

TRANSPORT

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-388-0-21>

MODERN UNDERWATER TRANSPORT TECHNOLOGIES AND TASKS OF THEIR AUTOMATION

СУЧАСНІ ПІДВОДНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАВДАННЯ ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Nadtochy A. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Electrical Equipment
and Automation Department,
Kherson Educational and Scientific
Institute of Admiral Makarov National
Shipbuilding University
Kherson, Ukraine*

Надточий А. В.

*кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри
електроустаткування
та автоматики,
Херсонський навчально-науковий
інститут Національного
університету кораблебудування
імені адмірала Макарова
м. Херсон, Україна*

Вступ. Водний транспорт відіграє важливу роль у господарській діяльності України та країн Європи [1]. Надводні пасажирські та вантажні судна на цей час є основним видом водного транспорту як на внутрішніх водних шляхах (річках та озерах), так і на морських транспортних шляхах. До безумовних переваг надводного транспорту належать його екологічність та економічність з фінансового та енергетичного боку [2]. До недоліків такого транспорту відносять суттєву залежність від погодних умов акваторій, де виконуються транспортні операції – стан водної поверхні, наявність криги у зимовий період тощо.

Тому розробники водних транспортних засобів звертаються до нових та нетрадиційних за конструкцією та принципами функціонування суден, які б зменшили залежність водного транспорту від погодних умов та дали б змогу реалізовувати його безперебійну роботу [3]. Одним з таких транспортних засобів для перевезення вантажів є безекіпажні підводні апарати, які реалізують безлюдні (роботизовані) технології на внутрішніх і на морських шляхах [4].

Метою роботи є аналіз існуючих підходів до створення автономних ненаселених підводних апаратів транспортного типу та формулювання основних завдань їх автоматизації.

Оскільки підводні транспортні операції реалізуються за допомогою автономних ненаселених підводних апаратів (ТАНПА, в англомовній літературі – Transport-Type Autonomous Underwater Vehicles, TAUV), завдання їх автоматизації доцільно розглядати після формування класифікаційних ознак такого виду морської робототехніки. Введемо класифікаційні ознаки АНПА транспортного типу, виходячи з системного підходу до їх побудови і функціонування [5]. За основу приймемо енергетичні, інформаційні та функціональні критерії системного підходу.

Тоді множина класифікаційних ознак АНПА буде складатись з наступних критеріїв:

– енергетичного критерію E_{TAUV} побудови і функціонування ТАНПА, які відрізняються типом бортових джерел енергії (з електрохімічними джерелами, з паливними елементами, з ядерними джерелами енергії, з сонячними елементами, з відновлювальними джерелами, з тепловими джерелами, з комбінованими джерелами тощо);

– інформаційного критерію I_{TAUV} побудови і функціонування ТАНПА, які класифікуються за рівнем автоматизації процесів керування, за рівнем навігаційного забезпечення, за можливостями комунікації з береговими центрами керування тощо;

– функціонального критерію F_{TAUV} побудови і функціонування ТАНПА, які класифікуються за характеристиками корисного вантажу, який транспортується, за робочою глибиною занурення та автономністю, за швидкістю руху та дальністю ходу тощо.

Аналіз сучасного стану та принципів побудови ТАНПА [6–8] свідчить про велике розмаїття методологій виконання підводних транспортних операцій та, одночасно, про недостатній рівень їх автоматизації, що призводить до появи помилок у роботі операторів такої техніки.

Проведений аналіз дає змогу зробити висновок, що ТАНПА має виконувати наступні основні морські операції:

– доставка корисного вантажу у заданий район моря чи до берегового терміналу та забезпечення його вивантаження з документуванням процесу та результатів морської операції (Sea Operation Transport, SO_T);

– проведення пошукових операцій та документування процесу і результатів морської операції (Sea Operation Search, SO_S);

– висвітлення морської обстановки (надводної та підводної) та документування процесу і результатів морської операції (Sea Operation Detection of the Situation, SO_{DetS}).

Таким чином, повна множина SO_{TAUV} основних морських операцій ТАНПА може бути представлена у вигляді:

$$SO_{TAUV} = \{SO_T; SO_S; SO_{Dets}\}. \quad (1)$$

Це дає змогу для ТАНПА виокремити наступні п'ять основних експлуатаційних режимів R_{TAUV} :

- підготовка до місії в умовах берегової базування (тестовий режим R_{Test});
- перехід у задану точку акваторії для виконання заданої підводної місії (режим R_{Trip1});
- виконання місії носія корисного вантажу (морська операція SO_T , режим R_T);
- виконання місії пошуку (морська операція SO_S , режим R_S);
- виконання місії висвітлення морської обстановки та документування процесу і результатів морської операції (морська операція SO_{Dets} , режим R_{Dets});
- перехід у задану точку акваторії після виконання заданої місії (режим R_{Trip2}).

Тоді множина основних експлуатаційних режимів R_{TAUV} для ТАНПА може бути представлена наступним відношенням:

$$R_{TAUV} = \{R_{Test}; R_{Trip1}; R_T; R_S; R_{Dets}\}. \quad (2)$$

Розглянемо тепер завдання автоматизації зазначених експлуатаційних режимів ТАНПА з урахуванням інформаційного критерію I_{TAUV} .

Очевидно, що автоматизації підлягають наступні складові інформаційного забезпечення ТАНПА: система керування просторовим рухом ТАНПА; система навігаційного забезпечення ТАНПА; система двохстороннього зв'язку ТАНПА з береговим центром керування морською транспортною місією.

Система керування (СК) просторовим рухом ТАНПА може функціонувати в режимі дистанційного керування оператором, в автоматизованому режимі (коли частина функцій керування реалізується оператором дистанційно) та в режимі повного автоматичного керування.

Транспортний підводний апарат є досить складним об'єктом управління внаслідок великої кількості параметрів, що впливають на його роботу. Ефективне функціонування всіх інформаційних систем ТАНПА може бути забезпечене тільки на основі побудови

інтелектуальної системи керування. Така система керування призначена для:

- забезпечення керування усіма виконавчими механізмами ТАНПА;
- контролю стану та діагностики усіх елементів та систем ТАНПА;
- аналізу стану та виконання дій у разі виникнення аварійної ситуації;
- забезпечення керування рухом ТАНПА по заданому маршруту та при підході то пункту завантаження/розвантаження;
- відеодокументування процесів навантаження/розвантаження ТАНПА.

Навігація ТАНПА про русі по заданому маршруту здійснюється бортовою СК у режимі числення з виміром поточного курсу, швидкості та глибини занурення. В точці відправки, у надводному положенні, ТАНПА фіксує поточні географічні координати та курс та в СК вводяться кінцеві координати маршруту. Для корегування накопиченої помилки ТАНПА має змогу періодично уточнювати свої координати, піднімаючи телескопічну щоглу з комплексом антен для зв'язку та GPS.

Наведені вище переліки задач утворюють завдання автоматизації ТАНПА.

Висновки. Виконано аналіз існуючих підходів до створення ТАНПА та сформульовано основні завдання їх автоматизації як науково-методичне підґрунтя їх ефективної експлуатації.

Література:

1. Транспорт Європи. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82_%D0%84%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B8
2. Церковна А.В., Рахімі А.М. Внутрішній водний транспорт України: проблеми та перспективи. Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління. Том 21. Вип. 3 (52). С. 498-522.
3. Rajarshi Bhattacharjee. Futuristic Water Vessels That Will Change The Way We Travel Around The World. ET Bureau. 2019. URL: <https://economictimes.indiatimes.com/magazines/panache/futuristic-water-vessels-that-will-change-the-way-we-travel-around-the-world/valkyrie-megayacht/slideshow/68684257.cms>
4. Блінцов В.С., Алоба Л.Т., Бабкін Г.В., Войтасик А.М., Ключков О.П., Сірвічук А.С. Проект створення автономного ненаселеного підводного апарата вантажного типу. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми сталого розвитку морської галузі»*. Херсон : Херсонська державна морська академія», 2021. – С. 6-9.
5. G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen. Engineering Design: A Systematic Approach – Springer; 2007. 617 pages.

6. Блінцов В.С., Войтасик А.М. Підводна роботизована технологія установки корисного вантажу на морське дно. *Міжнародний науково-виробничий журнал «Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія»*. 2016. № 4. С. 50-59.

7. Roger Pi, Patryk Cieślak, Pere Ridaó, Pedro J. Sanz. TWINBOT: Autonomous Underwater Cooperative Transportation. *IEEE Access*. 2021. DOI: 0.1109/ACCESS.2021.3063669

8. Shahab Heshmati-Alamdari, George C. Karras, Kostas J. Kyriakopoulos, A Predictive Control Approach for Cooperative Transportation by Multiple Underwater Vehicle Manipulator Systems. Published in: *IEEE Transactions on Control Systems Technology* (Volume: 30, Issue: 3, May 2022). Pages 917-930.