

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИМ НАДВОДНИМ КАТЕРОМ

Сучасні виклики, пов'язані з безпекою та керуванням у складних морських умовах, потребують широкого використання безекіпажних надводних катерів. Тези обґрунтовують застосування компонентної бази, що має входити до складу запропонованої структури системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером. Проектування безекіпажного надводного катера відповідно до представленої структури надає можливість забезпечити його безпечне та ефективне функціонування під час виконання місій, отримання достовірних навігаційних даних і виконання поставлених завдань у складних морських умовах.

Наведена структура системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером передбачає наявність підсистем: енергетичного моніторингу, зовнішнього відеоспостереження, а також керування напієм електрообладнанням. Взаємодію між компонентами системи автоматичного керування реалізовано через мережевий інтерфейс RS-485 із застосуванням контролера.

Ключові слова: безпека мореплавства, безекіпажний надводний катер, система автоматичного керування, навігація, сенсори, інформаційний обмін.

Проектування безекіпажних надводних катерів (БНК) активно досліджується через зростаючу потребу в удосконаленні їх систем автоматичного керування (САК), що забезпечують ефективну роботу бортових систем керування та контролю [1]. Сучасні дослідження зосереджені на створенні нових алгоритмів керування, які підвищують автономність, надійність і точність БНК в умовах відкритого моря [2]. Серед основних напрямів – кооперативна навігація, уникнення зіткнень, енергоефективність, а також об'єднання сенсорних технологій і рішень на базі штучного інтелекту [3].

Останні дослідження зосереджуються на створенні автономної навігації для БНК із застосуванням інтегрованих GNSS/INS-систем, сенсорної обробки даних та алгоритмів глибокого і підкріплювального навчання для підтримки прийняття рішень [4]. У контексті побудови маршрутів і уникнення зіткнень акцент робиться на впровадженні багатофункціональних сенсорних систем і стійких до екстремальних умов алгоритмів керування [5].

Важливою складовою досліджень є вплив гідродинамічних параметрів на стійкість і керованість БНК, що є критичним для їх безпечної експлуатації [6]. Також вивчаються підходи до координації дій групи катерів, зокрема для виконання завдань пошуку, порятунку та патрулювання великих зон [7].

Попри досягнутий прогрес, все ще актуальними залишаються питання інтеграції навігаційних, комунікаційних і керуючих підсистем у єдину САК. Це визначає потребу у розробці цілісної архітектури керування, здатної забезпечити стабільну автономну роботу БНК під час тривалих морських місій.

Надійна робота БНК тісно пов'язана з об'єднанням різноманітних бортових підсистем, що відповідають за моніторинг, керування та безпеку. Для цього можуть застосовуватись наявні рішення з енергетичного контролю, відеоспостереження, відстеження водотоннажності та роботи навісного обладнання. Сучасні розробки зосереджені на автоматичних системах виявлення води в корпусі катера, адаптованих до специфіки БНК. Подібні технології вже застосовуються на вантажних суднах і можуть бути адаптовані для безекіпажних платформ із забезпеченням надійної сенсорної роботи та сумісності з САК.

У роботі запропоновано реалізувати САК БНК відповідно до структури наведеної на рис. 1.

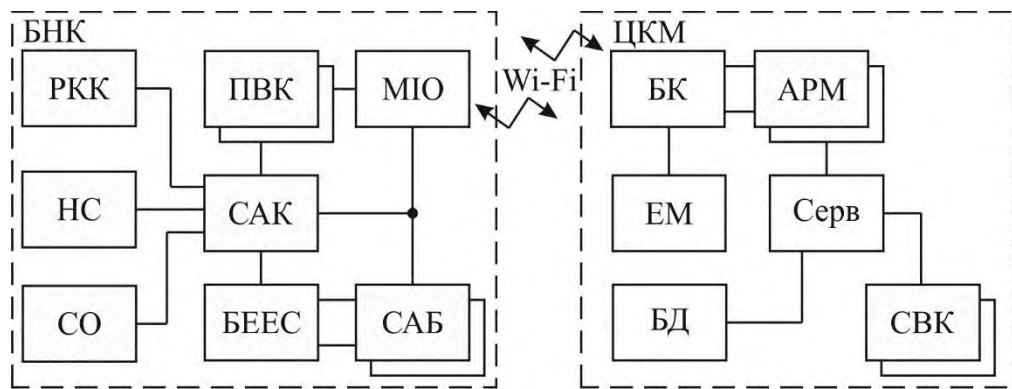


Рис. 1. Структура САК БНК

Система освітлення (СО) забезпечує видимість навколо БНК у темну пору доби та за несприятливих погодних умов. Вона оснащена регульованими LED-прожекторами з можливістю автоматичного ввімкнення через САК залежно від обстановки. Як правило, передбачається режим зниження помітності катера у спеціальних ситуаціях.

Навігаційна система (НС) забезпечує точне позиціювання в реальному часі за допомогою GPS і інерціальних сенсорів, що дозволяє зберігати орієнтацію навіть без супутникового сигналу. Вона інтегрована з САК для підтримання маршруту, передбачення перешкод і оптимізації руху. Постійний обмін даними з центром керування місією (ЦКМ) дозволяє оновлювати карти та зберігати стабільність роботи навіть в умовах електромагнітних завад.

Рушійно-кермовий комплекс (РКК) БНК включає двигуни та системи керування напрямком руху, що функціонують під контролем САК. Можливе використання як паливного, так і електричного живлення. На випадок відмови основних елементів передбачають резервний режим, а також ручне керування з оперативною реакцією на команди з ЦКМ. Інтелектуальні алгоритми автоматично коригують швидкість і курс відповідно до зовнішніх умов.

Бортова електроенергетична система (БЕЕС) забезпечує живлення всіх підсистем БНК, включаючи основний генератор, резервне джерело та енергозберігаючі модулі. Розподіл енергії здійснюється динамічно відповідно до поточних потреб. Система оснащена сенсорами для моніторингу енергоресурсів у реальному часі та передає дані до модуля інформаційного обміну (МІО). Завдяки резервним акумуляторам БЕЕС зберігає працездатність навіть при відмові основного джерела. Постійний контроль та оптимізація енергоспоживання підвищують автономність і паливну ефективність. Актуальні дослідження підтверджують доцільність використання сучасних сенсорів і аналітики для виявлення несправностей на ранніх етапах.

САК є головним елементом керування всіма підсистемами БНК. Вона забезпечує як автономне, так і дистанційне керування, аналізує ситуацію та приймає оптимальні рішення. САК підтримує самодіагностику, автоматичне усунення збоїв і взаємодіє з оператором через МІО.

Палубний відеокomплекс (ПВК) включає мережу камер із круговим оглядом, що працюють у високій роздільності. Оснащення інфрачервоними і телевізійними сенсорами дозволяє вести спостереження вночі та при поганій видимості. ПВК об'єднується із САК для автоматичного виявлення перешкод, а відеопотік передається до центру керування місією в реальному часі. Обладнання має бути з захистом від води, пилу та механічного впливу.

Система автоматичної безпеки (САБ) відповідає за виявлення загроз та захист технічного оснащення БНК. Вона включає сенсори температури, тиску, вібрацій і наявності води, а також використовує прогностичні алгоритми для виявлення потенційних збоїв. У разі критичної ситуації САБ може автоматично зупинити катер. Об'єднання з іншими модулями САК забезпечує обмін діагностичними даними. Крім того, система має передбачати захист від кіберзагроз і здатність працювати як автономно, так і під контролем ЦКМ.

МІО забезпечує зв'язок між катером і центром керування місією. Він приймає команди від операторів і передає телеметричні дані у зворотному напрямку через бездротові канали, зокрема Wi-Fi. Наявність резервних ліній зв'язку підвищує надійність, а захищені протоколи гарантують конфіденційність даних. МІО має підтримувати передачу великого обсягу інформації в режимі реального часу.

ЦКМ відповідає за моніторинг, обробку й аналіз даних, що надходять від САК БНК. Він може бути реалізований як у стаціонарному варіанті, так і у мобільному – на базі наземного або морського транспорту.

Блок керування (БК) виконує маршрутизацію сигналів між базою даних, серверною (Серв) та автоматизованим робочим місцем (АРМ), а також забезпечує зв'язок із зовнішніми мережами. Має передбачати вбудований захист від збоїв і резервні канали, що гарантують безперервну роботу системи та високу пропускну здатність.

Серверна частина ЦКМ обробляє й аналізує вхідні дані, забезпечуючи оперативне прийняття рішень. Вона синхронізується з базою даних для збереження інформації, підтримує паралельну роботу над кількома місіями та гарантує безпеку даних завдяки захищеним протоколам.

БД зберігає ключову інформацію для виконання місій – маршрути, технічні характеристики БНК і результати спостережень. Вона забезпечує оперативний доступ до даних, синхронізується із серверною та підтримує зберігання відеопотоків із ПВК і стаціонарного відеокomплексу (СВК). Має передбачатися резервне копіювання для захисту від втрати інформації. СВК включає систему камер, розміщених у критичних зонах ЦКМ. Він фіксує події в режимі реального часу, виявляє рух і сповіщає операторів про потенційні загрози, підвищуючи рівень безпеки та контроль за місіями.

Електромережа (ЕМ) забезпечує стабільне енергопостачання всіх компонентів ЦКМ. Система включає основне живлення, розподільчі елементи та резервні акумулятори. Завдяки сенсорам здійснюється контроль параметрів, а інтелектуальне керування дозволяє автоматично перерозподіляти ресурси в разі зміни навантаження чи аварійних ситуацій.

Висновок. Реалізація запропонованої структури системи автоматичного керування безкіпажним надводним катером, яка об'єднує навігаційні, комунікаційні та керуючі функції здатна забезпечити його ефективну працездатність при запровадженні таких режимів роботи як патрулювання, проведення рятувальних операцій та охорони об'єктів морської інфраструктури. До складу структури входять системи автоматичної безпеки призначені для виявлення загроз та захисту обладнання катера. Автор вважає за доцільне спрямувати подальші дослідження на вирішення проєктних задач, пов'язаних із розробкою методів контролю технічних параметрів складових елементів бортових систем для зменшення ризиків виникнення відмов під час довготривалих режимів роботи.

References

1. Pinheiro L., Fortes C. J., Lopes P., Poseiro P., Santos J. A. (2018) Warning system for navigation and moored ships in ports. *Revista de engenharia térmica*, 16(2), p. 27.
2. Melnyk O., Onyshchenko S., Onishchenko O., Shumylo O., Voloshyn A., Koskina Y., Volianska Y. (2023) Review of ship information security risks and safety of maritime transportation issues. *The international journal on marine navigation and safety of sea transportation (TransNav)*, 16 (4), pp. 717-722.
3. Tang H., Yin Y., Shen H. (2022) A model for vessel trajectory prediction based on long short-term memory neural network. *Journal of marine engineering & technology*, 21 (3), pp. 136–145.
4. Guo M., Zhou X., Guo C., Liu Y., Zhang C., Bai W. (2024) Adaptive federated filter–combined navigation algorithm based on observability sharing factor for maritime autonomous surface ships. *Journal of marine engineering & technology*, 23 (2), pp. 98–112.
5. Gongxing, Wu, Taotao Xu, Yushan Sun, Jiawei Zhang (2022) Review of multiple unmanned surface vessels collaborative search and hunting based on swarm intelligence. *International journal of advanced robotic systems*, 19 (2), pp. 1–20.
6. Zhao Y., Fenglei H., Duanfeng H., Xiao P., Wangyuan Z. (2022) Decision-making for the autonomous navigation of USVs based on deep reinforcement learning under IALA maritime buoyage system. *Ocean Engineering*, 266 (5), p. 112557.
7. Liu W., Chen S., Hu Y., Lou N., Wang S. (2024) Enhancing USVs navigation based on minimum error entropy of GPS vector tracking. *Measurement science and technology measurement science and technology*, 35 (7), p. 076307.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.10

Andrii Voitasyk
Maksym Skoroid

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN UNMANNED SURFACE VESSEL

Modern challenges related to safety and control in difficult sea conditions require the widespread use of unmanned surface vessels. The thesis justifies the use of a component base that should be part of the proposed structure of the automatic control system for an unmanned surface vessel. Designing an unmanned surface vessel in accordance with the presented structure makes it possible to ensure its safe and effective functioning during mission performance, obtaining reliable navigation data and performing assigned tasks in difficult sea conditions.

The presented structure of the automatic control system for an unmanned surface vessel assumes the presence of subsystems: energy monitoring, external video surveillance, as well as control of mounted electrical equipment. The interaction between the components of the automatic control system is implemented via the RS-485 network interface using a controller.

Key words: maritime safety, unmanned surface vessel, automatic control system, navigation, sensors, information exchange.

Відомості про автора / Information about the Author

Андрій Войтасик, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: andrii.voitasyk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9409-6108>.

Andrii Voitasyk, PhD, Senior lecturer of the Department of automation and computer-integrated technologies of the Faculty of computer science of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: andrii.voitasyk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9409-6108>.

Максим Скоройд, викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: hahido71@gmail.com.

Maksym Skoroid, lecturer of the Department of automation and computer-integrated technologies of the Faculty of computer science of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: hahido71@gmail.com

© А. Войтасик, М. Скоройд
20.05.2025.

Стаття отримана редакцією

