

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора,
професора кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць
Національного транспортного університету

ФОМІНА Олексія Вікторовича

на дисертаційну роботу Волянського Сергія Михайловича
«Підвищення ефективності експлуатації автономних морських транспортних
засобів в умовах невизначеності», подану на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт
засобів транспорту

1. Актуальність теми дисертації

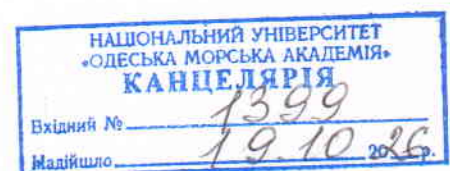
Динамічна трансформація морського транспорту характеризується стрімким впровадженням високотехнологічних та безекіпажних об'єктів – автономних морських транспортних засобів (АМТЗ) та морських автономних платформ. Ефективна експлуатація подібних складних робототехнічних комплексів відбувається в умовах високої стохастичності зовнішнього морського середовища, неповноти вимірювальної інформації, ризиків відмов обладнання та багатфакторної стохастичної і нечіткої невизначеності.

Традиційні підходи до експлуатаційного управління та технічного обслуговування, що базуються переважно на детермінованих моделях та жорсткому регламенті, виявляються недостатньо гнучкими для забезпечення стійкості місій і збереження необхідного рівня надійності АМТЗ. У зв'язку з цим виникає гостра науково-прикладна проблема створення теоретико-методологічних засад інтегрованого адаптивного управління, впровадження цифрових двійників, систем підтримки прийняття рішень (СППР) та методів оцінки антикрихкості для підвищення ефективності експлуатації АМТЗ у змінних сценаріях функціонування.

Таким чином, дисертаційне дослідження Волянського Сергія Михайловича, спрямоване на розроблення теоретико-методологічних основ, моделей та алгоритмів управління ефективністю експлуатації автономних морських транспортних засобів в умовах невизначеності, є безсумнівно актуальним, своєчасним та має важливе значення для розвитку транспортної системи України.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, теоретичні висновки та розрахункові моделі, сформульовані у дисертаційній роботі Волянського С. М., спираються на глибоку аналітичну та методичну базу. Дослідження базується на фундаментальних принципах системного аналізу складних технічних систем, сучасному математичному апараті теорії автоматичного й адаптивного керування, теорії марковських випадкових процесів, апараті теорії нечітких множин, методах багатокритеріальної оптимізації (зокрема модифікованому сценарному методі DEMATEL та методі аналізу ієрархій), моделюванні



динаміки твердого тіла в рідкому середовищі (3-DOF), а також теорії експлуатаційної надійності та ризиків.

Обґрунтованість сформульованих у роботі наукових положень і рекомендацій підтверджується:

- коректною постановкою науково-прикладної проблеми, чіткою декомпозицією головної мети на систему пов'язаних дослідницьких завдань;
- адекватним вибором та поєднанням математичних і чисельно-експериментальних методів дослідження;
- системним використанням методів стохастичного оцінювання невизначеності (зокрема методів Монте-Карло);
- проведенням розлогого чисельного та імітаційного моделювання у сучасних програмно-обчислювальних середовищах (MATLAB, Python);
- узгодженістю отриманих результатів із фундаментальними законами гідродинаміки, теорії керування та експлуатації засобів транспорту.

Теоретичні висновки розділів дисертації є послідовним результатом проведених аналітичних і чисельних досліджень, мають логічну структурованість, а розроблені моделі та алгоритми проходять належну перевірку на адекватність.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розробленні теоретико-методологічних засад, математичних моделей та алгоритмів управління ефективністю експлуатації автономних морських транспортних засобів в умовах стохастичної невизначеності зовнішнього середовища.

Основні результати, що визначають наукову новизну роботи, полягають у наступному:

Вперше:

- запропоновано методологію підвищення ефективності технічної експлуатації АТМЗ, яка, на відміну від існуючих підходів, базується на місійно-орієнтованому принципі управління ефективністю з урахуванням багатофакторної невизначеності, сценарної зміни режимів функціонування та інтегрованої взаємодії технічних, інформаційних, енергетичних і керуючих підсистем АТМЗ;

- розроблено інтегровану багаторівневу модель управління ефективністю експлуатації АТМЗ, яка дозволяє реалізувати динамічне коригування режимів експлуатації в реальному масштабі часу залежно від зміни умов функціонування, рівня ризику та ресурсних обмежень автономної місії;

- введено поняття «алгоритмічної невизначеності» як окремої категорії ризику в АТМЗ, яка охоплює похибки адаптивних алгоритмів, неповноту інформації, змінність параметрів моделей і нестабільність процедур прийняття рішень.

Удосконалено:

- метод інтегрованого оцінювання ефективності експлуатації АТМЗ шляхом введення вагових коефіцієнтів багатофакторного впливу, сценарної

сегментації режимів функціонування та динамічного врахування змін технічного стану;

– метод адаптивного управління АТМЗ за рахунок інтеграції сценарного аналізу, ризик-орієнтованого коригування параметрів та адаптивного перерозподілу ресурсів.

Отримали подальший розвиток:

– методи сценарного моделювання експлуатаційних режимів АТМЗ шляхом урахування стохастичних змін зовнішнього середовища, параметрів енергоспоживання та режимної нестабільності;

– методологічні засади класифікації факторів впливу на ефективність технічної експлуатації АТМЗ.

4. Практичне значення результатів дослідження

Практична цінність отриманих здобувачем результатів полягає у розробленні прикладних аналітичних моделей, функціональних алгоритмів та програмно-методичних засобів, які забезпечують перехід від жорсткого регламентного технічного обслуговування автономних суден та морських платформ до сучасних стратегій обслуговування за фактичним станом та прогностичного сервісу.

Сформовані у роботі алгоритмічні модулі для систем підтримки прийняття рішень та цифрових двійників дозволяють у режимі реального часу прогнозувати залишкові ресурси суднового обладнання й приводів, оптимізувати витрату енергії бортових батареїних комплексів, оцінювати еволюцію ризиків та автоматично формувати безпечні траєкторії руху в умовах інтенсивного гідрометеорологічного хвилювання.

Результати дисертаційних досліджень Волянського С. М. пройшли успішне практичне випробування та впроваджені у виробничу і експлуатаційну діяльність низки профільних підприємств та організацій морської галузі, зокрема: КП «Морська пошуково-рятувальна служба», ТОВ «Lema Cargo Service», ТОВ «ЄВРО ГРАСКОР», компанії «МарінТехСервіс», ПП «БОТС». Крім того, теоретичні й прикладні результати дослідження активно використовуються в освітньому процесі при викладанні спеціальних дисциплін, пов'язаних із системами управління морським транспортом в Одеському національному морському університеті. Достовірність впровадження підтверджена відповідними актами та довідками.

5. Ступінь повноти викладення результатів в опублікованих працях та академічна доброчесність

Основні наукові положення, теоретичні висновки та прикладні результати дисертації повно і вичерпно висвітлено у 54 друкованих працях. Серед них: 1 колективна наукова монографія; 33 статті у наукових фахових періодичних виданнях України та закордонних рецензованих виданнях, з яких 10 праць опубліковано у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Web of Science (зокрема у журналах

першого (Q1) кuartилію); 21 публікація у матеріалах та тезах доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, конгресах і симпозиумах.

Кількість та якість опублікованих праць повністю відповідають вимогам Порядку присудження (позбавлення) наукового ступеня доктора наук, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 р. № 1197 (зі змінами) та чинним вимогам МОН України.

Дисертаційна робота є самостійно виконаною науковою працею здобувача. Усі наукові результати, ідеї та текстові фрагменти, запозичені з праць інших авторів, супроводжуються точними й коректними бібліографічними посиланнями. Здобувач належним чином задекларував використання допоміжних цифрових інструментів при підготовці матеріалів рукопису та їх особисту перевірку і редагування. У дисертації та опублікованих працях не виявлено ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації чи фальсифікації. Результати раніше захищеної кандидатської дисертації здобувача до матеріалів докторської дисертації не включалися.

6. Зауваження і рекомендації до змісту дисертації, дискусійні питання

Відзначаючи високий науково-теоретичний рівень, системність та безсумнівну практичну цінність дисертаційного дослідження Волянського С. М., вважаю за необхідне висловити наступні зауваження та дискусійні положення.

1. У першому розділі дисертаційної роботи

– під час аналізу джерел невизначеності, що впливають на функціонування АМТЗ (стор. 48–52), недостатньо чітко розмежовано вплив параметричної невизначеності об'єкта та зовнішніх гідрометеорологічних збурень. Бажано було б надати більш точну формалізацію їхнього сукупного впливу у вигляді узагальненого вектора стан-збурення вже на етапі постановки задачі;

– на структурній схемі класифікації когнітивних агентів автономного транспорту (стор. 74) відсутні розшифровки окремих аббревіатур в елементах інформаційних зв'язків між блоками аналізу та прийняття рішень, що дещо ускладнює сприйняття поданого матеріалу.

2. У математичній моделі оцінювання експлуатаційної ефективності АМТЗ (розділ 2) під час формування вагових коефіцієнтів деградації ресурсів (форм. 2.18–2.20) використовується фіксований часовий інтервал інтегрування. Варто було б обґрунтувати вибір саме цього інтервалу та оцінити чутливість моделі до його варіації в умовах різких штормових збурень.

3. У третьому розділі дисертаційної роботи

– при формулюванні категорії «алгоритмічна невизначеність» та побудові відповідного контуру МРС-керування автором застосовано спрощену лінійну апроксимацію динаміки пропульсивного комплексу (стор.

165–168). Слід було б детальніше пояснити, як похибка лінеаризації впливає на межі стійкості системи при значних кутах крену та диференту;

– на графіках часових залежностей процесів компенсації відмов виконавчих органів (стор. 189, рис. 3.12) відсутні позначення одиниць вимірювання за віссю ординат для нормованого сигналу неузгодження, що є незначним недоліком у оформленні графічного матеріалу.

4. При обґрунтуванні концепції «антикрихкого управління» (розділ 4, стор. 214–218) та введенні індексу адаптивності автором не повною мірою розкрито алгоритм обчислення цього індексу в умовах втрати інформаційних каналів зв'язку між цифровим двійником (DT) та фізичним бортом АМТЗ у режимі реального часу.

5. Запропонований критерій «когнітивного гомеостазу» для оцінювання стану електромеханічних систем (стор. 275–280) є вагомим науковим здобутком, проте у роботі недостатньо висвітлено питання щодо обчислювальної складності його розрахунку на бортових контролерах з обмеженою продуктивністю.

6. У п'ятому розділі дисертації під час моделювання режимів роботи частотного перетворювача суднового електроприводу (стор. 298, рис. 5.14) не наведено порівняльних осцилограм струму та напруги для стандартного PID-регулювання та розробленого інтелектуального алгоритму, що нівелює наочність продемонстрованого ефекту.

7. Під час застосування методу DEMATEL для причинно-наслідкового аналізу ризиків процедура (розділ 6, стор. 330–335) залучення та агрегування експертних оцінок описана дещо узагальнено. Доцільно було б надати докладнішу інформацію про склад експертної групи та методи перевірки узгодженості їхніх думок (коефіцієнт конкордації).

8. Деякі об'ємні багаторівневі схеми (зокрема, графічні матеріали систем підтримки прийняття рішень та архітектури цифрових двійників у розділах 3 та 5) виконані з використанням занадто дрібного шрифту та високої щільності елементів, що дещо ускладнює їх безпосереднє візуальне сприйняття та аналіз зв'язків між блоками.

Зазначені зауваження та дискусійні питання мають переважно аналітичний та рекомендаційний характер. Вони не знижують загальної високої оцінки виконаної роботи, не применшують наукової та практичної цінності отриманих здобувачем результатів і не ставлять під сумнів обґрунтованість сформульованих у дисертації висновків.

7. Загальні висновки по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота Волянського Сергія Михайловича «Підвищення ефективності експлуатації автономних морських транспортних засобів в умовах невизначеності» за своїм науковим змістом, обсягом проведених досліджень, рівнем новизни та практичним значенням є завершеною, самостійно виконаною кваліфікаційною науковою працею.

У роботі отримано нові науково-обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують важливу науково-прикладну проблему формування

теоретико-методологічних та прикладних засад підвищення ефективності технічної експлуатації автономних морських транспортних засобів в умовах стохастичної невизначеності зовнішнього середовища, змінних сценарних режимів функціонування та деградаційних процесів технічних систем.

За структурою, рівнем наукової новизни, обґрунтованістю висновків, практичною цінністю, а також кількістю та якістю публікацій у фахових періодичних виданнях України й виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science, дисертація повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, зокрема вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 (зі змінами), Положення про спеціалізовану вчену раду з присудження наукового ступеня доктора наук, затвердженого наказом МОН України від 13 грудня 2021 р. № 1359, та чинним вимогам МОН України щодо оформлення дисертацій.

Здобувач Волянський Сергій Михайлович без сумніву заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри електромеханіки
та рухомого складу залізниць
Національного транспортного
університету

Олексій ФОМІН

