

Надточій В. А.

АВТОМАТИЗАЦІЯ МОРСЬКОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ З ПРИВ'ЯЗНОЮ ПІДВОДНОЮ СИСТЕМОЮ РОБОЧОГО КЛАСУ

Виконано аналіз варіантів застосування і режимів роботи морського технологічного комплексу з самохідною прив'язною підводною системою робочого класу та визначено основні напрямки його автоматизації. Запропоновано базові відношення для кількісної оцінки рівня автоматизації такого об'єкта в завданнях проектування нових і порівняння існуючих комплексів.

Ключові слова: морський технологічний комплекс, самохідна прив'язна підводна система, режим роботи, автоматизація.

1. Вступ

Морські технологічні комплекси (МТК) з самохідними прив'язними підводними системами (МТК) належать до складного виду морської техніки і широко застосовуються для виконання будівельно-монтажних та видобувних робіт на морському дні [1]. До складу МТК входить судно-носія (СН) та розташовані на ньому МТК і спуско-піднімальний пристрій (СПП). У свою чергу, поділяються на одноланкові та двохланкові. До складу одноланкової МТК входить ненаселений самохідний прив'язний підводний апарат (ПА), пост енергетики і керування (ПЕК), який забезпечує функціонування ПА у ручному, напівавтоматичному та автоматичному режимах, кабель-трос (КТ) для енергоживлення та інформаційного обміну між ПА та ПЕК, кабельна лебідка (КЛ) для зберігання та оперативної зміни довжини попущеної частини КТ [2].

До складу двохланкової МТК, крім того, входить підводний гараж (ПГ) для ПА, вантажний та легкий кабель-троси КТ1 і КТ2, рис. 1.

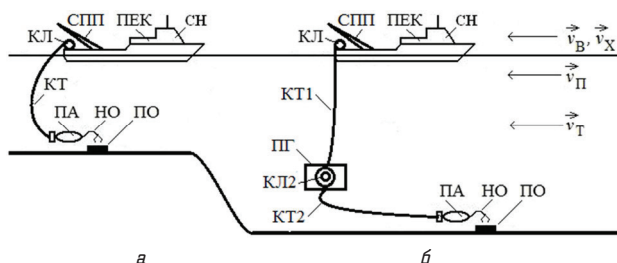


Рис. 1. Склад обладнання одноланкової (а) та двохланкової (б) МТК: ПО — підводний об'єкт; $\vec{v}_B, \vec{v}_X, \vec{v}_P, \vec{v}_T$ — відповідно, вектори дії вітру, хвиль, поверхневої та глибинної течії на елементи МТК

Відмінною особливістю МТК робочого класу є використання широкого спектру начіпного обладнання (НО) — маніпуляторів, різаків тросів, розмивачів ґрунту тощо [3]. Успішне функціонування такого обладнання можливе лише за умови якісної просторової стабілізації ПА у водній товщі. Для розробки науково обґрунтованих систем автоматичного керування (САК) МТК з НО, оцінки необхідності їх автоматизації та порівняння розроблюваних варіантів САК актуальною

вважається розробка методики кількісної оцінки рівня автоматизації МТК як інструменту для замовників і проектувальників МТК.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Питанням автоматизації керування МТК у сучасній технічній літературі приділяється достатня увага [4–9]. Проте, питання динамічної взаємодії СН з СППС та забезпеченням мінімального його впливу на динаміку ПА на цей час у літературі не досліджені. Великий обсяг публікацій присвячено проектуванню та автоматизації керування власне СППС. У роботах [10, 11] розглядаються особливості функціонування та керованого руху ПА, у роботах [12, 13] питання побудови систем автоматичного керування (САК) просторовим рухом таких ПА, у роботах [14, 15] — питання автоматичного керування їх НО (маніпуляторами). Однак, на цей час відсутні дослідження з питань побудови інтегрованих САК МТК і, головне — відсутня узагальнена методика кількісної оцінки рівня автоматизації МТК, яка б давала можливість обґрунтовано задавати рівень автоматизації МТК відповідно до вимог підводної технології.

Метою роботи є розробка узагальненої методики кількісної оцінки рівня автоматизації МТК на базі СППС робочого класу як теоретичної основи для порівняльного багатоваріантного аналізу та прийняття науково обґрунтованих технічних рішень щодо розроблюваних САК МТК.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні основні задачі: виконати аналіз основних технологій та режимів роботи МТК з СППС робочого класу; розробити базові відношення для кількісної оцінки рівня автоматизації МТК в завданнях проектування нових і порівняння існуючих комплексів.

3. Результати досліджень

Розглянемо основні технології та режими роботи МТК. Типовими технологіями їх застосування є: робота з берегової лінії (причалу тощо); робота з судна-носія (СН), який стоїть на якорі; робота з судна-носія (СН), який лежить у дрейфі; робота з судна-носія (СН), який рухається синхронно з ПА.

Опишемо режими роботи МТК R для цих технологій з позицій керування: встановлення СН у робочий режим руху (постановка на якор у заданій точці, вихід на задану траєкторію руху тощо) R_{CH} ; перевірка працездатності МТК перед спуском ПА на воду R_T ; спуск ПА на воду та перевірка керованості на поверхні моря R_H ; занурення ПА на задану глибину по траєкторії R_Z ; лінійний рух ПА зі стабілізацією параметрів руху R_L ; просторовий рух ПА по заданій траєкторії R_W ; стабілізація ПА у просторі R_S ; робота НО ПА R_M ; робота бортового пошуково-вимірювального обладнання ПА R_B ; аварійний режим роботи МТК R_A (узагальнено); повернення ПА до СН у точку підйому R_R ; підйом ПА на борт СН R_O ; перевірка технічного стану МТК R_C .

У загальному випадку маємо наступну множину режимів роботи МТК:

$$R = \{R_{CH}; R_T; R_H; R_Z; R_L; R_W; R_S; R_M; R_B; R_A; R_R; R_O; R_C\}. \quad (1)$$

Сформулюємо наступні головні напрямки автоматизації МТК: діагностування технічного стану обладнання МТК перед місією, під час її виконання та після закінчення A_D ; рух ПА A_R ; робота НО ПА A_M ; інформаційний обмін в МТК A_I ; керування МТК в аварійному режимі A_A .

Сформуємо генеральну множину задач автоматизації МТК A_{MTK} :

$$A_{MTK} = \{A_D; A_R; A_M; A_I; A_A\}. \quad (2)$$

Рівень автоматизації задач для кожної з цих підмножин визначається повнотою охоплення режимів роботи і функцій складових МТК. Так, для A_D , у загальному випадку, буде визначатись підмножиною

$$A_D = \{A_{DT}; A_{DH}; A_{DZ}; A_{DL}; A_{DW}; A_{DS}; A_{DM}; A_{DB}; A_{DA}; A_{DR}; A_{DO}; A_{DC}\}, \quad (3)$$

де індекси «Т», ..., «С» відповідають використаним у (1).

Множина автоматизації режимів руху ПА A_R відображає ступінь автоматизації: режиму R_Z занурення ПА і виходу на стартову точку місії; режиму R_L лінійного руху ПА зі стабілізацією параметрів руху; режиму R_W просторового руху ПА по заданій траєкторії; режиму R_S стабілізації ПА у просторі; режиму R_N повернення ПА у точку підйому на СН; режиму R_Y «радника» оператора МТК при реалізації типових підводних технологій та у складних режимах роботи (у стиснених умовах підводної навігації тощо).

При використанні у складі МТК «підводного гаража» до вказаних режимів додаються: режим R_{G1} виходу з «підводного гаража» на початку місії; режим R_{G2} заходу у «підводний гараж» після завершення місії.

Таким чином, множина автоматизації режимів руху ПА A_R може бути представлена у вигляді відношення:

$$A_R = \{A_{RZ}; A_{RL}; A_{RW}; A_{RS}; A_{RN}; A_{RY}; A_{RG1}; A_{RG2}\}. \quad (4)$$

Рівень автоматизації режимів роботи НО ПА представимо множиною:

$$A_M = \{A_{RM}; A_{RU}\}, \quad (5)$$

де R_M — режим роботи ПА з маніпулятором M біля ЗО (очищення ЗО, захоплення, завантаження у лоток, вивантажен-

ня ЗО з лотка тощо); R_U — режим підводного транспортування (переносу) вантажів (ЗО, інструментів тощо).

Важливою складовою автоматизації МТК є автоматизація керування його інформаційними потоками A_I ; автоматизація керування режимами пошуку A_{RL} , розпізнавання A_{RX} та ідентифікації (класифікації) ЗО A_{RK} ; автоматизація прийняття рішення про фотовідеодокументування A_{RF} ; автоматизація A_{RQ} контролю якості фотовідеодокументування підводних об'єктів; автоматична генерація звіту про виконання місії A_{RP} . Рівень автоматизації керування інформаційними потоками в МТК буде визначатись відношенням:

$$A_I = \{A_{RK}; A_{RF}; A_{RQ}; A_{RP}\}. \quad (6)$$

Відношення (1)–(6) структурують постановку задачі автоматизації МТК у цілому та оцінку рівня його автоматизації, яка необхідна для обґрунтованого призначення проектно-конструкторських рішень на ранніх етапах їх створення.

Рівень автоматизації режимів руху ПА A_R знайдемо по відношенню (4):

$$A_R = A_{RZ} \cdot A_{RL} \cdot A_{RW} \cdot A_{RS} \cdot A_{RN} \cdot A_{RY} \cdot A_{RG1} \cdot A_{RG2},$$

у якому кожний множник має числове значення, отримано методом експертного оцінювання або обчисленням частки робочих функцій, які автоматизовано.

У цілому, рівень автоматизації МТК ят об'єкта морської техніки може бути обчислено, згідно (2), як добуток:

$$A_{MTK} = A_D \cdot A_R \cdot A_M \cdot A_I \cdot A_A.$$

4. Висновок

На основі аналізу варіантів застосування та режимів роботи морського технологічного комплексу на базі самохідної прив'язної підводної системи робочого класу визначено основні напрямки його автоматизації та запропоновано базові відношення для кількісної оцінки рівня автоматизації.

Література

1. Подводные технологии и средства освоения Мирового океана [Текст]. — М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2011. — 780 с.
2. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. — К.: Наукова думка, 1998. — 232 с.
3. Antonelli, G. Underwater Robots: motion and force control of vehicle-manipulator systems [Text] / G. Antonelli. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. — 283 p.
4. Шостак, В. П. Динамическое позиционирование плавучих объектов [Текст] : монография / В. П. Шостак. — Чикаго: Мегатрон, 2010. — 130 с.
5. Блинцов, В. С. Исследование влияния параметров кабель-троса двухзвенной подводной системы для случая «обратной буксировки» [Текст] / В. С. Блинцов, С. В. Щепелев, С. И. Ольшевский // Морские технологии. — Николаев, НКИ. — 1993. — С. 19–24.
6. Блинцов, В. С. Моделирующий комплекс для исследования свойств подводной буксируемой системы как объекта управления [Текст] / В. С. Блинцов, Нгуен Тьен Лонг // Збірка наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. Спеціальний випуск. В 2-х томах. Т.1. — Київ, НАН України, ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова. — 2005. — С. 22–27.

7. Блинцов, В. С. Определение потерь в погружном электроприводе подводного аппарата [Текст] / В. С. Блинцов, Д. В. Костенко, П. Шимчак // Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПИ». — Вип. 10. — 2001. — С. 410–411.
8. Блинцов, С. В. Автоматичне керування автономними підводними апаратами в умовах невизначеності [Текст] / С. В. Блинцов. — К.: Наук. Думка, 2008. — 205 с.
9. Блинцов, В. С. Разработка оптимальных по быстродействию систем управления подводным аппаратом в условиях неопределенности на базе искусственных нейронных сетей [Текст] / В. С. Блинцов, Г. С. Грудинина // Сборник научных трудов НУК. — 2010. — № 1.
10. Блинцов, В. С. Проектирование самоходных привязных подводных систем [Текст] / В. С. Блинцов, В. Э. Магула. — К.: Наукова думка, 1997. — 140 с.
11. Moore, S. Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication [Text] / Steven W. Moore, Harry Bohm, Vickie Jensen. — Publisher: Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010. — 770 p.
12. Howard, H. Wang. The Design and Development of an Intelligent Underwater Robot [Text] / H. Wang Howard, M. Rock Stephen // Journal of Autonomous Robots. — 1996. — № 3. — P. 297–320.
13. Roberts, G. N. Advances in Unmanned Marine Vehicles [Text] / G. N. Roberts, R. Sutton. — IET, 2006. — 441 p.
14. Блинцов, В. С. Современные проблемы создания электрооборудования и автоматики подводных аппаратов [Текст] / В. С. Блинцов // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. — 2007. — № 5(24). — С. 90–98.
15. Блинцов, В. С. Сучасні задачі автоматизації керування самохідними прив'язними підводними системами з навісним об-

ладнанням [Текст] / В. С. Блинцов, В. А. Надточій // Збірник наукових праць НУК. — Миколаїв: НУК, 2012. — № 2. — С. 79–83.

АВТОМАТИЗАЦІЯ МОРСЬКОГО ТЕХНОЛОГІЧЕСЬКОГО КОМПЛЕКСА С ПРИВ'ЯЗНОЮ ПІДВОДНОЮ СИСТЕМОЮ РАБОЧЕГО КЛАСА

Виконано аналіз варіантів застосування і режимів роботи морського технологічного комплексу з самохідною прив'язною підводною системою робочого класу і визначено основні напрями його автоматизації. Предложено базові відношення для кількісної оцінки рівня автоматизації такого об'єкта в задачах проектування нових і порівняння існуючих комплексів.

Ключові слова: морський технологічний комплекс, самохідна прив'язна підводна система, режим роботи, автоматизація.

Надточій Віктор Анатолійович, викладач кафедри автоматики та електроустаткування суден, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсонська філія, Україна, e-mail: nva_74@mail.ru.

Надточій Віктор Анатольевич, преподаватель кафедры автоматики и электрооборудования судов, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Херсонский филиал, Украина.

Nadtoshy Victor, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine, e-mail: nva_74@mail.ru

УДК 681.3

**Блинцов С. В.,
Тхи Доан Фуқ**

КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ АВТОНОМНИХ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ ПРИ ВИКОНАННІ МОРСЬКИХ ПОШУКОВИХ РОБІТ

Розроблено загальні принципи побудови систем автоматичного керування групою самохідних автономних підводних апаратів в умовах невизначеностей характеристик зовнішнього середовища та нестаціонарності власних параметрів підводних апаратів. Розглянуто особливості організації функціонування групи автономних підводних апаратів, головні задачі автоматичного керування та вимоги, які висуваються до алгоритмів їх колективної поведінки.

Ключові слова: автономний підводний апарат, групове керування, система автоматичного керування, морська пошукова робота.

1. Вступ

Морські пошукові роботи (МПР) мають на меті пошук, ідентифікацію, документування та картографування підводних об'єктів природного чи антропогенного походження, які знаходяться на морському дні або в товщі води [1, 2]. Виклики сьогодення вимагають максимального підвищення продуктивності МПР [3, 4]. Ефективним методом виконання МПР є застосування ненаселених прив'язних (ППА) та автономних підводних апаратів (АПА) [5, 6]. Проте, використання одиночних підводних апаратів не вирішує задачу забезпечення високої продуктивності МПР, оскільки, зазвичай, необхідно обстежувати великі акваторії за короткий час. Залучення до МПР групи підводних апаратів забезпечить суттєве підвищення пошукових робіт, однак теорія групового керування ППА та АПА на цей час знаходиться на

початковому етапі розвитку і є актуальним науковим завданням.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Напрямок наукових досліджень з групового керування автономними рухомими об'єктами (сухопутними, авіаційними, морськими) активно розробляється на протязі останніх 10–12 років [7–13]. Значна частина робіт присвячена загальній теорії багатоагентних систем [14, 15].

Проте, групове керування підводними апаратами найменш розвинене і висвітлює лише окремі питання цього наукового завдання.

Метою роботи є розробка загальних принципів побудови систем автоматичного керування групою само-