



**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

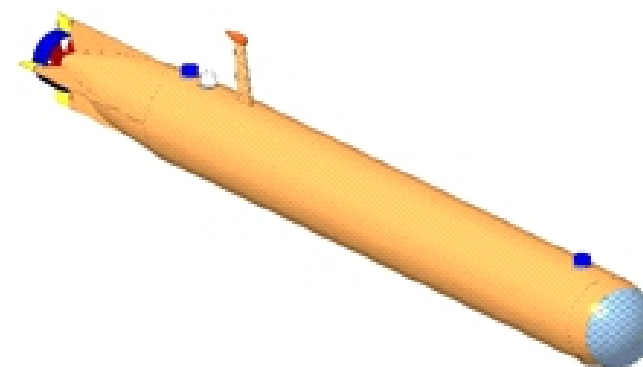
ПІДВОДНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ

ПТТ-2020

МАТЕРІАЛИ

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

17-18 грудня 2020 року



Миколаїв ■ НУК ■ 2020

**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-2020

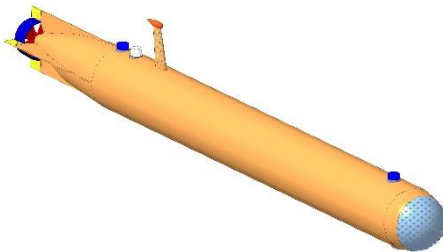
МАТЕРІАЛИ

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

17 – 18 грудня 2020 року

**У двох частинах
Частина 1**

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



МИКОЛАЇВ • НУК • 2020

ОРГАНІЗАТОРИ:

1. Міністерство освіти і науки України
2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
3. Інститут археології НАН України
4. Центральний науково-дослідний інститут озброєння і військової техніки Збройних Сил України
5. Головне Управління ДСНС України в Миколаївській області
6. Державне підприємство «Київський науково-дослідний інститут гідропрладів»
7. Державне підприємство «Дослідно-проектний центр кораблебудування»
8. Національний університет «Одеська морська академія»
9. Politechnika Gdanska, Polska

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

Відповідальна за випуск В. В. Трибулькевич

У 45 **Підводна** техніка і технологія: матеріали Х Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю : в 2 ч. — Миколаїв : НУК, 2020. — Ч. 1. — 51 с.

У збірнику подані матеріали Х 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 629

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПІДВОДНОГО ВИКОНАННЯ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

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

Діяльність людини на морі сьогодні все більш характеризується виконанням робіт під водою, які можливо виконувати за допомогою малогабаритних підводних апаратів (МПА) (рис. 1).



а)



б)



в)



г)

а) – REVOLUTION; б) – BlueROV2; в) – Aegir 25-4D; г) – S-ROV

Рисунок 1 – Діючі зразки прив'язних МПА

До складу рушійно-кермового комплексу МПА має входити необхідна для виконання поставлених задач кількість рушійних пристроїв (РП). В якості РП для МПА можуть використовуватися електродви-

гуни постійного і змінного струму як в герметичному, так і підводному виконанні (ЕПВ). Найбільш поширеними типами рушіїв для РП є гребні гвинти (ГГ) в направляючій насадці (рис. 2).

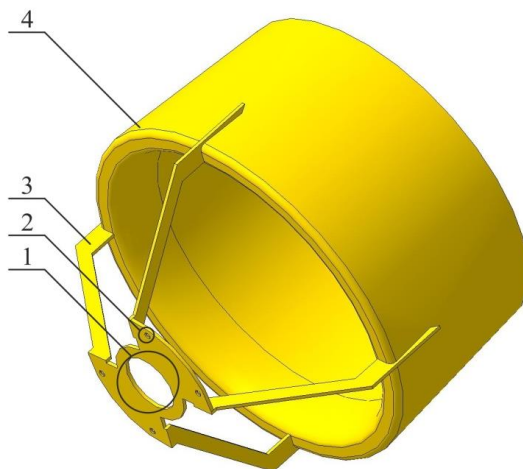


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд направляючої насадки,
закріпленої на пілоні:

- 1) – отвір для валу ЕПВ; 2) – отвори під кріпильні вироби;
3) – пілон; 4) – насадка ГГ

Аналіз характеристик різних типів РП і власний досвід експлуатації СППА свідчить, що найбільш доцільним варіантом є використання асинхронних двигунів змінного струму. Запропонована конструкція ЕПВ для МПА є збірно/розбірною з застосуванням деталей виготовлених з алюмінієвого сплаву АМГ-6. Задня та передня кришки виробу (1 та 3, рис. 3) поєднані разом з корпусом двигуна (2, рис. 3) за допомогою потайних гвинтових кріпильних виробів.

У якості ущільнення на передній та задній кришках застосовані гумові кільця.

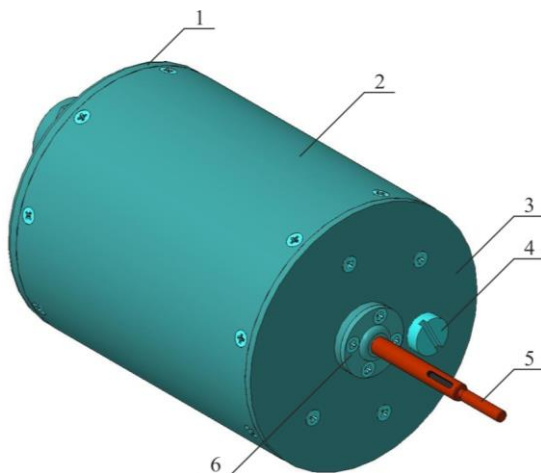


Рисунок 3 – 3D модель конструкції ЕПВ для МПА (вид спереду)

Для заповнення корпусу ЕПВ діелектриком та перевірки виробу на герметичність передбачені пробки №1 та №2 з гвинтовою різьбою (4, рис. 3 та рис. 4). Також для ущільнення пробок застосовані гумові кільця.

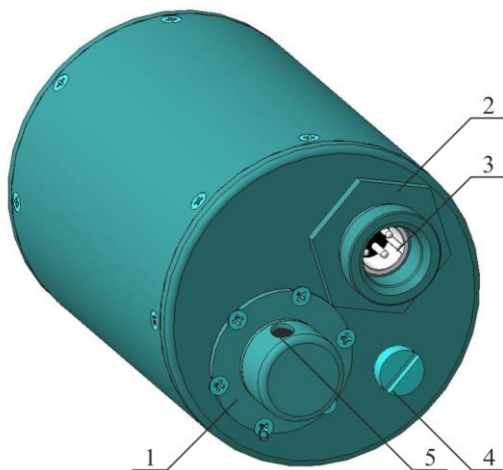


Рисунок 4 – 3D модель конструкції ЕПВ для МПА (вид позаду)

Корпус ЕПВ закріплюється на МПА з застосуванням хомутових з'єднань. Це виключає можливість переміщення самого виробу відносно ПА, тому єдиною зовнішньою обертовою частиною є вал електродвигуна (5, рис. 3). Під час обертання валу, для захисту внутрішніх частин виробу від дії зовнішнього середовища передбачено гумове кільце та фланець (6, рис. 3). Основна функція фланця ущільнення гумового кільця між валом електродвигуна та його корпусом.

Для вирівнювання тиску в корпусі ЕПВ передбачений гумовий компенсатор (5, рис. 4) розміром 32х20 мм.

Зовні компенсатор захищений алюмінієвим ковпаком (1, рис. 4). Захист компенсатора необхідний через ймовірну вірогідність його ушкодження в процесі експлуатації об металеві частини, гострі комиші, ракушки присутні під водою та на берегах річок та морів. Пошкодження компенсатору гострим предметом може призвести до аварійної ситуації. У цьому випадку діелектрик, яким заповнений корпус ЕПВ почне витікати на зовні забруднюючи навколишнє середовище, у той час як вода навпаки заповнюватиме електродвигун. Через це виникне коротке замикання та виріб буде непридатний до подальшої експлуатації і потребуватиме технічного огляду та ремонту.

Закріплення ковпака відносно корпусу ЕПВ виконується з застосуванням потайних гвинтових кріпильних виробів. Запропонована конструкція ЕПВ передбачає застосування роз'ємної заборотної комутації. Корпусна частина роз'єму розміщується на задній кришці електродвигуна (2, рис. 4). У якості електричної частини роз'єму застосовано один чотирьох контактний конектор (3, рис. 4). Для закріплення корпусної частини роз'єму на задній кришці електродвигуна передбачено гайку.

Статорна обмотка електродвигуна за допомогою паяльного з'єднання поєднується з ніжками роз'єму. У якості ущільнення корпусної частини роз'єму застосовано гумове кільце.

Всього для герметизації міцного корпусу ЕПВ застосовується декілька гумових ущільнень. Одне з них встановлюють на панельній частині передбаченій для підключення заборотної комутації, одне на валопроводі, по одному на передній і задній кришці міцного корпусу електродвигуна

та ще по одному на пробках №1 і №2, які передбачені для реалізації технології заповнення корпусу рідким діелектриком та вакуумації.

Основні технічні характеристики запропонованої розробки наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Основні технічні характеристики розробки

Найменування параметра	Значення
Допустима глибина занурення ЕПВ, м	до 100
Матеріал корпусу	алюміній
Напруга змінного живлення, В	220
Частота мережі, Гц	50
Момент, Н·м	0,9
Струм, А	1,27
Ковзання	0,1
Повна потужність, Вт	182,3
Корисна потужність, Вт	109,1
Коефіцієнт корисної дії (ККД), %	59,8
Габаритні розміри, мм	204x92
Маса з діелектриком (керосин), кг	1,7

Статор електродвигуна жорстко зафіксований в міцному корпусі з обох сторін кришками, які унеможливають його зрушення. Ротор електродвигуна з обох сторін фіксується в підшипниках кочення, які жорстко зафіксовані на задній та передній кришках корпусу завдяки відповідним опорам. Фіксація опор відносно кришок здійснюється потайним гвинтовим кріпленням.

Відповідно до представленої на рис. 5 конструкції електрорушійного пристрою, з застосуванням розробленого ЕПВ, можна утворювати силу упору ГГ до 3 кгс.

Висновки

Розроблена конструкція електродвигуна підводного виконання дозволяє використовувати звичайні дроти з емалевою ізоляцією і стандартні підшипники кочення, що значно спрощує його виготовлення. Виріб оснащений гумовим компенсатором заповнюється рідким діелектриком, що забезпечує вирівнювання зовнішнього та внутрішнього тисків. Відповідно з чим, збільшується можливість його застосування на глибинах занурення до 100 м.

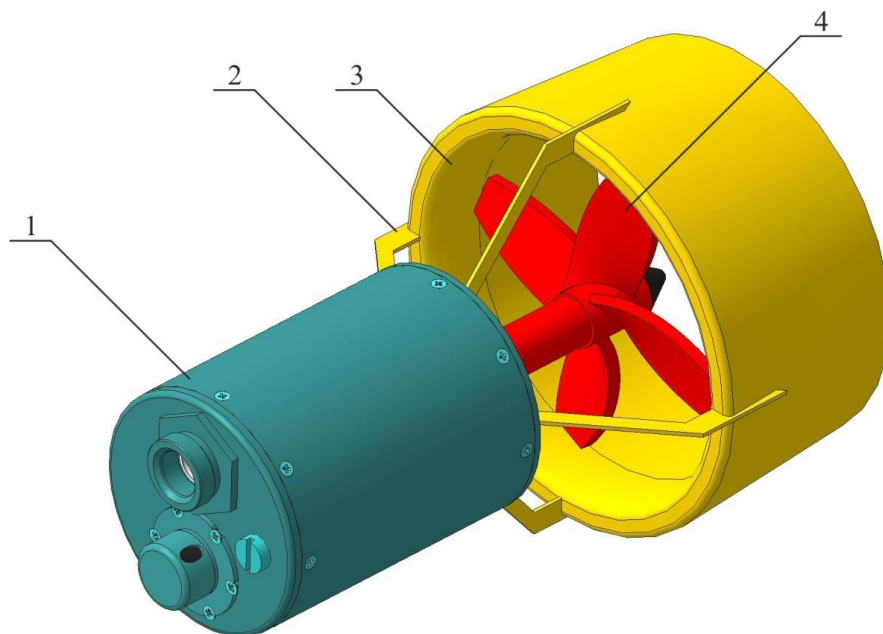


Рисунок 5 – Конструкція електрорухійного пристрою

Список літератури:

1. Жолоб, С.О. Особливості застосування рухійно-кормових комплексів малогабаритних телекерованих підводних апаратів / С.О. Жолоб. Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – М.: НУК, 2011. – С. 91-93
2. Дмитриев, В.Н. Проектирование и исследование асинхронных двигателей малой мощности / В.Н. Дмитриев. – У.: УлГТУ, 2013. – 89 с.
3. Слижевский, Н.Б. Гидродинамический расчет самоходных подводных аппаратов / Н.Б. Слижевский, Ю.М. Король, М.Г. Соколик. – Н.: УГМТУ, 2000. – 93 с.

УДК 629

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИВОДА РУЛЬОВОГО ПРИСТРОЮ ПІДВОДНОГО АПАРАТА

Автор: Іщенко І.П., магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Діяльність людини на морі сьогодні все більш характеризується виконанням робіт під водою. До таких робіт відносяться, пошукові, дослідницькі, аварійно-рятувальні, а також роботи по будівництву гідротехнічних споруджень. У зв'язку з освоєнням ресурсів Світового океану значно зріс обсяг робіт з дослідження донної поверхні.

На глибинах, що перевищують водолазні, дослідницькі і розшукові роботи виконують буксирюємі чи самохідні підводні апарати, які на сьогоднішній день досить розвинені та класифікуються за різними ознаками. За способом переміщуватися під водою ПА розділяють на самохідні та несамохідні. Переміщення у просторі та керування самохідними ПА здійснюється за допомогою рушійно-кермового комплексу. При русі ПА переміщується в тривимірному просторі, для чого йому необхідні шість ступенів свободи — поступальний рух рівнобіжно осям координат x , y , z і обертальний рух навколо цих осей. Рушійно-рульові комплекси сучасних апаратів дозволяють здійснювати поступальний рух по осі x (передній і задній хід) і по осі y (занурення і виринання), обертання навколо осі y (поворот) і навколо осі z (диферент), переміщення уздовж осі z (рух лагом) і обертання навколо осі x (крен) [1, 2].

РКК – комплекс спеціально орієнтованих приводів, що забезпечують прокольний рух, маневрування у просторі та стабілізацію ПА у водному середовищі під час виконання робочих операцій.

Звичайно РКК складається з маршових рушіїв, які забезпечують повздовжній рух та одного або декількох маневрових кермових приводів – для маневрування у просторі. Найбільш поширеними типами рушіїв є гребні гвинти в направляючій насадці. Як електропривод для РКК ПА можуть використовуватися електродвигуни постійного і змінного струму як в герметичному, так і заглибному виконання.

Рушійно–рульовий комплекс у загальному випадку повинний забезпечувати гарні ходові і маневрені якості при мінімальній витраті енергії для виконання наступних операцій:

- занурення під воду і виринання ПА на поверхню;
- рух у будь-якому напрямку з можливістю реверса і зміни швидкості в широкому діапазоні;
- зависання в заданій крапці товщі води в горизонтальному положенні чи з визначеним кутом диференту;
- маневрування в обмеженому просторі і на складному рельєфі поблизу дна;
- безпечна посадка і виринання з ґрунту.

Більшість підводних апаратів, особливо дослідницьких, звичайно мають відносно малу швидкість, тому для маневрування сучасних підводних апаратів виконують рушії на поворотних колонках, а також підрулюючі пристрої, що представляють собою гребні гвинти, встановлені усередині горизонтальних чи вертикальних каналів (гвинти в насадках). При цьому необхідний ступінь стійкості руху ПА забезпечується або визначеною формою апарата, або стабілізаторами, закріпленими на апараті в необхідній площині.

Існує велика кількість різновидів електричних двигунів. Кожний тип з яких має свої особливості, переваги та недоліки. Аналіз характеристик різних типів двигунів та досвід роботи ПА показав, що найбільш раціональним варіантом є використання серійних асинхронних двигунів змінного струму. Це зумовлено наступними чинниками:

- простота конструкцій АД;
- заглибне виконання технічно простіше реалізувати для двигунів змінного струму, особливо для АД;
- використання серійних двигунів значно спрощує процес проектування та дозволяє використовувати серійні системи курвування. Все це значно здешевлює конструкцію ПА;
- можливість вибору електродвигуна з невеликою синхронною частотою обертання, що дає змогу відмовитись від редукторів. Це полегшує конструкцію рушія, здешевлює виріб, зменшує розміри

заглибного корпусу, при цьому можливо використовувати меншу кількість рідкого діелектрика;

- можливість вибору оптимальної частоти обертання. Для ПА найбільш оптимальна швидкість обертання гребного гвинта 1200-1500 об/хв. При цьому чим більше швидкість – тим менші розміри гвинта та навпаки;

- однофазний серійний двигун досить просто модернізувати у трьохфазний.

Єдиним суттєвим недоліком таких двигунів є масо габаритні показники.

Список літератури:

1. Про види безпілотних підводних апаратів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.demetra5.kiev.ua/ua/catalog/UnmannedVehicles>

2. Про класифікацію безпілотних підводних апаратів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26911/1/Bobryk_magistr.pdf

ГІДРОАКУСТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БУКСИРУВАНИХ БЕЗЕКІПАЖНИХ АПАРАТІВ

Автор: Меленко Ю.Я., капітан 2 рангу, ст. наук. співробітник, Центральний науково-дослідний інститут розвитку озброєнь та військової техніки Збройних Сил України

Безекіпажні підводні апарати мають доволі широке застосування, у тому числі в галузі гідроакустики. Так, для підготовки операторів-гідроакустиків по виявленню підводних рухомих об'єктів необхідна наявність буксированого підводного безекіпажного апарату, який має гідроакустичне обладнання для імітації низькочастотних коливань під водою. Беручи до уваги той факт, що різні підводні рухомі об'єкти випромінюють різні частоти, необхідно мати кілька гідроакустичних перетворювачів звуку з різними резонансними частотами, або ж досягти можливість керувати резонансними параметрами одного перетворювача.

В гідроакустичних антенах різного призначення широке застосування знайшли циліндричні п'єзокерамічні випромінювачі. Їх перева-

гами є: простота механічної коливальної системи, високий коефіцієнт електромеханічного зв'язку, добра акустична навантаженість з боку середовища експлуатації. У той же час подальше вдосконалення гідроакустичних систем висуває низку нових вимог до антен та перетворювачів, які їх утворюють. До них відносяться: можливість керування параметрами перетворювачів, зменшення хвильових розмірів випромінювачів до половини довжини хвилі у воді, зниження робочих частот випромінювачів при одночасному зменшенні їх маси та габаритів.

Складність виконання цих суперечливих вимог ускладнюється тим, що всі гідроакустичні випромінювачі, у тому числі циліндричні, забезпечують ефективне випромінювання звуку лише в області їх механічного резонансу. Для циліндричних випромінювачів ця обставина зумовлює жорсткий зв'язок хвильових та масогабаритних характеристик випромінювачів з їх робочими частотами. Тому, зниження резонансної частоти циліндричного випромінювача веде до зростання його габаритів і маси. Діаметр випромінювача збільшується пропорційно до зниження частоти, а його маса зростає пропорційно приблизно кубу цього зниження частоти. Очевидна суперечливість вимог до одночасного зниження робочих частот та зменшенню масогабаритних характеристик циліндричних випромінювачів при своїй технічній реалізації висуває наступні першочергові по актуальності завдання – розробку методів управління параметрами випромінювачів, спрямованих на зменшення хвильових розмірів, зниження масогабаритних характеристик та забезпечення можливості ефективного випромінювання звуку на кількох частотах.

Слід відмітити, що вирішення цього науково-технічного завдання приділялась певна увага низкою авторів по декільком напрямкам. Зокрема, Любавін Л.Д., Старов Л.С., Бушер М.К., Діанов Д.Б., Римський-Корсаков А.В., Вишнев І.І. и ряд інших дослідників йшли по шляху зміни структури механічної коливальної системи циліндричних випромінювачів. Діанов Д.Б., Кузменко А.Т., Чесский Ю.В., Алексеев Б.Н., Вовк И.В., Коцюба В.С., Найда С.А та інші, основну увагу при пошуку методів управління параметрами випромінювачів орієнтувались на використання нових акустичних особливостей, що виникають

при доповненні механічних коливальних систем циліндричних випромінювачів низкою нових акустичних елементів. Аронов Б.С., Касаткін Б.А., Чернишов К.В., Дідковский В.С., Найда С.А. та інші у своїх роботах основний акцент зробили на дослідженні методів, орієнтованих на використання електричної частини п'єзокерамічних циліндричних випромінювачів.

Аналіз робіт, оприлюднених по розробці методів управління параметрами циліндричних випромінювачів свідчить про те, що в силу великої складності цієї науково-технічної задачі, і великого різноманіття підходів до її вирішення, питання можливих методів управління параметрами циліндричних випромінювачів та їх практичної реалізації продовжують залишатись відкритими, актуальними та вимагають свого вирішення.

Існуючі на сьогоднішній день підходи до проектування гідроакустичних перетворювачів виходять з того, що для кожної гідроакустичної станції розробляються гідроакустичні перетворювачі під її конкретні вимоги. Оскільки такі перетворювачі, особливо випромінювачі, призначені для роботи у складних експлуатаційних умовах, що впливають на них при електричних напругах (до 2000-2500 В), гідростатичному тиску (до 200 атм.) та випромінюючій питомій акустичній потужності (до 3 – 10 Вт/см²) протягом тривалого часу (до 20 – 25 років), конструктивне виконання цих «моторів» гідроакустики відрізняється значною складністю і потребує тривалих циклів відпрацювання. Тому, природнім виглядає вимога створення гідроакустичних випромінювачів з керованими параметрами, особливо по управлінню резонансною частотою цих перетворювачів.

Акустична потужність, випромінювана антеною, в загальному випадку визначається виразом

$$W_a = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^n \sum_{g=1}^n \tilde{W}_q \tilde{W}_g Z_{qg},$$

де $\tilde{W}_q \tilde{W}_g$ – коливальні швидкості відповідних перетворювачів антени, Z_{qg} – взаємний опір випромінювання перетворювачів з номерами q, g . Для розрахунків випромінюваної гідроакустичної антеною потужності як правило користуються співвідношенням

$$W_a = W_e \eta_{ae} = \frac{P^2 r^2 4\pi}{K_k (\rho c) b}$$

де W_e – активні складова електричної потужності, що забирається антеною від генератора ГАС, η_{ae} – акустико-електричний коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) антени, P – модуль акустичного тиску, що розвивається антеною на вісі ХН в дальньому полі, r – відстань між центром антени і точкою визначення тиску, $(\rho c)b$ – хвильовий акустичний опір води. У зв'язку з тим, що максимальний к.к.д. перетворювача – випромінювача забезпечується при роботі на резонансній частоті, звичайною робочою частотою ГАС в режимі випромінювання є резонансна частота f_r випромінювача або близька до неї частота, що лежить в резонансній смузі частот випромінювача.

Наведений аналіз свідчить про те, що основними характеристиками, що визначають внесок перетворювача випромінювача в дальність дії і розрізну здатність гідроакустичної станції (ГАС), є робоча частота f , хвильові розміри $\frac{D_n}{\lambda}; \frac{H_n}{\lambda}$, випромінювана потужність W_a та коефіцієнт корисної дії η_{ae} . Зауважимо, що всі наведені характеристики також залежать від робочої частоти ГАС в режимі випромінювання. Тому, цілком обґрунтованим є пошук і практична реалізація шляхів управління резонансною частотою гідроакустичних перетворювачів без зміни їх габаритних розмірів.

Постановка завдань аналітичних досліджень традиційна, прийнята в класичних роботах по акустиці. Завдання стандартні і формулюються на основі припущення про середовище, в якому поширюється звук, як про ідеальну стисливу рідину з хвильовим опором. Така рідина оточує циліндричну п'єзокерамічну оболонку. У середині оболонки також ідеальна стислива рідина з хвильовим опором, в яку поміщені різні тіла (перегородки, стрижні, циліндричні оболонки, пластини). П'єзокерамічна оболонка випромінює в порожнину і в зовнішній простір звукові хвилі. Шуканими величинами є характеристики звукового поля в порожнині і поза п'єзокерамічною оболонкою, імпеданс систе-

ми «п'єзокерамічна оболонка – рідина в порожнині і поза п'єзокерамічною оболонкою – тіло, розташоване в порожнині п'єзокерамічної оболонки», а також залежність вказаних характеристик і імпедансу від частоти і акустичних і механічних властивостей тіл в порожнині випромінюючої оболонки.

Для вирішення поставлених завдань найбільш зручна циліндрична система координат, так як форма випромінюючої оболонки збігається з циліндричною координатною поверхнею. Для таких випадків накопичений величезний матеріал з рішеннями граничних задач.

В якості скалярної функції, що характеризує звукове поле, вибираємо потенціал швидкості $\Phi(r,t)$ або звуковий тиск $p(r,t)$, які задовольняють хвильовому рівнянню

$$\Delta\Phi = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} \quad \text{або} \quad \Delta p = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2},$$

де c – швидкість звуку у робочому середовищі.

Всі наступні викладки будемо вести у припущенні про те, що часова залежність шуканих характеристик звукового поля визначається множником $e^{-j\omega t}$. З урахуванням прийнятої часової залежності основні рівняння для потенціалу швидкостей або акустичного тиску середовища перетворюються у рівняння Гельмгольца видів

$$\Delta\Phi(r) + k^2\Phi(r) = 0 \quad \text{або} \quad \Delta p(r) + k^2p(r) = 0$$

де $k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ – хвильове число.

В такому випадку зв'язок між тиском і потенціалом швидкості представляється лінійним виразом

$$p(r) = -j\omega\rho\Phi(r).$$

Тому байдуже, щодо якої функції – тиску або потенціалу – формулюється вихідна задача. Обидві вони задовольняють рівнянню Гельмгольца.

Ми розглядаємо керування параметрами потужних низькочастотних гідроакустичних випромінювачів звуку з внутрішніми екранами, завдяки цим екранам можливо керувати резонансними властивостями перетворювача звуку без зміни його масо-габаритних характеристик.

Керуючи діапазоном частот та рівнем випромінювання можливо збільшувати або зменшувати співвідношення сигнал-шум і коефіцієнт затухання сигналу, що суттєво впливає на дальність виявлення джерела випромінювання.

При обладнанні безкіпажного буксируваного підводного апарата гідроакустичними перетворювачами звуку, та розміщенні поста випромінювання на кораблі, цілком можливо досягти поставленої мети – випромінювати під водою акустичні коливання широкого діапазону частот на резонансі у діапазоні 2 – 3 октави від центральної несучої частоти, що дозволяє проводити тренування операторів-гідроакустиків та вдосконалювати їх професійний рівень.

УДК 629

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ КУТОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ

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

Стабілізація кутової орієнтації є однією з важливих функцій для роботи підводних апаратів. Кутова орієнтація підводних апаратів характеризується трьома кутами: курс, крен та диферент. Контроль крену та диференту, зазвичай, використовується для стабілізації апарата в горизонтальному положенні, в рідких випадках для підбору або встановлення вантажу на морське дно[1].

Засоби встановлення заданої кутової орієнтації можна розділити на три основні типи:

- з використанням плавучості[2,3];
- з використанням енергії сили набігаючого потоку[4,5];
- активні засоби, що створюють власні сили впливу на корпус апарата[1,6].

Перш за все для стабілізації апарата в горизонтальному положенні при проектуванні підводного апарата необхідно елементи його конструкції розташовувати так щоб центр плавучості та центр мас апарата лежали на вертикальній осі, таким чином не буде додаткового

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

негативного моменту, який спричиняє появу крену або диференту. Тяжкі елементи слід розташовувати в нижній частині, а плавучі в верхній, таким чином центр мас буде в нижній частині, а центр плавучості в верхній, так чим більша буде відстань буде між ними тим більший буде відновлювальний момент.

Для зміни плавучості апарата використовується декілька допоміжних корпусів, в яких регулюється об'єм заповнення повітрям. В такому випадку зменшується або збільшується плавучість апарата, а також змінюється координата центру плавучості апарата, що дозволяє керувати його відновлювальним моментом. Такий спосіб доцільно використовувати для підводних апаратів транспортного типу, оскільки в процесі роботи змінюється його маса, а також можливе зміщення центру мас, що спричинить додатковий негативний момент крену та диференту.

Основними перевагами такого способу є:

- пристосування до зміни конфігурації обладнання;
- швидке налаштування плавучості при зміні району роботи (річка/море);
- економічність;
- можливість регулювання крену та диференту при зупинці апарата.

До недоліків слід віднести:

- збільшення об'єму самого апарата;
- нелінійність відновлювального моменту, що призведе до ускладнення системи керування;
- велика інерційність системи.

Другим засобом стабілізації кутового положення є гідродинамічні крила з регулюванням їх повороту. Для регулювання крену та диференту використовуються горизонтальні рулі, елерони та елевони, а для курсу – вертикальний руль, який, зазвичай, знаходиться за маршовим рушієм, що підвищує його продуктивність. Гідродинамічні крила встановлюються на буксируваних підводних апаратах для регулювання креном та диферентом, а на самохідних підводних апаратах вони встановлені, здебільшого для регулювання курсом.

Встановлення гідродинамічних підрулюючих крил надає наступні переваги:

- зменшене енергоспоживання;
 - порівняно невеликі розміри виконавчих механізмів;
- Недоліками даних механізмів є:
- ефективність залежить від швидкості руху.

До активних відносяться засоби які самі створюють силову дію на корпус апарата. Такими засобами є гребні електроприводи, водомети. Стабілізація кутового положення в даному випадку регулюється за рахунок різності упорів активних засобів, які лежать в одній площині.

Преваги використання активних засобів:

- висока швидкодія;
- не залежить від швидкості руху апарата;
- можливість регулювання всіма кутами просторового положення без зміни поточних координат.

До недоліків відносяться:

- високе енергоспоживання.

Висновок. Стабілізація просторового положення є важливою задачею в роботі підводного апарата в залежності від специфіки роботи інструменти регулювання кутовим положенням апарата можуть бути, як однакового типу так і комбіновані.

Список літератури:

1. Блінцов В.С., Войтасик А.М. Сучасні задачі автоматичного керування самохідною прив'язною підводною вантажною системою. Збірник наукових праць НУК. 2017. №3, 49-55.

2. Song Y.S., Arshad M.R. Passive hydrostatic stability design of a box-shaped autonomous underwater vehicle. 2015 IEEE international symposium on robotics and intelligent sensors, 2015. P. 180-185. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915038387> (дата звернення 20.03.2020).

3. Гой, В.А., Костенко В.В. Регулирование плавучести и дифференциала автономного подводного робота. Подводные исследования и робототехника. 2016. № 1(21), URL: <http://jmtп.febras.ru/journal/1-21-2016/4-14.pdf> (дата звернення 20.03.2020).

4. Егоров В. И. Подводные буксируемые системы : учеб. Пособие. Л. : Судостроение, 1981. С. 304.

5. Чан Там Дык Синтез регулятора глубины буксируемого подводного аппарата для установившегося режима движения. Вісник НУК № 2. 2012. С. 249-255.

6. BudiyoAgus, AnamHujjatul, Setiawan Joga Simulation and Dynamic Analysis of Remotely Operated Vehicle (ROV) Using PID Controller for Pitch Movement. Marine and Underwater Science and Technology. 2015. №1. P. 23-31.

УДК 629.5.028.3:004.942

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МОДЕЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОРСКИХ ПРИВЯЗНЫХ СИСТЕМ

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

Анализ различных классов морских привязных систем (МПС) с гибкими связями (ГС) показал, что существующие в настоящее время конструкции имеют завышенные массогабаритные показатели и материалоёмкость, что влияет на водоизмещение и ТТХ судов-носителей (СН) МПС, ведёт к увеличению эксплуатационных расходов и высокой стоимости данных систем, снижению конкуренции на рынке данных конструкций и в конечном итоге – к снижению прибылей от реализации данных систем. Решение данной проблемы позволит более рентабельно использовать энергетическую установку СН, а также объёмы судовых помещений, в которых они устанавливаются.

В связи с увеличением рабочих глубин использования МПС с ГС возникает актуальность совершенствования теории и методов проектирования МПС с ГС, уточнения существующих методик расчётов. Это обусловлено тем, что существующие методы расчёта и проектирования или являются упрощёнными и не учитывают действительные нагрузки и характер нагружения ГС МПС, или являются довольно сложными и громоздкими для конструкторов–проектантов, требуют значительных затрат времени для их выполнения [1]. Имеется множество инструментальных средств описания ГС МПС в основном в плоской постановке задачи, однако проблема совершенствования проектирования МПС с ГС состоит в необходимости комплексного использования существую-

щих и разработанных методов с целью учёта всей информации о МПС с ГС, разработке научных (теоретических) основ автоматизированного проектирования МПС с ГС с уменьшением всех видов затрат, снижения себестоимости и сокращения сроков проектирования МПС с ГС, уменьшении научной трудоёмкости выполняемых работ.

В настоящее время отсутствует единая теория проектирования МПС с ГС, которая бы учитывала весь комплекс будущих эксплуатационных характеристик МПС с ГС и обеспечила сокращение проектных работ и достоверное получение реальных (инженерных) результатов на ранних стадиях проектирования МПС с ГС. Специфика проектирования таких МПС с ГС состоит в том, что проектные расчёты необходимо выполнять для ГС, которые с математической точки зрения представляют собой задачи с неизвестными краевыми условиями. Это вносит определённые трудности и требует больших затрат времени. В настоящее время нет единой теории проектирования МПС с ГС (подводных буксируемых и привязных, стационарных и дрейфующих), которая бы учитывала все существенные факторы эксплуатации ГС и достоверно позволяла их проектировать.

Рассмотрены проблемы и теоретические основы совершенствования проектирования МПС с ГС на примере подводных буксируемых систем (ПБС). С помощью уточнённых математических моделей (ММ) описания динамики ГС МПС и МПС с ГС [2-4] появляется возможность описать режимы эксплуатации МПС с ГС, которые ранее не описывались с помощью существующих ММ, и использовать их на ранних стадиях проектирования за счёт внедрения принципов Судостроения 4.0 и BIM-технологий. В результате этого ожидается существенное сокращение затрат различных ресурсов.

Одними из составляющих данного метода являются концепция совершенствования процесса проектирования МПС с ГС и специальный моделирующий комплекс, использование которых уже на начальной стадии проектирования позволяет уменьшить количество этапов проектирования МПС ещё на стадии исследовательского (доэскизного) проектирования. Разработан алгоритм совершенствования проектирования МПС с ГС

Концепция совершенствования проектирования ГС МПС как неотъемлемая часть процесса проектирования МПС с ГС заключается в создании комплексной модели совершенствования проектирования МПС в виде алгоритма, базирующегося на уточнённых математических моделях описания динамики МПС с ГС и позволяющего учитывать внутренние и внешние факторы среды, оказывающие влияние на эксплуатацию ГС, и создавать более совершенные МПС.

Она позволяет учитывать новые свойства ГС, которые раньше не учитывались. и даёт возможность обосновать совершенствование проектирования МПС с ГС на ранних стадиях исследовательского проектирования с получением достоверных результатов и уменьшением всех видов затрат и создавать более совершенные МПС с учётом специфики эксплуатации МПС (внутренних и внешних факторов среды). Данная концепция базируется на использовании цифровизации в режиме реального времени, представлении данных в электронном виде как научно-методологической основы процесса автоматизированного проектирования на ранних стадиях (техническое предложение и эскизное проектирование) с использованием принципов Судостроения 4.0, решая проблему повышения эффективности проектирования и экономии времени и затрат на процесс проектирования нового изделия.

Краткий перечень наиболее важных задач концепции:

- учет конкретных условий эксплуатации ГС МПС и уточнение проблемы внешних сил на базе опыта и модельного эксперимента, научных исследований;
- анализ параметров морского волнения и различных аспектов эксплуатации;
- исследование технологических процессов использования ГС (режимов эксплуатации) в морских условиях;
- оценка возможных аварийных ситуаций и принятие мер по выходу из них;
- обоснованный выбор критериев прочности элементов системы и их оценка;
- оценка надежности ГС и элементов МПС;
- совершенствование методики проектирования с учетом назначения объекта, результатов предыдущих научных исследований, имеющихся достижений в области науки и техники и опыта проектирования.

Использование данной концепции совершенствования проектирования МПС с ГС даст возможность повысить конкурентоспособность проектируемого изделия, снизит себестоимость и ускорит сроки проектирования, поскольку уже на ранних стадиях проектирования даст возможность получить конкретный практический результат, а также снизит научную трудоёмкость выполняемых работ.

Предлагаемый специальный моделирующий комплекс, основанный на ММ и компьютерной программе (КП) [5] описания динамики ГС МПС (и МПС с ГС), позволяет: усовершенствовать существующие методы расчёта и проектирования МПС с ГС и довести их до уровня инженерного приложения, исследовать различные режимы эксплуатации МПС, получить значения сил, действующих на ГС, и рабочие органы судовых лебёдок, оценить реальные разрушающие усилия в ГС и МПС, разработать рекомендации по прогнозированию возможных нагрузок для проектирования их элементов, уменьшить массогабаритные характеристики судовых палубных устройств [6].

Специальный моделирующий комплекс позволяет проводить модельный эксперимент не обращаясь к физическому эксперименту. При этом возможно моделирование различных режимов работы проектируемой МПС с ГС, вплоть до экстремальных и аварийных, которые довольно сложно создать в естественных условиях, а иногда это может быть просто опасно для СН МПС, экипажа и персонала и приведёт в лучшем случае к материальным потерям.

В данном случае мы имеем своего рода тренажёр для конструктора-проектировщика. Различные варианты могут записываться и сохраняться, создаётся и накапливается база данных для различных МПС. Информация получается не из физического эксперимента, а из модельного представления о физической реальности. Такой подход используется в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий или могут привести к непредсказуемо опасному результату.

Выводы

Предложенная методика совершенствования проектирования МПС с ГС, основанная на ММ описания динамики ГС МПС и МПС с

ГС, позволяет исследовать различные режимы эксплуатации практически всех классов МПС, разработать рекомендации по прогнозированию возможных эксплуатационных нагрузок для проектирования их элементов, усовершенствовать существующие методы расчёта и проектирования МПС с ГС с необходимыми свойствами и параметрами, довести их до уровня инженерного приложения.

Данная методика проектирования МПС позволяет отказаться от использования физического моделирования режимов функционирования МПС с ГС, связанного с проведением натурных испытаний в открытом море, что даёт существенную экономию финансовых, материальных и человеческих ресурсов.

Список литературы:

1. V. Blintsov, K. Trunin. Construction of a mathematical model to describe the dynamics of marine technical systems with elastic links in order to improve the process of their design / eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 /1/9 (103), 2020, UDC 629.5.01.001.63, DOI: 10.15589/1729-4061.2020.197358. pp. 56-66, p. 74.
2. Трунин, К.С. (2017). Уравнения динамики элемента гибкой связи морской привязной системы // Збірник наукових праць НУК, №1, с. 18-25. DOI 10.15589/jnn20170104.
3. Трунин, К.С. (2017). Математическая модель двух связанных элементов гибкой связи морской привязной системы. Збірник наукових праць НУК, №2, с. 3-10. DOI 10.15589/jnn20170201.
4. Трунин, К.С. (2017). Динамика морской привязной системы с гибкой связью. Збірник наукових праць НУК, №3, с. 3-10. DOI 10.15589/jnn20170301.
5. Трунин, К.С. (2017). Компьютерная модель динамики морской привязной системы с гибкой связью. Збірник наукових праць НУК, №4, с. 3-13. DOI 10.15589/jnn20170401.
6. Трунин К.С. Проектирование судовых палубных лебёдок морских привязных систем с гибкими связями с применением математических моделей описания их динамики // Судостроение и морская инфраструктура, №1 (13), 2020. – С. 4–16. DOI [https://doi.org/10.15589/smi2020.1\(13\).1](https://doi.org/10.15589/smi2020.1(13).1).

СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА АВТОМАТИКА ПІДВОДНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ

УДК 629

ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ

Автор: Борисов Д.Е., магістрант к.т.н., Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

До початку 1960-х років підводне середовище була майже виключно заповідником військово-морських флотів і їх підводних флотів. Незважаючи на те, що військові інтереси, як і раніше, домінують, океани тепер більш відкриті і для дослідницьких цілей.

В даний час, особливо в Європі, Японії і Сполучених Штатах, здійснюється ряд програм в області морських наук, спрямованих на розробку передових технологій, що дозволяють здійснювати безперервне дослідження підводного середовища. Разом з тим, як це не дивно, лише 2-3 відсотки океанів були картографовані або обстежені.

Одною з головних перешкод, що заважають в даний час великомасштабному дослідженню океанів, є відсутність відповідних підводних апаратів. Глибоководних підводних апаратів з океанським радіусом мало, і всі вони відносяться до пілотованого типу. Безпілотний тип можна розділити на ті, які спираються на фізичний зв'язок з опорною станцією, апарати з дистанційним керуванням (ДПА) і автономні підводні апарати (АПА). ДПА стали робочою конячкою морської вуглеводневої промисловості, і, як випливає з назви, цей тип апаратів управляється дистанційно через кабель-трос від опорної станції. Кабель-трос також виступає в якості силового кабелю. ДПА добре зарекомендував себе для підводного огляду, спостереження і легких робіт. Однак їх експлуатаційна гнучкість обмежена в зв'язку з необхідністю наявності матеріальної опорної станції.

АПА може працювати незалежно від допоміжної станції. Підводні наукова, комерційна і оборонна спільноти вже давно обізнані про потенційні можливості використання таких апаратів, і на початку

1960-х років почалася розробка прототипів. АПА мають здатність збирати великі обсяги інформації і даних при менших витратах, ніж пілотовані дослідницькі підводні апарати. Однак, такі апарати повинні вміти відчувати і інтерпретувати навколишнє середовище, локалізувати і позиціонувати себе, уникати перешкод і приймати рішення в реальному часі щодо виконання інформації про завдання.

В ході всеосяжного обстеження типів транспортних засобів було документально підтверджено, що за останні 30 років 10 країнами було запропоновано, спроектовано і розроблено понад 62 різних сортів АПА. Ряд з них як і раніше знаходиться на концептуальній стадії, деякі з них не просунулися далі креслярської дошки, в той час як інші або були, або є прототипами транспортних засобів, що знаходяться на випробувальному майданчику.

Результати обстеження показали, що для всіх існуючих в даний час АПА, що знаходяться в експлуатації, не було зроблено ніяких посилень на інші джерела, крім вторинних хімічних елементів в якості джерела підводного живлення. Такі прототипи АПА були в основному спроектовані для перевірки можливостей експлуатації таких апаратів, але тільки в умовах, коли експлуатаційна довговічність місії обмежена. Для виконання завдань, що вимагають підвищеної тривалості перебування під водою, потрібна бортова система електроживлення, що володіє чудовими експлуатаційними характеристиками з точки зору надійності і щільності зберігання енергії.

Оскільки вторинні хімічні елементи необхідно підзаряджати при їх розрядженні в ході виконання завдань дослідження, були розглянуті деякі із існуючих способів підзарядки таких елементів:

1. Стаціонарна зарядка акумулятора від мережі. Переваги: простота експлуатації, дешевизна ПА, оскільки не потрібно встановлювати генераторні установки безпосередньо на апарат. Недоліки: неможливість використання ПА у довгострокових завданнях, необхідний безпосередній контакт із ПА для заміни акумулятору.

2. Автономна зарядка від берегових станцій або від енергетичних буйових установок. Переваги: зручний вид перезарядки. Недоліки: АПА здатне буде виконувати завдання лише поблизу таких станцій.

3. Використання паливних генераторних установок. Переваги: велика потужність. Недоліки: можливі лише середньо-тривалі завдання.

4. Використання сонячних панелей безпосередньо на борту АПА. Переваги: можливі довготривалі завдання, відносна доступність обладнання. Недоліки: відносно невелика потужність АПА.

Була розроблена альтернативна система живлення на базі сонячної батареї для модернізування АПА, яка має на меті забезпечити значне збільшення довготривалості завдань, що виконуються в умовах, коли використання традиційних систем живлення не представляється можливим.

При розробці системи спочатку необхідно було розробити імітаційні моделі. Складання імітаційної моделі дозволяє здійснити перевірку розрахунків потужності сонячної батареї і ємності акумуляторної батареї, виходячи із забезпечення енергобалансу системи на заданих умовах її функціонування. Для створення імітаційної моделі автономної системи живлення необхідні імітаційні моделі всіх її компонентів, а саме: моделі сонячної панелі і акумуляторної батареї, навантаження, а також моделі контролера.

Будування повноцінної математичної моделі дозволяє оцінити характеристики та реакції розроблюваної системи у програмному середовищі, без необхідності будування фізичних прототипів з метою їх подальшого тестування. Слід зазначити, що математична модель має незначні похибки у розрахунках і реальні дані можна буде отримати лише на робочій фізичній моделі, але в якості першого наближення побудування математичної моделі має значні переваги.

Після проведення деяких тестувань системи можна було зробити висновок про працездатність системи живлення АПА на базі сонячної панелі. Розроблена система задовольнила заданим вимогам.

Використання сонячних батарей для досягнення поставлених цілей виявилось доцільним як економічно так і практично, оскільки АПА отримав можливість виконувати довгострокові завдання, а це є головним параметром при великомасштабному дослідженні просторів морів і океанів. Незалежність від стаціонарних зарядних станцій – великий крок в сторону збільшення потенційно-можливих напрямків використання таких АПА.

Висновки:

1. Дослідження водних просторів нашої планети з кожним роком набирає обертів і виникають технічні засоби, які дозволяють реалізувати поставлені перед дослідниками задачі. Найбільш помітним вкладом в розвиток підводних досліджень було винайдення вторинних хімічних елементів. Тим самим, апарати на базі вторинних хімічних елементів отримали суттєві переваги у порівнянні з іншими джерелами живлення і руху підводних апаратів.

2. Використання альтернативних джерел живлення значно розширює можливості використання надводних і підводних апаратів. Дозволяє їх використання в тих областях, де традиційні способи живлення мають значні недоліки або зовсім не дозволяють проведення таких завдань.

Список літератури:

1. Джуліан Гонзалес. «Внесок в розробку моделі і управління навігацією автономного підводного апарата». Режим доступу – https://www.researchgate.net/publication/280774288_Contribution_to_the_model_and_navigation_control_of_an_autonomous_underwater_vehicle

2. Альберт М. Бредлі. «Енергетичні системи для автономних підводних апаратів». Режим доступу – https://www.researchgate.net/publication/3231230_Power_systems_for_autonomous_underwater_vehicles

3. Борисов Д.Е. «Система електроживлення автономного підводного апарата з альтернативним джерелом енергії». – Миколаїв : НУК, 2020.

УДК 629

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОСТОРОВОГО РУХУ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

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

Роботи, з метою видобутку сировини для промисловості і харчових ресурсів, що проводяться на континентальному шельфі і в морських глибинах, нерозривно пов'язані зі створенням найрізноманітніших засобів морської робототехніки [1-3].

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

Прив'язні підводні апарати пов'язані з судном-носієм, береговою або донною базою тросом, кабелем або кабель-тросом. Крім механічного зв'язку кабель виконує функції інформаційного та керуючого каналу, а також лінії енергопостачання. Безперервне електропостачання, яке надходить з судна-носія, використання оптоволокна в лінії зв'язку дозволяють підвищити ефективність використання апарату, збільшити робочу глибину і час підводної роботи.

Такі апарати служать для виконання наступних підводних робіт:

- оглядово-пошукові роботи, в тому числі пошук і обстеження затонулих об'єктів, інспекція підводних споруд і комунікацій (трубопроводів, кабелів), підводно-будівельні, монтажні, аварійно-рятувальні роботи;
- геологорозвідувальні роботи, що включають топографічну, а також фото та відео зйомку морського дна, акустичне профілювання і картографування рельєфу;
- океанографічні дослідження, моніторинг водного середовища і біоресурсів;
- роботи військового призначення (патрулювання, забезпечення безпеки об'єктів військової техніки).

Зміна глибини занурення проводиться за допомогою встановленої на судні лебідки, на барабан якої намотаний трос або кабель-трос. Цей механічний зв'язок являє собою об'єкт з розподіленими параметрами, головними з яких є маса і пружність. Будь-які обурення, прикладені до такого об'єкта, поширюються в ньому зі швидкістю звуку у вигляді поздовжніх коливань, багаторазово відбиваючись при цьому від кінців троса.

Зі збільшенням глибини занурення апарату ростуть довжина, перетин і гідродинамічний опір троса, що призводить до необхідності значного зниження швидкості його руху. При цьому виникають труднощі стабілізації глибини занурення апарату, так як падають значення гідродинамічних сил, які можна реалізувати на апараті для управління його глибиною.

Підводна 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 маневруванні невизначено, 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 підводного апарату при його русі. Дані системи будуються на різних датчиках визначення просторової орієнтації. Параметри руху (такі як: глибина руху, видалення апарату від носія і т.п.) задаються за допомогою носія [3].

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

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

- визначені основні напрямки в області створення підводних систем;
- виконано аналіз сучасних рішень побудови підводних систем;
- побудова математичної моделі функціонування підводних систем, її просторового руху та орієнтації.

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

Методи дослідження. Науково-прикладна задача автоматизації роботи системи просторового руху та орієнтації 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.

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 дистанційно керованого підводного апарату на основі особливостей реалізації та застосу-

вання засобів морської робототехніки різного типу, що дозволяє підвищити ефективність її створення і застосування шляхом оптимізації характеристик системи просторового руху та орієнтації.

Список літератури:

1. 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. – 367 с.

2. Бабкін, Г. В. Управління проектами створення типорозмірних рядів протимінних засобів підводної робототехніки [Текст] / Г. В. Бабкін // Підводна техніка і технологія (ПТТ-2015): Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю : в 2 ч. – Миколаїв : НУК. – 2015. – Ч.2. – С. 3–9.

3. Агеев М.Д., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / Под общей ред. М.Д. Агеева. – М.: Наука. – 2005. – 398 с.

УДК 629

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ СТАНУ ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

***Автор:** Осаблюк А.І., магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Вступ.

Підводний апарат на відміну від підводного човна, як правило, має обмежені можливості по автономності і тому працює у взаємодії з забезпечує судном-носієм. Підводні апарати можуть працювати на глибині недоступною для підводних човнів і водолазів.

Підводні апарати належать до високоефективного виду морської робототехніки, які широко застосовуються для виконання різноманітних завдань в товщі води і на морському, озерному і іншому дні.

При проведенні робіт за допомогою підводних роботизованих комплексів потрібно постійно контролювати працездатність підводного

апарату. А при виявленні несправностей потрібно якомога швидше їх виявити і виправити. Але якщо підводний апарат знаходиться в процесі роботи, то з цим можуть виникнути труднощі. Для вирішення цієї проблеми необхідна можливість моніторингу стану підводного апарату в режимі реального часу.

Основна частина.

Мета роботи – створення системи автоматичного контролю та діагностування підводного апарату в режимі реального часу.

Актуальність теми. При проведенні підводних робіт часто трапляються аварійні ситуації через вихід з ладу внутрішніх частин підводного апарату. Для підвищення ймовірності безаварійної роботи необхідно досліджувати підводний апарат перед запуском, а так само стежити за справністю його комплектуючих під час занурення.

По перше при виникненні неочевидних аварійних ситуацій встановивши корінь несправності вдасться швидко полагодити підводний апарат без проведення додаткових польових тестів.

По друге це допоможе виявити несправність до запуску або відразу ж під час роботи і вчасно полагодити підводний апарат.

Аналіз сучасних підходів до створення блоків і пристроїв автоматизованого моніторингу показує, що на наступних етапах найбільш доцільно повністю автоматизувати контроль і управління наземними об'єктами і створити універсальну систему, яку дозволяла б застосувати у всіх областях народного господарства і промисловості.

Контроль – це перевірка правильності роботи об'єкта (елемента, вузла, пристроїв). Якщо правильно працює пристрій – схема контролю не виробляє ніяких сигналів (в деяких системах, правда, виробляється сигнал нормальної роботи), якщо невірно працює пристрій – схема контролю видає сигнал помилки.

На цьому закінчуються функції контролю. Іншими словами, контроль – це перевірка: правильно – неправильно.

Принцип організації системи автоматичного контролю.

Виникнення помилки в будь-якому пристрої викликає сигнал помилки, за яким виконання програми призупиняється.

За сигналом помилки відразу ж починає працювати система діагностики, яка у взаємодії з системою контролю виконує наступні функції:

- розпізнавання (діагностування) характеру помилки (збій, відмова);
- повторний пуск програми (частини програми, операції), якщо помилка викликана збоєм;
- локалізація місця несправності, якщо помилка викликана відмовою, з подальшим її усуненням шляхом автоматичної заміни (або відключення) вийшовшого з ладу елемента або заміни за допомогою оператора;
- запис в пам'ять інформації про всі збої які сталися та відмови для подальшого аналізу.

Якість реалізації алгоритмів в АСК (автоматизована система контролю) залежить від ряду факторів, таких, як:

- швидкодія та ефективність;
- завадостійкість;
- схемотехнічна надійність;
- тривалість роботи;
- маса, габарити, споживана потужність;
- простота або складність обслуговування, кваліфікація обслуговуючого персоналу і т.д.

Систематизація методів контролю працездатності повинна здійснюватися за ознаками істотним для об'єктів і засобів діагностування. Такими класифікаційними ознаками є, наприклад, призначення, принцип дії, види контрольованих параметрів, відмов виробу.

Характеристики працездатності, діагностичні параметри, ознаки систем автоматичного управління та обчислювальних машин:

1. Системи автоматичного управління:

- чутливість – параметри вихідного сигналу при мінімальному вхідному сигналі;
- точність – параметри усталеного вихідного сигналу, коефіцієнти передачі та посилення;
- стійкість – зрушення фаз вихідного і вхідного сигналів
- характер перехідного процесу – ознаки та параметри перехідної характеристики: форма кривої перехідного процесу; коливаль-

ність; час регулювання; перерегулювання; швидкість і прискорення перехідного процесу.

2. Обчислювальні машини:

- виконання програмних команд – результати виконання кожної команди на постійних і змінних кодах;
- передача інформації – відсутність заборонених кодів при надмірному кодуванні інформації;
- запис і збереження інформації в ПЗУ – суми кодів інформації, що зберігаються в осередках ПЗУ;
- запис інформації і зчитування з ОЗУ – результати запису-зчитування контрольних кодів для кожного осередку;
- введення-виведення інформації – результати введення-виведення контрольної текстової та графічної інформації.

Висновки

Сформульовано у загальному вигляді вимоги до системи автоматичного автоматичного контролю працездатності підводного апарату.

Також запропоновано перелік базових функцій удосконалення системи автоматичного контролю працездатності підводного апарата.

Сформульовано основні характеристики та тригери для спрацювання системи автоматичного контролю.

Список літератури:

1. Рижков С.С., Блінцов В.С., Квасницький В.Ф., Кошкін К.В., Романчук М.П., Шамрай О.М., Жуков Ю.Д., Ілюшенко В.М., Єгоров Г.В., Севрюков В.В. Інноваційні технології побудови суден і засобів океанотехніки // Монографія. Миколаїв: Національний університет кораблебудування, 2009. – 355 с.

2. 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.

СЕКЦІЯ 3. НОСІЇ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВОДНО- ТЕХНІЧНИХ РОБІТ

УДК 629

ВІТРОГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА ПОСТА МОНІТОРИНГУ ПІДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ ВОДНОЇ АКВАТОРІЇ

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

Вітрова енергетика є найбільш привабливим рішенням світових енергетичних проблем. Вона не забруднює навколишнє середовище і не залежить від палива. Більш того, вітрові ресурси присутні в будь-якій частині світу і їх достатньо, щоб забезпечити зростаючий попит на електроенергію [1].

Вітрогенератор (вітрова турбіна) – пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну, що складається з вітрової турбіни, електрогенератора та допоміжного обладнання. Виробництво вітрогенераторів належить до складних та наукоємких виробництв.

За областю використання вітрогенератори умовно можуть бути поділені як для промислового, приватного та спеціального призначення [2].

Промислові вітрогенератори встановлюються державними органами або енергетичними компаніями. Потужність сучасних промислових вітрогенераторів досягає 8 МВт[3]. Як правило, такі генератори об'єднують у мережу. Основна відмінність вітроелектростанцій від теплових електростанцій — повна відсутність сировини та відходів. Створення таких електростанцій економічно доцільне в районах з високим середньорічним значенням швидкості вітру або у віддалених від промислових електромереж районах.

Вітрогенератори приватного призначення мають відносно невелику потужність (звичайно до декількох кіловат) та використовуються разом з стаціонарною електромережею як джерела додаткової енергії, або як складові (разом з сонячними панелями, акумуляторними батареями, інверторами) в системах автономного електрозабезпечення. Такі генератори є популярним об'єктом аматорського конструювання.

Вітрогенератори спеціального призначення використовуються для автономного електрозабезпечення окремих технологічних об'єктів: туристичних стоянок, вітрильних гоночних яхт тощо. Такі генератори мають малу потужність (звичайно до десятків ват) і часто використовуються без інверторів – як джерела постійного струму для підзарядки акумуляторних батарей (в тому числі – батарей мобільних пристроїв через USB-адаптери).

Для України характерне використання ВЕУ з генерується потужністю 100-200 кВт. Є досвідчені установки з потужністю 400, 700, 1000 кВт. Розвиток вітчизняних ВЕУ істотно відстає від світових тенденцій.

Існуюча в Україні «Комплексна програма будівництва вітрових електростанцій» передбачає розробку і будівництво нових ВЕУ. Але, у зв'язку з недостатнім фінансуванням, Україна істотно відстала від зарубіжних країн в частині розробок і побудови нових ВЕУ потужністю 1000 і більше кВт.

За двадцять років вітрові установки пройшли довгий шлях удосконалення. В результаті сучасний вітропарк за своїми характеристиками не поступається традиційній електростанції. Більш того, вироблення електроенергії на вітрових станціях стає все більш конкурентоспроможною в порівнянні з традиційними джерелами енергії на вичопному паливі: вже сьогодні вітрова енергетика порівнянна з новими вугільними і газовими електростанціями. .

До недавнього часу внесок вітрової енергії в забезпеченні стабільності енергосистеми був незначним. Однак, зі збільшенням потужностей вітроферм стало очевидним, що відключення великих вітроферм від мережі під час мережевих збурень призведе до втрати великої частини енергії, що генерується, що в свою чергу викличе подальше порушення стабільності енергосистеми.

Метою роботи є знаходження бажаного вітрогенератора для життя забезпечення посту моніторингу підводної обстановки водної акваторії.

Список літератури:

1. Елистратов В.В., Панфилов АА. Проектирование и эксплуатация установок нетрадиционной и возобновляемой энергетики . Ветроэлектрические установки: Учеб пособие. СПб.: Издательство

Политехнического университета, 2011, с. 19-20 Режим доступа <http://nocvie.ru/uploads/fotos/panfilov/veu.pdf>.

2. Васильев Ю.С., Хприсанов Н.И Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Л.: Издательство ЛГУ, 1991 – 343с.

3. Обухов С.Г. Метод моделирования механических характеристик ветротурбин малой мощности // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. 2011. № 1. С. 10-15.

УДК 629

ВАНТАЖНА ЛЕБІДКА СПУСКО-ПІДНІМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ АВТОНОМНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

Автор: Залізняк Д.В., магістрант, к.т.н., Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Вступ.

Нині суднові спуско-піднімальні пристрої мають дуже велику область поширення. Торгова, промислова, військова та галузь робототехніки, зараз ці області неможливо представити без різноманітних СПП. Тому так важливо продовжувати розвивати цей напрям, робити відкриття, впроваджувати нові технології.

Завдяки різноманітності, корисності і універсальності СПП, їх продовжують удосконалювати. В даний час з'явилася необхідність спуску на воду апаратів, що складаються з двох модулів: вантажного модуля, виконаного у вигляді об'ємної рамної конструкції з кабельною лебідкою, і керованого апарату, забезпеченого двигунами і телеапаратурою.

Поки основними напрямками вдосконалення є зниження маси, зниження ручної праці, габаритних розмірів і собівартості механізмів, разом з підвищенням надійності і зручності експлуатації.

Основна частина

Винахід відноситься до суднової техніки, до спуско-підйомних пристроїв. Спуско-під'ємний пристрій містить встановлені на кормі судна підйомну і кабельну лебідку, а також компенсаторний пристрій, забезпечений підйомно-опускного рамою.

Незважаючи на широке розмаїття конструкцій вантажопідйомних лебідок, їх основна відмінність полягає в органі (який може бути барабаном або шківом тертя), який змінює обертальний рух вала приводного двигуна в поступальний рух вантажу.

Мета роботи – підвищення безпечної та ефективної експлуатації вантажопідйомальних лебідок електроприводом.

Методи дослідження – робота базується на використанні основних теоретичних положень в області диференціального й інтегрального числення, електротехніки, механіки, комп'ютерного моделювання в програмі Matlab Simulink.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Розроблено математичну трьохмасову модель вантажопідйомної лебідки з канатоведучим шківом, що враховує жорсткість, демпфірування каната, тертя між канатом і шківом, що дозволяє досліджувати динамічні режими роботи і володіє підвищеною інформативністю про величину і характері експлуатаційних впливів.

2. Запропоновано контролю гальмівного моменту механізму підйому з електроприводом.

3. Розроблено алгоритми роботи пристроїв розрахунку коефіцієнта навантаження одношвидкісний вантажопідйомної лебідки барабанного типу і контролю технічного стану гальма вантажопідйомних лебідок, що відрізняються від відомих використанням електромеханічних змінних, що залежать від величини і характеру експлуатаційних впливів.

Висноки:

1. Розроблено комп'ютерну модель в середовищі Matlab Simulink для дослідження динамічних процесів, що протікають в електроприводах, механізмах вантажопідйомних лебідок при експлуатаційних впливах.

2. Запропоновано спосіб розрахунку коефіцієнта навантаження одношвидкісної вантажопідйомної лебідки барабанного типу і реєстрації напруження за величиною споживаної активної потужності електроприводом для розрахунку залишкового ресурсу.

Список літератури:

1. Абрамович, И.И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Юре. – М.: Машиностроение, 1989.

2. Алексеев, В.В. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: учеб. пособие / В.В. Алексеев, А.Е. Козуряк, Э.А. Загивный. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). – СПб, 2006.

3. Александров, М.П. Грузоподъемные машины: учебное пособие для вузов – /М.П. Александров. – М.: Высшая школа, 1973.

УДК 629

АВТОМАТИЗОВАНА КАБЕЛЬНА ЛЕБІДКА ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

Автор: Новосащенко О. Д., магістрант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Незаселені 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 незаселені підводні апарати, пов'язані з надводним кораблем кабелем або кабель-тросом: телекеровані, що буксируються або прив'язні апарати. Такі незаселені підводні апарати отримують по кабелю безперервне електропостачання і сигнали керування з надводного корабля, що збільшує робочу глибину і час підводних робіт на відміну від автономних апаратів. За кабель-тросу на надводний корабель надходить інформація про досліджуваний об'єкт. Однак кабель-трос впливає на безлюдний підводний апарат, тобто виникає комплекс надводний корабель – кабель-тросу – безлюдний підводний апарат, тому додатково повинні визначатися і враховуватися форма кабель-троса і його розподілені натягу не тільки в поточний момент часу, але і з попередженням для виключення можливості аварійних ситуацій. Все це істотно ускладнює систему автоматичного управління рухом [1].

Важливими елементами системи автоматичного управління рухом є різні регулятори, що перетворюють сигнали різних датчиків в

сигнали управління, наприклад, широко використовувані пропорційно-диференційні і пропорційно-інтегрально-диференціальні. Однак настройка (завдання коефіцієнтів) цих регуляторів складне завдання, особливо в постійно мінливих умовах (в нашому випадку це довжина кабель-тросу, положення і швидкість безлюдного підводного апарату щодо надводного корабля, швидкість течії води і т.д.). Значно простіше здійснюється настройка нечітких регуляторів, що представляють собою систему правил природної структури «якщо-то». Однак застосування таких регуляторів для комплексу надводний корабель – кабель-трос – безлюдний підводний апарат в сукупності з лебідкою не розглядалася. Істотно, що при налаштуванні в якості вчителя може бути оператор або наявний регулятор, що дозволяє використовувати наявні рішення в області автоматичного управління [2, 3].

При наявності кабель-тросу в керованій системі необхідна його математична модель, що дозволяє ефективно розраховувати форму і натягу. Для дослідження руху кабель-тросу застосовуються моделі у вигляді неростяжимої або розтяжною гнучкою або пружною нитки. Для вирішення систем рівнянь даних моделей вдаються до чисельних методів, так як аналітично рішення знаходяться тільки в небагатьох приватних випадках. При використанні моделі кабель-тросу в вигляді неростяжимої гнучкої нитки доводиться виконувати умови нерозтяжна кабель-тросу, що ускладнює вирішення і призводить до збільшення часу обчислень. Тому є потреба в розробці моделей руху кабель-тросу з менш витратною чисельної реалізацією [4].

Таким чином, існує необхідність пошуку нових моделей руху кабель-тросу і регуляторів для управління зв'язкою надводний корабель – кабель-трос – безлюдний підводний апарат. Отже, завдання математичного моделювання руху цієї системи і створення регуляторів, що легко налаштовуються, для керування нею, що розглядається в роботі, є актуальною.

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

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. Агеев М.Д., Касаткин Б.А., Киселев Л.В. и др. Автоматические подводные аппараты. Л. Судостроение, 1981. 224 с.

2. Амбросовский В. М., Барабанов А. Е., Гульчак А. М., Мирошников А. Н. Синтез следящих систем методом равномерно-частотной оптимизации // Автоматика и телемеханика. – 1997. – №4. – С. 3-13.

3. Антонов В. Н. Адаптивные системы автоматического управления : учеб. Пособие / В.Н. Антонов, А.М. Пришвин, В.А. Терехов, А.Э. Янчевский; под ред. В.Б. Яковлева. – Л.: Изд-во Ленинг. ун-та, 1984. – 204 с.

4. Васильев К.К., Гурман Д.А. Разработка и моделирование алгоритмов навигации автономного необитаемого подводного аппарата. // Интегрированные автоматизированные системы управления: сборник докладов научно-технической конференции / под ред. Э.Д. Павлыгина. – Ульяновск: ФНПЦ ОАО «НПО «Марс», 2011. С. 93-95.

СЕКЦІЯ 4. ПІДВОДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЕКСПЕДИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ

УДК 629.584

ГРУППОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АНПА В ПОДВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

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

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) относятся к высокоэффективному виду морской робототехники. Они бесприязные и питаются от бортовых аккумуляторов, топливных элементов или других источников энергии, предназначены для выполнения заранее различных запрограммированных операций и в сложных миссиях на всем диапазоне глубин Мирового океана [1] с минимальным вмешательством человека или без него.

Можно выявить недостатки использования одного, хорошо оборудованного АНПА: недостаточная устойчивость к сбоям системы и неэффективность из-за того, что АНПА может потребоваться значительное блуждание для сбора данных в большой пространственной области. Полоса пропускания связи ограничена, а возможности связи, доступные для АНПА, обычно медленные.

Наибольшая эффективность проведения подводных работ и максимальная достоверность получаемых данных о подводной обстановке могут быть повышены, если группа АНПА развертывается.

Особая актуальность группового применения АНПА имеет работы, связанные с применением системы роевого интеллекта, которая в настоящее время широко используется в области роевой робототехники в морских операциях. Она относится к превосходящим возможностям роя агентов по сравнению с его отдельными агентами.

Система роевого интеллекта обычно обеспечивает отличное решение крупномасштабных сложных проблем и некоторое разумное поведение, никогда не наблюдаемое у одного отдельного агента, проявляется, когда несколько отдельных агентов начинают сотрудничать вместе. Аналогично, групповое применение АНПА требует использо-

вания огромного количества однородных и/или разнородных «интеллектуальных» АНПА с различными возможностями.

Группа АНПА может выполнять задачи, обладая высокой надежностью, гибкостью и низкой стоимостью их серийного производства, снижением затрат на использование и обслуживание групп АНПА, расширенные методы применения в большем диапазоне, отказоустойчивости, масштабируемости, повышение эффективности решения поставленных задач и другие. Эти АНПА группы обладают способностью работать вместе с другими агентами с целью их согласованного движения для достижения общей цели или выполнения общей задачи.

В области робототехники, объединив опыт в области микро-робототехники, в распределенных и адаптивных системах, а также в самоорганизующихся биологических системах роя, прицеливая на технологические достижения для облегчения массового производства класс микро АНПА, которые затем могут быть использованы в качестве группы (роя), состоящего из многих микро АНПА. Все эти классы микро АНПА будут оснащены ограниченным, предрациональным интеллектом на борту. Представлено несколько примеров с назначениями роевых аппаратов (микро АНПА) для групповых применений в подводных миссиях.

Jeff platform (проект Co-Co-Ro – Коллективные когнитивные роботы. ICT, EU-FP7) – предназначенные для обмена информацией для наблюдения за окружающей средой, поиск, поддержание, исследование и добыча ресурсов в подводных средах обитания.

μAUV2 – (Немецкий исследовательский центр искусственного интеллекта) назначены для разведки и исследования.

АНПА MONSUN II (Кристиан Реннер из Института компьютерной инженерии Любекского университета) предназначены для роевых миссий подводного поиска и мониторинга окружающей среды

Micro ecoSUBμ & small ecoSUBm (Университет Саутгемптона, ASV Ltd. UK) используется, например, для контроля трубопроводов на наличие коррозии или выявления потенциальных утечек. Также в составе роя для создания 3D-карты подводной среды.

АНПА Hydromea (Hydromea, USA), подходит для приложений, в которых точечных измерений недостаточно, а большие объемы необходимо быстро покрывать, например: оценка и моделирование воз-

действия окружающей среды, составление карт оттока и дноуглубительных шлейфов, обнаружение разливов и утечек, а также мониторинг соответствия. Используется для управления плотинами и дельтами, съемка и картографирование водной толщи, морская энергетика, научные и разведочные измерения

АНПА SEMBIO (Университет Любека – Институт компьютерной инженерии Любека, Германия) предназначены для исследования и мониторинга прибрежной среды. Маленький размер АНПА, с высокой маневренностью позволяет исследовать замкнутые пространства, обнаруживать и выявлять утечки в нефтепроводах или идентифицировать и обнаруживать отходы для их удаления.

На рис. 1 рассмотрим конструкцию специальных видов таких микро АНПА, которые предназначены для проведения поисковых подводных работ в рамках реализации групповых технологий, когда сбор данных о подводном поиске выполняются одновременно несколькими АНПА по совместной программе [2].

Современные технологии группового применения АНПА

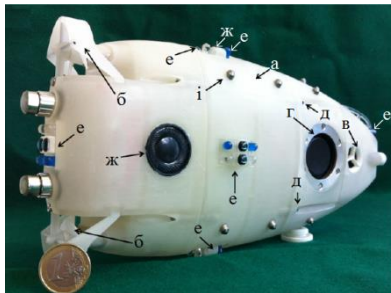
Как показывает мировой опыт, к основным подводным технологиям группового использования АНПА для интеллектуального выполнения задач миссией в области рядов важных видов деятельности и в первую очередь относятся:

- поисковые работы – поиск затонувших объектов и подводных аномалий, вызванных естественным процессами и антропогенными воздействиями на водную среду;
- научные исследования – изучение гидрофизических и гидрохимических свойств водной среды;
- природоохранные исследования – изучение экологического состояния водной среды и ее изменений во времени (процессы загрязнения воды, последствия глобального потепления на планете и т.п.);
- исследовательские и инспекционные работы – детальное изучение состояния подводных объектов и их документирования;
- работы военного направления – информационное обеспечение деятельности военно-морских флотов государства. И также разведка, наблюдение и рекогносцировка, поисково-спасательные операции,

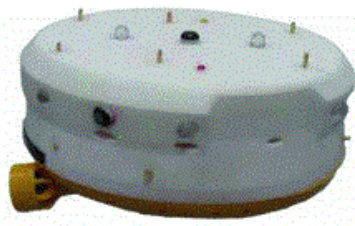
противоминные меры, противолодочная война, мониторинг подводной обширной инфраструктуры подводных кабелей связи.



а



б



в



г



д



е

Рисунок 1 – Современные малогабаритные АНПА, предназначенные для выполнения подводных поисковых работ в режиме группового применения: а – MicroHunters компании Nekton Research, LLC. б – "The Jeff Platform" (ICT, EU-FP7) в – "The Lily Platform" (ICT, EU-FP7) г- "EcoSUBμ & EcoSUBm" ("Planet Ocean Ltd", University of Southampton, UK) д – "VERTEX" ("Hydromea", USA) е – "АНПА-М" (СПДМТУ, Россия)

По уровням их информационной осведомленности и интенсивностью информационного обмена для каждого агента как объектов автоматизации различают следующие три способа реализации технологий группового применения АНПА как на рис. 2.



Рисунок 2 – Способы реализации технологий группового применения АНПА

Способы реализации технологий группового применения АНПА

– **рой** (по аналогии с популяциями насекомых) – каждый «агент» решает свою индивидуальную задачу миссии (например, гидроакустический поиск или видеосъемка донной поверхности по маршруту движения; каждый отдельный «агент» имеет навигационные средства для безо-

пасного движения в составе роя, однако не имеет информации о общей задаче миссии, о составе роя и о положении и роли других «агентов»;

– **стая** (по аналогии с птичьими стаями и косяками рыбы) – каждый отдельный «агент» имеет минимальную информационную связь с другими АНПА, необходимое для выполнения миссии (например, для корректировки текущей операции подводной миссии) одновременно каждый отдельный «агент» имеет навигационные средства для безопасного движения в стае, хотя может не иметь информации о ее общей структуре и характеристике; движение отдельного «агента» подчиняется движению ее АНПА-лидера;

в таком способе выделенный канал связи для обмена информацией между АНПА **отсутствует**, каждый АНПА собирает информацию об окружающей среде самостоятельно и так же самостоятельно принимает решение о своих последующих действиях с тем расчетом, чтобы внести свой вклад в выполнение групповой задачи

– **коллектив** (по аналогии с коллективами людей) – каждый отдельный «агент» выполняет индивидуальную задачу, которая может быть изменена во время миссии; отдельный «агент» имеет возможность информационного обмена с другими АНПА как членами группы, имеет информацию о цели подводной миссии и отдельные ее составляющие, а также о характеристиках АНПА – членов коллектива.

Это подразумевает наличие общего канала связи между всеми АНПА, что позволяет им вырабатывать коллективные планы, используя специальные алгоритмы.

Типовые виды организации группового движения АНПА

На основании изучения опыта успешного группового применения АНПА ведущими морскими государствами мира в [5], а также реальных задач подводного поиска в интересах украинских организаций предлагается следующая классификация задач движения и методов их решения с помощью группы АНПА:

Централизованное управление:- 1. движение фронтом; 2. движение уступом; 3. движение клином; 4. радиальное движение (сходящееся и расходящееся); 5. движение по кругу; 6. движение по концентрическим окружностям; 7. движение по спирали; 8. пространственное движение;

Децентрализованное управление:- 1. роевое движение; 2. стайное движение; 3. коллективное движение.

Преимущества и основные недостатки группового применения АНПА

К главным преимуществам группового применения АНПА следует отнести:

- высокую производительность подводных работ, поскольку они выполняются на больших по площади акваториях с привлечением группы АНПА, причем, количество подводных аппаратов в группе может меняться в зависимости от требований к общей продолжительности поисковой операции;
- расширенный набор выполняемых функций, и,
- более высокая вероятность выполнения задания, достигаемая за счет возможности перераспределения целей между АНПА группы в случае выхода из строя некоторых из них. Поэтому такие сложные задачи как, например, масштабное исследование под водой, участие в боевых и обеспечивающих операциях, разминирование территорий и т.п., могут быть эффективно решены АНПА только при их групповом взаимодействии или групповыми взаимодействиями;
- низкие финансовые затраты на проведение морских операций, поскольку для их проведения применяют дешевые АНПА, себестоимость создания которых на 2-3 порядка ниже себестоимости традиционных АНПА малого класса.

Легче отремонтировать, более оптимальные варианты для групповых действий и легко разворачиваются и упаковываются после работы.

Групповое поведение, возникающее в роях, демонстрирует большую гибкость и устойчивость, например, планирование пути, распределение задач и многие другие сложные коллективные формы поведения в роях различной природы.

К основным недостаткам группового применения АНПА, которые сдерживают широкое применение групповых технологий использования АНПА, следует отнести:

- сложность автоматизации согласованной работы группы АНПА при выполнении совместной поисковой миссии;
- сложность разработки систем автоматического управления безаварийным групповым движением АНПА в условиях воздействия внеш-

них возмущений природного и / или антропогенного происхождения;

- сложность организации системы коммуникаций между «агентами» группы АНПА и отсутствие «on-line» -связи между группой АНПА и береговым центром управления поисковой операцией;
- существование рисков потери части подводных аппаратов группы вследствие действия внешних факторов, сбоев программного обеспечения или технических отказов отдельных АНПА.

Таким образом, большинство проблемных вопросов, решение которых откроет возможность промышленного использования групповых технологий для АНПА, связанные с разработкой высокоэффективных систем автоматического управления группой АНПА и отдельными АНПА как «агентами» группы.

Список литературы:

1. Enrica Zereika, Marco Bibuli, Nikola Miškovic', Pere Ridaoc, António Pascoal. (2018). Challenges and future trends in marine robotics. Volume 46, p. 350-368. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2018.10.002>
2. Занин В.Ю., Кожемякин И.В., et.al. (2017). Разработка автономных необитаемых подводных аппаратов класса микро с функцией группового управления. Известия ЮФУ. Технические науки. С. 55-74. DOI 10.18522/2311-3103-2017-1-5574. <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-avtonomnyh-neobitaemyh-podvodnyh-apparatov-klassa-mikro-s-funktsiey-grupпового-upravleniya>
3. Блинцов В.С., Алоба Л.Т., Тхы Д.Ф. (2016). Современные задачи группового управления движением автономных необитаемых подводных аппаратов. Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв 3(465). – С. 91-99. <http://znp.nuos.mk.ua/archives/2016/3/15.pdf>

ЗМІСТ

Секція 1. Теорія проектування підводних технічних засобів	2
Розробка електродвигуна підводного виконання для малогабаритного підводного апарата Войтасик А.М.	3
Оптимізація привода рульового пристрою підводного апарата Іщенко І.П.	9
Гідроакустичне обладнання для буксируваних безекіпажних апаратів Меленко Ю.Я.	11
Аналіз засобів стабілізації кутової орієнтації підводних апаратів Сірівчук А.С.	16
Применение специального моделирующего комплекса при проектировании морских привязных систем Трунин К.С.	19
Секція 2. Електрообладнання та автоматика підводних систем і комплексів	24
Використання автономних підводних апаратів з альтернативним джерелом живлення Борисов Д.Е.	24
Автоматизація просторового руху дистанційно керованого підводного апарату Малацковський О.В. ,	27
Система контролю стану підводного апарату Осаблюк А.І.	30
Секція 3. Носії та забезпечення підводно-технічних робіт	34
Вітрогенераторна установка поста моніторингу підводної обстановки водної акваторії Жеков В.В.	34
Вантажна лебідка спуско-піднімального пристрою автономного підводного апарату Залізняк Д.В.	36
Автоматизована кабельна лебідка дистанційно керованого підводного апарату Новосащенко О. Д.	38
Секція 4. Підводні дослідження та експедиційна діяльність.....	42
Групповое применение АНПА в подводных технологиях Алоба Л.Т.	42

Наукове видання

**ПІДВОДНА ТЕХНІКА
І ТЕХНОЛОГІЯ**

ПТТ-2020

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

17–18 грудня 2020 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. 3,0. Тираж 100 прим. Зам. № 48.
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.