

Гордєєв М.Г.

Дунайський інститут водного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій

ПОТЕНЦІАЛ І ВИКЛИКИ АВТОМАТИЧНОЇ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ СУДНАМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У статті розглядається питання про те, як морська індустрія все ширше впроваджує автономні системи навігації та управління суднами, що використовують технології штучного інтелекту (ШІ).

Мета статті – визначити як ШІ розширює можливості автоматичної навігації та управління суднами, а також проаналізувати елементи, що впливають на продуктивність і безпеку автономного судноплавства.

Наукова новизна. Запропоновано системний аналіз інтеграції ШІ з автоматизованими навігаційними системами, включаючи вдосконалене розпізнавання об'єктів, прийняття рішень, прогнозування погодних умов і оптимізацію паливної ефективності. Досліджено проблеми кібербезпеки, правового регулювання та адаптації морської інфраструктури до автономного судноплавства.

Результати. Проаналізовано ключові компоненти автономної навігації суден, їх взаємодію з датчиками та системами керування. Визначено основні технологічні, правові та етичні виклики, що постають перед впровадженням ШІ в морські перевезення. На Рисунку 1 представлено основні компоненти автономної навігації судна, підкреслюючи інтеграцію ШІ з різними датчиками і системами для сприйняття навколишнього середовища, прийняття рішень. На Рисунку 2 зображено виклики автономного управління судном, що ілюструють питання технологічної надійності, кібербезпеки, правових та етичних рамок, а також інтеграції ШІ з існуючою морською інфраструктурою.

Висновки. ШІ відкриває широкі можливості для трансформації морської навігації та управління суднами, оскільки він підвищує рівень безпеки, а також ефективність та екологічну стійкість. Впровадження ШІ стикається з серйозними перешкодами, які вимагають скоординованих дій зацікавлених сторін галузі, бізнесу, державних установ та міжнародних організацій. Повноцінне впровадження автономної навігації залежить від вирішення проблем кібербезпеки, розвитку правової бази та підготовки експертів з питань інтеграції ШІ. Усі зацікавлені сторони повинні спільно працювати над розробкою керівних принципів, які захистять морські операції від ризиків для безпеки, а також сприятимуть підвищенню надійності поряд з інноваційним прогресом.

Ключові слова: автономні судна, автономне судноплавство, управління рухом судна, штучний інтелект, навігація.

Постановка проблеми. Сучасні морські розробки, зосереджені на управлінні суднами на основі штучного інтелекту разом з автоматичними навігаційними системами, демонструють значний потенціал для підвищення ефективності судноплавства, безпеки операторів та рівня екологічної стійкості. Завдяки ШІ можемо розробляти інноваційні рішення для автоматизації, а також впроваджувати такі функції, як системи розпізнавання об'єктів і алгоритми прийняття рішень, прогнозування погоди, технології оптимізації маршрутів і програми управління ефективністю використання палива. Морські технології підвищують незалежність суден, зменшуючи кількість аварій на воді та кількість членів екіпажу до необхідного рівня, а також зменшуючи викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Впровадження автоматизованих навігаційних систем на основі ШІ на судах створює значні

перешкоди під час їх розгортання, які потребують ретельного вивчення. Автоматизовані системи є вразливими цілями для кібератак, які загрожують кораблям, оскільки вони тонуть, блокуючи водні шляхи та спричиняючи екологічні катастрофи. Тестування надійності та перевірка відповідності вимогам безпеки цих систем вимагає ретельної оцінки, оскільки ці системи повинні пройти перевірку відповідно до правил безпеки і технічних стандартів. У міру того, як автономна навігація розширює свою присутність у судноплаванні, робоча сила на морі стикається з потенційним скороченням. Впровадження автономних суден вимагає схвалення відповідальності за інциденти, спричинені такими суднами, а політики повинні визначити етичні протоколи для запобігання несанкціонованому зловживанню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Т.А. Стовба [1] розглядає нові морські рішення для покращення навігаційного обслуговування та захисту навколишнього середовища, приділяючи особливу увагу майбутньому розвитку галузі за допомогою ІІІ та інформаційних технологій. С.С. Сагін та С.В. Сагін [2] показують, як технологія ІІІ може передбачати зіткнення суден і допомагати запобігати нещасним випадкам на морі. І. Калініченко та Є. Богуславський [3] розглядають застосування ІІІ для безпілотної навігації суден у своєму дослідженні. О.В. Бажак, П.К. Квасников та Ю.В. Рижков [4] розглядають переваги BEIDOU для морської навігації, а також сценарії її майбутнього використання в цьому секторі, підкреслюючи її здатність покращувати навігаційні характеристики суден. О.А. Онищенко, О.М. Мельник, С.В. Курдюк, О.І. Дрозденко та Д.А. Бурлаченко [5] досліджують застосування алгоритмів ІІІ для підвищення ефективності автономних суден у морі.

Чен Х. (Chen X.), Ма Д. (Ma D.), Ліу Р. (Liu R.) [6] досліджують інтеграцію ІІІ в різні аспекти морського транспорту, підкреслюючи його потенціал для підвищення ефективності та безпеки. Джа-лун Ліу (Jialun Liu), Фан Янг (Fan Yang), Шидже Лі (Shijie Li), Якйонг Лі (Yaqiong Lv), Хінью Ху (Xinjue Hu). [7] оцінюють інтелектуальну навігацію кораблів, їхні можливості, поточний стан та виклики. Мадсен А.Н. (Madsen A.N.), Кім Т.Є. (Kim T.E.) [8] досліджують прозорість рішень ІІІ на автономних суднах, а також їхні заходи безпеки. Ветх Є. (Veitch E.), Дибвік Г. (Dybvik H.), Стейнерт М. (Steinert M.) та інші [9] досліджують проблеми управління та навігації, з якими стикаються транспортні засоби, включаючи кораблі. Горі Н. (Horri N.), Голдербаум В. (Holderbaum W.), Гілетті Ф. (Giulietti F.) [10] досліджують значення технології ІІІ для спільної діяльності з передовими судновими навігаційними системами.

Різноманітні наукові дослідження вивчають застосування ІІІ в системах морської навігації та управління, оскільки ця тема набуває все більшого світового інтересу, зберігаючи при цьому значну важливість.

Постановка завдання. Метою статті є виявлення потенціалу та викликів автономної навігації суден за допомогою ІІІ.

Виклад основного матеріалу. Технологія ІІІ надає морським навігаційним системам найважливішу перевагу завдяки швидкій обробці великих масивів даних. Обробляючи в режимі реального часу дані про погоду, GPS-координати і хвилі,

технології ІІІ генерують навігаційні маршрути, виявляючи загрози перешкод для суден і надаючи цінні оперативні дані для забезпечення безпеки на морі [1, с. 391].

Згідно з С.С. Сагіним та С.В. Сагіним: «Впровадження ІІІ в повсякденне виконання обов'язків навігаційного офіцера може суттєво полегшити, а також убезпечити судно від можливих інцидентів. Система ІІІ оброблятиме дані за допомогою алгоритмів і моделей для оцінки поточної ситуації та прогнозування потенційних майбутніх сценаріїв. Це може включати в себе аналіз ризиків зіткнення, оцінка впливу погоди і стану моря, і врахування маневрених можливостей судна» [2, с. 221].

Як зазначають І. Калініченко та Є. Богуславський: «Безпілотні судна при русі мають інерцію і не можуть виконувати довільні команди руху по заданому шляху, крім як на довільно низьких швидкостях» [3, с. 99].

Розвиток автономного судноплавства виділяється як провідний потенціал застосування системи BeiDou. Поєднання можливостей точного позиціонування з надійними каналами зв'язку створює основу для впровадження бортових засобів автоматичного управління. Автономні морські транспортні системи майбутнього отримають переваги, а також підвищать рівень безпеки на морі завдяки інвестиціям в цю технологію. Інтегровані підходи в рамках «розумного судноплавства» отримають вигоду від сучасних технологій зв'язку і управління, включаючи 5G і IoT, а також систем ІІІ. Інструменти прогнозованого технічного обслуговування працюють разом з системами оптимізації маршрутів, які адаптуються до погодних умов і заторів у портах, а також з автоматизованими технологіями запобігання зіткненням [4, с. 887].

Застосування ІІІ в автономних навігаційних апаратах розширює можливості для оптимізації морських операцій. Технологія прогнозування маршруту в реальному часі за допомогою ІІІ дозволяє уникати перешкод і запобігати зіткненням завдяки функціям розпізнавання загроз, що базуються на глибокому навчанні. Впроваджений ІІІ ще більше покращують моніторинг навколишнього середовища та можливості розпізнавання об'єктів, тим самим підвищуючи точність виконання завдань. Інтерпретація морського середовища за допомогою даних про глибину морського дна забезпечує безпечну навігацію. [5, с. 1377].

На Рис. 1 представлено потенціал автоматичної навігації та керування кораблем на основі ІІІ:



Рис. 1. Компоненти автономної навігації суден

ШІ працює як превентивна система, яка інтерпретує дані про стан океану разом із метеорологічними спостереженнями та фактами відстеження морських суден, щоб розпізнати майбутні небезпеки на морі.

Системи ШІ працюють безперервно, не втомлюючись, зберігаючи свою реакцію на сигнал, що знижує ймовірність людської помилки, яка спричиняє морські аварії.

Впровадження автоматизації в навігації та управлінні судном призводить до зниження витрат на паливо, оскільки оптимізований ШІ маршрут відповідає поточним водним умовам і забезпечує безперервну роботу протягом довгих робочих змін без необхідності відпочинку людини.

Суднові системи, що використовують технології ШІ, демонструють вищу ефективність під час автономної роботи, що призводить до збільшення пропускної здатності суден.

Впровадження автоматизованих систем навігації та управління дозволяє морякам розподіляти ресурси на важливі завдання, що вимагають людського інтелекту, включаючи підтримку безпеки на борту і зв'язок між судном і береговою службою.

Використання систем ШІ допомагає зменшити викиди парникових газів, оскільки судна досягають кращої енергоефективності та захищають навколишнє середовище завдяки стратегічному плануванню маршрутів, які оминають екологічно чутливі райони.

На Рис. 2 наведено виклики автоматичної навігації та управління судном на основі ШІ:

ШІ зменшує кількість людських помилок, однак оператори суден стикаються з численними небезпеками, включаючи системні збої в поєднанні зі спробами хакерських атак і потенційними інцидентами, які можуть призвести до серйозних непередбачуваних наслідків.

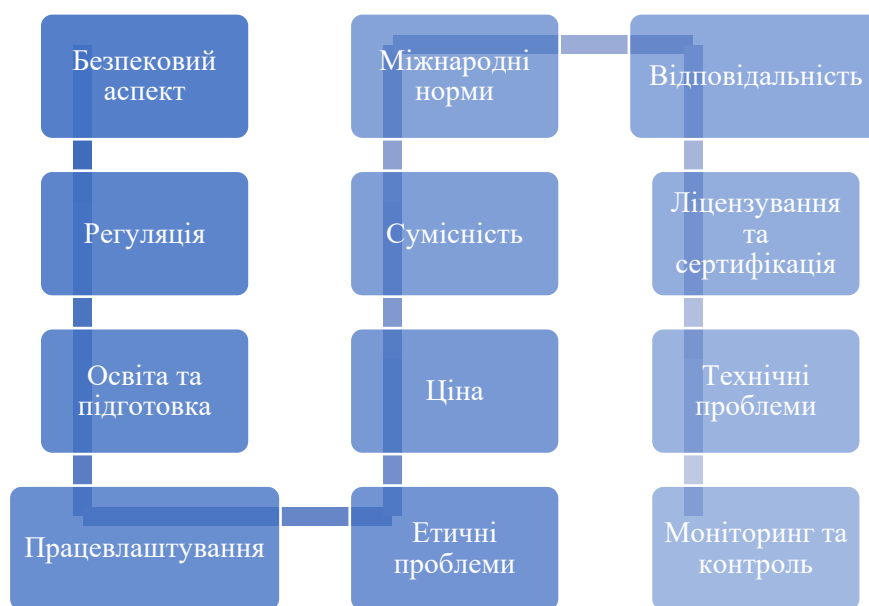


Рис. 2. Виклики автономного управління суднами

Створення міжнародних правил і стандартів, які контролюють застосування штучного інтелекту на судах, є багатоваріантною процедурою, що вимагає тривалого часу на впровадження. Стандарти підготовки суднових екіпажів, які опановують нові навички роботи з системами ШІ, потребують коригування поточних навчальних курсів.

Ризики втрати роботи існують для моряків, оскільки ШІ демонструє здатність автоматизувати їхні робочі функції. Рішення, які приймають системи штучного інтелекту, породжують складні етичні наслідки, що вимагає розробки алгоритмів, здатних впоратися з різноманітними ситуаціями.

Впровадження систем ШІ на судах вимагає значних капіталовкладень, які зазвичай перевищують фінансові можливості більшості невеликих судноплавних компаній.

Судноплавні компанії повинні перевіряти сумісність систем ШІ з поточними навігаційними платформами, щоб не виникало проблем під час їхньої інтеграції. Міжнародна морська організація (ІМО) повинна створити універсальні стандарти для регулювання технологій ШІ на судах, щоб забезпечити міжнародну безпеку судноплавства.

Загальні протоколи повинні встановлювати відповідальність за інциденти та відповідальний розподіл ризиків між судовласниками, виробниками систем ШІ та іншими учасниками морського судноплавства.

Єдина оцінка суднових технологій ШІ слугує для перевірки їхньої експлуатаційної надійності та відповідності світовим стандартам.

Для надійної роботи судна, системи ШІ повинні функціонувати в автономному режимі, одночасно виконуючи завдання самодіагностики, процедури самоконфігурації та обслуговування.

Оперативний нагляд повинен дозволяти системам управління безперервно відстежувати поведінку систем ШІ, щоб виявляти помилки і навмисне неналежне використання.

Навігація та управління суднами відкривають як чудові можливості, так і життєво важливі виклики, які вимагають ретельного стратегічного планування впровадження ШІ, включаючи стандарти безпеки, а також технічний розвиток і етичні міркування.

Потенціал автоматичної навігації та управління суднами на основі Automatic navigation system (ANS) є значним, оскільки він може суттєво підвищити безпеку, ефективність та стабільність навігації на морських, річкових і озерних шляхах. Технологія ШІ визначає, як поєднати

радар і GPS з відеоаналітикою для розробки сучасних автоматизованих навігаційних систем. Технологія ШІ дозволяє системам ідентифікувати найближчі перешкоди, а також передбачати рух інших суден, контролюючи швидкість і напрямки руху, зберігаючи дистанцію до прибережних зон, корабельних аварій і підводних перешкод. Ці системи дозволяють приймати рішення в критичних складних ситуаціях і робити негайний вибір. Судна, керовані ШІ, отримують численні переваги завдяки зменшенню обов'язків екіпажу та покращенню експлуатації судна, що підвищує ефективність використання судноплавних шляхів і водночас зменшує викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Відповідно, існують також певні виклики, пов'язані з (ANS). Велике навантаження стандартів безпеки поряд зі стандартами надійності є критично важливими елементами, особливо в контексті самостійного судноплавства. Системи, керовані ШІ, повинні надійно працювати за будь-яких умов експлуатації, включаючи суворі погодні умови, щільний транспортний потік, погану видимість і різні складні умови навколишнього середовища. Надійні системи передачі даних і зв'язку, які забезпечують безперервний зв'язок між суднами і береговими станціями та компонентами інфраструктури, є важливою вимогою. Етичні та правові питання, такі як відповідальність за інциденти, спричинені автономними системами, є важливим компонентом цієї системи. Розробники ANS повинні також враховувати можливість кібератак, які можуть становити загрозу як безпеці, так і екології. Інші виклики включають необхідність підготовки екіпажу до роботи із ШІ, а також перехід від традиційних систем навігації до автономних. Міжнародні морські організації та уряди разом з представниками галузі повинні створити єдину нормативно-правову базу для вирішення проблем і підтримки морських інновацій задля безпечного морського судноплавства.

Висновки. Застосування ШІ в судноводінні та управлінні суднами демонструє широкі можливості, але потребує належної оцінки ризиків та ефективного управління труднощами впровадження. Впровадження автономного судноплавства вимагає створення надійних безпечних систем, а також програм навчання персоналу та міжнародних правил регулювання автономної навігації. Імпульс до досліджень і розробок відповідних технологій надають п'ять країн, які активно інвестують у цю сферу: Норвегія, Фінляндія,

дія, Швеція, Сінгапур і Китай. Міжнародна морська організація разом з іншими міжнародними організаціями працює над створенням стандартів, які сприятимуть трансформації галузі завдяки цим новим змінам. Потенційні переваги автоматичних систем навігації та управління суднами на основі ШІ є значними, але для їх належного використання необхідно усунути численні перешкоди.

Досягнення вимог безпеки та надійності в системах автоматичної навігації та управління суднами вимагає використання програмних платформ, які інтегрують технології ШІ. Стандарти політики та найкращі практики застосування ШІ в морській галузі потребують галузевої співпраці між зацікавленими сторонами, регуляторними органами та науковцями.

Список літератури:

1. Стовба Т.А. Фронезіс використання штучного інтелекту в морській галузі. Наукові перспективи. 2023. № 7(37). С. 387-398. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-7\(37\)-387-398](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2023-7(37)-387-398) URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/np/article/view/5670/5702> (дата звернення: 24.01.2025).
2. Сагін С.С., Сагін С.В. Використання штучного інтелекту в ситуаціях надмірного зближення суден. Водний транспорт: Збірник наукових праць. 2024. Випуск 1(39). С. 215-225. DOI: <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.22> URL: <https://vt.duit.in.ua/index.php/home/article/view/335/292> (дата звернення: 24.01.2025).
3. Калініченко І., Богуславський Є. Використання штучного інтелекту безпілотних суден для визначення перешкод при плаванні. International Science Journal of Engineering & Agriculture. 2024, Vol. 3, No. 3, pp. 92-103. DOI: <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240303.09>. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://isg-journal.com/isjea/article/download/712/395/732&ved=2ahUKewjgtL7A3ZGLAxVuIRAIHSuXL18QFnoECBUQAQ&usq=AOvVaw0yY0qiByAcahTWLW-PnDt4> (дата звернення: 24.01.2025).
4. Бажак О.В. Квасников П.К. Рижков Ю.В. Система BEIDOU як інноваційне рішення для морської навігації: комплексний аналіз можливостей та перспектив впровадження. Наука і техніка сьогодні. Серія «Техніка». 2024. № 13(41). С. 875-888. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13\(41\)-875-888](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13(41)-875-888) URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/18189> (дата звернення: 24.01.2025).
5. Онищенко О.А., Мельник О.М., Курдюк С.В., Дрозденко О.І., Гаврилюк Т.К., Бурлаченко Д.А. Застосування методів машинного навчання для оптимізації маршрутів і завдань надводних автономних суден. Наука і техніка сьогодні. Серія «Техніка». 2024. № 12(40). С. 1372-1386. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-12\(40\)-1372-1386](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-12(40)-1372-1386) URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/17052> (дата звернення: 24.01.2025).
6. Chen X., Ma D., Liu R. W. Application of Artificial Intelligence in Maritime Transportation. Journal of Marine Science and Engineering. 2024. Vol. 12, No. 3. P. 439. DOI: 10.3390/jmse12030439. URL: <https://www.mdpi.com/2077-1312/12/3/439> (date of access: 25.01.2025).
7. Jialun Liu, Fan Yang, Shijie Li, Yaqiong Lv, Xinjue Hu. Testing and evaluation for intelligent navigation of ships: Current status, possible solutions, and challenges. Ocean Engineering. 2024. Vol. 295. Article 116969. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2024.116969 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801824003068> (date of access: 25.01.2025).
8. Madsen A. N., Kim T. E. A state-of-the-art review of AI decision transparency for autonomous shipping. Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping. 2024. Vol. 8, No. 1–2. DOI: 10.1080/25725084.2024.2336751. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25725084.2024.2336751> (date of access: 25.01.2025).
9. Veitch E., Dybvik H., Steinert M. et al. Collaborative Work with Highly Automated Marine Navigation Systems. Comput Supported Coop Work. 2024. Vol. 33. P. 7–38. DOI: 10.1007/s10606-022-09450-7. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10606-022-09450-7> (date of access: 25.01.2025).
10. Horri N., Holderbaum W., Giulietti F. Challenges in the Guidance, Navigation and Control of Autonomous and Transport Vehicles. Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 15. P. 6635. DOI: 10.3390/app14156635. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/15/6635> (date of access: 25.01.2025).

Hordieiev M.H. POTENTIAL AND CHALLENGES OF AI-BASED AUTOMATIC NAVIGATION AND SHIP CONTROL

This article discusses how the maritime industry is increasingly implementing autonomous navigation and ship control systems using artificial intelligence (AI) technology.

The article's purpose is to study how AI expands the capabilities of automatic navigation and ship control and analyze the elements that affect the performance and safety of autonomous shipping.

Scientific novelty. A systematic analysis of the integration of AI with automated navigation systems, including advanced object recognition, decision-making, weather forecasting, and fuel efficiency optimization, is proposed. The problems of cybersecurity, legal regulation, and adaptation of maritime infrastructure to autonomous navigation are investigated.

Results. The key components of autonomous ship navigation and their interaction with sensors and control systems are analyzed. The main technological, legal, and ethical challenges facing the introduction of AI in maritime transport are identified. Figure 1 shows the main components of autonomous ship navigation, emphasizing the integration of AI with various sensors and systems for environmental perception and decision-making. Figure 2 depicts the challenges of autonomous ship control, illustrating technological reliability, cybersecurity, legal and ethical frameworks, and the integration of AI with existing maritime infrastructure.

Conclusions. Artificial intelligence offers great opportunities for transforming maritime navigation and ship management, increasing safety, efficiency, and environmental sustainability. The introduction of artificial intelligence faces serious obstacles that require coordinated action by industry stakeholders, businesses, government agencies, and international organizations. The full implementation of autonomous navigation depends on addressing cybersecurity issues, developing legal frameworks, and training experts in AI integration. All stakeholders should work together to develop guidelines that will protect maritime operations from security risks and promote reliability alongside innovative progress.

Key words: autonomous ships, autonomous navigation, ship traffic control, artificial intelligence, navigation.