УДК 629.05

ОСОБЛИВОСТІ БЕЗЕКІПАЖНОГО НАДВОДНОГО СУДНА ЯК ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Надточий А.В.

к.т.н., доцент Херсонського навчально-наукового інституту, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова м. Херсон, Україна. tasman.leh.85@gmail.com

В тезах означені основні положення і задачі що необхідно враховувати і розв'язувати при створенні безекіпажних надводних суден. Наведено основні особливості безекіпажних надводних суден як об'єкта автоматичного керування. Пропонуються шляхи реалізації систем автоматичного керування рухом безекіпажних надводних суден а також їх бортовими системами. Окреслені положення можуть слугувати основою для синтезу системи автоматичного керування безекіпажних надводних суден як носія групи АНПА.

Ключові слова: безекіпажне надводне судно, об'єкт керування, система автоматичного керування, групове керування.

Безекіпажні надводні судна (БНС) являють собою об'єкти морської робототехніки, які функціонують завдяки системам автоматичного керування (САК) різного призначення та рівня складності.

Створення САК БНС являє собою складну комплексну наукову-прикладну задачу, до основних особливостей якої можна віднести:

– суттєву нелінійність БНС як об'єкту керування, обумовлену нелінійним характером його виконавчих механізмів та нелінійним характером обтікання корпусу судна як твердого тіла, яке рухається у воді;

– невизначеність зовнішніх збурень, які діють на корпус БНС (вітро-хвильових збурень та збурень, породжуваних течіями).

Наукові розробки, пов'язані з синтезом та дослідженням САК БНС, наразі проводяться у більшості провідних морських країн світу, оскільки такі судна утворюють серйозну альтернативу традиційному водному транспорту, у тому числі й на внутрішніх водних шляхах [1, 2]. Одним з перспективних застосувань БНС вбачається їх застосування як носіїв одиночних автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА) та групи АНПА, які виконують спільну підводну місію [3]. Останній варіант застосування БНС є найбільш складним з позицій автоматичного керування, оскільки він передбачає автоматизацію не тільки процесів керування рухом такого судна, а й автоматизацію технологічних процесів застосування АНПА як корисного вантажу БНС.

Як об'єкти автоматизації БНС утворюють особливий клас морських рухомих об'єктів, для яких характерним єрух з високою швидкістю (до 45 вузлів), часте маневрування зі значними прискореннями [4]. Важливо відзначити, що функціонування розглянутого класу суден часто здійснюється в районах зобмеженими навігаційними умовами і вимагає великої точності утримання на заданій траєкторії.

Виходячи з цього, автоматизація керування БНС як носія групи АНПА, у залежності від вимог практики може бути реалізована за наступними рівнями:

- рівень телекерування LC_T (дистанційне ручне керування людиною-оператором процесів руху БНС та його бортовим технологічним обладнанням з берегового чи мобільного ПКК);
- рівень автоматизованого керування LC_{AT} (за участю людини-оператора, коли стабілізація курсу, траєкторії та швидкості судна виконуються автоматично, але під контролем людини-оператора з можливістю оперативного втручання у критичних ситуаціях; при цьому, керування бортовим технологічним обладнанням БНС виконується людиною-оператором у режимі телекерування);

- рівень автоматичного керування LC_A (забезпечує повністю автоматичне керування БНС в усіх режимах його функціонування, включаючи електронну навігацію, зв'язок з ЦКК, керування бортовим технологічним обладнанням та загальносудновими механізмами; телекерування залишається як форма контролю безпеки функціонування БНС);
- рівень інтелектуального керування LC_I (ґрунтується на застосуванні теорії штучного інтелекту і забезпечує здатність до «розуміння» і навчання САК щодо БНС як об'єкта керування, збурень зовнішнього середовища та умов роботи [5]; вказані властивості дають змогу реалізувати високоточні САК траєкторним рухом технічних систем, коли їх математична модель невідома чи недостовірна.

Таким чином, множина основних рівнів автоматизації БНС може бути представлена наступною залежністю:

$$LC_T=\{LC_T;\ LC_{AT};\ LC_A;\ LC_I\}. \quad (1)$$

Крім того, САК БНС повинна відповідати наступнимвимогам [4]:
- забезпечувати безперервність і завадозахист виробленню навігаційних параметрів, а також забезпечувати точність утримання на траєкторії в межах 2-5 метрів;
- склад САК повинен бути компактним, тобто містити мінімально необхідну кількість приладів;
- прилади системи повинні мати малі масогабаритні характеристики, низьку вартість та низьке енергоспоживання;
- САК повинна забезпечувати ефективне функціонування БНС в умовах хвилювання моря до 3-х балів.

Розглянемо тепер основні режими роботи БНС як носія групи БНС.

Виходячи з основних завдань експлуатації БНС сформулюємо основні режими його функціонування при повній автоматизації:
- режим прямолінійного руху зі стабілізацією курсу φ та швидкості v;
- режим руху по заданій траєкторії зі стабілізацією швидкості руху v;
- режим маршрутної точки, коли САК БНС прагне довести судно до заданої маршрутної точки, постійно оновлюючи свій курс, що змінюється внаслідок дії зовнішніх збурень;
- режим циркуляції з заданими значеннями радіусу циркуляції r_C та кутової швидкості ω;
- режим позиціонування у точці (для спуску групи АНПА перед виконанням підводної місії та для прийому їх на борт після завершення підводної місії);
- режим дрейфу на акваторії, де виконується підводна місія.

Вказані режими реалізуються за допомогою рушійно-стернового комплексу (РСК) судна, який зазвичай, складається з гребного гвинта у насадці, що приводиться в рух електричним чи тепловим двигуном. Іншими варіантами побудови РСК є водометний рушій, вектор тяги якого регулюється за допомогою сопла, або спеціальне вітрило (БНС-вітрильник) [6].

Крім завдань автоматизації керування рухом БНС, актуальними є також завдання автоматизованого чи автоматичного керування його палубними механізмами – спуско-піднімальними пристроями (СПП) для групи АНПА.

Таким чином, забезпечення функціонування БНС відноситься до завдань комплексної автоматизації нелінійного морського рухомого об'єкта, що працює в умовах невизначеності характеристик зовнішнього середовища (ЗС) і нестаціонарності власних параметрів. Успішний розв'язок такого завдання можливий лише з широким застосуванням сучасних здобутків у галузі штучного інтелекту та математичного моделювання нелінійних динамічних об'єктів.

Узагальнена функціональна структура схема системи автоматичного керування таким БНС показана на рис. 1 [7].

Три верхні рівні приймають і обробляють завдання від зовнішнього (берегового чи мобільного) центру керування та контролю (ЦКК) з використанням інформації від системи сенсорів БНС $C_{БНС}$ та системи сенсорів $C_{ЗС}$ зовнішнього середовища. Вказані системи сенсорів

генерують інформацію про поточні параметри та технічний стан механізмів БНС і параметри морського середовища.

Таким чином, верхній рівень – це рівень ухвалення рішення або допомоги людині в постановці завдання та у первинній постановці цілей функціонування об'єктів керування. У найближчій перспективі найбільш важливі функції цього рівня залишаються за людиною. У перспективі, як вважають науковці, розв'язок завдань цього рівня може бути виконане без участі людини за допомогою "сильного" штучного інтелекту.

Два нижніх рівні генерують керуючі команди для виконавчих механізмів БНС – його РСК і КВ. Для них джерелами команд є сигнали від верхніх рівнів керування, а також сигнали системи контролю за "внутрішніми" змінними - станом виконавчих механізмів БНС.

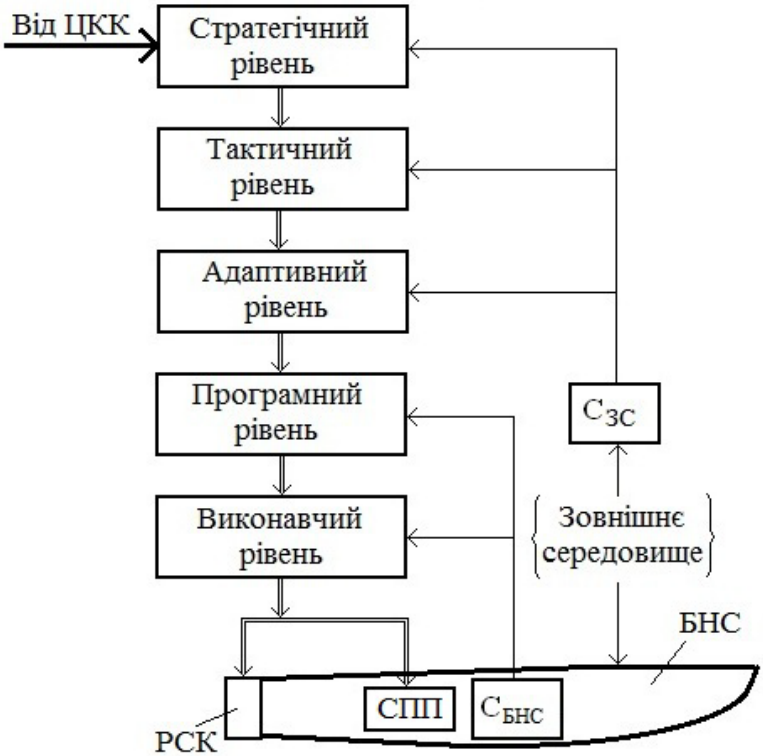

Рисунок 1 – Узагальнена функціональна схема системи автоматичного керування БНС

При цьому стратегічний рівень аналізує завдання, що надійшло від ЦКК, і планує загальне функціонування БНС для його виконання з урахуванням параметрів зовнішнього середовища. Тактичний рівень управляє реалізацією стратегічного плану – розробляє траєкторію просторового переміщення, формує черговість операцій (рухів) у відповідності зі стратегією функціонування БНС та з урахуванням зовнішніх збурень.

Адаптивний рівень коригує рішення тактичного рівня з урахуванням фактичного стану зовнішнього середовища, здійснює пошук оптимальних управлінських рішень у рамках обраної тактики виконання завдання, що надійшло від ЦКК.

Програмний рівень розглянутої системи керування реалізує окремі типові операції – елементарні переміщення БНС та роботу КВ. Це досягається застосуванням заздалегідь інстальованих керуючих програм, які здійснюють, у загальному випадку, групове керування виконавчими механізмами БНС та його корисного вантажу.

На цьому рівні виконується аналіз інформації про середовище та умов функціонування БНС, формування послідовності базових операцій та контроль їх виконання для рішення поставленої верхнім рівнем завдання (вибір шляхів руху, траєкторій руху виконавчих органів та ін.).

Виконавчий рівень реалізує керування окремими виконавчими механізмами у режимах стабілізації руху, роботи з КВ, збору інформації про зовнішнє середовище та ін.

Поза залежністю від границь рівнів системи керування при побудові БНС необхідна інтеграція всіх рівнів керування, зокрема, використання єдиного механізму обміну даними й програмування всіх рівнів (кросплатформності).

Функціонування БНС передбачає наступні режими автоматичного керування [7, 8]:

- автоматичне діагностування R_{D1} механізмів, вузлів і систем БНС перед початком виконання місії;
- автоматичний вихід R_{B1} з бази до початкової точки маршруту заданої місії;
- автоматичний рух БНС по заданій траєкторії R_{T1} під час переходу у робочу зону акваторії;
- автоматичне маневрування R_M у робочій зоні акваторії та/чи автоматична стабілізація R_S у заданій точці заданої акваторії;
- автоматичний рух БНС R_{T2} по траєкторії повернення у кінцеву точку маршруту місії;
- автоматичне повернення R_{B2} до бази;
- автоматичне діагностування R_{D2} механізмів, вузлів і систем БНС після завершення місії.

Таким чином, множина $R_{БНС}$ основних режимів функціонування БНС містить наступні елементи:

$$R_{БНС} = \{R_{D1};\ R_{B1};\ R_{T1};\ R_M;\ R_S;\ R_{T2};\ R_{B2};\ R_{D2}\}. \quad (2)$$

Очевидно, що для всіх основних режимів роботи БНС , крім режимів R_{D1} та R_{D2}, характерним є наявність дії зовнішніх збурень $\vec{F}_{FP}$ у вигляді векторів сил вітру $\vec{F}_{Wn}$, хвиль $\vec{F}_{Wv}$ та течії $\vec{F}_V$.

До головних задач САК БНС слід віднести наступні задачі:

- задача безпечної навігації БНС у режимах руху $\{R_{B1};\ R_{T1};\ R_M;\ R_S;\ R_{T2};\ R_{B2}\}$; тут має передбачатись, крім дії зовнішніх збурень $\vec{F}_{FP}$, наявність навігаційних перешкод у вигляді інших плавзасобів;
- задача автоматичного керування головною силовою установкою (ГСУ) БНС (дизелем чи іншим джерелом механічної чи електричної енергії БНС);
- задача автоматичного керування рушійно-стерновим комплексом (РСК) БНС;
- задача автоматичного керування допоміжними судновими машинами і механізмами (ДСММ) БНС;
- задача автоматичного керування корисним вантажем (КВ) БНС;
- задача автоматичної діагностики (контролю працездатності) обладнання (ДО) БНС (режими R_{D1} та R_{D2}).

Очевидно, що такий складний перелік вимог, що висуваються до САК БНС, можливо задовольнити лише шляхом застосування сучасних принципів і технологій побудови систем керування.

Більшістю дослідників визнають необхідність використання багаторівневої (ієрархічної) структури побудови інтелектуальних систем керування рухомими об’єктами. Успішне рішення завдань керування такими об’єктами можливо при побудові ефективного керування на кожному з рівнів і не менш ефективному їх комплексуванні.

Розглянемо особливості побудови інтелектуальних САК БНС, які ґрунтуються на принципах багаторівневої структури згідно рис. 1.

Сам розподіл на рівні є досить умовним і в значній мірі залежить від конкретної

реалізації БНС. У якості основної класифікаційної ознаки при виділенні рівнів керування БНС використовують властивості об'єктів (складових БНС), керування якими реалізується на відповідному рівні.

Тоді узагальнена структури САК рухом БНС в умовах дії зовнішніх збурень буде мати вигляд, показаний на рис. 2.

Розглянемо основні принципи роботи пропонованої інтелектуальної САК.

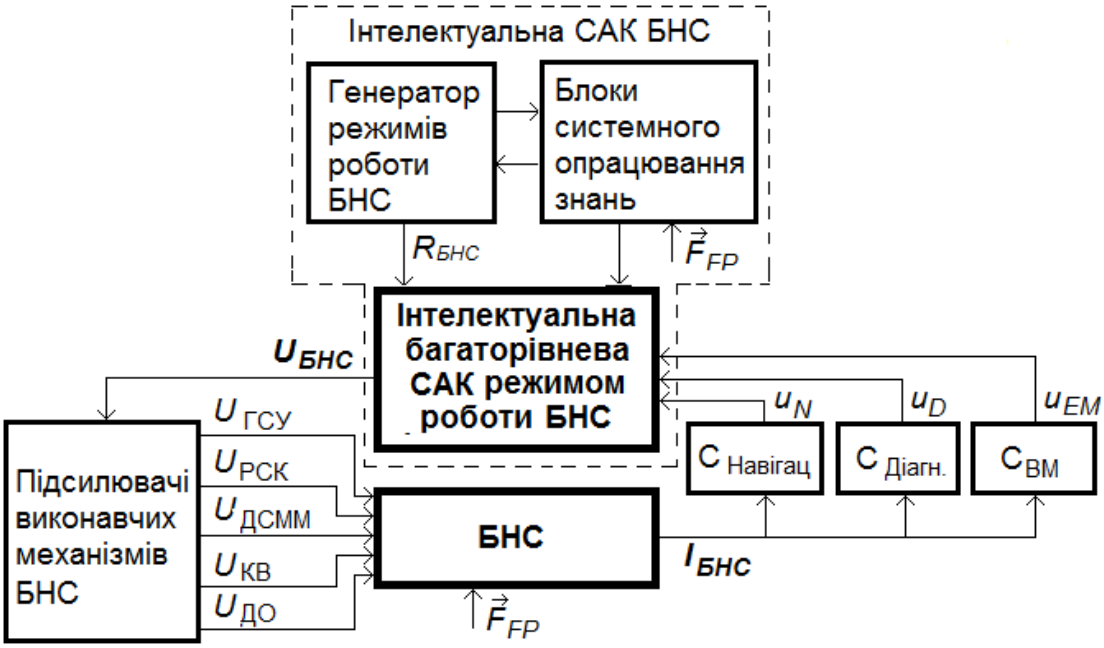

Рисунок 2 – Узагальнена структурна схема інтелектуальної САК рухом БНС

Генератор режимів роботи БНС – це програмний пристрій чи радіоканал, через який задається поточний режим роботи БНС згідно множині (2).

Блоки системного опрацювання знань призначені для аналізу зовнішньої обстановки (вектору $\vec{F}_{FP}$) на основі використання наступних інформаційних технологій – експертних систем, штучних нейронних мереж, нечіткої логіки, еволюційних методів і генетичних алгоритмів.

В основу концепції інтелектуальності, зазвичай, покладено:

– уміння системи працювати з формалізованими знаннями людини (експертні системи, нечітка логіка);

– властиві людині способи навчання і мислення (нейронні мережі, генетичні алгоритми).

САК режимом роботи БНС реалізує заданий режим роботи судна, у результаті чого формується множина $U_{БНС}$ сигналів керування виконавчими механізмами БНС. Після підсилення генерованих САК сигналів керування ГСУ, РСК, ДСММ, КВ та ДО (відповідно, сигнали $U_{ГСУ}$, $U_{РСК}$, $U_{ДСММ}$, $U_{КВ}$ та $U_{ДО}$) вони надходять до відповідних виконавчих механізмів БНС і, таким чином, забезпечують виконання заданого йому режиму функціонування.

Вихідними сигналами БНС є множина інформаційних сигналів $I_{БНС}$, які характеризують поточний стан БНС як об’єкту керування.

Важливою складовою САК є система сенсорів, яка складається з трьох груп:

- навігаційних сенсорів $C_{Навігац.}$, які забезпечують САК інформацією про поточні навігаційні характеристики БНС (курс, швидкість, географічні координати, а також їх похідні);

- діагностичні сенсори $C_{Діагн.}$, які дають інформацію про технічний стан виконавчих вузлів, механізмів і систем БНС;

- сенсори C_{BM} виконавчих механізмів БНС, які утворюють зворотній зв'язок для САК по керованим величинам БНС як об'єкту керування.

Множина сигналів сенсорів u_N, u_D та u_{EM} утворюють необхідні канали зворотного зв'язку, необхідного для ефективної роботи САК в основних режимів роботи згідно (2).

Таким чином, запропонована САК БНС реалізує два узагальнені принципи інтелектуального керування:

- керування на основі аналізу зовнішніх даних ситуацій та подій (ситуаційне керування з урахуванням впливів $\vec{F}_{FP}$);

- використання сучасних інформаційних технологій для обробки даних та знань.

Висновки. Наведені вище узагальнена функціональна схема та узагальнена структурна схема інтелектуальної САК рухом БНС враховують основні особливості БНС як об'єкту автоматичного керування і можуть слугувати основою для подальшого синтезу системи автоматичного керування БНС як носія групи АНПА в умовах невизначеності зовнішніх збурень.

ЛІТЕРАТУРА

[1]. Wang Guo, Song Wang,Wenqiang Dun. The Design of a Control System for an Unmanned Surface Vehicle. The Open Automation and Control Systems Journal, 2015, 7, 150-156 https://benthamopen.com/contents/pdf/TOAUTOCJ/TOAUTOCJ-7-150.pdf

[2]. Paweł Burdziakowski, Andrzej Stateczny. (2019) Universal Autonomous Control and Management System for Multipurpose Unmanned Surface Vessel. Polish Maritime Research, 26(101). 30-39 pages. DOI:10.2478/pomr-2019-0004

[3]. Hyunjoon Cho, Sang-Ki Jeong, Dae-Hyeong Ji, Tran Ngoc Huy. (2020). Study on Control System of Integrated Unmanned Surface Vehicle and Underwater Vehicle. Journals Sensors Volume, 20. Issue 9. 22 pages. https://www.mdpi.com/1424-8220/20/9/2633

[4]. Блинцов В.С., Фан Ван Ван. Задачи совершенствования информационно-управляющих систем для малоразмерных скоростных судов // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – № 7(385). – С. 140-146.

[5]. Дакі О.А., Олізаренко С.А., Якусевич Ю.Г., Дорофєєва З.Я., Тришин В.В. Інформаційна технологія розробки бази знань інтелектуальної системи автоматичного управління рухом судна. *Системи озброєння і військова техніка*. 2021. № 3(67). С. 52-60. https://doi.org/10.30748/soivt.2021.67.07.

[6]. Unmanned Sailing Vehicle Tested for Data-Gathering Capabilities. https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21121743/igus-inc-unmanned-sailing-vehicle-tested-for-datagathering-capabilities

[7]. Блінцов В.С., Соколов В.В. Сучасні задачі автоматизації керування безекіпажним надводним катером. Автоматика-2016 : матеріали XXIII Міжнародної конференції з автоматичного управління. 2016. – С. 201-202.

[8]. Сабуцький І.П. Інтелектуальна система автоматичного керування малорозмірним безекіпажним судном в умовах дії зовнішніх збурень. Підводна техніка і технологія: матеріали XI всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв : НУК, 2021. – С. 220-225.

Features Of An Unmanned Surface Vessel As An Object Of Automatic Control

Nadtochyi Anatoli, Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding

The abstracts outline the basic provisions and tasks that must be taken into account when creating unmanned surface vessels. The main features of an unmanned surface vessel as a control object are

presented. The ways of realization of automatic control systems for the movement of unmanned surface vessels and their onboard equipment are proposed. The outlined provisions can be used for the synthesis of automatic control systems for an unmanned surface vessel as a carrier of a group of underwater vehicles.
Key words: unmanned surface vessel, control object, automatic control system, group control.

УДК 629.05

ФОРМУЛЮВАННЯ ГОЛОВНИХ ЗАДАЧ СТВОРЕННЯ БЕЗЕКІПАЖНИХ НАДВОДНИХ СУДЕН НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

Надточій В.А.
кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та електроустаткування Херсонського навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна. nva074@gmail.com
Бурунін А.П.
аспірант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна.

У доповіді акцентовано увагу на формування ключових задач при проектуванні засобів морської робототехніки, зокрема безекіпажних транспортних систем. Пропонується варіант формалізації ключового початкового етапу розробки безекіпажних морських комплексів. Це сприятиме забезпеченню максимальної відповідності кінцевого продукту його цілям.
Ключові слова: Проектування, системний аналіз, безекіпажне надводне судно.

Безекіпажні надводні судна (БНС) на цей час все частіше використовуються для морських транспортних перевезень, дослідження мінеральних та харчових ресурсів Світового океану, проведення наукових досліджень та природоохоронних робіт [1]. Створення та впровадження у морську практику такого виду морської техніки на цей час є одним з головних напрямків розвитку водного транспорту [2].

З позицій системного підходу до проектування засобів морської робототехніки [3] до генеральної множини $T_{БНС}$ головних задач, успішний розв'язок яких забезпечить їх конкурентоздатність на ринку морської техніки, слід віднести наступні:

- множину $T_{БНС\text{-}К}$ задач раціонального вибору форми корпусу БНС, який би максимально повно відповідав вимогам до мореходності таких суден – остійності, міцності, водонепроникності, непотоплюваності, плавучості, керованості (задача $T_{БНС\text{-}К\text{-}М} \in T_{БНС\text{-}К}$) та вимогам до ефективного виконання всього переліку режимів щодо застосування АНПА (задача $T_{БНС\text{-}К\text{-}Еф} \in T_{БНС\text{-}К}$); зазначимо, що на цей час використовують чотири основні форми корпусу БНС: твердий надувний корпус, однокорпусні (типу «каяк»), катамаран (двохкорпусні) та тримарани (трьохкорпусні);
- множину $T_{БНС\text{-}Е}$ задач вибору типу та потужності головної енергетичної установки – дизель-електрична, акумуляторна, вітрогенераторна, фотоелектрична тощо (задача $T_{БНС\text{-}Е\text{-}ГЕУ} \in T_{БНС\text{-}Е}$) та рушійно-стернового комплексу БНС – гребні гвинти у насадках, поворотні рульові колонки, водомети тощо (задача $T_{БНС\text{-}Е\text{-}РК} \in T_{БНС\text{-}Е}$); крім того, важливою складовою підмножини задач $T_{БНС\text{-}Е}$ є задача побудови інтегрованої електроенергетичної системи БНС (в англомовній літературі – Integrated Power and Energy Systems, IPES), яка б забезпечила оптимізацію процесів зберігання та ефективного використання бортової енергії з метою збільшення часу виконання морської місії БНС (задача $T_{БНС\text{-}Е\text{-}Інт} \in T_{БНС\text{-}Е}$) [4];

- множину $T_{БНС\text{-}I}$ задач синтезу систем інформаційно-керуючого забезпечення функціонування БНС – автоматизованого (телекерування по радіоканалу) чи автоматичного (електронна навігація) керування рухом БНС (задача $T_{БНС\text{-}I\text{-}Рух} \in T_{БНС\text{-}I}$), автоматизованого чи автоматичного керування двохстороннім радіо- чи супутниковим зв'язком між БНС та центром керування і контролю (ЦКК, задача $T_{БНС\text{-}I\text{-}З} \in T_{БНС\text{-}I}$), автоматизованого чи автоматичного керування бортовим технологічним обладнанням – системами керування енергетичним та інформаційним забезпеченням групи АНПА перед початком місії, системою запуску групи АНПА з борту БНС, автоматизованого чи автоматичного керування загальносудновими механізмами – електро- та гідравлічним обладнанням безекіпажного судна (задача $T_{БНС\text{-}I\text{-}ЗСМ} \in T_{БНС\text{-}I}$);
- множину $T_{БНС\text{-}J}$ задач синтезу складових БНС, які забезпечують ефективне застосування групи АНПА за основним призначенням; зокрема, на сьогодні до таких складових можна віднести розробку берегового чи мобільного центру керування і контролю БНС (задача $T_{БНС\text{-}J\text{-}ЦКК} \in T_{БНС\text{-}J}$), розробку системи керування корисним вантажем (КВ) БНС – систему випуску групи АНПА з борту БНС як об'єкта автоматизованого чи автоматичного керування (задача $T_{БНС\text{-}J\text{-}КВ} \in T_{БНС\text{-}J}$) та розробку вбудованих систем діагностики і захисту електромеханічного обладнання БНС (задача $T_{БНС\text{-}J\text{-}Діагн} \in T_{БНС\text{-}J}$ та задача $T_{БНС\text{-}J\text{-}Зах} \in T_{БНС\text{-}J}$)

Таким чином, генеральна множина $T_{БНС}$ головних задач створення БНС може бути представлена у вигляді:

$$T_{БНС}=[T_{БНС\text{-}К};\ T_{БНС\text{-}Е};\ T_{БНС\text{-}I};\ T_{БНС\text{-}J}], \quad (1)$$

де:

$$T_{БНС\text{-}К}=\{T_{БНС\text{-}К\text{-}М};\ T_{БНС\text{-}К\text{-}Еф}\}; \quad (2)$$

$$T_{БНС\text{-}Е}=\{T_{БНС\text{-}Е\text{-}ГЕУ};\ T_{БНС\text{-}Е\text{-}РК};\ T_{БНС\text{-}Е\text{-}Інт}\}; \quad (3)$$

$$T_{БНС\text{-}I}=\{T_{БНС\text{-}I\text{-}Рух};\ T_{БНС\text{-}I\text{-}З};\ T_{БНС\text{-}I\text{-}БТО};\ T_{БНС\text{-}I\text{-}ЗСМ}\}; \quad (4)$$

$$T_{БНС\text{-}J}=\{T_{БНС\text{-}J\text{-}ЦКК};\ T_{БНС\text{-}J\text{-}КВ};\ T_{БНС\text{-}J\text{-}Діагн};\ T_{БНС\text{-}J\text{-}Зах}\}. \quad (5)$$

Виходячи з (1)-(5) можна констатувати, що розробка БНС як носіїв групи АНПА є складним прикладним науковим завданням, яке необхідно виконувати із залученням багатьох наукових та інженерних дисциплін.

У доповіді розглядається розв'язок двох задач з генеральної множини (1), які пов'язані з автоматизацією керування БНС: задачі $T_{БНС\text{-}I\text{-}Рух} \in T_{БНС\text{-}I}$ вдосконалення керування рухом БНС та задачі $T_{БНС\text{-}J\text{-}Вип} \in T_{БНС\text{-}J}$ випуску групи АНПА з борту БНС-носія, яка входить у підмножину $T_{БНС\text{-}J}$.

Висновки. Запропонована генеральна множина головних задач створення БНС та отримані розв'язки деяких задач цієї множини (вдосконалення керування рухом БНС та задачі випуску групи АНПА з борту БНС-носія) можуть слугувати теоретичною основою для планування проектних робіт зі створення БНС різного призначення.

ЛІТЕРАТУРА

[1]. Joel Coito. Maritime Autonomous Surface Ships: New Possibilities—and Challenges—in Ocean Law and Policy. Published by the Stockton Center for International Law. Volume 97, 2021. 49 Pages. https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2955&context=ils

[2]. The Future is Now: Unmanned and Autonomous Surface Vessels and Their Impact on the Maritime Industry. Benedict's Maritime Bulletin December 2017. https://www.blankrome.com/publications/future-now-unmanned-and-autonomous -surface-vessels-and-their-impact-maritime-0

[3]. Blintsov V.S., Klochkov O.P. Generalized method of designing unmanned remotely operated complexes based on the system approach. Scientific journal «EUREKA: Physics and Engineering». 2019. Vol. 2 (21). P. 43-51.