

До спеціалізованої вченої ради Д41.106.01  
Національного університету  
«Одеська морська академія»  
65052, м. Одеса, вул. Дідріхсона 8

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента**

доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри судноводіння і морської безпеки Одеського національного морського університету Мельника Олексія Миколайовича 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. Загальна характеристика роботи та її актуальність**

Сучасний морський та внутрішній водний транспорт функціонує в умовах постійного зростання обсягів міжнародних перевезень, що супроводжується підвищенням вимог до рівня безпеки, оперативності та економічної ефективності транспортних процесів. Розвиток світового судноплавства характеризується збільшенням чисельності суден, зростанням їх водотоннажності та швидкісних характеристик, а також ускладненням технічних засобів навігації, автоматизованих систем управління та інформаційно-комунікаційної інфраструктури, що використовується у процесах судноводіння. У таких умовах навігаційна діяльність набуває дедалі більш складного системного характеру, що обумовлює підвищення рівня невизначеності та ризиків виникнення аварійних ситуацій. Наслідками таких подій можуть бути загроза життю та здоров'ю членів екіпажу, значні матеріальні втрати, пов'язані з пошкодженням суден і вантажів, руйнування портової інфраструктури, а також негативний вплив на морське середовище.

Водночас стрімкий розвиток сучасних інформаційних технологій та їх активне впровадження у навігаційні та комунікаційні системи створюють нові можливості для підвищення ефективності управління суднами та забезпечення безпеки судноплавства. Одним із ключових етапів цього процесу стало формування та поступове впровадження концепції електронної навігації (e-Navigation), яка суттєво трансформувала підходи до організації управління рухом морських і річкових суден. Разом з тим реалізація цієї концепції потребує подальшого розвитку відповідних наукових підходів, математичних

моделей, алгоритмів і програмно-технічних засобів, спрямованих на підтримку прийняття рішень у складних навігаційних ситуаціях.

У дисертаційній роботі висунуто наукову гіпотезу, відповідно до якої підвищення ефективності та безпечності управління рухом суден може бути досягнуто шляхом впровадження систем підтримки прийняття рішень судноводія, здатних забезпечити більш високий рівень оперативності, точності та обґрунтованості управлінських рішень, особливо в умовах обмеженого часу та розвитку критичних навігаційних ситуацій.

З огляду на зазначене, розроблення таких систем є важливим науковим і практичним завданням для сучасної морської галузі та належить до пріоритетних напрямів досліджень, спрямованих на підвищення рівня безпеки судноплавства.

Актуальність дисертаційної роботи також підтверджується її виконанням у межах низки державних науково-дослідних робіт, що реалізовувалися за безпосередньої участі та під керівництвом автора у 2015–2022 роках, зокрема: «Розробка систем підтримки прийняття рішень судноводія» (№ держреєстрації 0115U002517); «Створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден військового та цивільного призначення» (№ держреєстрації 0117U002176); «Розробка програмних засобів для підвищення якості функціонування систем динамічного позиціонування морських суден» (№ держреєстрації 0119U100948); «Розробка новітніх моделей та програмних засобів для автоматизованих систем керування рухом морських суден цивільного та спеціального призначення» (№ держреєстрації 0121U109680).

Таким чином, тематика дисертаційного дослідження є своєчасною, актуальною та має важливе наукове і практичне значення для розвитку сучасних систем управління судноплавством.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та базуються на комплексному застосуванні сучасних методів наукових досліджень. Достовірність отриманих результатів забезпечується проведенням системним аналізом наукових джерел за тематикою роботи, використанням методів математичного та імітаційного моделювання, а також результатами експериментальних досліджень, виконаних із застосуванням сертифікованого тренажерного навігаційного обладнання.

Отримані у дисертації результати характеризуються внутрішньою логічною узгодженістю: сформульовані висновки безпосередньо впливають із проведених теоретичних і експериментальних досліджень, а запропоновані рекомендації мають практичну спрямованість, можуть бути використані у процесах підготовки морських фахівців та при розробленні сучасних систем

управління рухом суден. Практична значущість результатів підтверджується наявністю актів їх впровадження.

Основні положення та результати дисертаційного дослідження були апробовані на численних наукових заходах міжнародного та загальнодержавного рівня, де вони доповідалися, обговорювалися та отримали схвальну оцінку наукової спільноти.

Позитивним аспектом роботи є також те, що за результатами проведених досліджень автором отримано вісім патентів України на корисну модель та одне свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерну програму), що підтверджує новизну та практичну спрямованість запропонованих технічних рішень..

### **3. Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій**

У процесі виконання дисертаційного дослідження здобувачем особисто отримано низку нових наукових результатів.

#### **Вперше:**

– запропоновано категоризацію напрямів існуючих досліджень у галузі судноводіння за колом задач, що вирішуються, а також визначено пріоритетні напрями розвитку кожного з них, що дало змогу виокремити ключові проблеми застосування систем підтримки прийняття рішень та інтелектуальних систем у судноводінні й окреслити ефективні підходи до їх вирішення;

– запропоновано комплексний підхід до створення систем підтримки прийняття рішень у галузі судноводіння, який базується на комбінованому використанні аналітичних моделей руху суден, методів ситуаційного аналізу навігаційних ситуацій та методів штучного інтелекту, що забезпечує підвищення оперативності та точності управлінських рішень;

– розроблено методологічні засади побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія, які враховують особливості взаємодії людини з технічними засобами судноводіння, що сприяє скороченню часу на формування та прийняття рішень і підвищенню їх адекватності реальній навігаційній ситуації;

– запропоновано підхід до організації інформаційної взаємодії судноводія із системою підтримки прийняття рішень на основі чотирьохфазного циклу обробки інформації, що забезпечує підвищення якості та надійності інформаційного обміну в ергатичній системі «СППР – особа, що приймає рішення»;

– запропоновано структуру системи підтримки прийняття рішень судноводія, відмінною особливістю якої є використання моделі діяльності судноводія та реалізація адаптивного механізму взаємодії з користувачем відповідно до пріоритетності обробки інформаційних повідомлень, що сприяє

зниженню негативного впливу людського фактору та зменшенню суб'єктивності управлінських рішень.

#### **Удосконалено:**

– комплексний метод кількісної оцінки небезпеки зіткнення суден, який відрізняється можливістю визначення областей взаємних обов'язків суден та гранично допустимих дистанцій найкоротшого зближення, що дозволяє розраховувати параметри зони безпеки навколо власного судна в системах підтримки прийняття рішень;

– методи підтримки прийняття рішень судноводія при вирішенні задач розходження суден, маневрування та динамічного позиціонування, які адаптовано до використання у складі систем підтримки прийняття рішень за умов часових обмежень та у критичних навігаційних ситуаціях, що сприяє підвищенню оперативності та обґрунтованості прийнятих рішень;

– методи ідентифікації та оцінювання негативного впливу людського фактору на процеси управління рухом судна, а також запропоновано підходи до його зниження в системах підтримки прийняття рішень, що ґрунтуються на автоматизації процесів прийняття рішень під час розходження, маневрування та дій у критичних ситуаціях і сприяють зниженню навігаційних ризиків;

– методику розрахунку полюса повороту судна під час маневрування у вузькостях та обмежених акваторіях, яку адаптовано до практичного застосування у системах підтримки прийняття рішень судноводія, що дозволяє підвищити точність дотримання запланованої траєкторії руху на потенційно небезпечних ділянках.

#### **Набули подальшого розвитку:**

– методика здійснення динамічного позиціонування судна з урахуванням особливостей взаємодії системи динамічного позиціонування з оператором, що дозволяє знизити ймовірність виникнення помилкових дій під час керування об'єктом динамічного позиціонування;

– методика застосування систем підтримки прийняття рішень у процесах оптимізації формування вантажних планів контейнеровозів, яка відрізняється можливістю адаптивного коригування вантажного плану відповідно до змін маршруту судна, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат під час виконання рейсу.

#### **4. Практичне значення отриманих результатів**

Практична цінність дослідження полягає у тому, що отримані у дисертації результати, можуть бути застосовані в освітньому процесі морських навчальних закладів 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.

Практичні результати дисертаційного дослідження вже застосовуються у навчальному процесі, при підвищенні кваліфікації фахівців морської галузі, а також у тренажерній підготовці морських фахівців у спеціалізованих тренажерних центрах: Національному університеті «Одеська морська академія», Херсонській державній морській академії, Одеському Національному морському університеті, Херсонському морському спеціалізованому тренажерному центрі, Центрі підготовки та атестації плавскладу НУ «ОМА», крюїнгової компанії «Марлоу Навігейшен».

При практичній реалізації запропонованих рішень визначені рекомендації щодо удосконалення навчального процесу та покращення результатів тренажерної підготовки майбутніх судноводіїв.

Результати дослідження також використано у процесі виконання чотирьох держбюджетних науково-дослідних робіт, керівником яких був автор.

## **5. Структура та зміст дисертації**

Слід зазначити, що за структурою дисертація відповідає діючим вимогам МОН України (наказ №1197 від 17 листопада 2021 р.). Дисертація складається з анотації, переліку умовних скорочень, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 387 сторінок, у тому числі 270 сторінок основного тексту, 92 рисунки та 9 таблиць. Список використаних джерел містить 235 найменувань. У додатках, що розміщені на 47 сторінках, наведені матеріали що підтверджують впровадження результатів дослідження.

*У вступі* обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, предмет і методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення роботи.

*У першому розділі* проведено загальний аналіз стану питання зі запровадження сучасних інформаційних технологій та СППР у галузі судноводіння. На підставі проведеного аналізу предметної галузі визначено загальну методологію створення таких систем та коло ключових факторів, що впливають на процеси обробки інформації в СППР судноводія, їх вплив на вибір методів обробки даних. Виявлено, що ключовим фактором виникнення морських аварій є вплив так званого «людського чинника» – виникнення аварій внаслідок помилок керування членів суднової команди відповідними системами і пристроями. Визначено місце і роль СППР у подоланні проблеми негативного впливу людського фактору та окреслено шляхи його запобігання.

Обґрунтовано вибір основного напрямку дослідження – підвищення безпечності та ефективності судноводіння шляхом впровадження СППР судноводія.

*У другому розділі* представлено обґрунтування вибору теми дисертації, визначено методологічні та технічні аспекти проведення дослідження. На

основі аналізу загальної проблеми сформульовано робочу гіпотезу наукового дослідження, визначено його мету і головну задачу.

Виконано декомпозицію головної задачі дослідження на окремі її складові задачі та визначено коло методів, що мають бути застосовані для їх вирішення. Визначено послідовність вирішення окремих задач дослідження, розроблено технологічну карту процесу його виконання.

*У третьому розділі* дисертаційного дослідження розглянуто принципи побудови та функціонування СППР судноводія: визначено склад її модулів та структуру потоків інформаційного обміну між ними. Проведено аналіз процесів сприйняття й обробки інформації судноводієм, виявлено ключові особливості, які повинні бути враховані у процесі створення та застосування СППР. Запропоновано методику класифікації навігаційних ситуацій та визначення можливих дій судноводія відповідно вимог МПЗЗС-72, адаптовану до застосування у СППР. Розроблено метод оцінки рівня небезпеки навігаційних ситуацій та процедуру прийняття рішень з управління рухом судна. Визначено структуру процесу інформаційної взаємодії судноводія та СППР при прийнятті рішень та показано, що його якість та ефективність може бути підвищена шляхом врахування особливостей сприйняття та обробки навігаційної інформації судноводієм.

*Четвертий розділ* присвячено дослідженню питань підтримки прийняття рішень при вирішенні задач розходження, маневрування, та динамічного позиціонування суден. На основі запропонованої класифікації навігаційних ситуацій розроблено алгоритм ситуаційного аналізу, аналізатори вибору маневру власного судна та розрахункові схеми для визначення відстаней до суден-цілей. Розглянуті питання підтримки прийняття рішень судноводія при надмірному, небезпечному та аварійному зближенню суден і вибору маневру власного судна у таких випадках. Запропоновано удосконалений метод підтримки прийняття рішень при маневруванні суден.

Також у розділі досліджені питання підвищення надійності управління динамічним позиціонуванням судна. Класифіковані характерні типи відмов СДП та основні чинники їх виникнення.

*У п'ятому розділі* розглянуто питання людського фактору у процесах прийняття рішень у галузі судноводіння та шляхи зниження його впливу. Запропоновано метод ідентифікації впливу людського фактору на процеси керування судном шляхом аналізу послідовностей дій судноводія, а також комплексного аналізу процесу інформаційної взаємодії судноводія та навігаційної інформаційної системи в цілому. Також розглянуті питання моделювання проявів людського фактору команди навігаційного містка у процесі прийняття рішень з керування судном. Визначено, що ефективним засобом подолання негативного впливу людського фактору на процеси управління рухом судна є застосування автоматизованих систем керування та перехід на використання таких систем у випадках наявності помилкових дій судноводіїв, їх відсутності, або у критичних ситуаціях.

*У шостому розділі* розглянуто питання автоматизації процесів

прийняття рішень з управління рухом судна. Визначено відмінні риси та особливості процесів керування екіпажними та автономними суднами, а також структури відповідних автоматизованих систем управління. Досліджені питання автоматизації процесів розходження суден та керування судном у критичних ситуаціях.

У *сьомому розділі* представлено практичну реалізацію розроблених моделей, методів та алгоритмів у СППР судноводія, яку інтегровано з навігаційним обладнанням тренажера Wartsila «Navi-Trainer Professional 5000». Наведено результати імітаційного моделювання та практичної апробації розроблених методів підтримки прийняття рішень з управління рухом суден із застосуванням сертифікованих навігаційних тренажерів.

У *висновках* узагальнено ключові результати роботи, сформульовано основні наукові положення, рекомендації щодо впровадження методології створення та застосування систем підтримки прийняття рішень у галузі судноводіння.

## **6. Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень, висновків, рекомендацій**

Повнота викладення результатів дисертаційного дослідження в опублікованих працях є достатньою. За темою дисертації автором опубліковано 100 наукових праць, з яких 21 – одноосібно. У наукових фахових виданнях опубліковано 44 роботи, серед яких 9 статей індексуються у міжнародних наукометричних базах даних *Scopus* та *Web of Science*.

Крім того, за результатами дослідження опубліковано 2 монографії та 1 навчальний посібник, що також відображають основні положення та результати дисертаційної роботи. Апробацію результатів дослідження представлено у 54 публікаціях, у яких додатково висвітлено окремі аспекти виконаної роботи.

Аналіз змісту опублікованих праць свідчить, що вони у достатній мірі відображають основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертації, а їх кількість і рівень відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України щодо публікаційної активності здобувачів наукового ступеня доктора технічних наук.

## **7. Відсутність (наявність) академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації**

У процесі роботи над дисертацією здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності. За результатами науково-технічної експертизи дисертація Беня А.П. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень.

Матеріали кандидатської дисертації здобувача у матеріалах його докторської дисертації не використовувались.

## **8. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому та зауваження щодо її оформлення**

Дисертація є завершеною науковою працею, що відповідає вимогам МОН України до докторських дисертацій. Зміст роботи логічно структуровано, висновки обґрунтовані, результати достовірні. Реферат точно відображає зміст дисертації.

Дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження (позбавлення) наукового ступеня (пункти 7,8,9 постанови КМУ від 17 листопада 2021 р. №1197 зі змінами) а також іншим чинним нормам щодо обсягу, наукової новизни, практичної значимості та публікацій.

## **9. Зауваження і рекомендації до змісту дисертації, дискусійні питання**

1. У першому розділі дисертаційної роботи «Сучасний стан питання застосування СППР у судноводінні» (стор. 61–97) доцільним було б подати окремий підрозділ із порівняльним аналізом існуючих систем підтримки прийняття рішень, що використовуються у сфері судноводіння, із зазначенням їх основних функціональних можливостей, переваг та недоліків. Такий аналіз дозволив би більш чітко обґрунтувати необхідність розроблення запропонованих у дисертації підходів.

2. Другий розділ дисертаційної роботи «Методологічне забезпечення наукового дослідження» (стор. 98–106) є порівняно невеликим за обсягом та змістовно тісно пов'язаний із матеріалами першого розділу. У зв'язку з цим доцільним виглядало б представлення його матеріалів у вигляді завершальних підрозділів першого розділу без виділення в окремий структурний розділ.

3. У підрозділі 4.2 «Підтримка прийняття рішень судноводія при надмірному, небезпечному та критичному зближенні суден» (стор. 151–167) використовуються терміни «надмірне зближення», «небезпечне зближення» та «критичне зближення». При цьому у тексті недостатньо чітко визначено критерії, за якими здійснюється розмежування зазначених понять у процесі ситуаційного аналізу навігаційних ситуацій, що потребує додаткового пояснення.

4. У четвертому розділі дисертації на рисунках 4.3 «Процедура класифікації навігаційних ситуацій» (стор. 155) та 4.31 «Алгоритм реалізації процесу безпечного динамічного позиціонування» (стор. 184) відсутня нумерація окремих блоків і підписи до підблоків. Крім того, форма подання інформації на зазначених рисунках частково не відповідає загальноприйнятим вимогам до оформлення алгоритмів і блок-схем.

5. У підрозділі 4.4.2 «Підвищення надійності управління динамічним позиціонуванням судна» (стор. 179–186) під час розгляду питань оцінювання безпеки процесів динамічного позиціонування доцільно було б навести конкретні кількісні показники або критерії, за якими здійснюється така оцінка.

6. Підрозділ 5.1 «Вплив людського фактору на процеси управління судном» (стор. 187–191) має досить загальний характер і є відносно значним

за обсягом. З огляду на його зміст, частину матеріалу доцільно було б скоротити або перенести до першого розділу, де розглядається сучасний стан досліджуваної проблематики.

7. У підрозділі 5.5 «Моделювання проявів людського фактору команди на навігаційному містку судна» представлена модель взаємодії вахтової команди (рис. 5.17, стор. 219) має узагальнений характер. Доцільним виглядало б більш детальне відображення ролей окремих учасників навігаційної діяльності (капітан, вахтовий помічник, лоцман), зокрема під час виникнення критичних навігаційних ситуацій.

8. З аналізу матеріалів підрозділів 6.3 «Підвищення точності та надійності функціонування автоматизованих систем управління рухом суден» (стор. 227–233) та 6.4 «Автоматизація процесів розходження з багатьма цілями, що маневрують» (стор. 234–238) виникає питання щодо області застосування запропонованих методів. Зокрема, доцільно уточнити, для якого рівня автономності суден можуть бути використані розроблені моделі та які апаратні й програмні засоби передбачається застосовувати для їх практичної реалізації.

9. За матеріалами сьомого розділу «Розробка та тестування модулів СППР на стенді імітаційного моделювання» (стор. 258–294) виникає низка уточнюючих запитань:

- наскільки поведінка математичної моделі судна OSV3 у середовищі MATLAB під час моделювання цільової функції (відхід від платформи) відповідала його паспортним маневреним характеристикам;
- які недоліки або обмеження розробленого прототипу СППР були відзначені операторами (курсантами) під час виконання тренажерних вправ;
- чи впроваджено розроблений навчальний тренажер для перевірки знань МПЗЗС-72 як обов'язковий етап допуску курсантів до проходження ходової практики.

Зазначені зауваження та питання мають переважно рекомендаційний і дискусійний характер та не знижують загальної наукової та практичної цінності виконаного дисертаційного дослідження.

## **10. Загальні висновки по дисертаційній роботі**

Дисертаційна робота Бєня Андрія Павловича «Теоретичні та методологічні засади створення систем підтримки прийняття рішень в судноводінні» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано важливу науково-технічну проблему підвищення безпеки та ефективності судноводіння. Її вирішення досягнуто шляхом розроблення нових та удосконалення існуючих методів створення і застосування систем підтримки прийняття рішень для розв'язання комплексних задач управління рухом суден.

Дисертація в цілому є самостійною завершеною науковою роботою. Постановка наукової проблеми, обґрунтування методичних підходів до її вирішення, проведення теоретичних і експериментальних досліджень, аналіз та узагальнення отриманих результатів виконані автором особисто. Основні

положення, результати та висновки дисертаційного дослідження достатньо повно відображені у наукових публікаціях здобувача.

Дисертаційна робота виконана на належному теоретичному та методологічному рівні, містить результати, що характеризуються науковою новизною та мають важливе практичне значення для розвитку сучасних систем управління судноплавством. За рівнем наукової новизни, теоретичною та практичною цінністю отриманих результатів, достовірністю і обґрунтованістю сформульованих наукових положень, висновків і рекомендацій дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження (позбавлення) наукового ступеня», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року №1197 (пункти 7, 8, 9) зі змінами, а також іншим чинним вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Враховуючи викладене, автор дисертації - Бень Андрій Павлович - заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом.

**Офіційний опонент,**

завідувач кафедри судноводіння і  
морської безпеки Одеського  
Національного морського  
університету Міністерства освіти і  
науки України,  
доктор технічних наук, професор

О.М. Мельник

Підпис д.т.н., проф. О. М. Мельника засвідчую.



Підпис завідувача  
кафедрою  
М.О. Коробко

