ольвії – грецька колонія, заснована на березі Дніпро-Бузького лиману, виявилася затопленою на відстані 40-50 метрів від берега. На

початку XIX століття в Керченській протоці, на південь від коси Паця, випадково знайшли кілька мармурових колон, спроба підняти яких закінчилася невдачею. В 1820 році в прибережній частині Фанагорії виявили й підняли дві мармурові фігури левів. Більш ретельне дослідження затопленої частини Фанагорійського городища дозволило виявити в 1858 р. великі скупчення каміння, прийняті за залишки древнього молу. У середині XIX ст. підводні дослідження в Ольвії були продовжені графом Уваровим О.С. (Рис.1), який зазначив наявність під водою залишків прибережних стін порту.



Рис. 1. Уваров О.С.

У 1892-1894 рр. одночасно із будівництвом Феодосійського порту в Криму, у ході початих спеціальних водолазних робіт, із дна вдалося витягти велику кількість соснових паль від древніх гідротехнічних споруджень. В 1902 році Б.В.Фармаковським здійснені перші практичні кроки по вивченню затопленої частини Ольвії за допомогою утримуваного на плаву піднімального ковшу. Були здійснені обмірювання споруди, прийнятої за залишки міської пристані.

В 1905 році директором Сімферопольського історичного музею Л.П. Колі відновлені підводні роботи у Феодосійській бухті. Із глибини 5 метрів удалося витягти 15 античних амфор. В 1913 році неподалік від острова Березань під водою знайшли два римські червоноглиняні патери. Знахідки подібного роду по праву вважаються колискою вітчизняної підводної археології.

Початковий етап підводних археологічних досліджень зіграв позитивну роль, він визначив зацікавленість наукових кіл, у першу чергу істориків до археологічних пам'яток, які опинилися під водою. Накопичена за цей період інформація стала відповідною науковою базою для наступного широкомасштабного процесу дослідницької роботи, розробки методики підводних розвідок і розкопок.

Початком другого періоду в розвитку підводної археології прийнято вважати середину 1930 років. Він характеризується проведенням планомірних підводних археологічних досліджень під керівництвом професора Рубена Абгаровича Орбелі (Рис.2). З його ініціативи в серпні 1937 року була досягнута домовленість із Головним керуванням Червонопрапорного Епрона про спільні підводні роботи, що ставлять своїм завданням пошук й вивчення пам'яток стародавності, що перебувають у воді й ґрунті біля Керчі, Феодосії, Херсонеса й Ольвії.

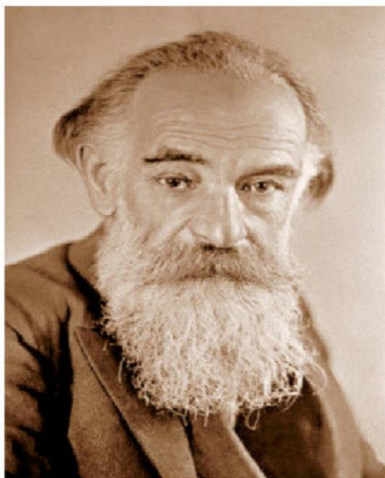


Рис.2 Орбелі Р.А.

Перші експедиційні роботи були початі в Херсонесі. За порівняно короткий період вдалося зробити обмірювання його затопленої частини, оглянути поверхню дна уздовж берега, встановити місцезнаходження древньої херсонеської гавані. На підставі багаторічних підводних археологічних досліджень Р.А. Орбелі вперше сформулював завдання нової наукової дисципліни – підводної археології, які передбачали цілий комплекс заходів. Маючи більші практичні навички, Р. А. Орбелі не без підстави вважав, що результативність підводної археології базується на тісному взаємозв'язку із природничими науками, зокрема з геологією, біологією, фізикою, механікою, гідрографією. На цій основі передбачалося розробити методику проведення розвідки й розкопок під водою з урахуванням існуючих на той час технічних можливостей. Складовою частиною програми, розробленої на тривалу перспективу, було складання гідроархеологічної карти як по регіонах, так і всієї країни. З однієї сторони це давало можливість поставити під контроль держави всі пам'ятки підводної археології, забезпечити їх охорону, з іншої – скласти перспективний план проведення робіт й послідовність вивчення пам'яток. Р.А.Орбелі вважав своєчасним створення особливого наукового інституту гідроархеології в системі Академії наук і Всесоюзного музею підводних вишукувань. Велика Вітчизняна війна, смерть Р. А. Орбелі в 1943 році перешкодили подальшому продовженню дослідницької роботи в області підводної археології на багато років.

Фактичний початок підводним археологічним дослідженням у Північному Причорномор'ї поклали роботи експедиції під керівництвом видатного вченого антикознавця В.Д. Блаватського (Рис.3). Завдяки спеціально розробленим методикам підводної археологічної розвідки й застосуванню різноманітної по призначенню підводної техніки за порівняно короткий період часу вдалося обстежити цілий ряд античних міст, включаючи Пантікапей, Фанагорію, Херсонес, Ольвію, провести роботи в Дністровському лимані, Керченській протоці, на Донузлаві, в Азовському морі.



Рис.3. Блавацький В.Д.

З цього часу починається використання новітніх досягнень водозлазної техніки, зокрема широке застосування одержав акваланг. Завдяки аквалангу вчені одержали можливість вільно й без особливих витрат працювати на глибинах до 50 м. Підводними археологами починають широко застосовуватися гідроакустичні прилади, магнітometri, глибоководні багатоцільові апарати, аерофотознімання, підводне телебачення. Техніка стала використовуватися не тільки для пошуку підводних об'єктів, за її допомогою стали проводити картографування, розкопки незалежно від структури донних відкладень.

Впровадження новітніх технічних засобів і розробка на їхній основі відповідної методики дозволило значно розширити межі підводних історико-археологічних досліджень пам'яток, що знаходяться в шельфовій зоні Чорного моря.

Результати проведених підводних досліджень дозволяють вирішити цілий ряд питань палеогеографічного характеру. За минулі століття відбулися значні зміни в географічній ситуації на багатьох приморських регіонах, зокрема в межах Чорноморського басейну. В цьому районі в результаті підвищення рівня моря (трансгресії), опускання багатьох ділянок суші, абразії берегів та інших природних процесів берегова лінія моря та всіх лиманів змінила свої обриси. У ряді районів зміни, що відбулися, виявилися настільки значними, що без їхньо-

го підводного обстеження стало неможливо точно локалізувати не тільки окремі поселення, але й цілий ряд давньогрецьких міст, що згадуються античними авторами. Найбільш відомими пам'ятками такого типу в Україні є затоплені частини території античних міст Ольвії, Тири, Херсонеса, Пантікапею, Березанського поселення та інших.

Підводними об'єктами, які в першу чергу підлягають вивченню в цьому випадку, можуть бути кам'яні фундаменти та колодязі, підвальні приміщення житлових будинків, місця знаходження залишків корабельних стоянок, які знаходяться на дні водяних акваторій. Зростаюча активність підводних археологічних досліджень не тільки за кордоном, але й у нашій країні, послужила основою для складання досить великої історіографічної бази, що знайшла відбиття в чисельних публікаціях наукового й науково-популярного характеру, у монографіях, присвячених історії розвитку підводної археології, технічних прийомах і методах ведення археологічних робіт у водному середовищі, способах підйому й музеєфікації древніх кораблів. Перші книги, написані одним з родоначальників європейської підводної археології Жаком Івом Кусто, стали основою для наступної появи цілої серії монографій, написаних його учнями й послідовниками.

Застосування комплексних методів у дослідницькій діяльності підводних археологів за останній час значно поширило коло одержаного джерелознавчого матеріалу. Поряд з пошуком і вивченням затонулих у стародавності морських судів, міст і поселень, що перебувають на дні, все більший розмах здобувають роботи, спрямовані на виявлення, локалізацію й вивчення пам'яток, які мають безпосереднє відношення до військової тематики відносно до XVIII – XX століть. Активні бойові дії, що мали місце на Чорному морі протягом останніх трьох століть, залишили після себе численні зразки військово-морської техніки, що затонула в ході запеклих морських боїв під час Північної війни на Балтійському морі за Петра I, Кримської війни 1854-1856 років, Першої світової 1914-1918 років й Другою світової війни 1939-1945 років.

УДК 005.8:902.304

МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ РОБОТИЗАЦІЇ ПІДВОДНИХ АРХЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Автор: А.В. Надточий, к.т.н., ст. викладач, Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна

Підводні археологічні дослідження, що проводяться на основі роботизованих технологій, є одним з перспективних напрямів сучасної археології. Окремі історико-археологічні документальні дослідження і результати проведених морських археологічних експедицій свідчать про наявність у територіальних водах України великої кількості унікальних підводних об'єктів, які представляють різні історичні епохи і належать до національної історичної спадщини. При цьому в даний час вітчизняна підводна археологія знаходиться на початковій стадії свого розвитку: не розроблена Національна програма підводних археологічних досліджень (ПАД), не вирішені питання техніко-технологічного, організаційного та теоретичного забезпечення робіт. Ці обставини актуалізують пошук рішень ряду науково-прикладних задач, які пов'язані з підводними археологічними дослідженнями, зокрема, невирішених задач теорії управління проектами в даній предметній галузі.

Метою роботи є підвищення ефективності ПАД на основі застосування ненаселених підводних апаратів (НПА) шляхом розробки моделей управління проектами.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані та вирішені наступні основні завдання:

- визначено основні чинники та проблеми, що впливають на ефективність формування і реалізацію проектів ПАД на основі НПА, та шляхи їх вирішення;
- виконано аналіз існуючих методів, моделей та механізмів управління проектами і програмами ПАД;
- розроблено концептуальні засади управління проектами роботизації ПАД;
- виконана класифікація проектів ПАД;
- розроблено модель управління змістом проекту ПАД на основі

НПА та сформульована задача удосконалення законодавчого забезпечення ПАД;

- розроблено моделі управління процесом створення робототехнічного забезпечення ПАД;

- визначено ризики, що виникають у проектах ПАД, виконано кількісну та якісну їх оцінку, розроблено моделі управління ризиками та запропоновано систему їх моніторингу;

- підтверджено достовірність розроблених моделей шляхом їх апробації при впровадженні у практику управління проектами проведення роботизованих ПАД.

У результаті виконаних наукових досліджень отримано наступні результати:

- на підставі визначених ознак запропоновано класифікацію проектів ПАД, які проводяться за допомогою підводних роботизованих технологій, що забезпечує підвищення ефективності проектів підводної археології шляхом ефективного формування змістовної частини процесів управління;

- на підставі визначення продукту проекту (інформаційний масив, що забезпечує отримання нових знань про артефактні об'єкти та дозволяє формувати управлінські рішення по відношенню до нього) розроблено модель управління змістом ПАД з використанням НПА, що забезпечує ефективне визначення, підтвердження і контроль змісту проектів на основі встановлених взаємозв'язків процесів ідентифікації артефактних об'єктів, формування альтернативних технічних рішень і вибору альтернативних проектів;

- розроблено модель управління ризиками, пов'язаними з погодними та гідрологічними умовами в районі ПАД, що знижує вірогідність та абсолютні значення збитків проекту шляхом гармонізації вибору строків досліджень та вартості основних ресурсів у визначений термін початку та закінчення робіт;

- розроблено модель управління ризиками, пов'язаними з технологічним забезпеченням ПАД, що знижує вірогідність та абсолютні значення збитків проекту шляхом мінімізації вартості носіїв НПА та додаткового обладнання, необхідних для проведення досліджень за

прийнятою технологічною картою, яка враховує основні характеристики та рівень цінності артефакту;

- удосконалено концептуальну модель управління проектами на основі застосування сучасних принципів формування концепцій шляхом розробки вимог до ПАД, що утворює науково-методологічну основу для формування завдань на розробку моделей управління проектами та підвищення їх ефективності;

- удосконалено модель вибору підводно-технічного оснащення ПАД на фазі планування проектів шляхом розробки глобального критерію ефективності застосування конкретного виду НПА, що дозволяє підвищити ефективність управління проектами на основі врахування вимог безпеки виконання робіт ПАД для прийнятої підводної технології.

Розроблені моделі утворюють науково-методичне підґрунтя для управління проектами роботизації ПАД.

У доповіді наведено методики обґрунтування прийняття управлінських рішень; алгоритми та програмні продукти, які забезпечують прийняття ефективних рішень при управлінні проектами ПАД. Їх застосування дасть змогу підвищити загальну ефективність робіт по управлінню проектами з підводної археології.

УДК 903.034

СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ І ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ ПІДВОДНИХ АРХЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

***Автор:** О.В. Чубенко, фахівець, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Окрім традиційних результатів батиметричних досліджень та гідролокаційної зйомки є низка прихованих можливостей обладнання, що залучається в процесі робіт. Так, одним з побічних результатів батиметричних досліджень є інформація про донні відклади, їх фізико-механічні властивості тощо. В окремих випадках ця інформація може стати основною, наприклад при цільових дослідженнях щодо вивчення структурно-літологічних особливостей дна водойм.

Багаторічний досвід робіт фахівця з батиметрії Чубенко О.В. та провідного геолога Ключкова С.В. зробив можливим дистанційне зондування донних відкладів водойм за допомогою ехолотів Simrad та

професійного програмного забезпечення для інтерпретації ехограм в складі ArcGIS та ReefMaster. В результаті вдалого поєднання технічних та програмних засобів стало можливим отримання якісних та кількісних характеристик донних відкладів без безпосереднього залучення прямих методів обстеження – буріння свердловин, опробування тощо.

Фактично було створено інноваційну методику діагностики донних відкладів водойм. Ця методика є прогнозною і не має на меті замінити методи прямих спостережень та не претендує на виключну достовірність результатів. Однак, в комплексі з буровими роботами та опробуванням донних відкладів гарантує отримання максимально достовірного результату за рахунок значно більшої достовірності під час інтерпретації отриманих результатів. Слід зазначити, що отриманні результати щодо якісних та кількісних характеристик донних відкладів були неодноразово завірені результатами буріння та опробування досліджуваних ділянок. Це дозволяє нам робити висновки щодо достовірності результатів, отриманих при залученні запропонованої нами методики.

Крім того батиметричні дослідження фактично є експрес-методом та можуть залучатися на початкових стадіях будь-яких робіт з вивчення донних відкладів в будь-яких акваторіях. При мінімальних часових і фінансових затратах замовник отримає проекту картографічну інформацію (основу) щодо глибин, якісних та кількісних характеристик дна, яка підтверджується та деталізується прямими методами під час наступних етапів наукових та технічно-виробничих досліджень.

Далі в розділі розкриті теоретичні та прикладні підстави запропонованої методики. Наведено технічні характеристики обладнання, що дозволяє отримати очікуваний результат. Також вказано програмне забезпечення та його аналітичний інструментарій, що дозволяє виконати цільову інтерпретацію даних ехограм.

Методика досліджень.

Методика ехозондування з метою досліджень глибин та донних відкладів акваторій природного та техногенного походження полягає в виконанні комплексу робіт в складі:

- польові роботи – гідролокаційне профілювання;

- контрольне опробування поверхні донних відкладів;
- первинна камеральна обробка сирих даних в середовищі ReefMaser;
- інтерпретація даних ехограм в середовищі ReefMaser, ArcGIS;
- складання комплекту карт, перетинів, фактографічних додатків та пояснювальної записки до них;

Польовий етап робіт, а саме – гідролокаційне профілювання виконується в автоматичному режимі фіксацій на частотах 50-200 mHz в залежності від мети досліджень. Для ідентифікації поверхневого шару ґрунту найбільш достовірного результату було отримано за допомогою ширококутового ехолоту SonarHub.

В процесі вимірювань ехолот розміщується в кормовій частині судна та фіксується в положенні нижче розрізу води (рис.1). Карт-плоттер фіксується на операторському місці, також в кормовій частині човна. Для контролю якості процесу зондування в реальному режимі часу виконується візуальний контроль ехозондування.



Рис. 1. Приклад розташування датчиків ехолоту

В більшості випадків складовою методики є опробування донних відкладів повздовж профілювання (рис.2). Мета такого обробування –

підтвердження ідентифікованих за допомогою ехограм ґрунтів та демонстрація фактичного матеріалу замовнику для максимальної достовірності отриманого результату. Опробування відбувається шляхом занурення до поверхні донних відкладів, або із застосуванням спеціального обладнання.



Рис.2. Опробування донних відкладів.

Після проведення польових досліджень матеріали гідролокаційної зйомки проходять первинну камеральну обробку, яка полягає в перетворенні сирих даних в формати що доступні для аналізу в більшості брендівих ГІС.

Наступним етапом є інтерпретація даних ехограм, в процесі якої отримуються основні розрахункові параметри для звітної матеріалу. Такими параметрами є глибини досліджуваної акваторії та цифрові

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

значення відбитків, які дозволяють отримати інформацію про кількісні та якісні складові характеристик донних відкладів.

Візуалізація результатів замірів глибин класично відбувається за допомогою батиметричної карти. Часто виникає необхідність відображення глибин в абсолютних значеннях перевищень тієї чи іншої картографічної системи (Балтійська, WGS84 тощо) [2]. В таких випадках для максимальної точності розрахунків абсолютних відміток перевищень дна під час польових робіт в техногенних водоймах виконуються заміри дзеркала води відносно реперних пунктів з визначеним значенням перевищень в обраній системі висот з геодезичною точністю. При відсутності реперних пунктів, як правило в водоймах природнього походження, слід виконувати заміри абсолютних відміток дзеркала води відповідними геодезичними GNNS системами, які дають точність близьку до міліметрової. В залежності від режиму водойм геодезичний супровід рекомендується вести на початку та наприкінці зйомки, або безперервно. При батиметричній зйомці техногенних водоймищ зі змінно поверхнею дзеркала слід враховувати нахил дзеркала води. Такі водойми, як правило, мають гарні багато масштабні топографічні плани. Тому для економії часових ресурсів можна користуватися відмітками розрізів води по простяганню зйомки.

Далі за допомогою інструментарію ReefMaster та ArcGIS складається комплект картографічних матеріалів, перетинів до них, фактографічних даних та пояснювальної записки або звіту, в залежності від технічного завдання.

Обладнання та програмне забезпечення

Успішна реалізація пропонованої нами інноваційної методики ехозондування, щодо досліджень глибин та донних відкладів акваторій природного та техногенного походження, потребує залучення сучасного гідролакаційного обладнання та програмного забезпечення класу ГІС. Нижче наведено класичну комбінацію програмно-апаратних засобів, яку ми, зазвичай, використовуємо при проведенні польового та камерального етапів досліджень.

Дослідження виконуються на плавучих засобах, здатних підтримувати швидкість необхідну для стабільної роботи ехолоту. Одним із прикладів такого транспортного засобу є моторний човен Suzumar 390 з двигуном Suzuki 2,5. Найбільш презентабельним геофізичним обла-

днанням, яке слід залучати для вдалої реалізації отримання основних оціночних параметрів методики, є система в складі картплоттеру Simrad NSS7 із сканером бокового огляду StructureScan® 3D та ширококутовим ехолотом SonarHub, Full автопілот. Нижче наведено характеристики основних складових даної комплектації.

Simrad NSS7.

Прилад містить:

- 7-дюймовий 800x480 (15: 9) мульти-сенсорний дисплей;
- Вбудований з високим коефіцієнтом посилення 10Hz GPS / ГЛОНАСС – приймач;
- Вбудований CHIRP з підтримкою ширококутового ехолота і StructureScan® HD;
- TouchSensible – комбінація декількох сенсорних екранів і клавіатури / поворотним перемикачем для інтуїтивного і точного управління в будь-яких умовах;
- Сучасне програмне забезпечення оптимізовано для широкоформатного сенсорного дисплея за допомогою налаштованих панелей;
- Можливість інтеграції Full автопілоту;
- Планування поїздки полегшується за допомогою технології TripIntel™
- Слот для CD для запису файлів, щоб створити карту щільності ґрунту.

Зовнішній вигляд приладу показано на рис. 3

Lowrance StructureScan3D

StructureScan® 3D сканує підводний ландшафт і дає можливість візуалізації високої роздільної здатності. Сканування можливе на 180 градусів у тривимірному вигляді. У картині, як тривимірні види відображаються на EVO2 Simrad NSS і EVO2 ехолот / картплоттер, при використанні в поєднанні з перетворювачем StructureScan 3D Skimmer® і модулем.

Ключова особливість Lowrance StructureScan3D:

- Неперевершена чіткість зображення на стороні
- високої чіткості (HD) і супер широке 3D сканування



Рис.3. Картплоттер Simrad NSS7

- Leading Edge™ Scanning Reference
- ідентифікація цільового SelectScan™
- Вертикальне управління Enhancement
- Точка Overlay
- Автоматичне 3D налаштування зображення
- підключення до Ethernet
- Удосконалена конструкція бічного датчика Skimmer®

Ширококутний ехолот Lowrance SonarHаб

Сумісність з повною лінійкою Simrad NSS EVO2 і EVO2 , забезпечує використання і підключення до новітніх технологій Sonrad сонара, включаючи TotalScan, ForwardScan, StructureScan® HD і CHIRP.

Ключова особливість Lowrance SonarHаб:

- Компактний «все-в-одному» модулі сонара забезпечує StructureScan® HD і технології CHIRP сонара.
- StructureScan® HD створює кращі в своєму класі бічні огляди і DownScan зображення™ забезпечуючи кристально чисті зображення та вид, який знаходиться під човном.



Рис. 4. Сканером бокового огляду StructureScan® 3D



Рис. 5. Ширококутовий ехолот SonarHub

– Додаткові датчики включають в себе TotalScan, ForwardScan, AIRMAR® TM150M, одноканальний перетворювач чірпа, StructureScan, перетворювачі HD.

– Три порти Ethernet, які дозволяють швидко і зручно користуватись Ethernet.

Теоретичне підґрунтя щодо ідентифікації донних відкладів

Теоретична основа методики мотивована тим, що різні ґрунти мають різну проникність звукових хвиль. Залежить ця характеристика від щільності ґрунту. Щільність ґрунту, в свою чергу, залежить від розміру часток, що його складають та ступеню літифікації.

Теоретичним підґрунтям щодо ідентифікації донних відкладів є наявність в ехограмі трьох відбитків – PeakSV, E1 E2.

Інформація про тип дна ідентифікується з декількох місць кожного відбитого сигналу ехолота. Кожне з цих місць надає різні значення і кожне може бути показано окремо, як окремі шари в ехограмі.

На рисунку 6 показано звичайний відбитий сигнал ехолота. Інформація необхідна для ідентифікації донних відкладів показана на рисунку у вигляді трьох різних зон, зазначених як PeakSV, E1 (перший відбитий сигнал) та E2 (другий відбитий сигнал). Кожен шар характеризує природу дна. Далі наведено інформацію щодо кожного з цих відбитків.

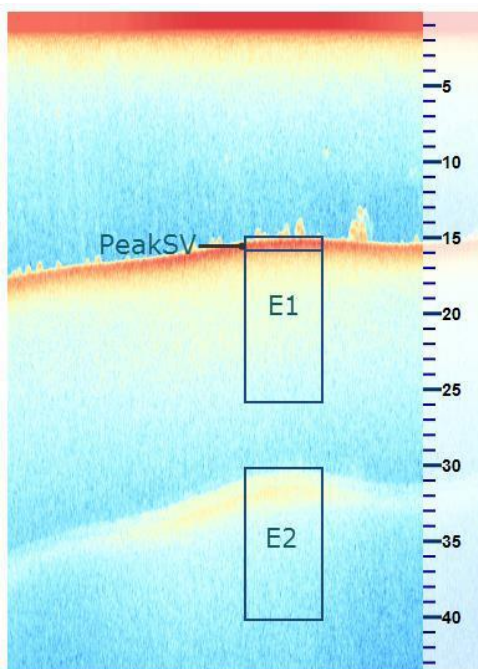


Рис. 6. Положення відбиттів на ехограмі.

Peak SV.

Значення Peak SV просто вимірює силу повіреного сигналу після його відбиття від дна, і дуже залежить від твердості дна. З деяких

причин, просте вимірювання Peak SV повернутого від дна сигналу не завжди так само надійно, як використання другого відбиття (E2), але в багатьох випадках результати можуть бути дуже корисними. Peak SV включено як шар в ехограмі тому, що багато логів ехолотів не записуються з достатньою детальністю, встановленою для запису лога, щоб утримувати корисний шар E2.

E1. Шар E1 є першим відбиттям і слідує безпосередньо за Peak SV першого еха. Це значення, зазвичай, називають шорсткістю дна. Хоча це значення не є прямим вимірюванням твердості дна, ці два значення часто тісно пов'язані.

E2. Шар E2 походить від повного другого відбиття від дна і зазвичай називається показником міцності. Друге відбиття отримується, коли ехо від дна повертається до поверхні і відбивається повторно від дна човна, а потім відбивається знову від дна та фіксується приймачем. Цей другий відбитий сигнал особливо корисний для визначення відносної міцності дна. Як видно на рисунку 8, другий відбитий сигнал показує тверду область в середині більш чисто, ніж перший відбитий сигнал.

Шар E2 є найнадійнішим джерелом інформації про відносну твердість донних відкладів. Він також є основним показником запропонованої нами методики ехозондування. Цей показник приймає участь в обчисленні кількісних, якісних показників донних відкладів та їх предметної ідентифікації. Зображення на рисунку 6 показує значення твердості, витягнуті з шарів PeakSV, E1 та E2 (більш темні кольори показують більший рівень відбитого сигналу). Зверніть увагу, наскільки чиста тверда область в центрі зображення визначена за даними шару E2. Коли це можливо, для отримання більш стійкого сигналу, завжди слід збирати дані з діапазоном глибин, встановленим більше необхідного, щоб записати повне друге відображення шару E2. На практиці достатнім є діапазон на 10 метрів більше подвоєної поточної глибини. Автоматичне змінення діапазону на багатьох пристроях часто обрізає шар E2 або навіть пропускає його повністю. Це означає, що велика кількість корисної інформації втрачається.

Також існує композитний шар, що компілює змішування або усереднення всіх рівнів, що характеризують твердість (PeakSV, E1, E2).

Саме залучення до розрахунків в різній мірі відбитків, що описані вище, дозволило нам в остаточному підсумку отримувати інформацію про якісні та кількісні характеристики донних відкладів, про які піде мова далі.

Слід зазначити, що процес обчислення значень кількісних та якісних характеристик донних відкладів може бути сильно чутливий до шуму під час фіксації останніх. Досліджувану територію слід проходити повільно в процесі батиметричної зйомки для мінімізації впливу шуму на записі ехолота.

ЗМІСТ

Секція 1. Теорія проектування підводних технічних засобів	3
Малогабаритна установка з відеокамерой для інспекції артезіанських свердловин <i>Г.В. Бабкін</i>	3
Вітчизняний досвід розробки і створення підводних апаратів-роботів (до 25-річчя Науково-дослідного інституту підводної техніки НУК) <i>В.С. Блінцов</i>	8
Порівняльна оцінка порожнистих скляних мікросфер як дисперсних наповнювачів в синтактичних пінах <i>Є.Т. Бурдун; І.О. Єлсуков</i>	16
Математична модель безекіпажного буксируваного підводного комплексу як теоретична основа його автоматизованого проектування <i>Ж.Ю. Буруніна; П.С. Куценко</i>	22
Системний підхід у визначенні параметрів рушійно- стернового пристрою на ранніх стадіях проектування <i>О.П. Клочков</i>	26
Інформаційна модель самохідної прив'язної підводної системи <i>В.А. Надточий</i>	29
Розвиток двигунів підводних човнів у XIX та на початку XX століть <i>С.М. Соколюк</i>	35
Секція 2. Електрообладнання та автоматика підводних систем і комплексів	44
Наукові основи комплексної автоматизації суднової системи «спуско-піднімальний пристрій – кабельна лебідка» <i>Т.Б. Алієв</i>	44
Структура системы автоматического управления групповым движением АНПА <i>Л.Т. Алоба</i>	46
Система автоматичного керування просторовим рухом телекерованого підводного апарата в умовах невизначеності <i>О.В. Блінцов; В.І. Корицький</i>	53
Розробка структури спеціалізованого моделюючого комплексу самохідної прив'язної підводної вантажної системи як об'єкта керування <i>А.М. Войтасик</i>	56

Розробка структури системи автоматичного керування прив'язним підводним апаратом в умовах течії <i>О.Б. Горюшкін</i>	59
Наукові основи комплексної автоматизації просторового руху буксированої підводної системи <i>О.А. Зайченко</i>	63
Розробка системи автоматичного керування буксированим підводним апаратом <i>А.С. Сірівчук</i>	65
Сучасні завдання автоматичного керування підводними апаратами з гідробіонічними рушіями <i>С.І. Ольшевський; В.М. Стефанов</i>	67
Дослідження режимів роботи автоматизованої кабельної лебідки для дистанційної керованого підводного апарату <i>В.П. Складар</i>	72
Оптимізація характеристик електроенергетичної установки автономного підводного апарата <i>Д.С. Фасій</i>	74
Оптимізація характеристик електрообладнання буксированої підводної системи <i>О.В. Черненко</i>	76
Секція 3. Підводні дослідження та експедиційна діяльність	78
Підводна археологія України: стан та перспективи розвитку <i>М.М. Ієвлев; О.В. Чубенко</i>	78
Моделі управління проектами роботизації підводних археологічних досліджень <i>А.В. Надточий</i>	85
Сучасні інструменти і технології проведення підводних археологічних досліджень <i>О.В. Чубенко</i>	87

Наукове видання

**ПІДВОДНА ТЕХНІКА
І ТЕХНОЛОГІЯ**

ПТТ-2018

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

12–14 грудня 2018 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. 5,9. Тираж 100 прим. Зам. № 132.

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

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