

DOI 10.15589/jnn20170306

УДК 629  
Б69

## MODERN TASKS OF AUTOMATIC CONTROL OF A SELF-PROPELLED TETHERED UNDERWATER CARGO SYSTEM

## СУЧАСНІ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ САМОХІДНОЮ ПРИВ'ЯЗНОЮ ПІДВОДНОЮ ВАНТАЖНОЮ СИСТЕМОЮ

**Volodymyr S. Blintsov**

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

**Andrii M. Voitasyk**

andrii.voitasyk@nuos.edu.ua  
ORCID 0000-0002-9409-6108

**В. С. Блінцов,**

д-р техн. наук, проф.

**А. М. Войтасик,**

викл.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

**Abstract.** Nowadays, underwater robotics is widely used. Modern market provides thousands of tethered underwater systems of different types. One of these types becomes increasingly important; at the same time, it is almost absent in the market of underwater robots and in the theoretical research. It is a tethered self-propelled underwater cargo system. Relevance of this direction for Ukraine is associated with development of radiohydroacoustics and other devices of defense purposes that are manufactured as specialized cargos that are planned to be applied for the state water areas and for export. This article suggests organization of automated control of a tethered self-propelled underwater cargo system based on an underwater robot of the transport type relying on the subsequent synthesis of a mathematical model of the propulsive complex of the controlled object. Description of the underwater vehicle of the transport type as the controlled object is presented.

**Keywords:** tethered self-propelled underwater cargo system; underwater robot; self-propelled underwater cargo carrier; propulsive complex; propulsive device.

**Аннотация.** Предложено самоходную привязную подводную грузовую систему с подводным аппаратом-роботом нового архитектурно-конструктивного типа, движительно-рулевой комплекс которого содержит восемь однотипных движительных устройств вида «гребной винт в трубе».

**Ключевые слова:** самоходная привязная подводная грузовая система; подводный аппарат-робот; грузовой самоходный подводный носитель; движительно-рулевой комплекс; движительное устройство.

**Анотація.** Запропоновано самохідну прив'язну підводну вантажну систему з підводним-апаратом роботом нового архітектурно-конструктивного типу, рушійно-кермовий комплекс якого містить вісім однотипних рушійних пристроїв виду «гребний гвинт в трубі».

**Ключові слова:** самохідна прив'язна підводна вантажна система; підводний апарат-робот; вантажний самохідний підводний носій; рушійно-кермовий комплекс; рушійний пристрій.

## REFERENCES

- [1] Zolotenko B. N., Skibka N. Ye., Synyuk O. N. *Konechno-raznostnyy metod issledovaniya protsessa zapolneniya pryamougolnoy press-formy, putem vizualizatsii potoka rasplava* [A finite-difference method for studying the process of filling a rectangular mold by visualizing the flow of a melt *Visnyk Kyivskoho derzhavnoho universytetu tekhnologii ta dizainu — Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, 2000, no. 2, pp. 48–43.
- [2] Syniuk O. M. *Modeliuvannia plynu ridyny z viazkistiю, shcho zalezhyt vid temperatury* [Modeling of a flow of a liquid with the viscosity depending on temperature]. Khmelnytskyi, TUP Publ., 2002, no. 1, part 1, 216 p.
- [3] Basov N. I., Kazankov Yu. V. *Litevoe formovanie polimerov* [Injection formation of polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1984. 248 p.
- [4] Walter A. I., Larin A. V., Makarov M. A. *Strukturnoe modelirovanie proizvodstvennogo protsessa litya v peschanye formy* [Structural modeling of the production process of casting into sand molds]. *Izvestiya TulGU, seriya Metallurgiya, Ekologiya, Fizika — Proceedings of the TSU, Series of Metallurgy, Ecology, Physics*, 2002, issue 2, pp. 216–219.
- [5] Walter A. I., Larin A. V., Makarov M. A. *Eksperimentalnye issledovaniya svoystv peschano–glinistykh smesey* [Experimental studies of the properties of sand-clay mixtures]. *Nauchnye osnovy resheniya problem selkhoz. mashinostroeniya* [Scientific foundations for solving the problems of agricultural machine building]. Tula, TULGU Publ., 2003, pp. 149–155.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Стрімкий розвиток сучасних підводних будівельних технологій ставить на порядок денний актуальне науково-практичне завдання створення відповідних засобів підводної робототехніки для доставки й установки на морське дно великогабаритних вантажів [1].

На сьогодні вітчизняний ринок засобів морської робототехніки не забезпечує розробки таких підводних апаратів-роботів (ПАР). У Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова (НУК ім. адм. Макарова) запропоновано першу самохідну прив'язну підводну вантажну систему (СППВС) на базі діючого макета підводного апарата-робота транспортного типу (ПАР-Т). Основною особливістю ПАР-Т як складової СППВС є його архітектурно-конструктивний тип, що передбачає наявність восьми рушійних пристроїв (РП) виду «гребний гвинт у трубі». СППВС на базі ПАР-Т подано на рис. 1.

Одним з головних наукових завдань створення даного виду морської робототехніки є проблема синтезу високоефективних систем керування ними у складних гідрометереологічних умовах експлуатації. Попередній аналіз підводних технологій доставки великогабаритних вантажів показує, що до основних режимів роботи такої системи належать:

$R_L$  прямолінійного плоского руху зі стабілізацією швидкості й курсу з метою виходу в точку установки вантажу на морське дно;

$R_T$  траєкторного плоского руху зі стабілізацією швидкості руху для вибору місця установки вантажу на морське дно;

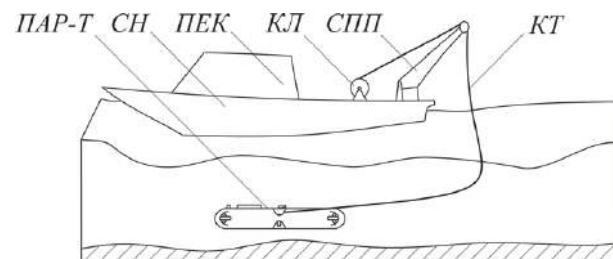
$R_P$  стабілізації кутів крену й диферента ПАР-Т під час виконання підводних робіт над точкою морського дна з метою точної установки великогабаритних вантажів у районі виконання робіт.

Розглянемо сучасні можливості до синтезу систем автоматичного керування (САК) ПАР-Т для зазначених режимів роботи.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Маневрові характеристики СППВС і якість процесів керування її рухом істотно залежать від складу рушійно-кермового комплексу (РКК) ПАР-Т і схеми розміщення рушійних пристроїв. Аналіз РКК сучасних підводних апаратів-роботів (ПАР) показує, що для виконання якісного позиціонування в підводному просторі слід застосовувати не менше чотирьох рушійних пристроїв [2, 3].

Над розробками нових засобів морської робототехніки на цей час працюють провідні організації США, Великобританії, Франції, Китаю, Японії [2, 4, 17]. Ефективно зарекомендували себе прив'язні підводні системи (ППС). Більш бюджетні прив'язні ПАР набули більшого поширення у виконанні пошукових,



**Рис. 1.** Самохідна прив'язна підводна вантажна система: ПАР-Т — підводний апарат-робот; СН — судно-носії; ПЕК — пост енергетики й керування; КЛ — кабельна лебідка; СПП — спуско-підйомний пристрій; КТ — кабель-трос

інспекційних і дослідницьких робіт [5]. Більш дорогі ПАР використовують для реалізації складних технологічних місій, серед яких можна виділити свердлильні, різальні, шліфувальні й зварювальні роботи на підводних об'єктах [6, 18]. Протягом вже більше двадцяти років в Україні створюються багатофункціональні ПАР для подібних видів підводно-технічних робіт (ПТР), які мають попит на внутрішньому й зовнішньому ринках [7, 8]. Значущими розробками в цій сфері займається науково-дослідний інститут підводної техніки НУК ім. адмірала Макарова [9]. Серед останніх досягнень в цьому напрямку було виготовлення в 2016 р. діючого макету ПАР-Т (шифр «ВСПН») [10]. Басейнові й морські випробування доводять, що запропоновані принципи автоматизації керування ПАР-Т можуть бути покладені в основу синтезу системи автоматичного керування ним під час виконання складної підводної місії доставки, установки, розгортання й згортання великогабаритних вантажів на морському дні [11].

Таким чином, актуальним є наукове завдання організації автоматичного керування СППВС на базі ПАР-Т.

**МЕТА СТАТТІ** — розробка нового типу самохідної прив'язної підводної вантажної системи й аналіз її як об'єкта керування, синтез узагальненої системи автоматичного керування таким об'єктом у складних експлуатаційних режимах лінійного й траєкторного руху й позиціонування в умовах дії зовнішніх збурень.

**ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ**

З позиції автоматичного керування узагальнена структура САК СППВС може бути презентована трьома рівнями керування — технологічним, груповим й локальним (рис. 2).

Технологічний рівень керування забезпечується підсистемою САК технологічного рівня й призначений для узгодженого керування плоским рухом чи позиціонуванням ПАР-Т (режими  $R_L, R_T, R_P$ ) і, відповідно, довжиною випущеної частини КТ, яка робить можливими ці режими ПАР-Т відповідно до заданих критеріїв керування. Такими критеріями можуть бути, наприклад, мінімізація сил гідродинамічного впливу КТ на корпус ПАР-Т, демпфування силового впливу хитавиці СН на ПАР-Т тощо. На виході підсистеми генерується вектор  $\vec{Z} = (\vec{Z}_L; \vec{Z}_T; \vec{Z}_P)$  керуючих сигналів для підсистеми групового керування виконавчими механізмами (ВМ) СППВС, який задає технологічні параметри підводної місії системи — глибину, швидкість і курс чи траєкторію руху, реакцію на інформацію від бортових навігаційних і пошукових сенсорів ПАР-Т, які формують відповідний режим роботи СППВС тощо.

Рівень групового керування виконавчими механізмами системи забезпечується підсистемою САК

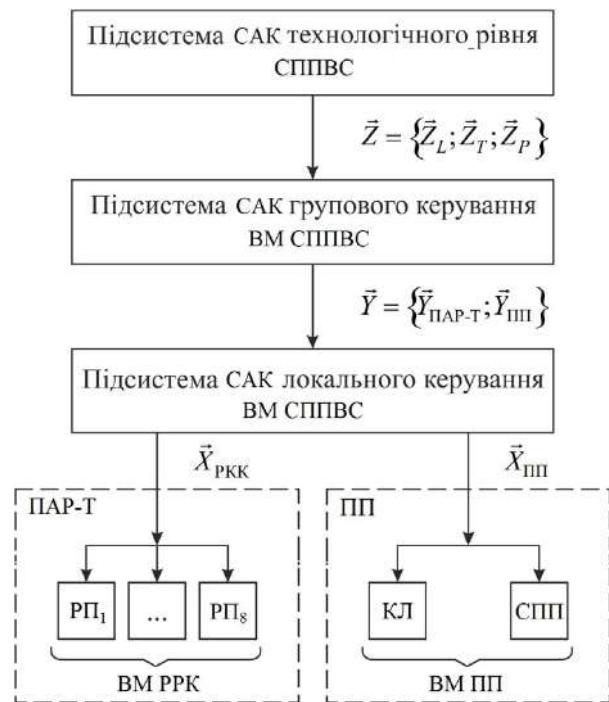


Рис. 2. Узагальнена структура системи автоматичного керування СППВС

групового керування ВМ СППВС і призначений для обчислення вектора керуючих завдань  $\vec{Y}$  для підсистеми САК локального керування СППВС — величин необхідних векторів упорів рушійно-рульового комплексу (РРК) ПАР-Т й обчислення параметрів палубними пристроями (ПП) СППВС — потрібної довжини КТ для реалізації відповідного режиму роботи СППВС. Вихідними сигналами цієї підсистеми є вектор  $\vec{Y}_{\text{ПАР-Т}}$  керування упорами РП (вісім РП типу «гребний гвинт в трубі»), які мають гарантувати рух ПАР-Т згідно з вектором  $\vec{Z}$ , і вектор  $\vec{Y}_{\text{ПП}}$  керування палубним обладнанням СППВС — виконавчими електродвигунами КЛ (привод кабельного барабана) і СПП (привод нахилу його вантажної рами).

Рівень локального керування окремими виконавчими механізмами ПАР-Т та ПП забезпечується підсистемою САК локального керування ВМ СППВС і призначений для реалізації обчислених значень векторів  $\vec{Y}_{\text{ПАР-Т}}$  та  $\vec{Y}_{\text{ПП}}$ . Ця підсистема створює фактичне виконання обчислених сигналів від підсистеми групового керування і, таким чином, здійснення заданої підводної місії СППВС.

Оскільки основним складовим елементом СППВС є ПАР-Т, розглянемо особливості побудови САК для нього більш детально.

Рух ПАР-Т у підводному просторі супроводжується впливом на його корпус зовнішніх сил і моментів. Сили, що діють на ПАР-Т у процесі його руху, наведено на рис. 3.

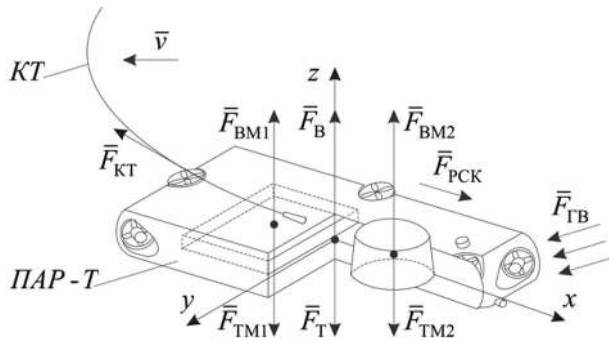


Рис. 3. Сили, що впливають на рух ПАР-Т

Керуючі сили  $\bar{F}_{PCK}$ , утворювані РКК, забезпечують рух ПАР-Т. Окрім зусиль від РКК, на корпус ПАР-Т постійно діють сили тяжіння  $\bar{F}_T$  і виштовхування  $\bar{F}_B$ . Суттєвий вплив на рух ПАР-Т мають сили тяжіння й виштовхування  $\bar{F}_{TM1}$ ,  $\bar{F}_{TM2}$  та  $\bar{F}_{BM1}$ ,  $\bar{F}_{BM2}$  модулів 1 та 2 великогабаритних вантажів, якими маніпулює ПАР-Т за умови його наявності [3].

На рух ПАР-Т також впливають гідродинамічні сили  $\bar{F}_{ГВ}$ , які виникають внаслідок взаємодії ПАР-Т з рідиною [5]. Кабель-трос, який гарантує енергоживлення ПАР-Т та інформаційний обмін між ПАР-Т та ПЕК, розташованим на СН, створює збурюючу силу  $\bar{F}_{КТ}$ . Оскільки КТ – елемент з розподіленими параметрами, то  $\bar{F}_{КТ}$  є суттєво нелінійним збурюючим впливом і залежить від багатьох змінних, у тому числі від довжини випущеної частини КТ, його діаметра й просторової конфігурації тощо.

Всі сили, що діють на ПАР-Т, також утворюють відповідні моменти, які залежать від точок їх прикладення і, в загальному випадку, як і сили, розподіляються на керуючі й збурюючі. Суттєві нелінійності як керуючих, так і збурюючих сил і моментів ускладнюють процес ручного керування й синтез САК СППВС на базі ПАР-Т. САК має забезпечувати рух і позиціонування великогабаритного вантажу відносно корпусу ПАР-Т з урахуванням власного руху ПАР-Т у водному просторі [12].

На стадіях розробки нових зразків самохідних прив'язних ПАР важливе значення має вибір типу рушійних пристроїв та їх розміщення на корпусі ПАР. Залежно від поставлених технічних завдань вимог до можливостей маневрування ПАР під час виконання підводно-технічних робіт необхідно правильно обрати кількість рушійних пристроїв, що входять до складу майбутнього РКК дослідного зразка [15].

Загалом ПАР-Т як об'єкт керування в підводному просторі має шість ступенів вільності (рис. 4) [13], тобто шести ступеням вільності будуть відповідати три координати точки  $O(x, y, z)$  і три кути  $\varphi, \psi, \theta$ , які безперечно визначають положення системи  $x_0y_0z_0$  відносно  $x, y, z$ . Дані кути називають кутами Ейлера. Зазвичай, для морського рухомого об'єкта прийнято їх такі позначення:  $\varphi$  – кут повороту курсу,  $\psi$  – кут повороту диференту (на ніс чи на корму),  $\theta$  – кут повороту крену (на лівий чи правий борт).

Визначення архітектурно-конструктивного типу РКК СППВС на базі ПАР-Т необхідно здійснювати узгоджено з особливостями технології проведення ПТР для яких він був спроектований. У процесі пошукових та інспекційних робіт повноцінне керування ПАР можна реалізувати, застосовуючи два маршові та один вертикальний привод (рис. 5, а).

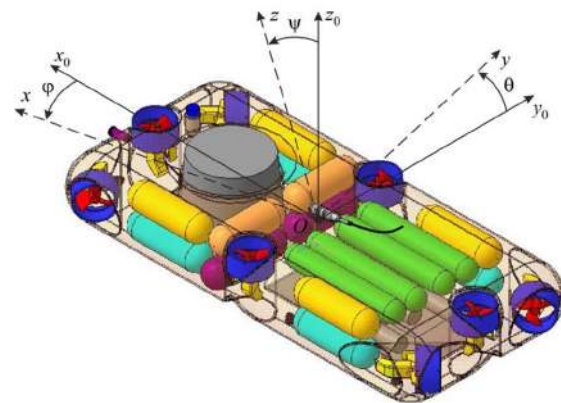


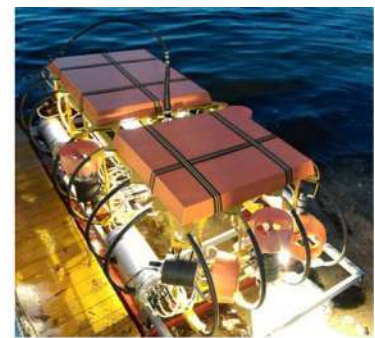
Рис. 4. Можливі напрямки руху ПАР-Т



а)



б)



в)

Рис. 5. Приклади розташування рушійних пристроїв на ПАР:  
а) ПАР «Інспектор»; б) ПАР «Атлеш»; в) ПАР-Т (шифру «ВСПН»)

Для впровадження технології обстеження причальних стінок варто звернути увагу на підвищення маневреності лагового руху ПАР. В рамках такої роботи достатньо застосовувати один маршовий і два лагових приводи (рис. 5, б).

Підтримання рівномірності лагового руху ПАР гарантується за рівновіддаленого розміщення лагових приводів у носовій і кормовій частинах рамної конструкції ПАР з урахуванням рівномірного розподілу його маси (рис. 5, в) [14].

У табл. 1 подано основні технічні характеристики спеціалізованих ПАР, які дозволяють стверджувати про відповідність ПАР-Т (шифру «ВСПН») світовому рівню.

Для визначення найкращого варіанта складу й схеми розміщення рушійних пристроїв умовно розподілимо РКК на дві складові: комплекс рушійних пристроїв, які забезпечують маршовий рух ПАР-Т, комплекс підкермюючих рушійних пристроїв (рис. 7).

Рушійно-кермовий комплекс СППВС на базі ПАР-Т пропонується організувати за просторовою схемою з вісьмома рушійними пристроями, яку показано на рис. 8.

Застосовуючи чотири рушійні пристрої, які розташовані в горизонтальній площині, можна об'єднати функції маршового й підкермюючого комплексу [16]. Така схема розміщення рушійних пристроїв створити умови для маршового прямолінійного руху й можливості обертання ПАР-Т в точці, що, в свою чергу, забезпечить лаговий рух ПАР-Т. Лаговий рух ПАР-Т є необхідним для виконання спеціалізованих робіт з доставки й установки великогабаритних вантажів.

Інші чотири пристрої встановлюються у вертикальній площині на осях симетрії ПАР-Т. Два вертикальні рушійні пристрої, розміщені на лівому й правому бортах ПАР-Т, гарантують регулювання крену. Два вертикальні рушійні пристрої розташовані в носовій і кормовій частинах ПАР-Т, створюють регу-



а)



б)



в)



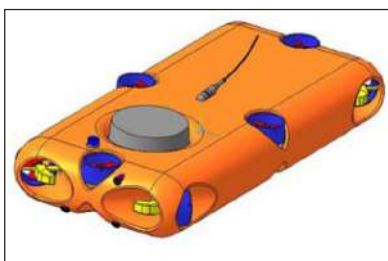
г)



д)



е)



є)



ж)



з)

Рис. 6. Зовнішній вигляд спеціалізованих ПАР:

а) PANTHER; б) CENTURION; в) MAX ROVER MK II; г) SCORPIO; д) ROPOS; е) QUEST; є) ПАР-Т; ж) TRITON XL; з) ASI MANTARO

Таблиця 1. Основні технічні характеристики спеціалізованих ПАР

Позначення ПАР на рис. 6	Кількість рушійних пристроїв, шт.			Швидкості, вуз.			Гранична глибина занурення, м	Габарити, мм	Маса, кг		Країна виробник
	Маршових	Вертикальних	Лагових	Маршова	Вертикальна	Лагова			У повітрі	Корисного вантажу	
<i>a</i>	–	–	2	3,5	1,5	2	1525	1,5 × 1 × 1	816	181	США
<i>б</i>	–	1	2	3	–	–	1500	2,1 × 1,8 × 1,5	1400	100	Шотландія
<i>в</i>	4	–	–	3,8	1,8	1,3	1006	2,2 × 1 × 1,3	1134	85	США
<i>г</i>	2	3	–	3,5	1	1	1000	2,6 × 2,2 × 1,4	1900	100	Сінгапур
<i>д</i>	2	2	2	2,5	–	–	5000	2,6 × 1,7 × 1,5	2700	200	Канада
<i>e</i>	4	3	–	4,2	2,5	3,5	3050	2,3 × 1,7 × 1,6	2100	160	США
<i>є</i>	4	4	–	0,6	1	–	250	3,8 × 1,8 × 0,7	1750	81,5	Україна
<i>ж</i>	4	4	–	1,5	1	0,7	500	1,3 × 0,9 × 1	350	150	Сінгапур
<i>з</i>	8	2	2	3	1	1	300	2,2 × 1,5 × 1,4	760	40	Канада

Зовнішній вигляд розглянутих у табл. 1 спеціалізованих ПАР зображено на рис. 6.

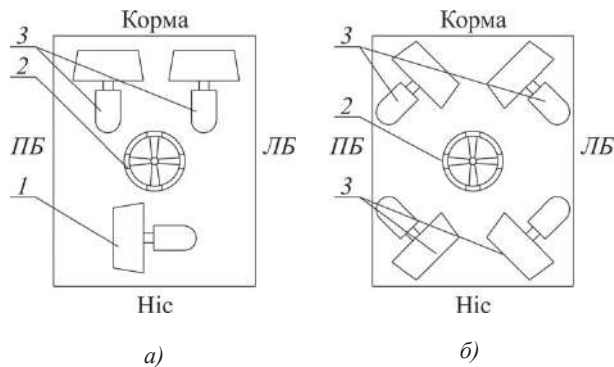


Рис. 7. Рушійно-кормовий комплекс СППВС на базі ПАР-Т:

а) схема розміщення № 1; б) схема розміщення № 2:

ПБ — правий борт; ЛБ — лівий борт; 1 — лагові пристрої; 2 — вертикальні пристрої; 3 — горизонтальні пристрої

лювання диферента. Регулювання крену й диферента є необхідним для компенсації зовнішніх збурень від великогабаритних вантажів, яким ПАР-Т маніпулює.

Таке технологічне рішення матиме суттєвий вплив на динаміку руху ПАР-Т, якість його маневрування в товщі води й можливості застосування ПАР-Т для подолання сил збурюючих впливів на його корпус.

**ВИСНОВКИ.** 1. Запропоновано самохідну прив'язну підводну вантажну систему з підводним-апаратом роботом нового архітектурно-конструктивного типу, рушійно-кормовий комплекс якого містить вісім однорідних рушійних пристроїв виду «гребний гвинт в трубі».

2. Розроблено узагальнену структуру системи автоматичного керування самохідною прив'язною підводною вантажною системою, яка містить рівні технологічного, групового й локального керування

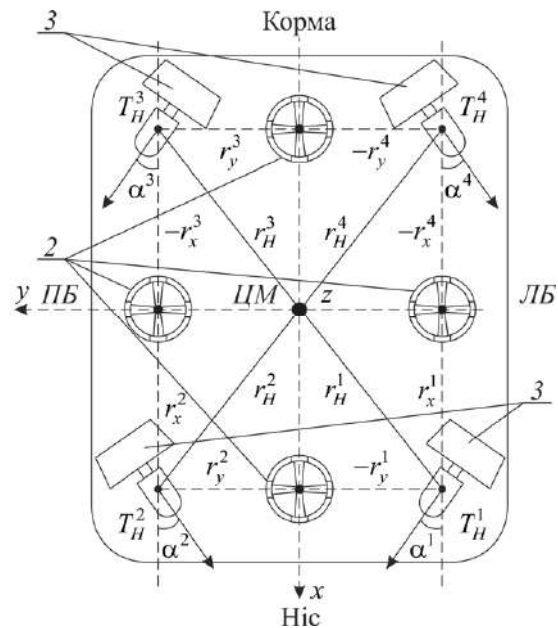


Рис. 8. Рушійно-кормовий комплекс СППВС на базі ПАР-Т:

ЦМ — центр мас

виконавчими механізмами підводного апарата-робота транспортного типу та його палубних пристроїв (кабельної лебідки й спуско-піднімального пристрою) як складових СППВС.

3. Обґрунтовано просторове положення восьми рушійних пристроїв виду «гребний гвинт в трубі» на корпусі підводного апарата-робота транспортного типу й побудовано систему керованих векторів їх дії на корпус ПАР-Т, що утворює теоретичну основу для синтезу підсистем групового й локального керування цими рушійними пристроями.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Блінцов В.С.** Підводна роботизована технологія установки корисного вантажу на морське дно [Текст] / В. С. Блінцов, А. М. Войтасик // Міжнародний науково-виробничий журнал «Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія». — К. : КНУБА, 2016. — № 04. — С. 50–59.
- [2] **Шостак В. П.** Подводные аппараты и их манипуляторы [Текст] / В. П. Шостак. — Чикаго : Мегатрон, 2011. — 134 с.
- [3] **Илларионов Г. Ю.** Подводные роботы в минной войне: Монография [Текст] / Г. Ю. Илларионов, К. С. Сиденко, В. В. Сидоренков. — Калининград : ОАО «Янтарный сказ», 2008. — 116 с.
- [4] **Агеев М. Д.** Автономные подводные роботы: системы и технологии [Текст] / М. Д. Агеев. — М. : Наука, 2003. — 398 с.
- [5] **Блинцов В. С.** Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. — К. : Наукова думка, 1998. — 230 с.
- [6] **Войтасик А. М.** Задачі створення гідравлічного інструменту для підводно-технічних робіт [Текст] / А. М. Войтасик // Автоматика та електротехніка: Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих учених та студентів з міжнародною участю. — Миколаїв : НУК, 2012. — С. 157–161.
- [7] **Блинцов В. С.** Современное состояние обитаемой привязной подводной техники [Текст] / В. С. Блинцов, А. В. Блинцов, А. Н. Войтасик // Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю присвяченої 25-річчю науково-дослідного інституту підводної техніки НУК. — Миколаїв : НУК, 2013. — С. 10–16.
- [8] Багатоцільовий підводний комплекс [Текст] / В. С. Блінцов, Г. В. Бабкін, О. В. Блінцов, А. М. Войтасик, О. П. Клочков, В. І. Корицький, О. М. Красюк, А. В. Надточій, В. А. Надточій, А. С. Сірівчук // Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю: В 2 ч. — Миколаїв : НУК, 2014. — Ч. 1 — С. 52–58.
- [9] Національний університет кораблебудування. Науково-дослідний інститут підводної техніки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://iae.nuos.edu.ua/>.
- [10] **Войтасик А. М.** Організація автоматизованого керування підводною прив'язною самохідною вантажною системою [Текст] / А. М. Войтасик // Сучасні проблеми автоматички та електротехніки: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції. — Миколаїв : НУК, 2017. — С. 57–59.
- [11] **Блинцов В. С.** Подводная роботизированная технология установки полезного груза на морское дно [Текст] / В. С. Блинцов, А. Н. Войтасик // Технические проблемы освоения Мирового океана: Материалы шестой Всероссийской научно-технической конференции. — Владивосток : ИПМТ ДВО РАН, 2015. — С. 154–158.
- [12] **Войтасик А. М.** Автоматизация процесса установки вантажу на морське дно [Текст] / А. М. Войтасик // Сучасні проблеми автоматички та електротехніки: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. — Миколаїв : НУК, 2015. — С. 46–47.
- [13] **Лукомский Ю. А.** Системы управления морскими подвижными объектами [Текст] / Ю. А. Лукомский, В. С. Чугунов // Ленинград: Судостроение, 1988. — 272 с.
- [14] Ремонт и модернизация подводно-технического комплекса «Атлеш» [Текст] / Г. В. Бабкин, А. Н. Войтасик, О. П. Клочков, А. С. Сиривчук, С. Л. Трибулькевич // Підводна техніка та технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. — Миколаїв : НУК, 2012. — С. 7–9.
- [15] **Слижевский Н. Б.** Гидродинамический расчет самоходных подводных аппаратов [Текст] / Н. Б. Слижевский, Ю. М. Король, М. Г. Соколик. — Николаев : УГМТУ, 2000. — 94 с.
- [16] **Akmal M.** Active Fault Tolerant Control of a Remotely Operated Vehicle Propulsion System. Procedia Engineering. — 2014. — Vol. 41. — Pp. 622–628.
- [17] **Rowinski L.** Pojazdy glebinowe. Budowa i wyposazenie [Text] / L. Rowinski. — Gdansk : Przedsiębiorstwo Prywatne «WiB», 2008. — 593 p.
- [18] **Antonelli G.** Underwater Robots [Text] / G. Antonelli. — Springer Tracts in Advanced Robotics, 2014. — 279 p.

© В. С. Блинцов, А. Н. Войтасик

Надійшла до редколегії 09.06.17

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК  
д-р техн. наук, проф. Г. В. Павлов