

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Кучеренко Юрія Миколайовича «Метод контролю ефективних параметрів суднової дизельної енергетичної установки в експлуатації» подану до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 41.060.01 Одеського національного морського університету на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

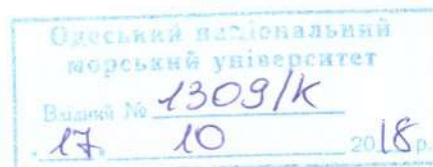
Актуальність обраної теми дослідження та її зв'язок науковими програмами, планами і темами

При експлуатації суднових дизельних установок (СДУ) склалася суперечлива ситуація, пов'язана з поданням паспортних даних дизелів і можливостями їх контролю. У паспортах вказані значення ефективної потужності, ефективного моменту, середнього ефективного тиску і питомої ефективної витрати палива і мастила. При цьому, на практиці можливо тільки зняти індикаторну діаграму і, після її обробки, визначити середній індикаторний тиск, розрахувати індикаторну потужність, індикаторний момент і питому індикаторну витрату палива. Тобто, в розпорядженні екіпажу є засоби контролю індикаторних параметрів, але при цьому звітні форми необхідно вести в ефективних параметрах, приблизно оцінюючи величину механічного коефіцієнта корисної дії на поточному навантажувальному режимі. При цьому визначення ефективних параметрів роботи суднових дизелів під час експлуатації є проблемою в зв'язку зі складністю і неоднозначністю кількісної оцінки механічних втрат.

В якості основного документа, що зобов'язує контролювати роботу СДУ в ефективних параметрах, можна вказати резолюцію ІМО МЕРС.254(67) в частині визначення коефіцієнта енергоефективності суден, а також положення Регістру Судноплавства України, в якому судновласників зобов'язують проводити випробування суднових дизелів з обов'язковим вимірюванням ефективних обертаючих моментів і потужності на валу.

Такі вимірювання можна проводити за допомогою електронних торсіометрів, наприклад *Siemens, Datum Elektronik, MARIDIS* та ін. Встановлення і калібрування таких пристроїв здійснюється виключно силами зовнішніх метрологічних фірм і пов'язана з матеріальними і часовими витратами. У деяких випадках керуючі компанії прямо вказують судновим фахівцям, які значення механічних втрат слід застосовувати в розрахунках. Наприклад, в сервісних листах корпорації *MAN (MAN Diesel&Turbo)* для головних дизелів типу МС вказується величина механічного коефіцієнта корисної дії (ККД) 0,87...0,93, а для дизелів типу МЕ механічний ККД дорівнює 0,90...0,95 на номінальних режимах.

Внаслідок переважного розповсюдження на морському флоті суден з енергетичними установками у складі дизельних двигунів великої потужності, оснащених сучасними високоефективними системами газотурбонаддування (ГТН), виникає нагальна потреба контролю в процесах експлуатації їх потужності, витрати палива і ресурсу СДУ, здійснення діагностики і керування пропульсивним комплексом за трендами ефективних параметрів.



У зв'язку з викладеним, розробка методів визначення ефективних параметрів роботи СДУ в умовах експлуатації є важливою науково-практичною задачею, що визначає значущість дисертаційного дослідження для транспортної галузі і, саме тому, дисертаційна робота є **актуальною**.

Дисертаційна робота пов'язана з науково-дослідницькою тематикою кафедри «Суднові енергетичні установки і технічна експлуатація» спеціальності «Експлуатація суднових енергетичних установок» Одеського національного морського університету. У період з 2009 по 2016 рр. автор брав участь в розробці держбюджетних науково-дослідницьких робіт «Удосконалення технічної експлуатації суднових енергетичних установок» ГР № 0111U08970 від 05.03.2012, ГР № 0215U001681 від 17.01.2013, ГР № 0215U004492 від 05.03.2014, ГР № 0216U000617 від 29.12.2015 як виконавець розділів, присвячених методам діагностики і визначення ефективних параметрів суднових дизельних енергетичних установок.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження відповідає науковим завданням та темі дослідження.

Об'єкт та предмет дослідження відповідають науковим завданням та темі дослідження.

Про те, до формулювань мети, об'єкту та предмету досліджень є окремі зауваження, які буде розглянуто у відповідному розділі. Не зважаючи на зауваження треба відзначити, що автором у повному обсязі вирішено усі наукові завдання, які ставились на початку дослідження.

Наукова цінність дослідження н отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що *вперше* розроблений метод контролю ефективних параметрів СДУ в експлуатації за допомогою аналізу індикаторних параметрів робочого процесу і частотних характеристик газотурбонагнітача.

Для реалізації отриманих результатів в процесах діагностування ТЗ в умовах експлуатації *удосконалено* метод віброакустичного контролю частоти обертання ГТН, що дозволив розробити електронний обчислювач для визначення параметрів ГТН і механічного ККД в якому точність підвищена за рахунок вирішення наукової задачі усунення «витоку потужності».

Крім цього, в процесах діагностування ТЗ в умовах експлуатації *отримав подальший розвиток* метод визначення механічного ККД суднового дизеля Г.О. Конакова, в якому, для визначення навантажувального режиму, використовується відношення частот обертання газотурбонагнітачів суднового двигуна.

Практична цінність результатів дослідження полягає в розробці методу контролю ефективних параметрів СДУ за допомогою визначених з малою похибкою (до 3%) в експлуатації параметрів робочого процесу і частотних характеристик газотурбонагнітача. Це, в свою чергу, дозволяє розширити сферу використання систем моніторингу *DEPAS* (D2.34sp, D3.0 і D4.0H) в практиці діагностування

суднових двигунів в умовах експлуатації.

Крім цього, потрібно відмітити, що практична частина роботи базується на створенні програмно-апаратного комплексу, який дозволяє вирішувати наступні завдання:

- визначати в експлуатації індикаторні параметри робочого процесу, включаючи середній індикаторний тиск і індикаторну потужність СДУ за допомогою системи діагностики D4.0H, в якій автор розробляв апаратну частину;

- визначати в експлуатації частоту обертання ротора ГТН і обертів колінчастого валу (КВ), уточнену за допомогою розробленої в дисертації методики;

- розраховувати механічний ККД і визначати ефективні параметри роботи СДУ: середній ефективний тиск, ефективну потужність і обертаючий момент на валу, питомі ефективні витрати палива і мастила на експлуатаційному режимі.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в практичну діяльність транспортних підприємств безпосередньо на транспортних засобах:

- на т/х «ГЕРОЇ ПЛЕВНИ» ГСК «УКРФЕРРІ» (Україна, м. Одеса, акт впровадження);

- на т/х «CHEROKEE», Prestige Shipmanagement Ltd. (Туреччина, м. Стамбул, акт впровадження);

- на т/х «Сибірський-2116», ОАО «ДОНРЕЧФЛОТ» (РФ, м. Ростов-на-Дону, акт впровадження);

Результати дисертаційного дослідження впроваджені в навчальний процес Одеського національного морського університету і використовуються при читанні лекцій з дисципліни «Системи діагностування» для студентів старших курсів спеціальності «Експлуатація суднових енергетичних установок».

Структура, зміст та оформлення дисертації

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел на 14 сторінках та додатків. Загальний обсяг роботи становить 158 стор., в тому числі 38 рисунків і 12 таблиць. Список використаних джерел становить 128 найменування на 15 сторінках. У додатку наведені акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.

Оформлення дисертації відповідає вимогам ВАК України. Назва дисертації відповідає обраній спеціальності та суті рішення наукової проблеми, вказує на мету досліджень та її завершеність. Обсяг основного тексту відповідає встановленим вимогам. Запозичені матеріали і результати інших авторів супроводжено посиланнями. Виклад змісту і результатів досліджень виконано досить лаконічно, логічно і аргументовано.

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи.

У **першому розділі** наведено результати аналізу стану проблеми і досліджено шляхи її вирішення. На підставі аналізу вітчизняних і зарубіжних літературних джерел виділено основні методи визначення ефективних параметрів СДУ в процесі експлуатації судна. У розділі розглянуті методи визначення механічних втрат і механічного ККД СДУ. Виконано аналіз відповідних апаратних і аналітичних

методів. Досліджено можливість використання методів спектрального аналізу віброакустичних полів газотурбонагнітачів СДУ для ідентифікації навантажувального режиму.

Аналіз розглянутих методів визначення ефективних параметрів СДУ в експлуатації дозволив сформулювати основні напрямки дисертаційного дослідження, засновані на визначенні навантажувального режиму СДУ методами спектрального аналізу. Таким чином, виникає необхідність розробки теоретичної бази і методів контролю, що вирішують зазначені проблеми.

Другий розділ присвячений розробці методів визначення основних параметрів СДУ, що характеризують навантажувальний режим під час експлуатації. Також в розділ входить математичне моделювання робочого процесу СДУ з метою визначення часткових характеристик і дослідження впливу зовнішніх факторів на основні параметри робочого процесу.

У **третьому розділі** наведена реалізація методу визначення ефективних параметрів СДУ в експлуатації. Аналіз характеристик систем торсіографування показав, що на практиці похибка визначення ефективного крутного моменту знаходиться в межах 3...5%. Оцінка механічного ККД теж може бути проведена з аналогічною точністю при наявних значеннях механічного ККД на номінальному режимі і потужності поточного експлуатаційного режиму. Виконано співставлення результатів здавальних і ходових випробувань з математичною моделлю робочого процесу для СОД. Були розраховані в програмі AVL BOOST індикаторні діаграми робочих процесів.

Четвертий розділ присвячений апаратній реалізації методу контролю ефективних параметрів суднової дизельної енергетичної установки в умовах експлуатації. Для розрахунку механічного ККД на поточному режимі використовується відношення частот обертання ГТН, що визначаються на експлуатаційному режимі за допомогою спектрального аналізу віброакустичних сигналів турбокомпресора.

Застосування такого методу дозволяє з високою точністю визначати частоту обертання ротора газотурбонагнітача, а також здійснювати діагностику технічного стану ГТН по амплітуді гармоніки на основній частоті обертання. У якості аналізованих величин розглядаються частоти і амплітуди окремих гармонік. Ефект «витоку потужності» спектра, побудованого в результаті дискретного перетворення Фур'є (ДПФ), призводить до суттєвих (до 50%) спотворень у визначенні амплітуд гармонік. Похибка визначення частоти може дорівнювати кроку дискретизації.

У дисертації проведено дослідження даного методу в разі наявності шумів у вихідному сигналі.

Для проведення вимірювань в процесі експлуатації СДУ був розроблений мікроконтролерний обчислювач, який реалізує досліджений в роботі метод визначення ефективних параметрів.

Висновки. Основні результати і висновки дисертаційної роботи обґрунтовані. У висновках показані результати дисертаційної роботи, які полягають у вирішенні науково-практичних завдань та розробці методу визначення ефективних параметрів

суднової дизельної енергетичної установки в експлуатації. Методи і результати вирішення проблеми мають наукове і практичне значення для всіх морських і річкових транспортних засобів, де використовуються транспортні двигуни у складі енергетичних установок, а саме на водному транспорті. Всі висновки випливають із змісту роботи та відображають нові результати, отримані автором.

На підставі вищевикладеного зроблено висновок про те, що дисертаційна робота Кучеренко Ю.М. є завершеною науковою роботою, що містить необхідні складові: оглядову, теоретичну, експериментальну і впровадження результатів досліджень. Мета, поставлена в дисертаційній роботі досягнута в результаті виконання всіх задач в ході дослідження.

Методи дослідження і достовірність одержаних результатів.

У дисертації застосовувались методи: методи системного аналізу і синтезу технічних систем, рівняння теплового балансу з урахуванням тепловиділення в циліндрі за методами І.І. Вібе і В.С. Семенова, модифікований автором метод професора Г.О. Конакова, метод гармонійного аналізу в задачі аналізу вібраційних характеристик системи турбонаддування СДУ; методи цифрової фільтрації даних; метод нелінійної оптимізації в задачі моделювання робочого процесу СДУ; методи статистичної обробки експериментальних даних, методи визначення параметрів робочого процесу суднових дизелів за допомогою систем моніторингу *DEPAS* (D2.34sp, D3.0 і D4.0H), методи реєстрації параметрів за допомогою сучасних *DSP* контролерів. Інтерфейс розрахункових програм був розроблений за допомогою програмних середовищ *Delphi 7.0*, математичних бібліотек *Numeric Toolbox* і методів нелінійного програмування. Для аналізу спектрів вібрації був використаний пакет *RightMarkAudioAnalyzer6.2.3* (<http://audio.rightmark.org>). Для візуалізації даних і побудови регресійних моделей використовували середовище *Grapher*.

Достовірність отриманих результатів підтверджується коректністю поставленої задачі, математичною суворістю досліджень, врахуванням суттєвих факторів, які впливають на ефективність отриманих результатів, за допомогою використання апробованого математичного апарату, а також – прийнятною адекватністю математичних моделей, підтвердженої експериментально; збіжністю теоретичних результатів з результатами обробки експериментальних даних, отриманих результатів з лабораторними і практичними, отриманими на транспортних дизелях, даними, та несуперечністю з відомими результатами.

Побудовані в роботі моделі ґрунтуються на коректному застосування фундаментальних положень термодинаміки та теорії двигунів внутрішнього згоряння, дослідженні процесів перетворення енергії в роботу, передачі енергії від одного робочого тіла до іншого, що виконані на основі термодинамічних методів і математичного апарату. Твердження автора підтверджені посиланнями на джерела. Обґрунтованість наведених положень забезпечується ідентичністю процесів, що розглядаються в фізичних моделях і їх математичному описі моделей систем; коректним використанням в алгоритмах і програмах перевірених в теорії і на практиці розрахункових залежностей; використанням сучасних методів і засобів чисельного аналізу. Результати експериментів відповідають викладеній теорії. Крім того, обґрунтованість наукових положень підтверджується також результатами обговорення на численних науково-технічних конгресах і конференціях. Це дає підстави вважати отримані результати достатньо обґрунтованими і достовірними.

Оцінка змісту дисертації, завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України.

Дисертація Кучеренко Ю.М. є одноосібно написаною кваліфікаційною науковою працею, яка містить сукупність результатів та наукових положень, виставлених автором для публічного захисту, має власну внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора у науку. У цілому робота являє собою продуману наукову працю, результати якої можуть бути використані для розвитку поглядів на процеси експлуатації і діагностування транспортних засобів і їх двигунів в умовах експлуатації.

Оцінка мови та стилю викладення дисертації і автореферату. автореферат та дисертація написані грамотно, ясно та зрозуміло, з використанням науково-технічної термінології.

Зауваження до роботи

Не зважаючи на в цілому позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід відзначити ряд зауважень:

1. На мою думку слід було б визначити в якості:

-*мети* дослідження – розробку методу діагностування засобів транспорту шляхом контролю ефективних параметрів роботи суднової дизельної установки в процесах експлуатації;

- *об'єкту* дослідження – процес діагностування транспортних дизелів в умовах експлуатації на основі методів визначення ефективних параметрів СДУ;

- *предмету* дослідження – визначення ефективних параметрів суднової дизельної енергетичної установки в умовах експлуатації і синтез методу контролю ефективних параметрів СДУ від параметрів системи газотурбонаддування.

2. Доречно було б в першому розділі більше уваги приділити аналізу особливостей умов експлуатації транспортних засобів на яких проводились експериментальні дослідження і показати зв'язок між визначеними в дисертації ефективними показниками роботи транспортної енергетичної установки і витратою палива й викидами CO₂.

3. Бажано було б аналіз методів визначення індикаторних параметрів СДУ (розділ 2.1) в експлуатації розмістити в 1 розділі. Це, на мою думку, придало більшу б системність представленій роботі.

4. Не зрозуміло, чому в роботі проводились дослідження за двома математичними моделями, без проведення порівняння самих моделей.

5. На стор. 84 є посилання автора, про те, що «Аналіз характеристик систем торсіографування показав, що існують обмеження при використанні торсіометрів на середніх і малих судах». Важко відслідковується із-за відсутності посилань, який саме аналіз характеристик систем торсіографування був виконаний автором і де саме.

6. В тексті дисертації мають місце невірні аббревіатури, назви і одиниці вимірювання: в розділі 3 і в тексті дисертації і авторефераті мають місце посилання на ДСТУ 21792-89, хоча на стор. 163 є посилання [121] ГОСТ 21792-89 – «Установки дизельне судовые. Приемка и методы испытания на судне»; підписи на деяких рисунках і схемах (наприклад рис. 3.1 – 3.11 тощо) написані на різних мовах, що ускладнює ознайомлення з ними: табл. 3.1 - російська мова, рис. 3.8 – англійська мова, рис. 3.3 – 3.7, 3.9 – 3.11 – російська; у третьому розділі на рисунках

зустрічається вимірювання тиску у бар, у МПа, і у кг/см²; частота обертання – грт., мин⁻¹, температура - °С, К тощо; в роботі використовуються різні скорочення для одного предмету дослідження: СДУ – стор. 2 і далі по тексту та СДЕУ – 22 і 66.

7. З тексту розділу 3 не зрозуміло, яким чином враховувались зміни умов експлуатації судна при проведенні діагностування стану транспортного двигуна в процесах його моніторингу. А також, важко відслідковується, яку саме інформацію в частині урахування умов експлуатації транспортного засобу використовує автор у розробленій математичній моделі AVL BOOST для дослідження процесів діагностування транспортного двигуна.

8. При описі математичної моделі в програмному середовищі AVL BOOST на стор. 104-112 складається враження, що в своєму описі представлений матеріал уявляє собою не закінчені результати виконаної дисертантом роботи, а пропозицію скористатись інструкцією для програмування в існуючому програмному середовищі.

9. З тексту автореферату не зрозуміло, чому в ньому не згадується проведення дослідження в програмному середовищі AVL BOOST і отримані результати.

10. Зі змісту автореферату та дисертації не зрозуміло, які з отриманих параметрів роботи двигуна (в частині визначених саме ефективних параметрів СДУ) можуть оцінювати (враховувати) вплив швидкозмінних умов експлуатації транспортних засобів при реалізації розробленого методу і в чому саме.

11. В дисертаційній роботі і авторефераті не достатньо повно представлені відомості щодо урахування похибок використання розробленого методу діагностування параметрів стану транспортного засобу і його двигуна в умовах експлуатації. Це базується на численних припущеннях в частині сталості і незмінності умов експлуатації і не розглянута для випадків зміни умов експлуатації (в частині природно-кліматичних, умов водного середовища, транспортних умов, культури експлуатації), зміни технічного стану, забруднення турбіни в умовах експлуатації тощо.

12. Дисертант не достатньо обґрунтував в чому проявляється підвищення ефективності експлуатації СДУ в результаті застосування розроблених ним методів. Незважаючи на реально існуючу проблему визначення в експлуатації ефективних показників СДУ, ефект від впровадження розробленої методики не отримав точного чисельного підтвердження в роботі. Так, у четвертому розділі, у висновках до четвертого розділу і у висновках до роботи було б доцільно більш чітко виділити отримані результати покращення якості експлуатації і ефективності управління судном, що задекларовано в анотації до виконаної роботи, в результаті застосування розроблених процесів діагностування параметрів стану двигуна і ТЗ в умовах експлуатації, а також отримані чисельні значення покращення якості і ефективності.

13. Не зрозуміло з якою метою в дисертації описані результати дослідження різних типів двигунів: MAN 12K98ME-C (стор. дис. 81), 6L80MCE (стор. дис. 90) чи 6VDS48/42AL-2U (стор. дис. 100), 6VDS48/42AL-2 (стор. дис. 104), 6VDS48/42AL (стор. дис. 122), Sulzer 8AL25 / 30 (стор. дис. 124)?

14. Не зрозуміло, який саме особистий науковий внесок автор вніс в рівняння 1-4 автореферату і розділу 2.3 дисертації?

15. На мою думку, в дисертації не в достатньо повноцінно виконаний п. 8 і п.9 Вимог до оформлення дисертації. Так в розділі 3 на стор. 89-100, розділі 4 на стор. 118-126, 131-144 тощо не запроваджена система поділу тексту дисертації на підрозділи, пункти і підпункти.

16. Список публікацій здобувача за темою дисертації присутній в анотації на

українській та англійській мові, та у списку використаних джерел, але не представлений у окремому додатку.

17. Не зрозуміло яка перспектива використання запропонованого методу в майбутньому в частині того, що вимоги ГОСТ 21792-89 втратять законну силу в найближчому часі, а саме 01.01.2019.

18. Складно зрозуміти але заявлена автором висока точність визначення частоти обертання ГТН на поточному навантажувальному режимі може бути не реалізована, якщо вимірювання індикаторних параметрів двигуна відбувається тривалий час при відповідній зміні умов експлуатації судна. Виходить, що точність визначення ефективних показників СДУ буде оцінюватись в умовах квазістаціонарного процесу.

Загальні зауваження по оформленню дисертації

Дисертацію оформлено згідно вимог до кандидатських дисертаційних робіт. При цьому, слід відзначити добре знання предмету дослідження, добру мову написання тексту дисертації.

Публікації

Основний зміст дисертаційної роботи повно відображено у 15 наукових роботах у спеціалізованих науково-технічних збірниках МОН України для публікації результатів дисертаційних досліджень, з яких 12 опубліковані у виданнях, включених до наукометричних баз даних, що входять до переліку фахових видань України. Основні результати дисертаційного дослідження доповідалися на 6 міжнародних науково-практичних конгресах і конференціях. Автореферат адекватно відображає основні результати, які отримані автором та приведені в дисертації. Загальні висновки дисертаційної роботи та автореферату збігаються.

Загальний висновок по дисертаційній роботі

Незважаючи на наведені зауваження, загальна оцінка роботи - позитивна.

Аналізуючи зміст дисертаційної роботи в цілому, можливо відзначити наступне:

1. Область, якій автором присвячено дисертаційну роботу, безпосередньо торкається питань, які визначаються паспортом наукової спеціальності і присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі, пов'язаної з процесами діагностування технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації засобами автоматизації і комп'ютеризації процесів експлуатації і ремонту засобів транспорту, розробки методів удосконалення їх експлуатаційних характеристик.

2. Дисертація є завершеною науковою роботою, яка виконана з використанням сучасних методів дослідження, містить нові науково обґрунтовані результати та технічні рішення, впровадження яких сприяє створенню наукових основ і методів управління технічним станом транспортних засобів, розробці і впровадженню методів діагностування технічного стану транспортних засобів, розробці методів підвищення економічності витрачання палива транспортних засобів в умовах експлуатації.

3. Текст автореферату і публікації достатньо повно відображають зміст і основні наукові результати виконаного дослідження.

4. Зауваження по роботі, відзначені у відгуку, не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та основні результати дослідження, які пройшли апробацію.

5. Робота **відповідає** вимогам до кандидатських дисертацій за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація і ремонт засобів транспорту, а її автор – Кучеренко Юрія Миколайовича, у відповідності до п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», **заслуговує** присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:

професор кафедри експлуатації
суднових енергетичних установок
Херсонської державної морської
академії Міністерства освіти і науки
України, доктор технічних наук, доцент

Грицук І.В.

Підпис професора кафедри експлуатації
суднових енергетичних установок
Херсонської державної морської
академії, доктора технічних наук,
доцента засвідчую

Проректор з науково-педагогічної
роботи Херсонської державної морської
академії, кандидат технічних наук,
доцент



Бень А.П.