

В І Д Г У К

офіційного опонента на дисертаційну роботу Садовника Івана Івановича на тему «Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу з використанням рекуперованої теплової енергії», яку представлено до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Актуальність теми дисертації

З метою поліпшення паливної економічності та зниження викидів парникових газів і шкідливих речовин (далі - ШР) з відпрацьованими газами (далі - ВГ) автомобільних двигунів пропонують різні способи додавання до паливоповітряної суміші водню або водневмісного газу, зокрема, газу Брауна. Останній викликає інтерес для практичного використання, оскільки може бути отриманий шляхом електролізу водних розчинів лугів. У ряді робіт досліджено вплив добавок водневмісного газу з різними способами отримання і подачі до різних типів двигунів, що може свідчити про перспективність застосування таких добавок.

Однак, використання енергії для роботи електролізера від штатного джерела електроживлення автомобіля має негативний вплив на його енергетичні показники внаслідок збільшення навантаження на електричний генератор та механічних втрат. У режимах часткових навантажень внаслідок цього збільшується витрата палива, що нівелює позитивний вплив використання доданого водневмісного газу на паливну економічність та екологічні показники двигуна.

З урахуванням того, що значна частка енергії палива втрачається у вигляді теплових втрат двигуна, актуальним джерелом додаткової електричної енергії можна розглядати термоелектричний генератор.

З огляду на це, пошук шляхів практичного застосування термоелектричних генераторів для забезпечення ефективності впливу додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням на паливну економічність та екологічні показники автомобілів є актуальною задачею, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота. Отже, тема роботи є актуальною.

Дисертаційну роботу виконано згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету в рамках НДР: на 2016 рік за темою «Розробка і дослідження систем моніторингу засобів транспорту на основі інформаційних систем в умовах експлуатації», державна реєстрація №0116U007887; на 2016-2018 роки за темою «Поліпшення показників транспортних засобів удосконаленням систем двигунів та застосуванням альтернативних палив», державна реєстрація №0116U007533; на 2019-2020 роки за темою «Зниження витрати палива і шкідливих викидів двигунами дорожніх транспортних засобів оптимізацією конструктивних і експлуатаційних факторів», державна реєстрація №0119U100692.



Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота здобувача Садовника І. І. є закінченою науковою працею, яка виконана на належному науковому і технічному рівні.

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Структура роботи і подання матеріалу є традиційним для робіт технічних спеціальностей. Загальний обсяг дисертації складає 224 сторінки, у тому числі 16 додатків. Обсяг основного тексту – 138 сторінок, у тому числі 74 рисунки, 9 таблиць. Список використаних джерел нараховує 110 найменувань.

Робота має оглядову, теоретичну та експериментальну складові, які є достатньо наповненими і збалансованими між собою. За темою дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових праць, у тому числі: 1 – у іноземному фаховому науковому виданні, що індексується у науково-метричній базі Scopus, віднесеному до третього квартилю Q3, 3 – у фахових виданнях (розділах іноземних монографій), 8 – у матеріалах наукових конференцій, 4 – свідоцтва на інтелектуальну власність.

Публікації в повній мірі відображають основні результати наукових досліджень і відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України щодо опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів. Основні результати роботи було представлено під час доповідей на 11-ти науково-технічних конференціях як в Україні, так і за кордоном.

Методологія дисертації сучасна, включає широке використання математичних методів та моделювання показників автомобіля з системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна, експериментальні дослідження двигуна з системою додавання водневмісного газу та використанням термоелектричного генератора, а також експериментальну перевірку основних результатів теоретичних досліджень.

Дисертацію написано професійною технічною мовою та високоякісно оформлено згідно з вимогами і рекомендаціями до кандидатських дисертацій.

Ступінь обґрунтованості, достовірності і новизни наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації в роботі ґрунтуються на результатах експериментальних досліджень впливу системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ на індикаторні, ефективні і екологічні показники двигуна VW BBU. Проведені дослідження є послідовними і логічними. Отримані автором результати не суперечать результатам попередніх досліджень та є їх логічним продовженням.

Припущення, до яких вдається здобувач у дослідженнях, є правомірними і вносять незначну похибку в кінцевий результат. Результати теоретичних розробок автора узгоджуються з результатами експериментальних досліджень, а також з результатами робіт інших авторів та загальними уявленнями.

Наукова новизна і достовірність обумовлена такими результатами:

- розроблено метод забезпечення виробництва водневмісного газу з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ бензинового двигуна, що дозволяє поліпшити паливну економічність та екологічні показники автомобільного транспортного засобу в умовах експлуатації;

- уточнено поліноміальні залежності витрати палива та концентрацій ШР від режиму роботи бензинового двигуна, які враховують додавання водневмісного газу до повітряного заряду та інтенсивність термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ;

- отримано закономірності впливу параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ на ефективність накопичення електричної енергії в додатковій батареї, витрату палива та викиди ШР автомобілем під час його руху за їздовим циклом.

Висновки є змістовними і достовірними. Достовірність отриманих результатів забезпечено застосуванням сучасних методик, що дозволило отримати задовільне співпадіння експериментальних даних з результатами розрахункових досліджень.

Практична цінність роботи полягає у розроблених рекомендаціях щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ, а також в алгоритмі математичного моделювання показників автомобіля з розробленою системою живлення.

Результати роботи прийняті до використання ДП «ДержавтотрансНДІпроект» (м. Київ), Директоратом автомобільного та електричного міського транспорту Міністерства інфраструктури України (м. Київ) і Українським науково-дослідним та навчальним центром хімотології і сертифікації паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин Національного авіаційного університету (м. Київ).

Основні висновки дисертації логічно випливають з результатів проведених досліджень.

1. Висновок перший щодо можливості поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля додаванням водневмісного газу до повітряного заряду з використанням рекуперації теплової енергії ВГ двигуна базується на результатах проведеного аналізу теплових втрат автомобільного двигуна, способів рекуперації теплової енергії, що втрачається, та результатах попередніх досліджень впливу використання водневмісних газів на показники двигунів внутрішнього згорання.

2. Висновок другий щодо розробленої методики дослідження обґрунтований запропонованими методами досліджень, що включають експериментальні випробування двигуна та математичне моделювання руху автомобіля.

3. Висновок третій щодо практичної реалізації запропонованого методу забезпечення виробництва водневмісного газу обумовлено розробленим експериментальним зразком системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з використанням термоелектричного генератора, який було випробувано на автомобільному двигуні VW BBU.

4. Висновок четвертий щодо розробленого алгоритму математичного моделювання показників автомобіля з використанням розробленої системи додавання водневмісного газу обґрунтовано представленими в роботі математичними залежностями витрати палива та концентрацій ШР у ВГ у різних режимах роботи двигуна з додаванням водневмісного газу та без нього, а також програмою розрахунку з використанням мови програмування Fortran, що дозволяє визначити поточні значення витрати палива та викидів ШР автомобілем під час його руху за їздовим циклом.

5. Висновок п'ятий щодо результатів експериментальних досліджень двигуна VW BBU з розробленою системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна обумовлений отриманими безпосередньо на двигуні під час його стендових випробувань результатами впливу додавання водневмісного газу та використання для роботи генератора водневмісного газу термоелектричного генератора в системі випуску на індикаторні, ефективні та екологічні показники двигуна.

6. Висновок шостий щодо отриманих електричних параметрів під час випробувань термоелектричного генератора у системі випуску двигуна обумовлений розробкою конструкції, виготовленням, встановленням у систему випуску та експериментальними дослідженнями термоелектричного генератора в різних швидкісних і навантажувальних режимах роботи двигуна з фіксуванням сили струму, напруги, перепаду температур на поверхнях термоелектричних модулів із застосуванням відповідних засобів вимірювальної техніки в лабораторії випробувань двигунів.

7. Висновок сьомий щодо оцінки адекватності математичного моделювання та закономірностей впливу параметрів системи на витрату палива і викиди ШР автомобілем під час його руху за їздовим циклом обґрунтовано проведеними розрахунковими дослідженнями на математичній моделі, порівнянням результатів моделювання витрати палива автомобіля Skoda Fabia з показниками витрати палива за даними виробника, представленими результатами зміни вказаних показників під час руху за їздовим циклом та графічними залежностями.

8. Висновок восьмий щодо визначення доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду автомобільного двигуна, зокрема, номінальної потужності термоелектричних модулів та продуктивності генератора водневмісного газу обумовлено проведеними дослідженнями залишкового ступеня зарядженості додаткової акумуляторної батареї, що накопичує рекуперовану електричну енергію та використовує її для живлення генератора водневмісного газу, після завершення руху за їздовим циклом залежно від вказаних параметрів системи.

Дискусійні положення та зауваження до роботи

Поряд із загальною позитивною оцінкою результатів проведених досліджень, слід зазначити деякі дискусійні положення та зауваження:

1. У розділі 1 детально проаналізовано різні варіанти рекуперації теплової енергії ВГ, такі як привод турбокомпресора в системах газотурбінного наддуву, рециркуляція ВГ, заряджання теплового акумулятора, термоелектричне перетворення, але відсутній аналіз впливу застосування водневмісного газу на паливну економічність та екологічні показники автомобіля, що вказано в темі дисертації і визначено метою та завданням дослідження.

2. У роботі досліджено показники двигуна в режимах низьких і середніх навантажень та частот обертання колінчастого валу двигуна, що переважають під час руху автомобіля за їздовим циклом згідно з Правилами ООН № 83-05. Однак, розрахунок теплообмінників термоелектричного генератора був виконаний у розділі 2 з урахуванням показників двигуна в номінальному режимі.

3. Згідно з результатами експериментальних досліджень в режимах низьких навантажень та частот обертання колінчастого валу двигуна VW BBU встановлено, що добавка водневмісного газу призводить до скорочення тривалості згорання (с. 4, 131, 139, 160). Зважаючи на це, було б доцільним експериментально дослідити вплив кута випередження запалювання на екологічні характеристики і паливну економічність двигуна при застосуванні добавки водневмісного газу.

4. Подачу водневмісного газу в двигун VW BBU здійснювали безпосередньо у впускний трубопровід перед дросельною заслінкою без застосування будь-яких змішуючих пристроїв та сопел Вентурі (як показано на рис. 4.2, с. 113). З огляду на те, що густина водню є меншою за густину повітря та кисню у 14-16 разів, таке сумішеутворення несе ризик розшарування суміші повітря, кисню і водню та нерівномірної подачі водню за циліндрами двигуна.

Цілком ймовірно, що покращення сумішеутворення дозволило б додатково поліпшити паливну економічність та екологічні показники двигуна при додаванні водневмісного газу.

5. Нажаль, відсутнє порівняння результатів моделювання витрати палива автомобілем з експериментальними даними, наприклад, за паливно-економічною характеристикою усталеного руху. Це б збільшило обґрунтованість і достовірність оцінки адекватності математичної моделі.

6. У переліку використаних джерел надані посилання на ГОСТ 14846–81 [88], що втратив чинність з 01.01.2018 (наказ ДП «УкрНДНЦ» від 14.12.2015 № 188) та на ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009 [7], що втратив чинність з 01.01.2017 (наказ ДП «УкрНДНЦ» від 21.11.2016 № 392). Замість ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009 слід посилатися безпосередньо на Правила ООН № 83-05, які неодноразово згадуються.

7. При оформленні дисертації допущено незначну кількість неточностей і друкарських помилок: у таблиці 4.1 (с. 125) не вказано які похибки є абсолютними, а які відносними; у назві розділу 5 «використанням» (с. 23, 140); за текстом багаторазово застосовано як «згорання», так і «згорання»; скорочення «ВГ» введено тричі (с. 25, 33, 57), «ДВЗ» - двічі (с. 25, 32); позначення хімічних елементів надані переважно курсивним, а не прямим шрифтом.

Загальний висновок

За результатами аналізу дисертації можна в цілому визначити таке:

1. Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі, пов'язаної з поліпшенням паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу та використанням рекуперованої теплової енергії.

2. Дисертація є закінченою науковою працею, яка виконана з використанням сучасних методів досліджень, містить нові науково обґрунтовані теоретичні, експериментальні результати та технічні рішення.

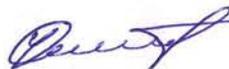
3. Автореферат і значне число публікацій у наукових фахових виданнях достатньо повно відображають зміст та основні результати виконаних досліджень. Зміст автореферату та дисертаційної роботи у цілому є ідентичними.

4. Результати дисертаційної роботи отримали достатню апробацію та впровадження.

5. Зауваження по роботі, зазначені у відгуку, не ставлять під сумнів наукові положення та результати дослідження, які отримали достатню апробацію і впровадження.

Розглянута дисертаційна робота за її актуальністю, науковим рівнем, обсягом і якістю проведених досліджень та практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13 та 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, а її автор, Садовник Іван Іванович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент,
заступник завідувача відділу законодавчого
забезпечення виконання міжнародних
договорів у сфері транспорту
ДП «ДержавтотрансНДІпроект»,
кандидат технічних наук



В. С. Устименко

Підпис канд. техн. наук Устименка В.С. засвідчую:

Учений секретар
ДП «ДержавтотрансНДІпроект»,
кандидат технічних наук



М. Б. Назаренко