

Рецензія

доктора фізико-математичних наук, професора кафедри вищої математики

Національного університету «Одеська морська академія»

Кривого Олександра Федоровича

на дисертаційну роботу **Богаченко Євгена Анатольовича**

«Розробка методів оперативної оцінки безпеки операцій динамічного позиціонування суден» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – «Морський та внутрішній водний транспорт» (галузь знань 27 – Транспорт). Робота виконана в Національному університеті «Одеська морська академія»

Розвиток морських технологій, зокрема, у видобувній галузі, призводить до широкого застосування операцій динамічного позиціонування та маневрування в обмежених акваторіях із залученням буксирів. Такі маневри є одними із найбільш небезпечними і складними в судноводінні, оскільки вони пов'язані із врахуванням значної кількості зовнішніх і внутрішніх факторів, а саме, узгодженням дій екіпажу судна і екіпажів буксирів, швидкістю прийняття рішень, ускладненим маневруванням судна, в зв'язку малими швидкостями в зоні втрати керованості, складністю прогнозування маневру платформ, обмежені області маневрування. Тому розробка методів оперативної оцінки безпеки операцій динамічного позиціонування суден є важливою і **актуальною** теоретичною проблемою і складною практичною задачею, розв'язання якої покликано забезпечити безаварійне виконання операцій динамічного позиціонування і сумісного маневрування судна і буксирів. Дисертаційне дослідження було виконано в рамках планів наукових досліджень Національного університету «Одеська морська академія» за держбюджетною темою «Підвищення навігаційної безпеки морських перевезень у територіальному морі



та внутрішніх морських водах України в інтересах агропромислового комплексу» (№ ДР 0123U1047412). Дослідження також покликані забезпечити безаварійну роботу на судах згідно діючому «Міжнародному кодексу по управлінню безпечною експлуатацією суден і запобіганням забруднення» (ISM-Code: резолюція A.741(18) із поправками: MSC/Рез.104(73) від 01.07.2002, MSC/Рез.179(79) від 01.07.2006, MSC/Рез.195(80) від 01.01.2009, MSC/Рез.273(85) від 01.07.2010 MSC/Рез.353(92) від 01.01.2015), який є обов'язковим до виконання суднохідними компаніями. Мета цього Кодексу полягає в тому, щоб забезпечити міжнародний стандарт для безпечного управління та маневрування суден. В Кодексі, зокрема, зазначено, що суднохідна компанія повинна встановити процедури для забезпечення того, щоб судно підтримувалося відповідно до положень затверджених правил і регламентів, а також будь-яких додаткових вимог, які можуть бути встановлені компанією.

До розв'язання поставленою задачі здобувачем залучені математичні моделі динаміки буксирів, диференціальні рівняння електромеханічного перетворювача керуючого комплексу судна (платформи), моделі регулювання температурних режимів головного двигуна, методи теорії ймовірностей, зокрема, формули Байєса ймовірностей гіпотез, що підтверджує **обґрунтованість** і **достовірність** отриманих результатів.

Були також залученні сучасні методи моделювання і симуляції в середовищі MATLAB-Simulink, що разом із валідацією отриманих наукових результатів підтверджує їх **наукову новизну**.

У дисертаційній роботі отримано **нові результати**, які у сукупності вирішують актуальну наукову проблему забезпечення безпеки операцій динамічного позиціонування суден на основі оперативної оцінки ризиків. Зокрема, запропоновано метод оперативної імовірнісної оцінки ризиків для систем динамічного позиціонування суден, який, враховує покроковий

розвиток подій, поєднання технічних відмов, людських помилок і зовнішніх чинників у реальному часі, та забезпечує на практиці можливість автоматизованого прогнозування критичних сценаріїв і оперативного коригування рішень оператора системи при зміні умов середовища.

Результати дисертаційної роботи мають **практичне значення** для підвищення рівня безпеки морських операцій. Запропонована методика дозволяє автоматизувати виявлення потенційно небезпечних сценаріїв, з урахуванням зовнішніх збурень, стану технічних систем та оператора, забезпечити оперативне прогнозування розвитку ситуації та підтримку прийняття рішень на основі адаптивних моделей ризику, формалізувати вплив людського чинника у процесі управління.

Отримані результати, на наш погляд, висвітлені в повному обсязі і пройшли достатню апробацію. По результатах досліджень опубліковано 11 наукових праць, зокрема, у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії – 3; у закордонних наукових фахових виданнях, що індексуються у наукометричних базах Scopus та Web of Science – 2; у збірниках матеріалів наукових конференцій – 5;

Обсяг дисертації її зміст та структура відповідають встановленим вимогам. Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 167 сторінки. Список використаних джерел складає 251 найменувань Анотації (українською та англійською мовами) і дисертація оформлені згідно до вимог чинних нормативних актів України, викладені доступно та послідовно.

До дисертації є наступні зауваження

1. На наш погляд назва Першого розділу «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ У СИСТЕМАХ ДИНАМІЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ» не зовсім відповідає його змісту і носить дещо претензійний характер. В цьому розділі здобувачем проведений аналіз літературних джерел і висвітлені деякі існуючі підходи до вирішення поставленої задачі. Очевидно, цей розділ доцільно було б так і назвати.

2. При записі математичної моделі буксиру (2.1) не вказано в якій системі координат вона побудована, і не вказано звідки вона запозичена. При цьому здобувачем використовуються різні позначення для параметрів руху: u, v, r, p в системі диференціальних рівнянь (2.1) і v_G, r_G, p_G у формулі (2.6) (останні, зазвичай, використовують при застосуванні системи координат, прив'язаній до центру тяжіння судна) і не вказано, як вони пов'язані.

3. Не зрозуміло також, чому при математичному моделюванні роботи буксиру враховано крен буксира а не його диферент. Саме диферент буксиру впливає на його динаміку при таких маневрах, як «відтягування» або «підштовхування» судна, при швартових операціях. Зусилля при цих маневрах, зазвичай, направлені вздовж діаметральної площини буксиру а не перпендикулярно до неї.

4. Здобувачем при описі моделі (2.1) використовуються не зовсім коректні і не загальноживані терміни, наприклад:

- «додаткові маси» замість «приєднані маси»;
- K_T – «коефіцієнт тяги», замість K_T – «коефіцієнт упору гребного гвинта»;
- «функція ковзання» J , замість «відносна хода гребного гвинта» J ;
- «коефіцієнт зниження тяги», замість «коефіцієнт засмоктування на гвинті»;

- «зниження швидкості внаслідок корпусного опору» замість «коефіцієнту попутного потоку».

5. В моделі (2.1), гідродинамічні сили, спричинені роботою гребного гвинта моделюються формулами (2.2), (2.3), які при моделюванні роботи буксирів використовувати не зовсім коректно і не доцільно. Тому що, по перше, вони містять не диференційовану функцію («модуль») в околі нуля, це призводить до порушення стійкості розв'язків. По-друге у виразі для відносної ходи J гвинта в знаменнику містяться оберти гвинта n , тому при переході до режиму «реверс», коли оберти двигуна прямують до нуля, відносна хода J буде необмежено зростати. Це значно утруднює числове моделювання роботи буксира. Тут доцільно використовувати іншу модель, наприклад Лаврентьєва В. М., або Гофмана О. Д.

6. На сторінці 83, використовується некоректний термін «кренячий момент» для моменту сил, що викликають крен. Напевно його потрібно було так і назвати: «момент сил, які викликають крен».

7. При описі моментів, створеними рушіями, за допомогою формул (2.5), здобувачем використовуються тривимірні координати x_p, y_p, z_p , при цьому в самій моделі (2.1) вертикальний рух буксира не присутній. Це потребує пояснень. Крім, того, здобувач там же пише, що « z_G - центр мас», але центр мас, ще точка в тривимірному просторі $G(x_G, y_G, z_G)$, якщо враховується вертикальні переміщення, і точка $G(x_G, y_G)$, якщо розглядається плоский рух.

8. В розділ 2.4 не коректно записано рівняння (2.18) для визначення кутової швидкості платформи. Дійсно, на відміну від простого осьового обертання (для якого записане рівняння (2.18)), швидкість обертання платформи не можна розглядати окремо від плоского руху і без врахуванням гідродинамічних сил на корпусі. При певних припущеннях, можна записати рівняння тільки відносно

кутової швидкості, але це буде рівняння другого порядку (типу Nomoto):

$$\frac{d^2\omega}{dt^2} + 2p\frac{d\omega}{dt} + q\omega = u(t).$$

9. В системі (2.26) при моделюванні електромеханічного перетворювача енергії (ЕПЕ) одиничної гвинто-стернової колонки, не зовсім коректно записано рівняння 5. Можливо, здобувач мав на увазі, таке рівняння: $\frac{d^2l}{d\tau^2} = i \cdot \omega(\tau)$? Крім того, не визначено зміст та розмірність величини i в цьому рівнянні.

10. Після системи (2.26) здобувач вводить оператор $\frac{d}{d\tau} \equiv p$, який є оператором диференціювання, і називає його чомусь оператором Лапласа, але оператор Лапласа це загальновідомий диференціальний оператор другого порядку ($\Delta \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$).

11. На рисунках 2.11 а), в) і с) різні фізичні величини зображені в одній системі координат при одній шкалі по осі ординат. Це потребує пояснення. Також потребує пояснення: чому на рисунках «шлях $l(\tau)$ » дорівнює «регулятору положення УЗШ, який є задавальним сигналом регулятору швидкості РШ» і «сигналу УРП»;

12. На сторінці 167 у формулі Байєса, величину $P(E)$ здобувач називає: або «нормувальним коефіцієнтом», або загальною ймовірністю (формула (4.2)), але це **повна ймовірність** події E . Крім того, формула (4.1) є окремим випадком формули (4.3) (коли базисна група гіпотез складається із двох подій) і її не доцільно наводити окремо. Крім того, протилежні події в Теорії ймовірності позначаються так $\bar{H}$.

Слід відзначити, що зазначені зауваження, не змінюють високої оцінки даного дисертаційного дослідження, а також не знижують загального позитивного враження від роботи.

Дисертаційна робота **Богаченко Євгена Анатольовича** «Розробка методів оперативної оцінки безпеки операцій динамічного позиціонування суден» є науковим дослідженням, яке виконано автором самостійно на достатньому науковому рівні, має наукову новизну і відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (що затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44). Отримані в роботі результати та положення мають наукову значимість та практичну цінність для забезпечення безпеки морських перевезень і судноплавства.

Отримані висновки і рекомендації, наведені в роботі, є обґрунтованими.

Таким чином, вважаю, що **Богаченко Євген Анатольович**, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – «Морський та внутрішній водний транспорт» (галузь знань 27 – «Транспорт»).

Рецензент:

доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри
вищої математики і фізики НУОМА



Олександр Кривий

