

Голові спеціалізованої вченої ради Д 41.106.01 при
Національному університеті
«Одеська морська академія»
65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8, корп.1.

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Павленка Максима Анатолійовича
на дисертаційну роботу Піпченка Олександра Дмитровича «Розвиток теорії
та практики управління ризиками при вирішенні комплексних навігаційних
задач», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних
наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Підвищення безпеки та ефективності судноводіння в умовах постійного
росту інтенсивності судноплавства, збільшення розмірів суден, комерційного
тиску та ряду обмежень, пов'язаних з захистом навколишнього середовища, є
складною проблемою, якої притаманні як наукові так і суто практичні
протиріччя.

В сучасних умовах, судноплавству, з одного боку, необхідно
забезпечувати прибутковість в умовах підвищення інтенсивності
судноплавства та дестабілізуючих факторів, а із іншого боку прагнути до
зменшення кількості інцидентів. Саме це не тільки впливає на безпеку, але і
на розміри страхових премій, а відповідно, і на витрати. Особливо гострим
стає питання забезпечення максимальної ефективності флоту в умовах
допустимого рівня ризику.

Це обумовлює необхідність наукових досліджень у області якісної та
кількісної оцінки ризиків, які виникають у процесі судноводіння.

Актуальність теми роботи підтверджується виконанням
держбюджетних науково-дослідних робіт відповідно до національної
транспортної стратегії України на період до 2030 року (розпорядження
Кабінету Міністрів України № 430-р від 30.05.2018 р.) та виконане
відповідно положень Морської доктрини України на період до 2035 року
(Постанова № 1307 Верховної Ради України від 07.10.2009 року, зі змінами
від 18.12.2018 року, № 1108), відповідає напрямкам, визначеним у "Тематиці
наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок
МОН України" (Наказ МОН України № 1466 від 28.12.2018 р.).

Дисертація Піпченка О. Д. є складовою частиною наукових досліджень
Національного університету "Одеська морська академія" і Херсонської
державної морської академії (ХДМА). Зокрема, здобувач був виконувачем
окремих розділів наступних НДР: "Створення високоточних інтелектуальних
систем управління рухом морських суден військового і цивільного
призначення" (ДР № 0117U002176: 2017-2018 р.р.); "Розробка програмних

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»	
КАНЦЕЛЯРІЯ	
Вхідний №	535
Надійшло	07.04 2020 р.

засобів для підвищення якості функціонування систем динамічного позиціонування морських суден" (ДР № 0119U100948: 2019-2020 р.р.). Таким чином проблема проблеми підвищення безпеки судноплавства засобів водного транспорту є актуальною.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

У дисертації належним чином сформульовані ціль та головна проблема роботи, використані сучасні та апробовані теорії, обрані сучасні методи досліджень.

Отримані наукові результати є логічними, не суперечать фундаментальним фізичним та математичним закономірностям та підтверджуються достатньою апробацією основних положень та висновків на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях і семінарах.

Слід підкреслити, що для досягнення головної мети дослідження обґрунтовано необхідність вирішення наступні часткових задач дослідження:

- категоризація даних про основні помилки у практиці судноводіїв, які призводять до навігаційних аварій (зіткнень, навалів, посадок на міліну), побудова відповідних моделей ризику;
- дослідження та оптимізація математичних моделей процесів судноводіння;
- розробка методів кількісної оцінки навігаційних параметрів, таких як: параметри руху відносно з інших рухомих об'єктів та нерухомих навігаційних небезпек, та параметри слідування завданому маршруту;
- розробка методу оцінки динамічних навігаційних ризиків для судна на основі ряду неоднорідних параметрів.

Верифікація основних висновків дисертаційної роботи базується на використанні даних експерименту, експертних опитувань та імітаційного моделювання.

Таким чином, достовірність отриманих у роботі положень і наукових результатів підтверджується не тільки наведеними результатами проведених досліджень, але й коректністю застосування припущень і формулювання умов досліджень, зокрема при моделюванні руху судна, процесів управління судном та оцінці ризиків пов'язаних з судноводінням, що не протирічать відомим результатам.

3. Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій

У роботі наведені наступні нові наукові результати, де у рамках вирішення сформульованої наукової проблеми, проведено аналіз існуючого стану і вперше визначені невирішені до сьогодні актуальні завдання розвитку теорії та практики управління ризиками при вирішенні комплексних навігаційних задач.

Зокрема:

1. Уперше сформульовано критерій оцінювання найкоротшої дистанції розходження суден, якій відрізняється урахуванням параметрів судна та куту перетину курсів, що дозволяє аргументовано оцінювати небезпеку зіткнення суден.
2. Уперше запропоновано алгоритм розходження судна-цілі з кінцевим буєм сейсмічного кабелю, який відрізняється використанням методу зворотного розрахунку розходження суден та урахуванням дрейфу кабелю, що може використатися у навігаційних системах підтримки прийняття рішень.
3. Уперше запропоновано категоризацію зон навігаційного ризику та методику визначення запасу під кілем, яка відрізняється урахуванням точності картографічної інформації, що дозволяє визначити критерії оцінки небезпечності запланованого маршруту судна.
4. Уперше запропоновано метод визначення небезпечного зближення суден та маневру останнього моменту, залежно від маневрених характеристик судна та 28 куту перетину курсів, який відрізняється тим, що визначення потенційного контакту суден виконується віддаленням цілі від розрахункової точки зіткнення, що дозволяє зменшити кількість можливих небезпечних ситуацій, та у значній мірі уточнити і спростити розрахунки.
5. Уперше запропоновано методику кількісної оцінки ризику навігаційного інциденту, яка заснована на концепції формальної оцінки безпеки та нечіткій логіці і відрізняється структурою системи нечіткої логіки, методами нормування вхідних параметрів та обробки правил, що дозволяє отримати оцінки навігаційної ситуації для суден з різноманітними розмірами та маневровими характеристиками.
6. Удосконалено алгоритм функціонування контролеру курсу судна, який відрізняється використанням запропонованого адаптивного принципу навчання нейронних мереж, що дозволяє отримати робастні властивості системи управління курсом судна.
7. Удосконалено метод розрахунку динамічної остійності судна у реальному часі, який дозволяє розраховувати рух частково чи повністю занурюваного судна, що дозволяє розроблювати моделі шлюпок вільного падіння та інших подібних об'єктів для використання на симуляторах.
8. Удосконалено метод розрахунку безпечної глибини та визначення лімітуючих параметрів при плануванні навігаційного переходу судна, який відрізняється урахуванням комплексу параметрів безпеки, у тому числі радіусу повороту, границь безпечної зони та поправок на крен, диферент, щільність води, просідання, точність картографічної інформації та інших чинників, що дозволяє об'єктивно і з більшою точністю оцінити запланований маршрут судна.
9. Отримала подальший розвиток класифікація помилок судноводіїв за результатами небезпечних наближень, зіткнень та посадок суден на мілину,

яка відрізняється розробленою структуризацією помилок, що дозволяє проводити декомпозицію причин морських інцидентів.

10. Отримала подальший розвиток методика верифікації математичної моделі плаского руху судна, яка відрізняється формою запису цільових функцій, 29 що дозволяє уточнювати математичні моделі руху суден при застосуванні обмеженої вибірки даних морських випробувань.

11. Отримала подальший розвиток 6 DoF математична модель взаємодії системи буксир-судно пов'язаної тросом, яка відрізняється урахуванням остійності та плавучості суден, натягу тросу, функціонування гвинто-рульових колонок, що дозволяє створювати симулятори роботи суден з буксирами та оцінювати можливість втрати керованості і остійності буксиру у різних експлуатаційних умовах.

12. Отримала подальший розвиток математична модель сейсмічного судна з буксированою системою плавучих кабелів великої довжини, яка відрізняється урахуванням динаміки руху гнучкого кабелю, що дозволяє проводити симуляцію проходження небезпечних ділянок.

4. Практична цінність дисертаційної роботи

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у тому, що отримані основні результати можуть бути використанні під час навчання і підвищення кваліфікації судноводіїв, та осіб, які відповідають за планування роботи флоту, під час розробки проектів експлуатації суден, портів, плануванні рейсу судна та моніторингу безпечного виконання процесів судноводіння, а також при розробці алгоритмів та моделей, які є частиною суднових систем підтримки прийняття рішень та навігаційних симуляторів.

Практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені у виробничу діяльність судноплавної компанії «Mediterranean Shipping Company» (MSC), у навчальному процесі (акт від 03.06.2020) Херсонської державної морської академії (акт від 03.06.2020 р.), зокрема - комп'ютерна програма "Towing System" (авторське свідоцтво №72915 від 18.07.2017); у навчальному процесі під час викладання спеціальних дисциплін на кафедрах НУ "ОМА" (акт від 04.06.2020 р.), у навчальному процесі ІПО «Одеський морський тренажерний центр» (акт від 10.06.2020), а також під час спеціальної підготовки судноводіїв (Казахстанська морська академія, акт від 02.06.2020).

5. Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається з анотацій, переліку умовних скорочень, вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 286 сторінок, у тому числі основної частини 243 сторінок, 22 таблиці, 126 рисунків, 290 найменувань літературних джерел, обсяг додатків - 16 сторінок.

У **вступі** наведено обґрунтування актуальності тематики дослідження, вказано її зв'язок із державними та галузевими програмами, планами і темами. Сформульовано мету і задачі, методи дослідження, зазначено практичне значення та наукову новизну роботи. Наведені дані щодо апробації результатів дослідження. Зазначені публікації за темою дисертації та вказано особистий внесок здобувача у працях, опублікованих у співавторстві.

У **першому розділі** наведено аналіз аварійності світового флоту. Відображено причини втрат внаслідок навігаційних інцидентів. Проведено загальний аналіз стану та виділено існуючі проблеми гарантування безпеки та підвищення ефективності судноплавства.

На основі проведеного аналізу висунуто гіпотезу, що досягнення комплексної ефективності роботи морських суден із одночасним гарантуванням безпеки судноплавства може бути ефективно вирішено шляхом впровадження методів кількісної оцінки безпеки.

Обґрунтовано основний напрям дослідження: підвищення ефективності та безпеки судноплавства при вирішенні комплексних навігаційних задач, що реалізується шляхом вдосконалення та впровадження теоретичних засад управління ризиками. Визначено, що комплексна навігаційна задача, це діяльність судна або групи суден, яка направлена на досягнення поставленої цілі.

У **другому розділі** визначені методологічні основи і принципи наукового дослідження. Зроблено декомпозицію головної задачі на складові та сформульоване основне наукове положення роботи. Показані значущість і практична цінність дисертаційного дослідження, а також сформульоване основне наукове положення роботи. Приведена методика рішення складових задач, поставлених в роботі, яка описує основні етапи виконання наукового дослідження за темою дисертації та включає теоретичні розробки, розробку програмного забезпечення і проведення імітаційного комп'ютерного моделювання.

У **третьому розділі** наведено класифікацію методів математичного моделювання руху судна у просторі у залежності від складності процесу, який обчислюється, та поставлених задач. Запропоновано методику уточнення математичної моделі руху судна та форму запису цільових функцій, які дозволяють уточнювати математичні моделі руху суден при застосуванні обмеженої вибірки даних випробувань.

У **четвертому розділі** розглядається рішення допоміжних задач, пов'язаних з моделюванням руху судна, а саме: моделювання остійності у реальному часі на хвилюванні; урахування крену судна у моделях плоского руху; математичне моделювання систем управління судном на траєкторії.

Розрахунок динамічної остійності судна у реальному часі, виконується шляхом знаходження центроїду зануреної частини корпусу на водному профілі довільної форми. Таким чином, знаючи положення центру ваги судна та центроїду зануреної частини корпусу можна знайти плече моменту

відновлення у заданий момент часу.

Як доповнення для моделей плаского руху суден, які мають високий центр ваги, та на безпеку яких у значної мірі може впливати кут кріну під час маневрування запропоновано метод розрахунку бортового нахилення судна. Показано, що крін судна під час повороту залежить від перекладки стерна, швидкості судна на момент початку повороту та параметрів його остійності.

Запропоновано закон керування курсом судна реалізований на базі штучних нейронних мереж прямого поширення зі зворотним зв'язком по різниці курсів, швидкості зміни різниці курсів та фактичному положенню пера керма. У якості методу управління судном на траєкторії запропоновано так званий метод *лінії видимості*. Наведено методику контролю повороту судна з заданою кутовою швидкістю та адаптації лінії видимості у залежності від віддалення від маршруту.

У **п'ятому розділі** розглядається математичне моделювання системи буксир-судно пов'язаної тросом. Отримано модель буксиру з азимутальними рушіями в чотирьох ступенях свободи з урахуванням крену буксира, яким крім інших факторів також залежить від напрямку та натягу буксирного тросу. Крім того, у моделі враховано взаємний вплив азимутальних рушіїв один на одного.

Розроблено математичну модель системи «судно-гнучке тіло» на прикладі судна сейсмічної розвідки. Проведено аналіз процесу розходження судна сейсмічної розвідки з кабелем великої довжини з іншими суднами. Запропоновано алгоритм рішення зворотної задачі розходження суден на прикладі оцінки небезпеки перетину сейсмічної коси.

У **шостому розділі** проаналізовані особливості маневрування судна у ситуації небезпечного зближення, запропоновано теоретичне обґрунтування поняття «маневр останнього моменту».

Запропоновано алгоритм визначення мінімальної дистанції до прогнозованої точки зіткнення суден, на якій можна виконати маневр циркуляції з перекладкою стерна на борт. Ця дистанція залежить від виду виконуваного судном маневру, кута перетину курсів і розмірів суден. Розглянуто особливості планування маршруту за допомогою Електронної картографічної інформаційної системи (ЕКНІС) та критеріїв безпеки, таких як безпечна глибина та бокове відхилення від маршруту. Запропоновано методи оцінки параметрів, які входять у розрахунок безпечної глибини та бокового відхилення. Запропоновано класифікацію зон запасу глибини під кілем судна у залежності від точності картографічної інформації.

У **сьомому розділі** запропоновано модель ризику для ситуації контакту (зіткнення, навалу чи посадки на мілину). Розглянуто фактори, які впливають на навігаційну безпеку, та стадії на яких відбувається управління ризиками для мінімізації негативного впливу цих факторів. У загальному випадку ризик контакту запропоновано розраховувати як відношення швидкості наближення до об'єкту до часу, який залишається до контакту. Більш деталізоване рішення задачі оцінки ризику включає оцінку впливу дистанції

найкоротшого наближення, куту наближення до об'єкту, дистанції до очікуваної точки контакту. Запропоновано методику визначення мінімально-безпечних параметрів зближення з об'єктом.

Запропоновано структуру системи нечітко-логічного висновку, яка складається із двох послідовних модулів: оцінка імовірності та оцінка ризику.

6. Повнота викладення здобувачем основних результатів

Всього за темою дисертації опубліковано 34 наукових праці, з яких 14 – одноосібних. Зокрема, 26 статей опубліковано у наукових фахових виданнях (з них 5 статей у міжнародних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Scopus), 10 тез доповідей у збірках матеріалів наукових конференцій.

Аналіз публікацій Піпченка О. Д. дозволяє зробити висновок про те, що основні результати дисертаційної роботи знайшли повне відображення в опублікованих працях. Дисертаційна робота пройшла необхідну апробацію на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях, відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до кількості публікацій у переліку фахових видань України та виданнях інших держав, включених до наукометричних баз даних.

Запозичень сторонніх праць та ідей без посилань, а також невідповідності змісту дисертації і автореферату паспорту спеціальності 05.22.13 – навігація та управління рухом у тексті дисертації не виявлено.

Результати та висновки кандидатської дисертації Піпченка О. Д. до результатів докторської дисертаційної роботи не включені.

Ознак плагіату і само плагіату у дисертації не виявлено.

Автореферат цілком відображає зміст дисертаційної роботи. Автореферат містить всю необхідну інформацію для оцінки роботи, основні положення та висновки. Зміст автореферату та основних положень дисертації ідентичні.

7. Зауваження до змісту дисертаційної роботи

1. Виразами 4.11, 4.12, параграфу 4.1, представлені у розгорнутому вигляді гідродинамічні сили і моменти, що діють на судно, але пояснення, які саме сили і моменти позначені літерами X, Y, K, N, відсутні, що ускладнює аналіз отриманих співвідношень.

2. У параграфі 4.3.2, під час порівняння характеристик контролерів керування рухом судна на маршруті, використовується модель Номото. Модель Номото достатньо відома (Nomoto K., Taguchi T., Honda K., Hirano S. On steering qualities of ships. JSP. 1957. N 35. P. 56-64.), але більш доцільно використовувати інші моделі, наприклад, моделі у просторі станів.

3. На рисунку 4.12 наведено блок-схему алгоритму налаштування ПД-регулятора, початковим блоком якої є «Формування функції завдання із

заданою дискретністю». Тут незрозуміло, що автор мав на увазі: функція завдання повинна оновлюватись оператором із заданою дискретністю, чи система сама її оновлює у відповідності із змінюваними обставинами?

4. З роботи не зрозуміло, яким чином будується спільна модель хитавиці та маневрування, результат застосування якої відображено на рисунку 4.5.

5. Незрозуміло, чи проводився перехід від частотного до часового діапазону при розрахунку качки судна на симуляторах. Якщо це так, то не ясно яким чином (параграф 4.1) проведено перехід і розрахунки.

6. Не ясно, яким чином враховуються сили інерції і тертя в симуляторі баржи параграфу 4.1.

7. На рисунку 6.5 показано мінімальну дистанцію до точки зіткнення "судно-ціль". Не всі позначення присутні на рисунку, тому суть наведених залежностей важко зрозуміти. Наприклад, чому при меншій перекладці пера стерна дистанція до точки зіткнення більше?

8. На рисунку 6.12 наведено порівняння методів оцінки просідання судна на мілководді. Тут доречно надати інформацію відносно вірогідності розглянутих методів.

9. На рисунках 6.14, 6.15, 6.17 зображено АЧХ вертикальних переміщень, кильових нахилів та бортових нахилів контейнеровозу на хвилюванні у діапазоні швидкостей 5-25 вузлів. У роботі не наведені параметри вітро-хвильових навантажень, що використовувались при моделюванні.

10. У таблиці 7.1 параграфу 7.1, у рамках застосування ризик-орієнтованого підходу до оцінки небезпеки контакту, виконано експертне опитування судноводіїв, результати якого наведені у таблиці. Одним з показників опитування є СКП, що означає ця аббревіатура у роботі не зазначено.

Вказані зауваження не мають принципового значення і не зменшують наукову та практичну цінність результатів роботи.

8. Загальні висновки

Дисертаційна робота Піпченко Олександра Дмитровича на тему "Розвиток теорії та практики управління ризиками при вирішенні комплексних навігаційних задач" є завершеним науковим дослідженням, що містить нові науково обґрунтовані та практично важливі результати, які у своїй сукупності забезпечують актуальної науково-прикладної проблеми розробки методології оброблення експлуатаційних даних.

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

Автореферат повністю відображає зміст та основні положення дисертації.

За науковим рівнем, практичною цінністю, публікаціями та апробацією результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а здобувач Піпченко Олександр Дмитрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 - навігація та управління рухом.

Начальник кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба
доктор технічних наук професор

Максим ПАВЛЕНКО

“ 2 ” листопада 2021 р.

Підпис Павленка М.А. засвідчую.

Заступник начальника штабу Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Дмитро ГОЛОВНЯК

“ 2 ” листопада 2021 р.