В І Д Г У К

офіційного опонента Лісовала Анатолія Анатолійовича

на дисертаційну роботу Будурова Миколи Ігоровича
«Оптимізація електронного регулятора частоти обертання суднового дизеля», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 27 – Транспорт
за спеціальністю 271 – Морський та внутрішній водний транспорт

Актуальність теми. На сучасних транспортних дизелях застосовують системи автоматичного регулювання частоти обертання колінчастого дизеля на базі програмно-логічних контролерів, де можливо раціонально налаштовувати пропорційні, інтегральні та диференціальні складові закону регулювання. При експлуатації електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу на дизелях різних за призначенням часто виникають нестабільність частоти обертання та небезпечні теплові перевантаження дизелів. На суднових дизелях це часто відбувається при штормових умовах експлуатації. В таких умовах хитавиця судна може змусити персонал/оператора знизити швидкість ходу судна, що також призводить до погіршення економічних показників роботи. Тому запит практики щодо безпечної експлуатації судна і відповідно забезпечення якісного регулювання електронних регуляторів частоти обертання на всіх експлуатаційних режимах суднових дизелів без ручного переналаштування регуляторів і без вимушеного зниження швидкості ходу судна є актуальним.

Розв'язанню цієї науково-прикладної проблеми й присвячено дослідження здобувача, основною метою якого – є розроблення методики оптимізації параметрів налаштування електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу для забезпечення стабільності швидкісного та теплового режимів суднових дизелів в реальних умовах експлуатації.

Актуальність теми підтверджується тим, що вона пов’язана з виконанням в на кафедрі ТАУ та ОТ держбюджетної НДР на тему: «Технології автоматизації морської індустрії».

Відповідність результатів проведених здобувачем досліджень темі дисертації. В дисертаційному дослідженні отримано теоретичні та експериментальні результати, які підвищують стабільність швидкісного режиму та запобігають тепловим перевантаженням суднового дизеля в реальних умовах експлуатації. До цих результатів дослідження можна віднести:

– методику оптимізації налаштування електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу головних дизелів із урахуванням зовнішніх збурень за штормових умов експлуатації;

– методику оптимізації роботи електронних регуляторів контролерного типу дизель-генераторів при ступінчастих змінах навантаження із врахуванням імовірності їхнього виникнення;

– математичну модель системи автоматичного регулювання частоти обертання дизелів та результати розрахунків на ній з урахуванням нестабільності вхідного сигналу регулятора;

– методику спільного регулювання кроку гвинта та частоти обертання дизеля на режимах перевантаження;

– рекомендації щодо способу корекції упору гребного гвинта;

– рекомендації щодо способу обмеження циклової паливоподачі для забезпечення безпечної експлуатації дизеля за тепловою напруженістю.

Здобувачем в дисертаційному дослідженні узагальнено отримані науково-практичні результати, сформульовано і виносяться на захист наукові положення щодо:

– оптимізації нечутливості електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу головних суднових дизелів в штормових умовах;

– параметрів налаштування електронних регуляторів частоти обертання з пропорційно-інтегрально-диференціюючими (ПІД) контролерами суднових дизель-генераторів;

– графічного представлення результатів апроксимації обмежувальної залежності за тепловою напруженістю для двотактних головних суднових дизелів, які працюють на гвинт фіксованого кроку;

– рекомендацій пріоритетності при виборі співвідношення кроку гвинта та частоти обертання чотиритактних суднових дизелів на режимах перевантаження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих здобувачем, базується на аналізі науково-технічних джерел, коректній постановці мети і відповідно задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження.

На підставі вище наведеного можна зробити висновок, що отримані здобувачем результати повністю відповідають темі дисертаційного дослідження та розкривають сутність удосконалення налаштування сучасних електронних регуляторів частоти обертання суднових дизелів.

Новизна науково-практичних результатів проведених здобувачем досліджень. Наукова значимість результатів полягає у вперше обґрунтованому та реалізованому науковому підході – підвищення ефективності автоматичного регулювання частоти обертання та запобігання тепловому перевантаженню суднових дизелів із електронними регуляторами контролерного типу в умовах реальної експлуатації.

Завдяки такому науковому підходу встановлено закономірності впливу налаштування електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу на роботу суднових дизелів в експлуатації, що дозволило:

– провести оптимізацію параметрів регулятора в максимально наближених до реальних експлуатаційних умовах, врахувати зміни індикаторного крутного моменту в кожному циліндрі дизеля протягом робочого циклу;

– зменшити коливання подачі палива в дизель та підвищити стабільність його частоти обертання оптимізацією нечутливості між сигналами заданої та фактичної частоти обертання колінчастого вала;

– зменшити амплітуду коливань частоти обертання та стабілізувати тепловий режим циліндро-поршневої групи дизеля адаптацією системи автоматичного регулювання до змінних режимів роботи.

Практична цінність результатів дисертаційного дослідження полягає в рекомендаціях щодо:

– налаштовування ПІД-контролера електронного регулятора дизель-генератора при найімовірніших істотних зовнішніх збуреннях;

– розширення зони експлуатаційних режимів головних дизелів без перевантаження, які передбачають використання інтегрального критерію теплового обмеження – температуру газів на лінії розширення;

– способу запобігання перевантаженню головного дизеля підтриманням заданого співвідношення навантаження − частота обертання (даний спосіб захищено патентом України на корисну модель).

Значимість отриманих результатів дослідження підтверджено актом впровадження і трьома актами використання результатів дослідження, які наведено у додатках до дисертації.

Рівень виконання поставленого наукового завдання. Поставлене у дисертаційній роботі наукове завдання щодо удосконалення налаштування електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу суднових дизелів у реальних експлуатаційних умовах виконано методологічно вірно у повному обсязі, на високому науковому рівні, застосовано сучасні методи дослідження.

Здобувачем розроблено та обґрунтовано новий науковий підхід оптимізації роботи багатофункціональних електронних регуляторів контролерного типу для суднових дизелів. Теоретичні положення підтверджено в процесі математичного моделюванням та результатами реальних експериментів на різних суднових дизельних установках з урахуванням експлуатаційних особливостей кожної. Реалізовані практичні рекомендації підтверджують ефективність запропонованих рішень та забезпечують логічну завершеність дослідження.

Наукова обґрунтованість результатів проведених здобувачем досліджень. Результати роботи базуються на фундаментальних положеннях теорії двигуна, автоматичного регулювання двигунів внутрішнього згорання, сучасних математичних методах досліджень і не протирічать результатам досліджень інших вчених, які працюють над цією тематикою.

Обґрунтованість результатів забезпечена логічною структурою дослідження, системним підходом, використанням сучасної методики дослідження технічно складних нелінійних динамічних систем. При перевірці адекватності математичної моделі отримано задовільний збіг теоретичних результатів з експериментом.

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Виконане дослідження засвідчує високий рівень підготовки здобувача, його вміння застосовувати методологію наукової діяльності на всіх етапах науково-пізнавального процесу. Оволодіння методологією наукової діяльності підтверджується поєднанням у роботі загальнонаукових, емпіричних, експериментально-теоретичних, теоретичних та системно-методологічних методів дослідження, застосування яких детально описано на 22 стор. Без сумніву, здобувач має достатній багаж знань і компетенцій для подальшої самостійної наукової роботи.

Оцінка наукового рівня дисертації і наукових публікацій здобувача.

Структура дисертації, яка складається з п’яти розділів (загальний обсяг 182 стор., із них 125 стор. основного тексту), є логічною, взаємозв’язок між частинами чіткий та зрозумілий. Зміст та методика дослідження розкриті повністю.

Заслуговує на увагу візуалізація результатів моделювання налаштувань параметрів електронного ПІД-регулятора – представлення їх у вигляді тривимірних поверхонь.

Дисертація написана українською мовою і оформлена відповідно до вимог Наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Дисертація містить теоретичні, методичні і прикладні результати, які мають наукову новизну, та практичну значущість. Отримані результати розширюють наукові знання щодо роботи і налаштування електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу в складних штормових умовах експлуатації судна.

Високої оцінки заслуговує запропонований у роботі підхід до адаптації ширини зони нечутливості електронного регулятора до реальних умов експлуатації судна.

Наукові публікації здобувача мають високий науковий рівень, відображають основні положення і результати дисертаційного дослідження. Отримані здобувачем результати опубліковано у достатньому обсязі у фахових наукових виданнях України (4 публікації) та міжнародних виданнях (4 публікації), проіндексованих у базах даних Web of Science та Scopus.

Цілісність і завершеність виконаної роботи демонструє наукову зрілість здобувача та здатність до подальшого самостійного наукового пошуку.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Термін «гідравлічний регулятор», який зустрічається в тексті анотації та вступі дисертації, не коректний. В цих розділах описано роботу традиційних відцентрових регуляторів із гідравлічними виконавчими механізмами.

2. Потребує конкретизації результат (стор. 7, 27) щодо покращення «динамічних характеристик автоматичного регулювання частоти обертання на 12 % ». Який із показників перехідних процесів суднового дизель-генератора покращено саме на 12 % ?

3. В дисертації представлено результати перевірки адекватності математичної моделі за тиском в циліндрі (рис. 3.10) і частотою обертання колінчастого вала (рис. 3.11). Бажано було б навести подібні результати порівняння для температур, наприклад – для температури газів на лінії розширення.

4. В тексті розділу 4 формули не пронумеровані.

5. Потребує пояснення, які програмні засоби (або алгоритми) застосовував здобувач для математичних процедур оптимізації?

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дослідження.

Висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота Будурова Миколи Ігоровича «Оптимізація електронного регулятора частоти обертання суднового дизеля» за актуальністю проблематики, предметом досліджень, розробленими практичними рекомендаціями відповідає спеціальності 271 – Морський та внутрішній водний транспорт.

Дослідження, спрямовані на забезпечення стабільності швидкісного та теплового режимів суднових дизельних установок, виконані на високому науковому рівні. Дисертація є завершеною науково-дослідною працею, де представлено теоретично обґрунтовані та практично значущі результати, пов'язані з налаштуванням електронних регуляторів частоти обертання контролерного типу у реальних умовах експлуатації суднових дизелів.

Дисертація «Оптимізація електронного регулятора частоти обертання суднового дизеля» Будурова М. І. за своїм змістом, оформленням та публікаціями відповідає Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Будуров Микола Ігорович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – Морський та внутрішній водний транспорт (галузь знань 27 – Транспорт).

Офіційний опонент,
д-р техн. наук, професор,
професор кафедри двигунів
і теплотехніки Національного
транспортного університету

Анатолій ЛІСОВАЛ