

УДК 681.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.6.2/45>**Гордєєв Б.М.**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Надточий А.В.

Херсонський навчально-науковий інститут

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИМ НАДВОДНИМ КАТЕРОМ ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ АКВАТОРІЙ

Запропоновано використання системного підходу до процесу синтезу системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером, призначеним для гуманітарного розмінування акваторій.

Мета. Метою роботи є розробка методології синтезу системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером для гуманітарного розмінування акваторій, заснованої на принципах системного підходу.

Методика. Використано системний підхід на базі рівнянь існування, який вже було запропоновано для безекіпажного надводного катера. Запропоновано рівняння існування мас та об'ємів та рівняння існування катера за енергетичною та інформаційною складовими.

Результати. Синтезовано рівняння існування безекіпажного надводного катера за визначеними критеріями. У подальшому порівняння вхідних даних технічного завдання та наявних елементів для створення безекіпажного надводного катера визначатиме конструктивні, експлуатаційні та функціональні особливості такого роду техніки.

Наукова новизна. У загальному вигляді наведена концепція рівнянь існування безекіпажного надводного катера за критеріями маси та об'єму, енергетичного балансу та балансу інформаційних потоків, що дозволяє синтезувати наведені рівняння вже в класичному представленні.

Практична значимість. Використання системного підходу з подальшим синтезом рівнянь за визначеними критеріями дозволить вже на ранніх стадіях проєктування оцінити можливість та доцільність створення безекіпажного надводного катера. Окрім стандартних рівнянь мас та об'ємів, ключовим є поділ рівнянь існування за інформаційною складовою на зовнішню та внутрішню частини, що відокремлює обладнання внутрішнього контуру катера та обладнання, яке взаємодіє з зовнішнім середовищем. Особливу увагу приділено енергетичній складовій, що визначає набір обладнання, яке може монтуватися в залежності від задачі та відповідного режиму роботи. Це суттєво впливає на ємність автономного джерела живлення, яке забезпечує енергією всі елементи катера, які цього потребують.

Ключові слова: безекіпажний надводний катер, система автоматичного керування, системний підхід, рівняння існування катера, системний аналіз.

Постановка проблеми. Гуманітарне розмінування акваторій стало одним із пріоритетів у відновленні морської інфраструктури України. Завдання очищення водних просторів від вибухонебезпечних предметів вимагає високого рівня автоматизації та застосування новітніх технічних засобів. У цьому контексті використання безекіпажних надводних катерів (БНК) як автономних платформ для виявлення та ідентифікації підводних потенційно небезпечних предметів (ППНО) відкриває нові можливості для мінімізації ризиків для життя і здоров'я персоналу та підвищення ефективності операцій з гуманітарного розмінування акваторій.

Однією з ключових проблем при цьому є розробка ефективної системи автоматичного керування (САК), здатної забезпечити автономну, стабільну та адаптивну поведінку БНК в складних умовах морського середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання гуманітарного розмінування у цілому та синтезу систем автоматичного керування такими процесами на суші і на морі постійно знаходяться у полі зору вітчизняних і зарубіжних науковців [1-5].

Так, у роботах [1, 2] розглядаються питання загальної організації та особливостей застосування засобів морської робототехніки для

гуманітарного розмінування акваторій. Однак, питання синтезу САК протимінними апаратами-роботами у цих роботах не розглядаються.

У публікації [3] пропонується модель підтримки прийняття рішень, яка створює надзвичайно безпечні та економічно ефективні плани пошуку для виявлення мін, заснований на використанні теорії генетичних алгоритмів. Однак, синтез систем керування процесами гуманітарного розмінування у цій публікації не розглядається.

У статті [4] розглядаються технології ефективного виявлення мін, але автори розглядають лише проблеми боротьби з сухопутними мінами. Питання пошуку і знешкодження морських мін у статті не розглядаються.

Найбільш близьким питанням щодо роботизованих технологій гуманітарного розмінування акваторій присвячено роботу [5]. Автори пропонують низку роботизованих технологій для повного циклу робіт з гуманітарного розмінування акваторій. Проте, питання синтезу систем автоматичного керування такими апаратами-роботами залишилось поза увагою авторів даної публікації.

Аналіз наведеної вище та іншої науково-технічної літератури свідчить, що питання синтезу САК морськими суднами-роботами для гуманітарного розмінування акваторій на цей час недостатньо розроблені та практично не висвітлені у науково-технічній літературі. У той же час відомо, що одним з ефективних методів синтезу САК є застосування системного підходу [6], оскільки він дає змогу створювати високоефективні системи керування засобами морської робототехніки з урахуванням взаємного впливу на технічні рішення широкого спектру експлуатаційних, енергетичних та інформаційних обмежень.

Мета дослідження. Метою роботи полягає в розробці методології синтезу системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером для гуманітарного розмінування акваторій, заснованого на принципах системного підходу.

При дослідженні використано принципи системного підходу та методологію рівнянь існування засобів морської робототехніки. Об'єктом дослідження є система автоматичного керування безекіпажного надводного катера. Предметом дослідження є процес синтезу системи автоматичного керування БНК із застосуванням рівнянь існування катера за інформаційною складовою.

Основний матеріал. Виходячи з принципів системного підходу [6, 7] розглянемо два основні варіанти $V_{БНК}$ застосування БНК як морського робота:

пошук V_{SM} ППНО бортовим мінопошуковим обладнанням та їх цифрове картографування;

обстеження виявлених ППНО, їх ідентифікація та документування V_{EI} за допомогою бортових приладів та систем;

маркування мінонебезпечних акваторій V_M шляхом дистанційно керованого з центру керування місією (ЦКМ) встановлення спеціальних сигнальних буїв з метою попередження про мінну небезпеку для суден;

охорона V_P мінонебезпечних акваторій від несанкціонованого знаходження на ній сторонніх плавзасобів та виконання будь-яких робіт на цих акваторіях;

нейтралізація ППНО V_N шляхом скидання підривного заряду уповільненої дії чи встановлення на ППНО захисного укриття.

Зауважимо, що кожна з наведених морських місій може виконуватись як одиночним БНК, так і декількома БНК одночасно, тобто у складі групи БНК-агентів, які в автоматичному режимі узгоджено виконують спільну морську пошукову V_{SM-G} , обстежувальну V_{EI-G} , маркувальну V_{M-G} , охоронну V_{P-G} чи нейтралізуючу V_N місії.

Запишемо множину ВБНК варіантів застосування одиночного БНК у вигляді:

$$V_{БНК} = \{V_{SM}; V_{EI}; V_M; V_P; V_N\}. \quad (1)$$

На основі принципів системного підходу стосовно його застосування у проектуванні морської робототехніки [6], згідно з яким необхідно враховувати всі значущі складові керування об'єктом автоматизації, введемо у розгляд наступні типові етапи функціонування БНК як морського робота:

Етап Е1 – етап підготовки БНК до місії на береговій базі або на судні забезпечення; тут встановлюється технічна готовність БНК до виконання місії та завантажуються відповідне програмне забезпечення у бортову систему автоматичного керування (САК);

Етап Е2 – автоматичне відшвартування БНК та відхід від берегового причалу чи борту судна забезпечення;

Етап Е3 – автоматичний перехід БНК до заданої робочої акваторії;

Етап Е4 – автоматичний вихід БНК у початкову точку виконання місії;

Етап Е5 – автоматичне виконання місії (або низки місій);

Етап Е6 – автоматичне повернення БНК до точки завершення місії;

Етап Е7 – автоматичне швартування БНК до берегового причалу чи до борту судна забезпечення;

Етап Е8 – автоматичне передавання звітної інформації про хід і результати виконання місії з бази даних БНК до бази даних ЦКМ.

Відомо, що у якості теоретичної основи проектування засобів морської робототехніки на ранніх стадіях їх створення можуть використовуватись чотири основні типи рівнянь існування морського робота – рівняння його мас і об'ємів, рівняння енергетичного та інформаційного балансу, а також функціональне (експлуатаційне) рівняння існування морського робота [8]. Ліві частини таких рівнянь містять технічні характеристики відповідних механізмів і систем, а праві частини – вимоги технічного завдання (ТЗ) на проектування морського робота.

На практиці у процесі проектування вказані рівняння записують як нерівності, за допомогою яких «обмежують зверху або знизу» можливі варіанти конструкторських рішень. Тобто, якщо характеристики і-го технічного рішення не перевищують граничну вимогу того чи іншого рівняння існування (вимог ТЗ), то воно може бути прийняте за основу для подальшого проектування.

Дамо коротку характеристику зазначених рівнянь (нерівностей) існування при їх застосуванні у процесі проектування БНК.

Рівняння мас та об'ємів БНК – це два окремих рівняння, які показують відповідність і-го технічного рішення загальної конструкції БНК вимогам ТЗ до його маси $M_{БНК}$ та об'єму $V_{БНК}$, що дає змогу контролювати виконання основного закону будь-якого плавучого об'єкту – закону Архімеда.

Для випадку проектування БНК вказані рівняння мають вид:

$$M_{БНК_i} = \sum_{j=1}^J m_{A_j} + \sum_{k=1}^K m_{B_k} + \sum_{l=1}^L m_{C_l} \leq M_{БНК-ТЗ} \quad (2)$$

$$V_{БНК_i} = \sum_{j=1}^J v_{A_j} + \sum_{k=1}^K v_{B_k} + \sum_{l=1}^L v_{C_l} \leq V_{БНК-ТЗ} \quad (3)$$

де $\sum_{j=1}^J m_{A_j}$ – сумарна маса елементів постійного складу конструкції БНК (корпус, енергетичне обладнання, інформаційно-навігаційний та рушійно-кермовий комплекси, допоміжні механізми і системи тощо);

$\sum_{k=1}^K m_{B_k}$ – маса елементів змінного складу БНК (цистерни з розхідними рідинами – паливом, мастилами, водою тощо);

$\sum_{l=1}^L m_{C_l}$ – маса елементів змінного корисного вантажу БНК (вантажні транспортні контейнери, прилади оборонного призначення тощо);

$M_{БНК-ТЗ}$, $V_{БНК-ТЗ}$ – відповідно, максимально припустимі маса та об'єм БНК, задані у ТЗ;

J , K , L – кількість елементів БНК, відповідно, постійного та змінюваного складу, а також кількість елементів корисного вантажу.

Змінними v позначено об'єми відповідних елементів конструкції та обладнання БНК.

Рівняння енергетичного балансу характеризують споживану потужність користувачів енергії БНК і містять суми $\Sigma P_{БНК}$ потужностей обладнання, яке отримує енергоживлення під час проведення місії:

$$P_{БНК_i} = \sum_{j=1}^J p_{A_j} + \sum_{k=1}^K p_{B_k} + \sum_{l=1}^L p_{C_l} \leq P_{БНК-ТЗ} \quad (4)$$

де $P_{БНК_i}$ – поточне проектне значення споживаної потужності для і-го технічного рішення загальної конструкції БНК;

$P_{БНК-ТЗ}$ – максимально припустима споживана потужність обладнання БНК, яка задана у ТЗ.

Інші позначення змінних відповідають прийнятим для виразів (2) і (3).

Зазначимо, що практично кожний елемент залежності (4) має бути об'єктом технічного моніторингу та об'єктом автоматичного чи автоматизованого (дистанційного) керування.

Розглянемо тепер рівняння балансу інформаційних потоків БНК.

У загальному вигляді, сутність системного підходу до складання рівнянь існування БНК за інформаційною складовою полягає у забезпеченні відповідності його інформаційного забезпечення вимогам ТЗ, а також в урахуванні у рівняннях існування БНК інших складових (конструктивними, енергетичними та функціональними) [8].

Синтез системи автоматичного керування БНК є однією зі складових процесу проектування інформаційного забезпечення катера. У результаті такого синтезу необхідно отримати теоретично обґрунтоване технічне рішення, яке б забезпечило відповідність БНК вимогам ТЗ до керованості та ефективності застосування за призначенням.

Попередній аналіз типових етапів Е1-Е8 функціонування БНК як морського робота дає можливість сформулювати наступні три основні режими роботи його системи керування:

– режим ручного дистанційного керування RCK-P, який реалізується по радіоканалу або по гідроакустичному каналу зв'язку з БНК; це дає змогу оператору ЦКМ перевіряти технічний стан виконавчих механізмів та їх працездатність, а також виконувати обмежену кількість його керованих просторових рухів; цей режим здебільшого використовується для тестування БНК (етап Е1 функціонування БНК), а також при ручному вико-

нанні найбільш відповідальних етапів функціонування катера (етапи Е2, Е5 та Е7);

– режим автоматизованого керування $R_{СК-РА}$, який також реалізується по радіоканалу або по гідроакустичному каналу зв'язку з БНК; у цьому режимі оператор, який знаходиться на ЦКМ, має змогу зчитувати й аналізувати поточну та архівну інформацію про технічний стан катера та про результати виконання ним заданої місії, дистанційно керувати окремими його механізмами, а також надсилати до БНК завдання на наступну морську місію;

– режим автоматичного керування $R_{СК-А}$, коли БНК виконує задану місію (морські операції згідно (1) або окремі їх складові) повністю автоматично, генеруючи сигнали керування виключно на основі інформації від системи бортових сенсорів.

Тоді множина основних режимів роботи системи керування БНК $R_{СК}$ може бути представлена наступним чином:

$$R_{СК} = \{R_{СК-Р}; R_{СК-РА}; R_{СК-А}\}. \quad (5)$$

У подальших дослідженнях будемо виходити з припущення, що перелік виконавчих механізмів БНК та залученої до їх керування та контролю інформації від сенсорів катера та його корисного вантажу є у більшості практичних випадків однаковим. Це обумовлено тим, що в усіх експлуатаційних режимах приймають участь, практично, всі механізми й системи БНК.

Зазначимо, що для кожного з режимів множини (5) характерним є наявність двох видів інформаційного обміну, множина яких I містить процеси двохстороннього зв'язку БНК з ЦКМ $I_{БНК-ЦКМ}$ та процеси внутрішнього інформаційного обміну $I_{БНК}$ між елементами обладнання катера [9], тобто:

$$I = \{I_{БНК-ЦКМ}; I_{БНК}\}. \quad (6)$$

У свою чергу, інформацію про процеси $I_{БНК-ЦКМ}$, які мають місце при двохсторонньому інформаційному обміні між БНК і ЦКМ, доцільно представити у вигляді трьох типових каналів зв'язку катера: супутникового каналу $I_{БНК-ЦКМ-С}$, радіоканалу $I_{БНК-ЦКМ-Р}$ та гідроакустичного каналу зв'язку $I_{БНК-ЦКМ-ГА}$.

Інформацію про процеси інформаційного обміну $I_{БНК}$ множини (6) з позицій системного підходу доцільно представити у вигляді множини сигналів $I_{БНК-С}$ від сенсорів механізмів і систем БНК і множини сигналів керування $I_{БНК-К}$ для його виконавчих механізмів.

Далі, інформацію від сенсорів $I_{БНК-С}$ доцільно класифікувати на:

інформацію $I_{БНК-С-Корп}$ від сенсорів, які контролюють технічний стан корпусу БНК у цілому (втомну міцність елементів конструкції корпусу, затікання корпусу катера, наявність задимлення та пожежі тощо);

інформацію $I_{БНК-С-Ен}$ від сенсорів, які контролюють технічний стан енергетичного обладнання БНК (головних та допоміжних джерел енергії, рушійного пристрою, бортових перетворювачів електроенергії);

інформацію $I_{БНК-С-Доп}$ від сенсорів, які контролюють технічний стан допоміжних механізмів і систем катера (автоматичних швартовних лебідок, механізмів системи корисного вантажу тощо).

Сигнали керування $I_{БНК-К}$ виконавчими механізмами БНК також доцільно класифікувати за системними ознаками:

$I_{БНК-К-Ен}$ – підмножина сигналів керування виконавчими механізмами енергетичного обладнання БНК (головними та допоміжними джерелами бортової енергії катера, його рушійним пристроєм, бортовими перетворювачами електроенергії тощо);

$I_{БНК-К-Доп}$ – підмножина сигналів керування допоміжними механізмами і системами катера.

Тоді більш детально множину (6) можна представити так:

$$I_{БНК-ЦКМ} = \{I_{БНК-ЦКМ-С}; I_{БНК-ЦКМ-Р}; I_{БНК-ЦКМ-ГА}\}, \quad (7)$$

$$I_{БНК} = \{I_{БНК-С}; I_{БНК-К}\} = \{I_{БНК-С-Корп}; I_{БНК-С-Ен}; I_{БНК-С-Доп}; I_{БНК-К-Ен}; I_{БНК-К-Доп}\}, \quad (8)$$

Розглянемо тепер підхід до синтезу рівняння інформаційного балансу БПК (рівняння існування катера-робота за інформаційною складовою його проектування) як однієї з основних складових синтезу САК БНК.

Виходячи з (6) очевидно, що такі рівняння доцільно згрупувати у дві групи:

систему рівнянь, які контролюють інтенсивність $IO_{БНК-ЦКМ}$ [Кбайт/с] двохстороннього інформаційного обміну $I_{БНК-ЦКМ}$ між БНК і ЦКМ, тобто перевіряють відповідність проектних рішень вимогам ТЗ щодо пропускної спроможності каналів зв'язку між ними;

систему рівнянь, які контролюють інтенсивність $IO_{БНК}$ [Кбайт/с] внутрішнього інформаційного обміну $I_{БНК}$, тобто перевіряють відповідність проектних рішень вимогам ТЗ щодо спроможності забезпечити необхідну швидкість передачі інформації від сенсорів та передачі сигналів керування.

По аналогії з (2)-(4) побудову таких рівнянь будемо виконувати у формі нерівностей, які «обмежують знизу» можливі варіанти констру-

торських рішень щодо апаратної частини інформаційно-керуючого обладнання катера.

Тоді першу систему рівнянь можна записати наступним чином:

$$\text{для } I_{\text{БНК-ЦКМ-С}}: \sum_i^M IO_{C_{\text{mi}}} \geq IO_{\text{БНК-ЦКМ-С-ТЗ}}, \quad (9)$$

$$\text{для } I_{\text{БНК-ЦКМ-Р}}: \sum_i^N IO_{P_{\text{ni}}} \geq IO_{\text{БНК-ЦКМ-Р-ТЗ}}; \quad (10)$$

$$\text{для } I_{\text{БНК-ЦКМ-ГА}}: \sum_i^O IO_{G_{\text{ao}}} \geq IO_{\text{БНК-ЦКМ-ГА-ТЗ}}, \quad (11)$$

де M, N, O – кількість одночасно працюючої апаратури, відповідно, супутникового, радіо– та гідроакустичного зв'язку БНК;

$IO_{\text{БНК-ЦКМ-С-ТЗ}}, IO_{\text{БНК-ЦКМ-Р-ТЗ}}, IO_{\text{БНК-ЦКМ-ГА-ТЗ}}$ – мінімально допустимі значення інтенсивності двохстороннього інформаційного обміну, відповідно, супутникового, радіо– та гідроакустичного зв'язку, які визначені ТЗ на проєктування САК БНК.

Очевидно, що в залежності від варіантів застосування БНК згідно (1) та режимів роботи САК згідно (5) кількість одночасно працюючої апаратури може бути різною, тому для прийняття обґрунтованих конструкторських рішень відношення (9)-(11) мають використовуватись для найбільш напружених в плані інтенсивності інформаційного обміну проєктних варіантів.

Другу систему рівнянь, які контролюють інтенсивність ІОБНК внутрішнього інформаційного обміну обладнання БНК $I_{\text{БНК}}$, можна записати наступним чином:

$$\text{для } I_{\text{БНК-С-Корп}}: \sum_i^P IO_{\text{БНК-С-Корп } p} \geq I_{\text{БНК-С-Корп-ТЗ}}, \quad (12)$$

$$\text{для } I_{\text{БНК-С-Ен}}: \sum_i^R IO_{\text{БНК-С-Ен } r} \geq I_{\text{БНК-С-Ен-ТЗ}}; \quad (13)$$

$$\text{для } I_{\text{БНК-С-Доп}}: \sum_i^S IO_{\text{БНК-С-Доп } s} \geq I_{\text{БНК-С-Доп-ТЗ}}; \quad (14)$$

$$\text{для } I_{\text{БНК-К-Ен}}: \sum_i^T IO_{\text{БНК-К-Ен } t} \geq I_{\text{БНК-К-Ен-ТЗ}}; \quad (15)$$

$$\text{для } I_{\text{БНК-К-Доп}}: \sum_i^U IO_{\text{БНК-К-Доп } u} \geq I_{\text{БНК-К-Доп-ТЗ}}; \quad (16)$$

де P, R, S – кількість сенсорів, які контролюють технічний стан корпусу, енергетичного обладнання, допоміжних механізмів і систем БНК;
 T, U – кількість сигналів керування виконавчими механізмами енергетичного обладнання та допоміжними механізмами і системами катера;

$I_{\text{БНК-С-Корп-ТЗ}}, I_{\text{БНК-С-Ен-ТЗ}}, I_{\text{БНК-С-Доп-ТЗ}}, I_{\text{БНК-К-Ен-ТЗ}}, I_{\text{БНК-К-Доп-ТЗ}}$ – мінімально допус-

тимі значення швидкості передачі даних, відповідно, множини сигналів $I_{\text{БНК-С}}$ від сенсорів механізмів і систем БНК та множини сигналів керування $I_{\text{БНК-К}}$ для його виконавчих механізмів.

Виходячи з необхідності постійного вдосконалення систем автоматичного керування засобами морської робототехніки актуальним прикладним теоретичним завданням є розробка сучасних методів їх проєктування. Принципи системного підходу, які об'єднують у єдину методологію врахування взаємного впливу конструктивних, енергетичних та інформаційних характеристик створюваного виробу, дають змогу отримати науково обґрунтовану методологічну основу для синтезу системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером для гуманітарного розмінування акваторій.

Висновки.

1. Сформовано основні режими роботи та показано області застосування безекіпажного надводного катера для гуманітарного розмінування акваторій як об'єкта автоматичного керування.

2. На основі принципів системного підходу введено у розгляд типові етапи функціонування безекіпажного надводного катера-робота як теоретичну основу його проєктування на ранніх стадіях його створення з використання рівнянь існування катера за конструктивним (рівняння мас і об'ємів катера), енергетичним та інформаційним критеріями (рівняння енергетичного та інформаційного балансу).

3. Запропоновано класифікацію процесів інформаційного обміну катера у вигляді процесів внутрішнього та зовнішнього обміну, що дало змогу виконати синтез рівнянь існування безекіпажного надводного катера за інформаційним критерієм.

4. У цілому, сформовані загальнотеоретичні положення щодо синтезу системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером на основі системного підходу утворюють методологічну основу процесу проєктування безекіпажного катера для гуманітарного розмінування акваторій як об'єкта автоматизації.

5. Подальші дослідження планується проводити у напрямку розробки узагальненого алгоритму проєктування системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером для гуманітарного розмінування акваторій як складової системи автоматичного проєктування такого засобу морської робототехніки.

Список літератури:

1. Blintsov V., Hrytsaienko M. Improvement of the management of material and technical resources of water cleaning projects from explosive objects. // Technology Audit and Production Reserves, 2016. – № 6/2(32). – Pp. 51-56. DOI: 10.15587/2312-8372.2016.86768
2. Hrytsaienko M. Development of the Information Platform Model for the Neutralization of Underwater Potentially Dangerous Objects. // Technology Audit and Production Reserves, 2018. – № 2/2(40). – Pp. 57-62. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.129208>
3. Carolay Camacho-Sanchez, Ruben Yie-Pinedo, Gina Galindo. Humanitarian demining for the clearance of landmine-affected areas. Socio-Economic Planning Sciences Volume 88, August 2023, 101611. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101611>
4. Carolay Camacho-Sanchez, Ruben Yie-Pinedo, Gina Galindo. Humanitarian demining for the clearance of landmine-affected areas. Socio-Economic Planning Sciences 88 (2023) 101614. <https://ideas.repec.org/a/eee/socscisearch/v88y2023ics0038012123001118.html>
5. Блінцов В.С., Надточий А.В. Гуманітарне розмінування мілководних акваторій: технології та робототехнічне забезпечення. / «Суднобудування та морська інфраструктура», 2024. Випуск №1(18). – С. 4-10. DOI [https://doi.org/10.15589/smi2024.1\(18\).01](https://doi.org/10.15589/smi2024.1(18).01)
6. 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. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00878>
7. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H. Engineering Design: A Systematic Approach. Third Edition. Springer, 2006. <https://www.amazon.co.uk/Engineering-Design-Systematic-Approach-Pahl/dp/1846283183>
8. Блінцов В.С., Клочков О.П. Рівняння існування самохідної прив'язної підводної системи як оцінка можливості її створення. Міжнародний науково-виробничий журнал «Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія». 2016. № 3. С. 25-30.
9. Гордєєв Б.М., Сабуцький І.П. Інформаційна модель природоохоронного безекіпажного надводного судна як об'єкта автоматизації.. Методи та прилади контролю якості, № 1 (52) 2024. С. 25-32. DOI 10.31471/1993-9981-2024-2(53)-53-59

Gordeev B.M., Nadtochiy A.V. SYNTHESIS OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN UNMANNED SURFACE BOAT FOR HUMANITARIAN DEMINING OF WATER AREAS

The use of a systemic approach to the process of synthesizing an automatic control system for an unmanned surface boat intended for humanitarian demining of water areas is proposed.

Purpose. The purpose of the work is to develop a methodology for synthesizing an automatic control system for an unmanned surface boat for humanitarian demining of water areas, based on the principles of a systemic approach.

Methodology. A systemic approach based on the equations of existence, which has already been proposed for an unmanned surface boat, is used. The equations of existence of masses and volumes and the equation of existence of the boat according to the energy and information components are proposed.

Results. The equations (inequalities) of existence of an unmanned surface boat are synthesized according to certain criteria. In the future, a comparison of the input data of the technical task and the available elements for creating an unmanned surface boat will determine the design, operational and functional features of this type of equipment.

Scientific novelty. In general, the concept of the equations of existence of an unmanned surface boat according to the criteria of mass and volume, energy balance and balance of information flows is presented, which allows synthesizing the given equations already in the classical representation.

Practical significance. The use of a system approach with subsequent synthesis of equations according to the specified criteria will allow assessing the possibility and feasibility of creating an unmanned surface boat at the early stages of design. In addition to the standard equations of masses and volumes, the key is the division of the equations of existence according to the information component into external and internal parts, which separates the equipment of the internal circuit of the boat and the equipment that interacts with the external environment. Special attention is paid to the energy component, which determines the set of equipment that can be mounted depending on the task and the corresponding operating mode. This significantly affects the capacity of the autonomous power source, which provides energy to all elements of the boat that need it.

Key words: unmanned surface boat, automatic control system, systems approach, boat existence equation, system analysis.