

До спеціалізованої вченої ради  
Д41.106.01 в Національному  
університеті «Одеська морська  
академія»

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента**

доктора технічних наук, завідувача кафедри експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматики Херсонської державної морської академії Міністерства освіти і науки України, професора Рожкова Сергія Олександровича на дисертаційну роботу Будашка Віталія Віталійовича «Підвищення ефективності функціонування суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

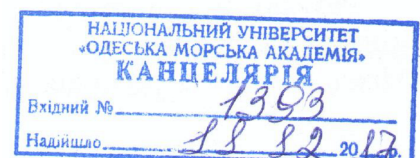
**1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Одним з головних чинників, що стимулює розвиток спеціальних технологій та їх технічне забезпечення є засвоєння ресурсів континентального шельфу та ресурсів світового океану. Це передбачає підвищення ефективності експлуатації суден офшорного флоту, а саме – суден технічного забезпечення.

Більшість сучасних суден офшорного флоту обладнаються *комбінованими пропульсивними комплексами* (КПК). Суттєві відмінності характеру процесів керування окремими технологічними операціями і процесами на таких суднах, де проявляються особливості взаємодії *суднової енергетичної установки* (СЕУ) з КПК, накладають більш високі вимоги до процесів керування технологічним устаткуванням суден, зокрема – до їх енергоефективності і екологічності.

Широкий перелік робіт в різних експлуатаційних умовах встановлює вимоги до адаптації автоматизованих систем керування (АСК) КПК при зміні керуючих впливів і зовнішніх умов функціонування. Це визначає необхідність в розв'язанні завдань розробки математичних моделей, методів їх перетворення і алгоритмізації для забезпечення необхідної швидкодії та автономності об'єктів керування, їх енергоефективності. Крім цього, це формує необхідність розробки засобів підтримки прийняття рішень при проектуванні і експлуатації технологічних комплексів і суден.

Вважаю, що розробка методів удосконалення експлуатаційних характеристик СЕУ КПК, які забезпечують підвищення ефективності їх функціонування, є актуальним завданням державного значення, яке неможливо вирішити без впровадження сучасних науково-технічних методів дослідження.



## **1.1. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Тематика дисертаційної роботи відповідає завданням, які визначені у Транспортній стратегії України до 2020 року та підсумовує дослідження трьох науково-дослідних робіт (НДР). Всі дослідження проведено у рамках держбюджетних НДР Національного університету «Одеська морська академія», де здобувач був керівником НДР «Концепції, технології та напрямки удосконалення суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів» (0114U000340), виконавцем розділів у НДР «Розвиток сучасної теорії і практики технічної експлуатації морського і річкового флоту: концепції, методи, технології» (0114U000346) та НДР «Автоматизація технологічних та адміністративних процесів на транспорті» (0115U003577).

Проблеми підвищення енергоефективності суден викликані прагненням до поліпшення екологічних показників СЕУ КПК і дефіцитом енергоресурсів. Саме ці проблеми лежать в основі вимог, які встановлені Міжнародною морською організацією у Додатку VI до Міжнародної конвенції з запобігання забруднення з суден «Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден» (МАРПОЛ) щодо конструктивного індексу енергоефективності (ККЕЕ) та експлуатаційного коефіцієнту енергоефективності (ЕКЕЕ) у рамках розробки і виконання плану управління енергоефективністю судна (ПУЕЕС) в процесі підвищення ефективності функціонування та експлуатації суден.

Таким чином дисертаційна робота Будашка В.В. «Підвищення ефективності функціонування суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів», без сумніву є актуальною, потребує свого вирішення і спрямована на розв'язання важливої науково-технічної проблеми – підвищення ефективності функціонування суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів та створення їх енергоефективних АСК.

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

Обґрунтованість отриманих результатів дослідження забезпечується коректним використанням положень системного та функціонального аналізу при декомпозиції структури технологічних процесів і об'єктів керування, теорії взаємодії гребних гвинтів із використанням сучасних методів граничних інтегральних рівнянь високого порядку, верифікованими оцінками характеристик гребних гвинтів і елементів КПК на різних експлуатаційних режимах, методами послідовних наближень, положеннями сучасної електротехніки, загальнонауковими принципами методології наукових досліджень.

### **2.1 Ступінь обґрунтованості наукових положень та новизна результатів дисертації**

Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на конференціях та семінарах в Україні та за кордоном, серед яких можна виділити міжнародні: II Міжнародна конференція «*Inductive modeling*» (ICIM-2008), 2008 р., м. Київ; XV

міжнародна конференція з автоматичного управління (Автоматика-2008), 2008 р., м. Одеса; Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту – *ISDMCP* 2008: Аналіз і моделювання складних систем і процесів", 2008 р., м. Євпаторія; Міжнародна конференція «*Engine room simulators (ICERS12)*», 2015 р., м. Стамбул (*Istanbul Technical University, Maritime Faculty*); Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми вычислительного интеллекта (*ISDMCP* 2014)», 2014 р., м. Херсон; IV Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (*MINTT*–2012)», 2012 р., м. Херсон; II Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (*MINTT*–2010)», 2010 р., м. Херсон; IX Міжнародна науково-практична конференція «Наука в информационном пространстве», 2013 р., м. Дніпропетровськ; Міжнародна науково-технічна конференція «Суднова енергетика: стан та проблеми», 2013 р., м. Миколаїв; VIII Міжнародна конференція «*European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences*», 2015 р., м. Відень (Австрія); Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми вычислительного интеллекта (*ISDMCP* 2014)», 2014 р., м. Херсон; XV Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених і спеціалістів «Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації», 2017 р., м. Кременчук.

Враховуючи змістовну складову дисертації, можна вважати достатньо обґрунтованими основні наукові результати, які полягають у розробці ефективних методів і засобів, що забезпечують створення математичних моделей об'єктів і підсистем СЕУ КПК придатних до функціонування у складі АСК на усіх стадіях їх життєвого циклу та формують показники формалізованих завдань, керування та інформаційного забезпечення, впровадження яких дозволяє підвищити енергетичну, ефективність КПК.

Можна вважати, що серед отриманих наукових результатів і положень вперше розробленими є:

- трирівнева багатокритеріальна стратегія управління розподілом енергії у гібридній СЕУ КПК, яка відрізняється швидким виявленням можливості знеструмлення суднової електроенергетичної системи (СЕЕС), інтегрованістю з регуляторами частоти обертання підрулюючих пристроїв (ПП) і системою електроживлення, що дозволяє підвищити надійність і точність визначення необхідності зниження навантаження;

- система підтримки прийняття рішень (СППР) при проектуванні і експлуатації СЕУ КПК, яка відрізняється застосуванням авторського комплексу науково-обґрунтованих теоретичних і розрахунково-експериментальних методів, що дозволяє ефективний вибір структури, верифікацію і самотестування на всіх етапах дослідження КПК;

- фізична модель багатфункціонального КПК, яка відрізняється гнучкістю і інтегрованістю із створеною СППР, яка дозволяє ефективно аналізувати можливі варіанти структури СЕУ і КПК при мінімальній апіорній інформації;

- закон пульсацій упорів на лініях валів гребних гвинтів протилежного обертання (ГПО) в умовах їх взаємодії між собою і корпусом КПК;

– принцип формування частково-інваріантного до збурення керування моментом ПП СЕУ КПК, що відрізняється врахуванням особливостей експлуатаційного режиму, врахуванням обмежень за потужністю і моментом, що дозволило удосконалити стратегію управління ПП та методи оцінювання ефективності функціонування СЕУ КПК;

– методика ітераційної параметризації СЕУ КПК на різних режимах експлуатації, яка відрізняється використанням із співставленням принципів теорії турбомашин при взаємодії потоків нерухомого гвинта і гвинта азимутального ПП, яка дозволила узагальнити співвідношення для упорів і моментів співвісних гребних ГПО в однорідному потоці;

– метод, який відрізняється від відомих врахуванням дії деградаційних ефектів, що дозволяє із високою точністю оцінювати значення упорів і моментів рушіїв азимутального ПП у широкому діапазоні експлуатаційних режимів і кутів відхилення потоків.

Набули подальшого розвитку:

– методи підвищення ефективності експлуатації СЕУ КПК, які відрізняються сінергетичним застосуванням у системі керування моделями і систем регулювання частоти обертання, моменту і потужності ПП, що дозволяє знизити динамічні навантаження на взаємо-впливаючі виконавчі механізми і суднове технологічне обладнання, що перебуває в умовах впливу довкілля і нестабільності роботи гвинта;

– теорія нестационарної взаємодії кількох гребних гвинтів між собою, яка дозволила встановити наступне: а) поворот ПП призводить до зростання аксіальних і тангенціальних складових упорів і моментів; б) експлуатація азимутального ПП при великих кутах відносно нерухомого гвинта призводить до виникнення суттєвих навантажень на балері ПП;

– методи визначення залежностей упорів і моментів азимутального ПП при взаємодії потоку гребного гвинта з корпусом і балером, які відрізняються застосуванням додаткових датчиків, що дозволило ідентифікувати деградаційні ефекти на лініях гребних потоків;

– методика розрахунку коефіцієнтів енергоефективності, яка відрізняється введенням коефіцієнту доступності компенсації деградаційних ефектів, що дозволяє заздалегідь закладати у нові проекти СЕУ КПК енергоощадні технології.

Всі сформульовані наукові результати добре узгоджені з задекларованими науковими положеннями і науковими задачами. Висновки й твердження (за розділами і загальні) - мають доказову базу, однозначні і не викликають сумнівів.

## **2.2. Ступінь обґрунтованості висновків і рекомендацій**

Основні висновки і рекомендації добре корелюються з поставленими науковими завданнями і мають логічне структурування.

Це дозволяє стверджувати, що використана здобувачем "технологія побудови структури наукового дослідження", у сукупності з новими, науково доведеними результатами і застосованими системними методами досліджень, добре обґрунтовує всі висновки і пропоновані рекомендації, які необхідні для подальших досліджень,

для розвитку теорії застосування СЕУ КПК та її практичного використання, зокрема, на суднах офшорного флоту.

### **3. Повнота викладення основних результатів дисертації в наукових виданнях**

Всі результати дисертації з достатнім ступенем повноти опубліковані у 46 наукових працях здобувача, з яких одна монографія колективу авторів, 21 стаття у фахових виданнях, 3 патенти на корисну модель. Більшість фахових публікацій входить до міжнародних наукометричних баз даних, у тому числі до Scopus та Web of Science і мають вільний доступ з мережі Інтернет.

Авторитетних праць апробаційного характеру достатньо для представлення основних результатів науковій спільноті, для їх обговорення.

Запозичень чужих праць і ідей без посилань, а також невідповідності змісту дисертації і автореферату Паспорту спеціальності 05.22.20 у тексті дисертації не виявлено.

Результати та висновки кандидатської дисертації Будашко В.В. до результатів докторської дисертаційної роботи не включені.

### **4. Важливість для науки і народного господарства одержаних результатів**

Наукова цінність результатів дисертації полягає у розвитку науково-технічних основ, теоретичних методів і технічних засобів, що у комплексі вирішують проблему підвищення енергетичної ефективності функціонування суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів суден офшорного флоту – існуючих і перспективних для суднобудування.

Практична цінність отриманих результатів витікає у експериментальній реалізації запропонованих методів та нових наукових положень, на основі яких спроектовано та виготовлено експериментальні фізичні моделі КПК, електроприводи керуючих механізмів, підсистеми керування та сенсорні модулі.

### **5. Рекомендації щодо використання результатів дисертації**

Запропоноване здобувачем розв'язання важливої науково-прикладної проблеми підвищення ефективності функціонування суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів шляхом створення і удосконалення засобів математичного та технологічного їх забезпечення, дозволить впровадження нових технологій на суднах офшорного флоту, зокрема, на ефективний добуток природних копалин, на будівництво спеціального обладнання, рибальство, розвідувально-бурові, підйомно-транспортні, вантажні та інші специфічні морські роботи.

Розроблене інформаційне і програмне забезпечення, СППР, принципи побудови АСК КПК доцільно використати для створення програмно-технічних комплексів суден офшорного флоту нового покоління, зданих ефективно функціонувати та адаптуватися до виконання різнопланових технологічних операцій у складних кліматичних умовах.

Отримані результати можуть бути використані у навчальному процесі при підготовці спеціалістів вищої кваліфікації у галузі автоматизації, суднової енергетики та технічної експлуатації флоту.

## **6. Структура й обсяг дисертації. Відповідність дисертації і її змісту встановленим вимогам. Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації**

6.1. Дисертація містить анотацію, список прийнятих скорочень, список рисунків, список таблиць, вступ, шість розділів, висновки, предметний покажчик, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг дисертації становить 422 сторінки, включаючи зміст та 40 сторінок списку використаних джерел (268 найменувань), 15 таблиць, 107 рисунків, 95 сторінок додатків, що містять у тому числі акти впровадження результатів роботи.

6.2. При загальній оцінці дисертаційної роботи, слід зазначити, що вона є завершеним і цілісним дослідженням з чіткою структурою і логічним викладом матеріалу.

Зміст дисертації узагальнює дослідження здобувача.

Працю написано сучасною науково-технічною мовою, виклад математичних доведень здійснюється сучасним апаратом функціонального аналізу.

Стиль викладання матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність її сприйняття.

Оформлення дисертації проведено згідно вимог п. 10, п. 12, п. 14 «Порядку присудження наукових ступенів».

6.3. Автореферат обсягом 55 друкованих сторінок викладений українською мовою та добре оформлений. Розсилку здійснено 20 листопада 2017 року.

Оформлення автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів».

Зміст автореферату повністю розкриває зміст основних наукових положень дисертаційної роботи.

## **7. Зауваження**

Стосовно смислової частини дисертаційної роботи потрібно визначити наступні зауваження.

1. Автором стверджується (стор. 82), що при аналізі і моделюванні суднових синхронних генераторів ортогональна система координат  $d-q$  має суттєві переваги перед нерухомою системою координат  $a, b, c$ . Вважаю, що це дуже суб'єктивне твердження.

2. Здобувач дуже часто використовує терміни "енергетичний процес" і "значущі ознаки типових ситуаційних чинників", але не пояснює, саме що під цим процесом і ознаками має на увазі та як він їх трактує.

3. У роботі велику увагу приділено регулюванню моменту асинхронного двигуна (наприклад, рис. 4.4). Але зовсім не оцінюється основний невідомий чинник для цієї системи – параметри заступної схеми асинхронного електродвигуна. До того

ж, ці параметри Т- або Г-образної заступної схеми суттєво змінюються у ході експлуатації.

4. У формулі (4.21) знак "-" потрібно замінити знаком "+", а на рис. 4.7 частота обертання  $n$  чомусь вимірюється у рад/с. На рис. 4.14  $VD1 - VD4$  зображені не випрямляючі діоди, а тиристори  $VS1-VS4$ . Трифазна система у тексті часто позначається різними літерами – або  $A, B, C$  або  $R, S, T$ . Не ясно під аббревіатурою ЛПР мається на увазі ОПР?

5. Справедливо стверджується, що "Альтернативною стратегією управління ПП з вентиляторної характеристикою на валу є управління на основі регулювання потужності" (стор. 178). Але існує добре відомий спосіб регулювання для "вентиляторного" навантаження – регулювання напругою при постійній частоті. Здобувач цей спосіб зовсім не розглядає для електроприводу ПП.

6. На рис. 4.10 наведено структурну схему з'єднання передавальних функцій для інваріантного до основного збурення управління ПП на гіперболі постійної потужності СЕУ КПК. Але ця схема, фактично, є частково-інваріантна до основного збурення, оскільки використовує лише оцінюване його значення.

7. У параграфі 4.6 наведено "стратегію керування багатомасовими електромеханічними системами". Але автором не пояснено, що мається на увазі при термінологічному позначенні "багатомасовий". До того-ж, передаточні функції багатомасової системи не наведені і не ясно, звідки отримані числові дані для моделі, що наведена на рис. 4.11.

8. Чому на рис. 4.11 показане активне статичне навантаження (блок  $M_s$ ) на електродвигун?

9. Не ясно, як у дослідженні одночасно використовуються *Labview*, і *Matlab* (наприклад, стор. 186)?

10. Чому у коефіцієнт передачі, формула (5.7), входить ступень 3, а не 2? Чи не потрібно це врахувати (ступінь) у коефіцієнт масштабування 9,55 – "кутова швидкість – оберти"?

11. Не обґрунтовано, чому здобувач прийняв за основу для подальшого аналізу спрощену модель динаміки судна (рис. 5.10)?

12. На рис. 6.1 наведено експериментальні залежності відношень опору на тонну водотоннажності. Але автором не описано, яким чином проводився цей експеримент.

13. На рис. 6.2 наведено структуру СППР, яка розроблена здобувачем при проектуванні та дослідженні СЕУ КПК. Але не ясно, які з наведених блоків отримали розвинення у дослідженні.

14. Вважаю, що параграф 6.8 доцільно суттєво зменшити, а оригінальну інформацію з додатків (наприклад, згідно рис. Б.29, Б.30, Г1-Г3, Ж.11, Ж.12, М.1, таблиці, тощо) необхідно перенести у основну частину роботи.

Незважаючи на вказані зауваження, здійснені в дисертаційній роботі дослідження є новими, змістовними і корисними.



## 8. Результуючі висновки

Тема і зміст дисертації Будашка В. В. відповідають Паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Вважаю, що в цілому дисертаційна робота Будашка В. В. є завершеним науковим дослідженням і містить нові науково обґрунтовані результати і положення, що є суттєвим внеском у галузь експлуатації суден, у галузь розробки математичних моделей і методів моделювання об'єктів і підсистем автоматизованих систем керування КПК і СЕУ. Отримані наукові результати мають важливе значення для розв'язання практичних задач державного рівня.

Автореферат оформлений згідно діючих вимог, які висуваються до докторських дисертацій, повністю розкриває суть дисертації, коректно описує одержані наукові результати та висновки дисертаційної роботи.

Зроблені зауваження принципово не знижують високого наукового і практичного рівня дисертаційної роботи.

Дисертація «Підвищення ефективності функціонування суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, відповідає вимогам пунктів 10, 12, 14 «Порядку присудження наукових ступенів» (постанова КМУ № 567 від 24.07.2013) щодо докторських дисертацій, а її автор – Будашко Віталій Віталійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук, завідувач  
кафедри експлуатації суднового  
електрообладнання і засобів автоматики  
Херсонської державної морської академії  
Міністерства освіти і науки України,  
професор



С. О. Рожков

*«Підпис С.О. Рожкова засвідчую»*

Вчений секретар Херсонської державної  
морської академії  
к.філол.н., доцент



Г. С. Соловей