

ВІДГУК

офіційного опонента

Корогодського Володимира Анатолійовича

на дисертаційну роботу Міщенка Микити Тимофійовича

«Аналіз ефективності силових установок наземного транспорту»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 142 – Енергетичне машинобудування

Актуальність теми

Одним із ключових викликів сучасного транспорту є необхідність зниження викидів парникових газів, зокрема вуглекислого газу, із одночасним збереженням надійності, мобільності та автономності традиційних силових установок. Попри стрімкий розвиток електромобілів, значна частка транспортних засобів продовжує експлуатуватися з використанням двигунів внутрішнього згорання, що актуалізує потребу в гібридних технологіях як проміжному та перспективному рішенні.

У цьому контексті дисертаційна робота, присвячена вдосконаленню силових установок шляхом використання бензиново-водневих паливних сумішей у складі гібридних приводів, є своєчасною та суспільно значущою. Поєднання експериментального дослідження, математичного моделювання робочого процесу двигуна та аналізу впливу водневих добавок на паливну економічність і викиди CO₂ у реальних їздових циклах дає змогу розглядати цю роботу як вагомий внесок у розвиток транспортної енергетики в умовах декарбонізації.

У роботі поставлено науково-технічне завдання вдосконалення конструктивно-енергетичних параметрів силових установок наземного транспорту в умовах декарбонізації, зокрема шляхом інтеграції водню як паливної добавки до бензину у складі гібридних приводів. Застосування змішаного палива дає змогу зменшити викиди CO₂ без необхідності повної електрифікації або радикальної реконструкції двигуна. Це, своєю чергою, відкриває перспективи поступового переходу до екологічно чистих силових установок наземного транспорту, зберігаючи водночас доступність і технологічну сумісність з наявними силовими агрегатами.

Тема дисертаційної роботи пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт

кафедри «Двигунів та гібридних енергетичних установок» НТУ «ХПІ». Здобувач брав участь у виконанні науково-дослідної роботи за планом МОН України «Розробка і впровадження технічних рішень з підвищення енергетичної ефективності бронетехніки» (ДР № 0123U101839, термін виконання: 2023–2024 рр., науковий керівник – д-р техн. наук, проф. А. П. Марченко). Участь автора – виконавець.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані комплексно – на основі як експериментальних досліджень, так і результатів математичного моделювання. Індикаторні та ефективні показники роботи двигуна 4Ч7,6/6,6, отримані під час стендових випробувань, а також індикаторні діаграми зміни тиску в циліндрі дали змогу верифікувати розроблену автором модель робочого процесу з урахуванням зміни складу палива. Це дає змогу достовірно описувати тепловий стан, процеси згоряння, паливну економічність і рівень емісії CO₂ за різного вмісту водню в паливній суміші.

Висновки дисертації мають чіткий зв'язок із поставленими завданнями та підтверджуються отриманими кількісними результатами. Емпіричні залежності (зокрема коефіцієнтів функції Вібе), розрахунки за їздовим циклом NEDC, а також порівняння з результатами аналогічних досліджень підтверджують високий ступінь наукової обґрунтованості та практичної достовірності рекомендацій автора.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних випробувань. Отримані наукові результати застосовано під час розробки концептуальної схеми гібридної силової установки на базі двигуна з іскровим запалюванням, який працює на бензиново-водневій паливній суміші, з метою підвищення паливної економічності та зниження викидів CO₂ без радикальної перебудови конструкції ДВЗ.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести таке:

- уперше запропоновано концепцію гібридної силової установки з використанням бензиново-водневої паливної суміші для модернізації традиційних ДВЗ без потреби у суттєвій модифікації конструкції, що є актуальним у контексті завдань поступової декарбонізації автомобільного транспорту;
- удосконалено математичну модель робочого процесу двигуна з іскровим запалюванням, яка враховує змінний склад палива та дає змогу оцінювати показники ефективності й екологічності роботи двигуна при різній масовій концентрації водню в паливі;
- уперше отримано емпіричні залежності коефіцієнтів функції Вібе для процесу згоряння бензину з добавкою водню, що підвищує точність розрахункових моделей і дає змогу прогнозувати вплив складу палива на перебіг процесу згоряння;
- удосконалено підхід до кількісної оцінки показників силової установки в умовах типового їздового циклу NEDC, що дало змогу визначити інтегральний ефект від використання водню на показники витрати палива та рівень викидів CO₂;
- обґрунтовано доцільність використання водню як паливної добавки на прикладі двигуна 4С7,6/6,6, що має важливе значення для розробки адаптивних рішень у сфері модернізації наявного парку транспортних засобів.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Практична цінність результатів дослідження полягає в їх використанні:

- 1) у ДП «ДержавтотрансНДІпроект» – при виконанні науково-дослідних робіт за напрямом, зокрема, нормування витрат палива, електричної енергії на автомобільному транспорті, розроблення відповідного національного стандарту, дослідження можливості застосування водню як добавки до традиційного пального;
- 2) у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) – при розробці та впровадженні в навчальний процес на кафедрі «Двигунів та гібридних енергетичних установок».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Результати досліджень опубліковано у 12 працях, серед яких: 2 статті в наукових журналах, що індексуються в міжнародній наукометричній базі даних

Scopus, 1 стаття у фаховому виданні, включеному до переліку МОН України, та 9 публікацій у матеріалах науково-практичних конференцій.

Участь здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві, зазначено в дисертації.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Міщенка Микити Тимофійовича складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і трьох додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено її наукову та практичну цінність, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено зв'язок із науковими темами, а також подано інформацію про апробацію результатів і публікації.

У першому розділі описано об'єкт дослідження, проаналізовано тенденції світового розвитку патентування в галузі силових установок автомобільного транспорту, виконано оцінку викидів CO₂ у навколишнє середовище від автотранспорту, розглянуто особливості застосування водневих добавок у двигунах із іскровим запалюванням, обґрунтовано напрям теоретичних і експериментальних досліджень та сформульовано наукові завдання.

У другому розділі викладено методика і порядок проведення експериментальних досліджень двигуна 4Ч7,6/6,6 на моторному стенді та наведено результати експериментальних досліджень, що включають визначення індикаторних і ефективних параметрів, показники викидів CO₂ та побудову індикаторних діаграм.

У третьому розділі описано математичну модель розрахунку робочого процесу двигуна 4Ч7,6/6,6 з добавкою водню до основного пального та виконано її ідентифікацію за результатами експериментальних досліджень.

У четвертому розділі розглядається реалізація концепції декарбонізації силових установок автомобільного транспорту шляхом впровадження концептуальної схеми гібридної силової установки на базі двигуна 4Ч7,6/6,6, який працює на бензиново-водневій паливній суміші та використовується в схемі як макетний зразок.

У п'ятому розділі наведено результати розрахунково-експериментальних досліджень, які охоплюють вплив водневої добавки на індикаторні та ефективні показники роботи двигуна 4Ч7,6/6,6, результати моделювання їздового циклу концептуальної схеми гібридної силової установки, а також узагальнення і практичні рекомендації щодо використання результатів дисертаційного дослідження.

Висновки до розділів та загальні висновки сформульовано чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел налічує 81 найменування й охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація повністю відображає зміст дисертації, наукові результати та практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, що відображають основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. При розгляді патентної інформації не має аналізу патентування автомобільних силових установок за останні 3 роки, що впливає на представлену порівняльну динаміку кількості патентів за всіма напрямками.

При огляді світової наукової думки з проблематики дослідження більше уваги приділено працям вітчизняних та окремих польських дослідників, тоді як внесок провідних фахівців із США, Німеччини та Японії (наприклад, у сфері водневої енергетики) варто було б висвітлити детальніше.

Також при розгляді патентної інформації щодо гібридних силових установок на транспорті бажано було б проаналізувати наступні напрями:

- безпосереднє впорскування змішаного основного палива з добавкою водню у двигунах з іскровим запалюванням;
- безпосереднє впорскування традиційного палива та водню окремо у циліндр двигуна;
- застосування паливних комірок як силової установки.

2. В роботі запропоновано концепцію гібридної силової установки на базі двигуна 4Ч7,6/6,6, проте відсутнє обґрунтування вибору саме цієї конструкції як макетного зразка. Було б доцільно порівняти її з іншими можливими конфігураціями двигунів або силових установок, які також могли б слугувати базою для впровадження водневої добавки.

3. У розділі 1 міститься велика кількість загальновідомої статистичної та патентної інформації, яку доцільно було б винести до додатків, залишивши тільки основні висновки з аналітичного огляду.

4. На рисунку 1.14 не позначено, які данні відповідають синьому кольору.

5. У розділі 2.2.1 (стор. 79) вказано, що «...стендові випробування проводилися на режимах зовнішньої швидкісної характеристики двигуна при частоті обертання колінчастого валу (n), від 2610 до 5590 хв^{-1} , оскільки ДВЗ у складі гібридної силової установки працює в даному діапазоні швидкісних режимів.» – це є дуже спірним твердженням та рішенням, оскільки робота двигуна весь час на повній потужності обмежена моторесурсом, надійністю та характеризується підвищеними витратами палива, моторного мастила та максимальними значеннями викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами, зокрема й CO_2 .

6. Не приведено посилання на джерела використаних формул (2.1)-(2.16). У формулах визначення ефективної потужності N_e (2.13) та крутного моменту $M_{кр}$ (2.14) не враховується застосування коробки передач між валом двигуна та навантажуючим пристроєм, що впливає на рівень розрахункових значень.

7. Не зрозуміло, чому, виходячи з даних табл. 2.6 (максимальна сила на гальмі $P_{\text{Гальм}} = 39,5 \text{ кг}\cdot\text{с}$ (2 режим) та табл. 2.7 (максимальний крутний момент $M_{\text{кр}} = 77,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$ (2 режим), що відповідають зображенню при $n = 3220 \text{ хв}^{-1}$ на рис. 2.10, а розрахунок тиску P , температури T та характеристики швидкості тепловиділення (рис. 2.9 а), експериментальні показники тривалості φ_z та характеру згоряння m (табл. 3.2), експериментальні та розрахункові індикаторні діаграми (рис. 3.4 а), характеристики тепловиділення (рис. 3.5 а), приймаються на режимі при $n = 3870 \text{ хв}^{-1}$?

8. У табл. 2.8 представлені тільки значення CO_2 . Для оцінки загального рівня шкідливих речовин необхідно також було вказати значення CH , NO_x та CO , тому що двигун працює по зовнішній швидкісній характеристиці й до $n = 3220 \text{ хв}^{-1}$ та більше $n = 4850 \text{ хв}^{-1}$ на збагаченій паливоповітряній суміші з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha < 1$ (виходячи з даних табл. 2.6).

9. На рис. 2.10 необхідно також вказувати значення годинної витрати палива $G_{\text{п}}$, $\text{кг}/\text{год}$.

10. Не приведено посилання на джерела використаних формул (3.1)-(3.38). У диференціальному рівнянні процесів масообміну і теплообміну в надпоршневій порожнині, запропоновану професором Дяченком В.Г., яка описує рівняння стану (формула (3.3)), представлена не вірно, в ній не враховується dVx – зміна об'єму робочого тіла.

11. У розд. 3 представлено удосконалену математичну модель процесу згоряння в бензиновому двигуні з добавкою водню, проте опис емпіричних коефіцієнтів, які використані в моделі, заслуговує більш детального аналізу їх фізичного сенсу, діапазонів застосування та чутливості результатів моделювання до цих параметрів.

12. У табл. 5.1 при визначенні η_e не вказано як розраховуються значення низшої теплоти згоряння $Q_{\text{н}}$ суміші бензину з добавками водню.

В дисертації також мають місце інші дрібні зауваження.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

ВІСНОВОК

Дисертаційна робота Міщенка Микити Тимофійовича «Аналіз ефективності силових установок наземного транспорту» за своїм змістом відповідає спеціальності 142 – Енергетичне машинобудування. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу науково-практичну задачу, що полягає у підвищенні ефективності та екологічності роботи силових установок наземного транспорту шляхом використання бензиново-водневих паливних сумішей у складі гібридних приводів, що дозволяє зменшити викиди CO₂ без кардинальної зміни конструкції двигуна.

Подана дисертаційна робота «Аналіз ефективності силових установок наземного транспорту» Міщенка М.Т. відповідає спеціальності 142 – Енергетичне машинобудування, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Міщенко Микита Тимофійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 – Енергетичне машинобудування.

Офіційний опонент

Професор кафедри двигунів внутрішнього

згорання Харківського національного

автомобільно-дорожнього університету,

д-р техн. наук, проф..

В. Корогодський

Володимир КОРОГОДСЬКИЙ

05.08.2025р.
Підпис професора каф. ДВЗ ХНАДУ
В. Корогодського засвідчую
Прямою з наукової роботи
ХНАДУ, д.е.н., проф.



М. С. П. Р. Е. В. З.