

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Матейчука Вадима Миколайовича**

**«Автоматизація процесів керування рухом судна у шторм»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології,

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Дисертація Матейчука В.М. є науковою роботою, яка виконана у вигляді рукопису, написана українською мовою та складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 157 найменувань і чотирьох додатків. Рукопис містить 58 рисунків та 6 таблиць. Загальний обсяг роботи становить 199 сторінок. Анотація представлена українською та англійською мовами і відображає основні положення дисертаційної роботи. Розгляд дисертації й ознайомлення з опублікованими роботами здобувача за темою дослідження дозволили визначити наступне:

### **Актуальність теми дисертації**

Несприятливі погодні умови є найважчими умовами плавання. Тривала хитавиця, необхідність постійної концентрації уваги значно виснажують екіпаж і призводять до неправильних рішень. Ситуація ускладнюється також тим, що під час шторму значно частіше виникають такі небезпечні явища, як синхронний та параметричний резонанси, збільшуються деформуючі сили та моменти, які можуть досягати максимально допустимих значень і призводити до руйнування корпусу, знижується остійність судна на попутних хвилях тощо. Керівні принципи та рекомендації щодо безпечного плавання в складних погодних умовах наведені в документах Міжнародної морської організації.

Існуючі методи штормування не є найоптимальнішими, оскільки мають невисоку точність через використання візуальних методів оцінки параметрів хвилювання та ручних графічних побудов, значні затримки часу між отриманням даних для розрахунку і визначенням безпечних параметрів руху, відсутність постійного вимірювання параметрів хвилювання та уточнення безпечних параметрів руху, труднощі виявлення рівня небезпеки. Тому

підвищення безпеки штормового плавання є актуальним науково-технічним завданням.

Підвищення ефективності штормування є завданням цієї дисертаційної роботи, яка присвячена розробленню нових методів та засобів керування рухом судна у шторм, а також методів та засобів відпрацювання автоматичних модулів штормування, які дозволять оптимально керувати рухом судна у шторм, зменшити вплив людського чинника на процеси штормування, зменшити виснаженість екіпажу, підвищити безпеку операцій штормування, зменшити вартість та підвищити безпеку і надійність відпрацювання автоматичних модулів штормування.

### **Структура, логіка і зміст дослідження**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено головне завдання дослідження, що вимагає свого розв'язання, показано зв'язок роботи з державними науково-дослідними роботами. Сформульовано мету та наукову гіпотезу дослідження, охарактеризовано новизну і практичну цінність одержаних результатів.

**У розділі 1** проведено аналіз сучасних систем та методів штормування суден, включаючи рекомендації ММО щодо запобігання таких явищ як перевертання судна, гармонійний резонанс, параметричний резонанс, втрата остійності на попутному хвилюванні, брочинг, та удари груп хвиль в корму. Встановлено, що основним найчастіше доступним методом зменшення ризиків, пов'язаних з цими явищами є зміна курсу і швидкості судна. Описано існуючі методи заспокоєння хитавиці та системи оцінки остійності та інших характеристик судна. Розглянуто моделі та методи розробки і тестування автоматичних модулів керування в автоматизованих системах.

**У розділі 2** розглянуто математичну модель нерегулярного хвилювання. Виведено диференціальні рівняння для визначення лінійних і кутових швидкостей та переміщень судна. Визначено збурюючі сили і моменти від хвиль залежно від характеристик судна, амплітуди та довжини хвилі, швидкості судна та кута набігання хвилі. Зроблено висновки по розділу.

**У розділі 3** розглянуто автоматичне штормування методом оптимального переміщення фазової точки у безпечну область. Описано структурну схему модуля, що включає вимірювачі параметрів руху судна та

хвилювання, блоки швидкого перетворення Фур'є, положення фазової точки та небезпечних областей, формування сигналів керування на рушій та стерно. На прикладі судна з заданими параметрами остійності та хвилювання побудовано небезпечні області параметрів штормування. Запропоновано метод автоматичного переміщення фазової точки у безпечну область для підвищення безпеки штормового плавання.

**У розділі 4** розглянуто автоматичне визначення безпечних параметрів руху судна методом умовної оптимізації функції якості керування. Це досягається шляхом постійного розв'язання в бортовому обчислювачі оптимізаційної задачі з обмеженнями, що визначають безпечні області штормування та допустимі швидкості. Визначені параметри руху використовуються як програмні у системах автоматики керування. Цільова функція та обмеження залежать від швидкості, курсу судна і параметрів хвилювання. Перевірено працездатність методу шляхом математичного моделювання та на імітаційному стенді. Використання методу підвищує безпеку штормового плавання, знижує вплив людського чинника і втому екіпажу.

**У розділі 5** розглянуто розробку стенду імітаційного моделювання та тестування модулів автоматичного штормування. Навігаційні тренажери, використовуються для відпрацювання навичок ручного керування рухом судна. Вони забезпечують надійність і реалістичність моделювання фізичних процесів, що підтверджено сертифікатами міжнародних класифікаційних організацій. Здобувач разом із керівником інтегрували імітатор бортового обчислювача у локальну мережу тренажера, створивши замкнутий контур для моделювання. Розроблено спеціалізоване програмне забезпечення на мові C# для обміну даними між тренажером та імітатором. Ефективність стенду підтверджена математичним моделюванням операцій розходження та штормування, що дозволяє відпрацьовувати модулі автоматичного керування в різних умовах.

В цілому матеріал дисертації викладений послідовно та логічно з використанням термінів, що є загальноприйнятими у даній галузі науки.

**Наукові положення, розроблені особисто здобувачем, та їх новизна.**

**Вперше:**

1. Розроблено підхід автоматичного та оптимального переміщення фазової точки параметрів руху судна у безпечну область, який полягає у використанні залежності між швидкістю і курсом судна, яка мінімізує час знаходження фазової точки у небезпечній зоні, на відміну від існуючих рішень, дозволяє контролювати вихід фазової точки із небезпечної області, зменшити ризики розвитку небезпечних явищ, що ведуть до перекидання судна, підвищити безпеку штормового плавання.

2. Розроблено підхід штормування, який полягає у автоматичному знаходженні безпечних та оптимальних параметрів руху судна шляхом постійного вирішення у бортовому обчислювачі оптимізаційної задачі з лінійними та нелінійними обмеженнями типу нерівностей, які визначають безпечні області штормування; використанні отриманих безпечних параметрів руху, як програмних, у автоматиці керування для підтримування програмного руху, на відміну від існуючих рішень дозволяє автоматично знайти безпечні від гармонійного, параметричного резонансів, втрати остійності на попутному хвилюванні, втрати керованості через удари групових хвиль у корму та оптимальні параметри руху, що дає можливість запобігти перевертанню судна, суттєво зменшити вплив людського чинника на процеси керування, зменшити втомлюваність екіпажу, підвищити безпеку судноплавства.

**Удосконалено:** підхід оцінювання безпечних від перекидання судна областей, який полягає у застосуванні швидкого перетворення Фур'є для визначення спектру хвилювання; визначенні енергії демпфування; порівнянні енергії складових спектру із енергією демпфування; визначенні складових спектру, енергія яких перевищує енергію демпфування, для побудови та візуалізації областей небезпечних параметрів штормування та автоматичного визначення безпечних і оптимальних параметрів штормового плавання, на відміну від відомих рішень, враховує усі складові спектру хвилювання, енергія яких перевищує енергію демпфування, що дозволяє зменшити ризики перевертання судна, розширити область безпечного штормування, підвищити ефективність і безпеку штормового плавання.

**Набули подальшого розвитку:**

1. Підхід щодо підвищення безпеки штормового плавання, який полягає

у визначенні, на кожному кроці бортового обчислювача, положення фазової точки та небезпечних щодо перекидання судна областей, їх візуалізації, на відміну від існуючих рішень, надає судноводієві актуальну інформацію про поточні ризики, що дозволяє приймати своєчасні рішення по упередженню виникнення та розвитку небезпечних явищ шляхом ручного маневрування або використання автоматичного модуля штормування.

2. Підхід до розробки і тестування автоматичних модулів керування у автоматизованих системах, який полягає в інтеграції імітатора бортового обчислювача в локальну мережу навігаційного тренажеру, організації замкнутого контуру «Імітатор бортового контролеру – Тренажерна модель судна», на відміну від існуючих рішень дозволяє використовувати моделі суден, погодні та навігаційні умови сертифікованого тренажеру для імітаційного моделювання, значно знизити ризики та вартість робіт по розробці і тестуванню автоматичних модулів керування у автоматизованих системах.

**Повнота викладу результатів в опублікованих працях.** За темою дисертації опубліковано 15 наукових публікацій, у тому числі 4 статті у журналах, проіндексованих у базах даних Scopus та Web of Science, 2 статті у наукових виданнях, включених до категорії «Б» переліку наукових фахових видань України; 9 тез доповідей на міжнародних конференціях. Результати дисертації в достатній мірі апробовані на міжнародних науково-практичних конференціях.

**Оцінка змісту дисертації.** Дисертація є завершеним науковим дослідженням, що містить нові наукові та практичні результати, які в сукупності с вагомим внеском в подальший розвиток систем керування рухом суден, зокрема автоматичних модулів керування судном в умовах шторму. Зміст дисертації відповідає дослідженням за спеціальністю 151 — автоматизація та комп'ютерні інтегровані технології. Оформлення дисертації відповідає існуючим вимогам.

**Дотримання академічної доброчесності.** Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Матейчука Вадима Миколайовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить

елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

**Зауваження щодо дисертаційної роботи:**

1) На стор. 38 в положенні 5 рекомендацій ММО допущена друкарська помилка, замість  $\lambda = 1.56 \cdot T_w^2 \text{ [m]}$  or  $T_w = 0.8 \sqrt{\lambda} \text{ [s]}$  має бути  $\lambda = 1.56 T_w^2 \text{ [m]}$  or  $T_w = 0.8 \sqrt{\lambda} \text{ [s]}$ .

2) На рисунку 1.3 (стор. 46) погано зображені деталі діаграми, деякі елементи діаграми зливаються між собою;

3) На рисунку 3.2 відсутня розшифровка зазначених на ньому величин;

4) Стор. 109 вказано коефіцієнт пропорційності не для всіх типів суден;

5) Стор. 110 не вказано, чому саме обрано координати  $e \sin q - e \cos q$  для візуалізації небезпечних областей параметрів руху судна;

6) Недостатній опис до рисунка 4.2 (стор. 136);

7) В роботі недостатньо описане отримання параметрів схвильованої морської поверхні;

8) Можливості інтелектуальних методів оптимізації не проаналізовані в роботі;

**Слід відзначити**, що зроблені зауваження не знижують цінності досягнутих результатів і наукового рівня дисертаційної роботи.

**Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам.** За своєю актуальністю, науковою новизною, обсягом проведених досліджень, обґрунтованістю та достовірністю висновків, а також дотриманням принципів академічної доброчесності, дисертаційна робота Матейчука Вадима Миколайовича на тему «Автоматизація процесів керування рухом судна у шторм» відповідає спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та вимогам підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261, Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти чи наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня

2022 р. № 44 зі змінами від 19 травня 2023 р. № 502, а також наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Автор дисертаційного дослідження, Матейчук Вадим Миколайович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії (*PhD*) за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Офіційний опонент:

Професор кафедри безпеки морського судноплавства

Інституту післядипломної освіти

«Центр підготовки та атестації плавскладу»,

Національного університету

"Одеська морська академія"

доктор технічних наук, доцент



Олександр ПІПЧЕНКО

