

ВІДГУК

на дисертаційну роботу Беня Андрія Павловича «Теоретичні та методологічні засади створення систем підтримки прийняття рішень в судноводінні», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом

1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, планами темами

Внаслідок домінуючих обсягів та найнижчої, у порівнянні з іншими видами транспорту, вартості вантажоперевезень, морський та внутрішній водний транспорт відіграє дуже важливу роль в економічному розвитку більшості держав світу. Інтенсивний розвиток світового судноплавства обумовлює виникнення низки складних, до цього часу повністю невирішених проблем, які потребують постійної уваги і контролю: забезпечення безпеки мореплавства та запобігання аварій суден, мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище, підтримання заданої швидкості вантажоперевезень, економічної ефективності і багато інших.

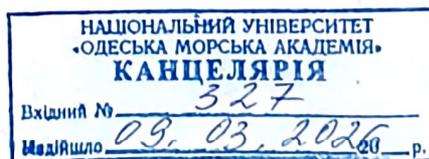
Вирішення таких складних проблем набуває особливої значущості в контексті інтенсивного запровадження у галузі морських перевезень новітніх інформаційних технологій, систем навігації та зв'язку. Наприклад, застосування у сучасному судноплавстві концепції електронної навігації потребує створення нових технічних засобів та інноваційних інформаційних систем управління рухом суден, здатних вивести сучасне судноводіння на якісно новий рівень безпечної, економічної і екологічної експлуатації.

Також слід враховувати складну проблему неухильно зростаючого інформаційного навантаження на судноводіїв, що об'єктивно обумовлено збільшенням обсягів навігаційних даних та даних стосовно стану систем управління судном, які потребують обробки в режимі реального часу та прийняття своєчасних вірних управлінських рішень.

Таким чином, вирішення вказаних проблем потребує наукового підходу та розробки методології створення новітніх систем управління суднами та судовими системами, які базуються на досягненнях сучасних інформаційних технологій.

Слід відзначити, що розробка інтелектуальних інформаційно-навігаційних систем, зокрема систем підтримки прийняття рішень (СППР) в галузі судноводіння, які здатні істотно підвищити безпеку та економічну ефективність судноплавства є актуальним науковим напрямком досліджень.

Важливість розв'язання проблеми підвищення безпеки та ефективності судноплавства підтверджується положеннями Морської доктрини України на період до 2035 року та Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року.



Актуальність дисертаційної роботи та обраного напрямку досліджень підтверджується низкою виконаних науково-дослідних держбюджетних робіт, у яких здобувач Бень А. П. був керівником і виконавцем окремих розділів, а саме:

- «Розробка систем підтримки прийняття рішень судноводія», ДР № 0115U002517;

- «Створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден військового та цивільного призначення», ДР № 0117U002176;

- «Розробка програмних засобів для підвищення якості функціонування систем динамічного позиціонування морських суден», ДР № 0119U100948;

- «Розробка новітніх моделей та програмних засобів для автоматизованих систем керування рухом морських суден цивільного та спеціального призначення», ДР № 0121U109680.

Дослідження проводилось у межах виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Херсонської державної морської академії на 2021–2025 р.р., № 0121U114703 (2021 р., 2023 р.), де здобувач був керівником і виконавцем його етапів.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові результати дослідження, зроблених висновків і рекомендацій слід вважати обґрунтованими та достовірними, оскільки підтверджуються коректністю використаної методології дослідження, постановки проблематики, мети і основних завдань дослідження.

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів, також, забезпечені чіткою постановкою, використанням фундаментальних закономірностей, поєднанням теоретичних і чисельно-експериментальних методів дослідження:

- а) системного аналізу при декомпозиції головної задачі дисертації на окремі складові задачі;

- б) ситуаційного аналізу для аналізу навігаційних ситуацій, визначення рівня їх небезпеки та побудови сценаріїв можливих дій;

- в) сценарно-прецедентного підходу і математичного моделювання для процедур прийняття рішень з управління рухом судна і для визначення траєкторії руху судна;

- г) аналітичної геометрії, векторної алгебри, теорії автоматичного та оптимального керування для вирішення навігаційних задач розходження, маневрування та динамічного позиціонування суден, для створення процедур автоматизованого вибору траєкторій руху суден;

- д) диференційного обчислення і імітаційного моделювання для проведення розрахунків оптимізаційних задач і проведення досліджень з моделювання навігаційних ситуацій, використанням сертифікованих навігаційних тренажерів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному.

Вперше:

– запропонована категоризація напрямів існуючих досліджень у галузі судноводіння за колом задач, що вирішуються, та визначено пріоритетні шляхи розвитку кожного напрямку, що дозволило відокремити проблеми, пов'язані із застосуванням СППР та інтелектуальних систем у судноводінні, визначити ефективні методи їх вирішення;

– запропоновано застосування комплексного підходу до створення СППР в галузі судноводіння, який базується на комбінованому використанні аналітичних моделей руху суден, методів ситуаційного аналізу навігаційних ситуацій та елементів штучного інтелекту, що дозволяє підвищити оперативність та точність прийнятих рішень з управлінням судном;

– розроблені методологічні засади побудови СППР оператора судна, які відрізняються врахуванням особливостей процесу взаємодії людини з технічними засобами судноводіння, що дозволяє скоротити витрати часу на формування та прийняття рішень, підвищити рівень їх точності та адекватності щодо актуальної навігаційної ситуації;

– запропоновано застосування інформаційної взаємодії оператора судна з СППР, яке відрізняється використанням чотирьохфазного циклу обробки, що дає змогу підвищити якість та рівень безпомилковості процесів інформаційного обміну в ергатичній системі «СППР – Особа що приймає рішення (ОПР)»;

– запропонована структура СППР оператора судна, головною відмінністю якої від відомих є застосування моделі його роботи та здійснення адаптивного процесу взаємодії у відповідності до пріоритетності обробки інформаційних повідомлень. Пропонована структура дозволяє знизити негативний вплив людського фактору на процеси управління судном та мінімізувати суб'єктивність прийнятих рішень.

Вдосконалено:

– комплексний метод кількісної оцінки небезпеки зіткнення суден, який відрізняється визначенням області взаємних обов'язків суден та гранично допустимих дистанцій найкоротшого зближення, що дає можливість розраховувати в СППР параметри зони безпеки навколо власного судна;

– методи підтримки прийняття рішень з управління рухом суден при вирішенні задач розходження, маневрування та динамічного позиціонування, які відрізняються адаптацією до застосування у СППР за умов наявності обмежень часу та у критичних ситуаціях, що дозволяє підвищити швидкість та адекватність рішень, що приймаються;

– методи ідентифікації та оцінки негативного впливу людського фактору на процеси управління рухом судна та запропоновано методи його зниження в СППР, основною відмінністю яких є автоматизація процесів прийняття рішень з управління рухом судна для при розходженні, маневруванні та у критичних ситуаціях, за умов наявності обмежень часу, що дозволяє знизити ризики судноводіння;

– методика розрахунку полюсу повороту судна при здійсненні маневрування у вузькостях та обмежених акваторіях, яка відрізняється адаптацією до

вимог подальшого практичного застосування у СППР оператора судна, що дозволяє підвищити точність дотримання суднами планованої траєкторії руху на потенційно небезпечних ділянках.

Отримали подальший розвиток:

– методика забезпечення динамічного позиціонування судна у локально-обмеженому просторі, яка відрізняється урахуванням визначених особливостей процесу взаємодії системи динамічного позиціонування з оператором, що дозволяє знизити ймовірність виникнення помилкових дій;

– методика застосування СППР у процесах оптимізації формування вантажних планів суден контейнеровозів, яка відрізняється від існуючих можливостю адаптивного корегування вантажного плану у відповідності до змін у маршруті судна, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати на виконання рейсу.

3. Наукове і практичне значення дисертаційної роботи

Наукове і практичне значення дисертаційної роботи полягає у підвищенні ефективності та безпеки сучасного судноводіння, яке досягається застосуванням науково-обґрунтованих, уперше запропонованих та удосконалених методів оцінки небезпеки навігаційних ситуацій, ситуаційного аналізу та підтримки прийняття рішень з управління рухом суден при виконанні комплексних навігаційних задач із використанням СППР судноводія.

Теоретична цінність дисертації полягає у наступному:

– визначенні та категоризації пріоритетних напрямків наукових досліджень у галузі судноводіння, пов'язаних із застосуванням сучасних інформаційних технологій;

– розробленні науково-обґрунтованої стратегії та методології створення та застосування СППР у галузі судноводіння;

– створенні адаптованих до застосування у СППР математичних моделей та методів підтримки прийняття рішень з управління рухом суден при вирішенні задач розходження, маневрування та динамічного позиціонування за умов наявності обмежень часу та у критичних ситуаціях;

– розробці методології із ідентифікації та подальшого зниження впливу негативного впливу людського фактору на процеси управління судном;

– створенні математичних моделей автоматизації процесів керування рухом суден у критичних ситуаціях.

Практична цінність дослідження полягає у тому, що отримані у дисертації результати, можуть бути застосовані в освітньому процесі морських начальних закладів вищої освіти під час підготовки майбутніх судноводіїв, а також у навчально-тренажерних центрах при здійсненні тренажерної підготовки фахівців морської галузі, при створенні спеціалізованих апаратних та програмних засобів з управління рухом суден, розробці та впровадженні СППР та інтелектуальних навігаційних інформаційних систем у галузі судноводіння.

Слід зазначити, що результати дисертаційного дослідження вже застосовуються у навчальному процесі морських навчальних закладів, а також у тренажерній підготовці морських фахівців у спеціалізованих тренажерних центрах,

зокрема:

– в освітньому процесі Національного університету «Одеська морська академія» (акт від 28.08.2025 р.), Херсонської державної морської академії (акт від 25.06.2025 р.), Одеського національного морського університету (акт від 27.06.2025 р.);

– при проведенні тренажерної підготовки морських фахівців в спеціалізованих морських тренажерних центрах, а саме у Херсонському морському спеціалізованому тренажерному центрі (акт 013-1/1/2025 від 08.07.2025 р.), у Центрі підготовки та атестації плавкладу НУ «ОМА» (акт від 21.08.2025 р.), у крюїнгової компанії «Марлоу Навігейшен» (акт від 21.08.2025 р.).

4. Повнота викладення основних результатів дисертації в наукових виданнях

Основні результати дисертації повністю відображені у 100 публікаціях, з них 9 – у наукових періодичних виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз *Scopus* та *Web of Science*; 35 – у фахових виданнях України категорії «Б», 2 монографіях та 54 працях апробаційного характеру.

Науковий рівень та кількість публікацій, що відображають основні результати і положення дисертації, рівень проведених апробацій роботи відповідають вимогам, що висуваються МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

У дисертації зазначено особистий внесок здобувача у всіх спільних наукових публікаціях.

5. Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, основного змісту, якій містить сім розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (235 найменувань) та трьох додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 387 сторінок. Структура дисертації, мова та стиль викладення відповідають вимогам, що висуваються до докторських дисертацій.

Реферат дисертації обсягом 48 друкованих сторінок, оформлений якісно, а зміст реферату повністю розкриває основні наукові положення дисертаційної роботи, відображає її актуальність, наукову новизну, практичну цінність, змістовну частину підрозділів. У рефераті наведені висновки за роботою та перелік публікацій здобувача.

Вважаю, що робота є завершеним і цілісним дослідженням з чіткою структурою і логічним викладом матеріалу. Зміст дисертації узагальнює дослідження здобувача. Праця написана сучасною науково-технічною мовою, виклад доведень здійснюється сучасним математичним апаратом. Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність її сприйняття.

6. Відповідність принципам академічної доброчесності

За результатами перевірки та аналізу матеріалів дисертації та публікацій не виявлено ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації чи фальсифікації. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача. Додаткова перевірка роботи на плагіат за допомогою сервісу «Crossref» у системі «Turnitin» (від 10.11.2025 р. ID. trn: oid:::2945327040870) та аналіз результатів не виявили порушень академічної доброчесності. Загальний відсоток подібності тексту складає 26 %, з яких 11 % подібності – наукові праці здобувача. Порівняльний експертний аналіз тексту дисертації не виявив ознак академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації.

Результати наукових досліджень, за якими здобувач захистив кандидатську дисертацію на тему «Методи побудови інтелектуальних адаптивних інтерфейсів «людина - комп'ютеризована система» на основі моделі користувача» (спеціальність 05.13.06 – автоматизовані системи керування та прогресивні інформаційні технології) до результатів докторської дисертації не включені.

7. Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Загалом, дослідження має теоретичне підґрунтя і чітко окреслену практичну спрямованість у сфері інтелектуалізації судноводіння. Результати дисертації формують методологічну базу для подальших наукових досліджень у галузі навігації та управління рухом. Рекомендується використовувати запропонований комплексний підхід, що поєднує аналітичні моделі руху, ситуаційний аналіз та елементи штучного інтелекту для розробки нових типів СППР; доцільно впроваджувати чотирьохфазний цикл обробки інформації для підвищення безпомилковості взаємодії в системі «СППР – Судноводій». Запропонована категоризація окремих напрямів може слугувати дорожньою картою для визначення пріоритетів у розвитку цифрової навігації, а результати щодо формалізації вимог МППЗС-72 можуть бути використані для подолання неоднозначностей у трактуванні правил морської практики в автоматизованих системах.

Практична цінність роботи дозволяє безпосередньо впроваджувати її результати в морську галузь: використовувати структуру СППР для створення нових бортових систем підтримки прийняття рішень, що адаптуються до пріоритетності повідомлень; впроваджувати методику розрахунку полюсу повороту судна для підвищення точності маневрування у вузькостях та обмежених акваторіях; інтегрувати методики ситуаційного аналізу та оцінки небезпеки навігаційних ситуацій у програмне забезпечення навігаційних тренажерів; проводити підготовку судноводіїв за сценаріями, що базуються на сценарно-прецедентному підході; використовувати матеріали дисертації при підготовці магістрів та аспірантів за спеціальністю «Навігація та управління рухом» у морських ЗВО; застосовувати розроблену методику оптимізації вантажних планів контейнеровозів для зниження експлуатаційних витрат при зміні маршруту;

впроваджувати покращені алгоритми динамічного позиціонування для роботи суден у локально-обмеженому просторі.

Для досягнення максимального ефекту при впровадженні результатів (у подальшому розвитку дослідження) необхідні додаткові уточнення і дослідження, зокрема, наступні:

- при практичному використанні СППР слід враховувати можливість некоректних дій з боку інших суден (цілей), які можуть порушувати правила або мати неправильно налаштовані системи *AIS*;

- необхідно чітко розмежовувати відповідальність судноводія та розробника при переході системи в режим автоматизованого управління;

- при створенні систем управління необхідно чітко визначати рівень автономності судна (згідно з класифікацією *IMO* або *MASS*), де ці алгоритми будуть застосовані.

8. Зауваження та питання щодо змісту дисертації

Зауваження загального типу.

1. У першому розділі дисертації, п. 1.3. «Сучасний стан розвитку та напрямки застосування СППР у судноводінні», стор. 69-73, наведено класифікацію напрямків застосування СППР в галузі судноводіння (рис. 1.1, стор. 72) та визначено їх особливості, проте у завершальній частині цього підрозділу бракує критичного аналізу існуючих проблем створення та застосування СППР за кожним із зазначених напрямків, також майже не наведені можливі шляхи їх подолання.

2. У роботі є недоліки, пов'язані з неповнотою чи неоднозначністю наведеної інформації. Так, у підрозділі 4.2 «Підтримка прийняття рішень судноводія при надмірному, небезпечному та критичному зближенню суден» (стор. 151-167) наведено 10 схем аналізаторів маневрів (рисунки 4.6 – 4.23), де постійно зустрічаються нерозкриті позначки (наприклад, «ЗП»); на стор. 167 підрозділу 4.2 «Підтримка прийняття рішень судноводія при надмірному, небезпечному та критичному зближенню суден» зазначено що: «Обчислення за кожною розрахунковою схемою закінчується візуалізацією часу і дистанції до небезпечного судна в момент надмірного, небезпечного і аварійного зближення», проте не вказано, в яких саме одиницях відстані та часу здійснюється ця візуалізація і як враховується; досить часто у роботі застосовуються терміни «управління» і «керування», при цьому не наведено їх розмежування у смисловому контексті.

Змістовні зауваження і питання.

3. У підрозділі 1.7. «Застосування МППЗС-72 в СППР судноводія», стор. 85-88, проведено огляд і аналіз літературних джерел з формалізації МППЗС-72, їх практичного застосування у технічних системах та різних СППР. При цьому не зазначені шляхи подолання існуючих (досить суттєвих) проблем неоднозначного формулювання окремих правил, які містять елементи невизначеності та неповноти трактувань, таких як: «Будь яка дія, що вживається для попередження зіткнення, якщо дозволяють обставини, повинна бути впевненою, своєчасною і відповідати добрій морській практиці», (правило 8(a) - «Дії

для попередження зіткнення»); «Кожне судно, яке зобов'язане поступитися дорогою іншому судну, має, наскільки це можливо, вжити завчасної та рішучої дії для того, щоб «чисто» розійтися з іншим судном», (правило 16 – «Дії судна, що поступається дорогою»). Виникає питання, яким саме чином слід вирішувати вказану проблему правил у запропонованій СППР оператора судна?

4. У підрозділі 3.2. «Формалізація вимог МППЗС-72 в СППР судноводія» (стор. 110-117), розглянуто дії оператора судна на основі восьми базових навігаційних ситуацій, представлених у таблиці 3.1, стор. 117. Слід зазначити, що вказаний перелік не є вичерпним і для практичного застосування він повинен бути доповнений іншими правилами МППЗС-72 або їх комбінаціями.

5. У підрозділі 3.3 «Оцінка навігаційної ситуації в СППР судноводія», стор. 117-120, наведена процедура прийняття рішень у СППР (рис. 3.3). Вважаю, що одним із недоліків її є надмірна ідеалізація коректності дій судноводіїв суден-цілей. У реальному трафіку судна нерідко порушують правила, запізнюються з маневром, не відповідають на виклики, неправильно налаштовують *AIS*. Саме тому виникає закономірне питання, яким чином СППР виробить і надасть валідні рекомендації? Як судноводій має діяти у подібних ситуаціях при таких неоднозначних і складних умовах? Також, до недоліків вказаної процедури підтримки прийняття рішень слід віднести те, що у явному вигляді не зазначено, яким чином враховуються взаємодії суден-цілей між собою з урахуванням принципів цілеспрямованої кооперативної взаємодії, яка має місце у реальних навігаційних ситуаціях розходження суден.

6. У підрозділі 3.5. «Обробка навігаційної інформації в СППР судноводія» (стор. 131-138), описано процес прийняття рішень на основі сценарно-прецедентного підходу, проте доволі стисло описано процес визначення оцінки міри подібності прецедентів і вибору необхідного прецеденту для прийняття рішення в конкретній навігаційній ситуації. З цього виникає питання – яким чином здійснюється порівняння прецедентів та оцінка ступеню їх подібності?

7. Підрозділ 3.6 «СППР в управлінні вантажними операціями контейнеровозів» (стор. 139-144), слід представити більш докладно – із зазначенням математичних моделей, що застосовуються з метою оптимізації вантажних планів суден-контейнеровозів, з наведенням алгоритмів дій з формування таких планів, з наведенням можливої практичної реалізації.

8. Представлені у четвертому розділі дисертації «Підтримка прийняття рішень при розходженні, маневруванні та динамічному позиціонуванні суден» (стор. 145-186) алгоритми ситуаційного аналізу реалізуються у дискретному часовому масштабі. Разом із тим модель руху судна і фізика процесів є безперервними. Виникає питання, яким (за проміжком часу) повинен бути крок дискретизації в оцінці змін навігаційних ситуацій, щоб СППР мала можливість забезпечити необхідну точність прогнозу траєкторії руху судна та надати можливість своєчасності прийняття рішень з управління?

9. Матеріал підрозділу 5.6. «Автоматизація процесів управління рухом судна та людський фактор» (стор. 220-221) подано дуже стисло, хоча зазначений підрозділ є важливим з позицій оцінки загальної структури роботи. З аналізу рис. 5.18 «Схема ергатичної системи керування судном» цього підрозділу не

зрозуміло, де проходить межа між прийняттям рішень згідно рекомендацій СППР та переходом на автоматизоване управління? Також відкритим постає питання юридичної відповідальності у випадку помилковості рішення, яке прийнято у режимі автоматизованого управління.

10. У підрозділі 6.2. «Підвищення точності та надійності функціонування автоматизованих систем управління рухом суден», стор. 227-233, представлено структуру автоматизованої системи управління рухом судна (рис. 6.2, стор. 231), проте не зазначено рівень автономності суден, відповідно до класифікацій ІМО або MASS-рівнів, де вона може бути застосована.

Незважаючи на вказані зауваження, дослідження, що здійснені в дисертаційній роботі, є новими, змістовними і корисними, а наведені запитання є дискусійними.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Бень Андрія Павловича на тему «Теоретичні та методологічні засади створення систем підтримки прийняття рішень в судноводінні» є цілісним та завершеним науковим дослідженням, яке присвячене розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми – підвищенню ефективності та безпеки сучасного судноводіння.

Проблема вирішується шляхом застосування уперше запропонованих та удосконалених існуючих методів оцінки небезпеки навігаційних ситуацій, ситуаційного аналізу та підтримки прийняття рішень з управління рухом суден при виконанні комплексних навігаційних задач із використанням СППР судноводія.

Основні результати дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.22.13 – навігація та управління рухом.

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора технічних наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №1197 від 17 листопада 2021 року (зі змінами), та іншим чинним вимогам, які висувуються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор, Бень Андрій Павлович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
професор, директор навчально-наукового
інституту навігації Національного університету
«Одеська морська академія»



Ігор БУРМАКА