

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора,

завідувача кафедри інформаційних технологій

Одеського національного політехнічного університету МОН України

Вичужаніна Володимира Вікторовича

на дисертаційну роботу **Куропятника Олексія Андрійовича**

«Забезпечення екологічності експлуатації морських суден»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

271 – річковий та морський транспорт (галузь знань 27 – транспорт)

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Річковий та морський транспорт є складовою частиною економіки всіх розвинених країн, що мають вихід до акваторії Світового океану, у тому числі України.

Експлуатація суден морського та річкового транспорту пов'язана як із забезпеченням їх енергетичних показників, так і з підтриманням необхідного рівня їх екологічності. Двигуни внутрішнього згорання, як найбільш розповсюджені теплові двигуни суден річкового та морського транспорту, не тільки генерують корисну механічну або електричну енергію, але й є джерелами різного забруднення водного та повітряного середовища. Забрудненню докільля з суден річкового та морського транспорту сприяють залишки та витіки нафтопродуктів, а також викиди випускних газів від судових дизелів. Важливість розв'язання завдань щодо забезпечення екологічних показників суден річкового та морського транспорту під час експлуатації двигунів внутрішнього згорання визначається вимогами Додатка VI MARPOL, яким обмежується рівень емісії оксидів азоту у випускних газах.

Саме тому розробка нових технологій та способів, що забезпечують необхідний рівень екологічності морських суден, або визначення оптимальних режимів керування вже існуючими та встановленими на судах

системами, які сприяють зниженню негативного впливу теплових двигунів на довкілля, є актуальним завданням, яке постійне вимагає вивчення, вдосконалення та подальшого розвитку.

Робота виконувалася відповідно до положень Транспортної стратегії України на період до 2020 року (розп. КМУ 20.10.10 р. № 2174); положень Транспортної стратегії України на період до 2030 року (розп. КМУ 30.03.18 р. № 430-р); а також у рамках наступних держбюджетних науково-дослідних робіт Національного університету «Одеська морська академія»: «Розвиток систем і методів удосконалення технічної експлуатації суднових енергетичних установок на підставі сучасних інформаційних технологій» № ДР 0110U005910 (2017–2019 рр.), «Прогнозування експлуатаційного технічного стану суднової пропульсивної установки на основі контролю її вібраційно-коливальних характеристик» № ДР 0119U001654 (2018–2021 рр.), у яких автор дисертації брав участь у виконанні окремих розділів.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові результати, отримані в дисертаційному дослідженні, достовірні, оскільки базуються на проведеному інформаційному пошуку з аналізу сучасних методів та технологій зниження емісії оксидів азоту з випускними газами суднових дизелів; обґрунтовані розробленою математичною моделлю нестационарних процесів, що відбуваються в циліндрі дизеля під час згоряння рідкого палива; підтвержені численними експериментальними дослідженнями, що були виконані на морських судах різного функціонального призначення.

Основні результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на багатьох наукових, науково-практичних та науково-технічних конференціях, що проводилися в Україні та зарубіжних країнах, а саме:

Науково-технічній конференції «Річковий та морський флот : експлуатація і ремонт», Одеса : Національний університет «Одеська морська академія», 2017 р.;

VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Суднова енергетика : стан та проблеми», Миколаїв : Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, 2017 р.;

X Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2018», Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018 р.;

10-й Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування SEUTTOO-2019, Херсон : Херсонська державна морська академія, 2019 р.;

Міжнародній науково-технічній конференції «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт», Одеса : Національний університет «Одеська морська академія», 2019 р.;

X Міжнародній науково-технічній конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми», Миколаїв, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, 2019 р.;

International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”, China, Beijing, 2019 year;

Міжнародній науково-технічній конференції «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт», Одеса : Національний університет «Одеська морська академія», 2020 р.;

II Міжнародній науково-практичній морській конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету (MPP&O-2020 – Marine Power Plants and Operation), Одеса : Одеський національний морський університет, 2020 р.;

XII Міжнародної науково-практичної конференції Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020, 27-29 травня 2020 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2020.

International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”, China, Beijing, 2020 year;

International Conference “Process Management and Scientific Developments”, United Kingdom, Birmingham, 2020 year.

Окремі результати дисертаційного дослідження опубліковані в іноземних виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, зокрема:

Sagin S. V. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines / S. V. Sagin, O. A. Kuropyatnyk // *Nase More (Our Sea) : International Journal of Maritime Science & Technology*. – 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/2018/2.3; бази *WoS, Scopus, Elsevier, Embase, Compendexs, Geobase, Embiology, Biobase, Fluidex, World Textiles, Penrose – Press, Hrcak, DOAL, EBSCO, Publishing, Proquest, Index Copernicus, Cabell’s directory, Trid*;

Kuropyatnyk O. A. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NO_x Emissions from Marine Diesel Engines / O. A. Kuropyatnyk, S. V. Sagin // *Nase More (Our Sea) : International Journal of Maritime Science & Technology*. – 2019. – Vol. 66. – № 1. – P. 1-9. https://doi.org/10.17818/NM/2019 /1.1; бази *WoS, Scopus, Elsevier, Embase, Compendexs, Geobase, Embiology, Biobase, Fluidex, World Textiles, Penrose – Press, Hrcak, DOAL, EBSCO, Publishing, Proquest, Index Copernicus, Cabell’s directory, Trid*.

Автором коректно застосовано, обґрунтовано та доведено наступне наукове положення: екологічність експлуатації морських суден забезпечується комплексним керуванням випускними газами двигунів внутрішнього згоряння шляхом використання систем їх рециркуляції та перепуску, при цьому оптимальні експлуатаційні режими цих систем визначаються швидкісними або навантажувальними режимами роботи дизелів.

Наукове положення обґрунтовано науковими результатами.

вперше встановлено:

- оптимальний (з точки зору максимального зниження емісії оксидів азоту, при мінімальному зменшенні ефективної потужності й мінімальному

підвищенні питомої ефективної витрати палива) діапазон рециркуляції випускних газів, яким є 12,5...15,5 % та в якому підтримується стехіометричне співвідношення, що забезпечує надійне самозаймання палива;

- критерій оцінки ефективності системи рециркуляції випускних газів (за який доцільно приймати площу під залежністю $NO_x = f(\delta_{EGR})$, що дозволяє виконувати кількісне та якісне порівняння режимів її експлуатації;

- оптимальний (з точки зору ближчого до максимального зниження емісії оксидів азоту з одночасним мінімальним збільшенням витрати палива) режим перепуску випускних газів, яким є 4...6 % та в якому попереджається виникнення теплової перенапруженості та помпажних явищ;

- можливість використання системи перепуску випускних газів обмежується частковими (у діапазоні менш ніж 55 % від номінальної потужності) режимами навантаження та підвищеними (у діапазоні більш ніж 9 %) режимами перепуску;

удосконалено методику визначення концентрації оксидів азоту у випускних газах, що відрізняється від існуючих можливістю оцінки їх відносного значення (щодо потужності та часу роботи дизеля) за остаточною концентрацією кисню у випускних газах;

отримала подальший розвиток методика розподілення навантаження між паралельно працюючими дизелями з урахуванням їх екологічних показників (вмістом оксидів азоту у випускних газах).

Враховуючи змістову складову дисертації, можна вважати достатньо обґрунтованими основні наукові результати, які полягають у розробці та впровадженні оптимальних режимів експлуатації систем рециркуляції, перепуску та комплексного керування випускними газами з метою забезпечення екологічності експлуатації морських суден.

У дисертаційному дослідженні наведені нові науково-обґрунтовані практичні рекомендації щодо визначення оптимальних режимів роботи судових систем керування випускними газами та проведення відповідних

заходів, що надають можливість розширення зони безпечної екологічної експлуатації морських суден.

Обсяги експериментальних досліджень та впровадження є достатніми для підтвердження наукових результатів дисертаційної роботи.

Висновки, що зроблені як результат розв'язання головного та допоміжних завдань дослідження, мають теоретичну або практичну доказову базу, однозначні та не викликають сумнівів. Це дозволяє стверджувати, що використана здобувачем технологія проведення наукового дослідження в сукупності з новими, науково доведеними результатами добре обґрунтовує всі пропоновані рекомендації, які необхідні для подальших досліджень, для вдосконалення суднових систем, що забезпечують екологічні показники під час експлуатації суден річкового та морського транспорту.

3. Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- для основних експлуатаційних діапазонів роботи головних та допоміжних двигунів суден річкового та морського транспорту встановлено режим роботи систем рециркуляції/перепуску випускних газів, використання якого підвищує екологічну ефективність судна з одночасним мінімальним (не більш як 2,5...3,0 %-им) відхиленням потужності та попередженням теплової напруженості;

- технологію комплексного керування випускними газами доцільно використовувати під час сталих режимів роботи суднового пропульсивного комплексу, а рекомендації щодо визначення оптимальних режимів її експлуатації – під час проектування на налагодження систем рециркуляції/перепуску випускних газів.

Відповідно до наведених результатів експериментальних досліджень та актів впровадження, застосування запропонованих методів визначення оптимальних режимів експлуатації систем рециркуляції випускних газів (високо та низького тиску), системи перепуску випускних газів, а також комплексної системи керування випускними газами забезпечує:

- більш ніж 20 %-е зниження емісії оксидів азоту з випускними газами суднового дизеля 7UEC60LS фірми Mitsubishi Heavy Industries Ltd та збільшення екологічної ефективності морського судна “Gaz Liberty”;

- зниження на 7,7...33,6 % концентрації оксидів азоту у випускних газах суднового дизеля 16V32 фірми Wartsila-Sulzer спеціалізованого морського судна “Pacific Scirocco”;

- зниження на 15...36 % викидів оксидів азоту суднового дизеля 7S60MC фірми Kawasaki MAN-B&W, скорочення часу налагодження системи рециркуляції з боку оператора та гарантування екологічної безпеки морського судна “Gaz Majestic”;

- зниження на 8...12 % викидів оксидів азоту з одночасним зменшенням на 5...7 % температури випускних газів суднового дизеля 5L23/30H-Tier II морського транспортного судна «Selinda»;

- 8...10 %-е зниження емісії оксидів азоту та підвищення стійкості окремих режимів роботи судових дизелів KTA19 фірми Cummins суден багатоцільового призначення;

- майже 40 %-е зниження емісії оксидів азоту суднового дизеля 16V32 фірми Wartsila-Sulzer та підвищення екологічності спеціалізованого морського судна “Pacific Mistral” водотоннажністю 59580 тонн, яке тривалий час експлуатується в особливих екологічних районах Світового океану.

4. Повнота викладення основних результатів дисертації в наукових виданнях

Усі результати дисертації з достатнім ступенем повноти опубліковані у 25 наукових працях, із яких 6 – у наукових фахових виданнях України (що входять до переліку наукових фахових видань України, які рекомендовані МОН України для публікації результатів дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук); 2 – в іноземних виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science та надруковані в країні, що входить до Європейського Союзу; 8 – в інших іноземних виданнях (5 – у наукових журналах та 3 – у збірках матеріалів

наукових конференцій); 9 – у збірках за матеріалами міжнародних конференцій.

Наукові праці Куропятника О. А. відповідають п. 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167.

5. Відсутність порушення академічної доброчесності.

Текст рукопису дисертації перевірено за допомогою інтернет-сервісу <https://advego.com/antiplagiat>, <https://progaonline.com/antiplagiat> на основі відкритих інтернет-ресурсів.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлена відсутність порушення академічної доброчесності.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають коректне посилання на відповідне джерело.

6. Структура й обсяг дисертації. Відповідність дисертації та її змісту встановленим вимогам

Дисертація містить анотацію, список прийнятих скорочень, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 228 сторінок, зокрема: основний текст 175 сторінок з анотацією на 16 сторінках, перелік використаних джерел із 226 найменувань на 32 сторінках, додатки – 21 сторінка, 46 рисунків, 31 таблиця.

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.

Дисертацію написано сучасною науково-технічною мовою. Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність її сприйняття. Оформлення дисертації проведено згідно з вимогами п. 10 «Порядку проведення експерименту з

присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 06.03.2019 р.

7. Зауваження

7.1. У п.1.3. «Механізм утворення оксидів азоту в дизелях морських суден», на наш погляд, приділено зайву увагу та надано залишкову інформацію щодо компонентного складу та хімічних реакцій утворення оксидів азоту під час окислення та подальшого згоряння рідкого палива. Інформацію, що наведена у цьому пункті, доцільно обмежити визначенням рівнянь Зельдовича та Фенімора-Джонсона.

7.2. Пункти 1.4. «Аналіз основних шляхів поліпшення екологічних показників роботи дизелів суден річкового та морського транспорту» та 1.5. «Аналіз основних способів зниження емісії оксидів азоту у випускних газах дизелів суден річкового та морського транспорту» мають односпрямоване викладення, тому доцільно їх об'єднання.

7.3. Під час визначення можливих варіантів розв'язання завдання дисертаційного дослідження не обґрунтовано, чому з цією метою було обрано саме метод експертних оцінок.

7.4. Розділ 3 дисертації присвячено експериментальним дослідженням системи рециркуляції випускних газів. У п.3.1 цього розділу автором наведені принципові схеми рециркуляції високого та низького тиску, а також комбінована схема, яка використовує обидві. Експерименти, що проведені автором, виконувались для системи високого тиску (на судновому дизелі 7S60MC фірми Kawasaki MAN-B&W) та для системи низького тиску (на судновому дизелі 7UEC60LS фірми Mitsubishi Heavy Industries Ltd), тому посилання на комбіновану схему не є доцільним.

7.5. Під час експериментальних досліджень із визначення оптимальних режимів систем рециркуляції, перепуску та комплексного керування випускними газами разом з екологічними показниками контролювалася температура газів на виході з циліндрів дизеля. При цьому в результатах дослідження наведені дані лише середньої за всіма циліндрами температури.

Це декілька обмежує інформацію про можливість перевищення цього показника по окремих циліндрах, що може відбуватися в разі погіршення технічного стану паливної апаратури високого тиску.

7.6. Здобувачем визначено, що контроль експлуатаційних параметрів роботи суднових дизелів під час експериментальних випробувань здійснювався судновими системами діагностування Doctor та ProPower. Технічна комплектація та програмне забезпечення цих систем постійно вдосконалюється, тому доцільно було визначити їх основні технічні характеристики (як це зроблено для газових аналізаторів Testo).

7.7. У розділі 5 не приділено уваги технології модернізації системи рециркуляції випускних газів, що запропонована автором, також не визначено тривалість виконання цих робіт.

7.8. Інтегральні показники, що запропоновані автором для оцінювання паливної економічності та екологічної ефективності морських суден, мають складну розмірність, тому можливо їх визначати у відносних одиницях.

8. Висновки

Зазначені вище зауваження та недоліки мають переважно уточнювальний характер або стосуються напрямків подальших досліджень та вдосконалення отриманих результатів. Отже, представлена робота Куропятника Олексія Андрійовича «Забезпечення екологічності експлуатації морських суден» є цілісною завершеною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності розв'язують актуальне науково-прикладне завдання, мають наукову новизну і практичне значення.

Дослідження містить нові, не захищені раніше, науково-обґрунтовані результати й висновки, які мають суттєве значення під час визначення оптимальних режимів роботи суднових систем керування випускними газами та забезпечення екологічності експлуатації суден річкового та морського транспорту.

Результати, що досягнуті під час розв'язання завдань, розглянутих у дисертації, рекомендуються до використання в державних та приватних організаціях, що виконують експлуатацію, обслуговування та ремонт річкового та морського транспорту.

Дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України до кваліфікаційних наукових праць, а саме наказу МОН України №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» від 12.01.2017 р. та «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №167 від 06.03.2019 р.

Вважаю, що здобувач Куропятник Олексій Андрійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – річковий та морський транспорт (галузь знань 27 – транспорт).

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційних технологій
Одеського національного політехнічного
університету МОН України

В. В. Вичужанін



Особистий підпис Вичужаніна В.В.

Підпис О.А. Парман