

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Паніна Миколи Ігоровича

на тему «Поліпшення показників сучасного бензинового двигуна при використанні зрідженого нафтового газу добавкою водневмісного газу до повітряного заряду»

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування», галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Актуальність теми дослідження

Двигуни внутрішнього згорання, а саме двигуни з іскровим запалюванням та дизелі в теперішній час є основним джерелом механічної енергії автомобілів, дорожніх, підйомно – транспортних, будівельних, меліоративних і сільсько-господарських машин.

З певною долею вірогідності можна стверджувати, що ці двигуни і в найближчому майбутньому будуть широко використовуватись як джерела механічної енергії таких машин доки будуть існувати значні поклади нафти і нафтового газу. А також і завдяки тому, що за роки свого існування вони доведені до високого рівня досконалості.

Для розширення паливної бази і зменшення споживання бензину переобладнують автомобілі з двигунами з іскровим запалюванням для роботи на зрідженому нафтовому газі (ЗНГ). Цей газ отримують при видобутку й переробці нафти як побічний продукт. Основним недоліком зрідженого нафтового газу при використанні для автомобілів є деяке підвищення об'ємної витрати палива в порівнянні з бензином.

Для поліпшення паливної економічності і зниження викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двигуна з іскровим запалюванням при роботі на бензині до повітряного заряду двигуна добавляють водневмісний газ, який складається з молекул і атомів водню і кисню. Цей напрям є доволі перспективним, оскільки він не потребує зміни конструкції двигуна і його можна легко реалізувати в умовах експлуатації. Разом з тим не проводились широкі дослідження по впливу добавки водневмісного газу на показники роботи двигуна з іскровим запалюванням при використанні зрідженого нафтового газу.

Тому автор в своїй роботі досліджує вплив добавки водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням за роботи на зрідженому нафтовому газі на енергетичні, паливо-економічні і екологічні показники. При цьому проводили порівняння показників двигуна за роботи в різних швидкісних і навантажувальних режимах, і автомобіля в русі за режимами їздового циклу при використанні зрідженого нафтового газу і бензину. Це дало можливість



перевірити достовірність отриманих результатів порівнянням розрахованих показників автомобіля з його технічними характеристиками.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами

Дисертаційна робота виконана на кафедрі «Двигуни і теплотехніка» згідно плану наукових робіт НТУ на 2022-2024 р.р. за темами «Підвищення енергетичної ефективності та екологічності автомобільного транспорту використанням активуючих добавок та альтернативних палив з відновлюваної сировини» (державний реєстраційний номер № 0122U001201) та «Поліпшення екологічних показників та паливної економічності двигунів транспортних засобів удосконалення систем та використанням альтернативних палив» (державний реєстраційний номер 0122U000514).

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 191 сторінку, включаючи 162 сторінки основного тексту, 21 таблицю та 64 рисунків, 120 використаних джерела та 6 додатків. Робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

У **вступі** обґрунтовано актуальність дослідження, визначено мету і завдання дослідження, наведено зв'язок роботи з науково-дослідною тематикою кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету. Сформульовано наукову новизну, практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача. Наведено відомості про опублікування результатів дослідження та їх апробацію.

У **першому розділі «Передумови до використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду для поліпшення показників двигунів з іскровим запалюванням, що працюють на зрідженому нафтовому газі»** висвітлено які альтернативні палива застосовуються для автомобільних двигунів, вказуються їх характеристики і переваги з недоліками; особливості роботи двигунів внутрішнього згорання на зрідженому нафтовому газі, а також переваги та недоліки зрідженого нафтового газу як моторного палива; шляхи поліпшення показників двигунів з іскровим запалюванням, що працюють на зрідженому нафтовому газі; способи отримання водню і аналіз раніше проведених досліджень по використанню добавки водневмісного газу в двигунах з іскровим запалюванням. Було встановлено, що в літературних джерелах не виявили досліджень, результатом яких є визначення оптимальної добавки водневмісного газу за роботи двигуна на зрідженому нафтовому газі в різних режимах, а також не визначали, як доцільно оцінювати ефективність

добавки на показники паливної економічності з врахуванням витрат енергії на отримання водневмісного газу.

У другому розділі *«Попередні теоретичні дослідження процесу згорання зрідженого нафтового газу та впливу добавки водневмісного газу на сумішоутворення в двигуні з іскровим запалюванням»* наведені загальна методика проведення досліджень по поліпшенню паливної економічності і екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням за роботи на зрідженому нафтовому газі добавкою водневмісного газу до повітряного заряду, особливості горіння газоподібних палив з воднем, вплив добавки водневмісного газу на показники сумішоутворення двигуна з іскровим запалюванням за роботи на зрідженому нафтовому газі. Встановлено, що добавка водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням приводить до підвищення молекулярного відношення водень-вуглець Н/С в паливі, що позитивно впливає на процес згорання і приводить до зниження нижчої теплоти згорання паливної суміші.

У третьому розділі *«Уточнення математичної моделі руху автомобіля за режимами їздового циклу для дослідження впливу добавки водневмісного газу на показники роботи автомобіля»* обґрунтовано вибір їздового циклу для теоретичного дослідження, уточнено математичну модель двигуна в навантажувальних режимах, отримано основні рівняння уточненої математичної моделі. Для дослідження впливу величини добавки водневмісного газу на показники роботи двигуна обрано Європейський їздовий цикл і уточнено математичну модель руху автомобіля за режимами Європейського їздового циклу з урахуванням величини добавки водневмісного газу до повітряного заряду двигуна за роботи на бензині та зрідженому нафтовому газі.

У четвертому розділі *«Мета, програма, методика та результати експериментальних досліджень двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу»* визначено мету і задачі експериментальних досліджень, програму і об'єкт експериментальних досліджень, методику експериментальних досліджень, прилади та обладнання, що використовували при проведенні експериментальних досліджень. За результатами стендових досліджень, проведених методом факторного експерименту, було встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення годинної витрати бензину і зрідженого нафтового газу та підвищення ефективної потужності практично в усіх точках плану експерименту в широкому діапазоні навантажувальних і швидкісних режимів, а оптимальна добавка водневмісного газу для двигуна за роботи на бензині становить 2,5 л/хв., на зрідженому нафтовому газі – 3 л/хв.

У п'ятому розділі *«Результати експериментальних і розрахункових досліджень впливу добавки водневмісного газу на показники роботи*

бензинових двигунів» отримано результати досліджень паливної економічності та екологічних показників бензинових двигунів за роботи з добавкою водневмісного газу; перевірено адекватність поліноміальних залежностей, що описують двигун VW BBU за роботи на бензині та зрідженому нафтовому газі; досліджено вплив добавки водневмісного газу на показники двигуна за роботи на бензині та ЗНГ в різних швидкісних та навантажувальних режимах; отримано результати розрахунку масових викидів двигуна з іскровим запалюванням за роботи на різних видах палива з добавкою та без добавки водневмісного газу; отримано результати досліджень на математичній моделі показників автомобіля з бензиновим двигуном; проведено індицирування двигуна при використанні ЗНГ та бензину. Встановлено, що за роботи двигуна на зрідженому нафтовому газі з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду масові викиди незгорілих вуглеводнів C_mH_n до нейтралізатора зменшуються в середньому на 5,4 %, після нейтралізатора – зростають в середньому на 7 %. Масові викиди оксиду вуглецю CO розраховані за концентраціями заміряними до нейтралізатора знижуються в середньому на 4,7 %, після нейтралізатора знаходяться в межах точності замірів і практично не відрізняються. Масові викиди NO_x до нейтралізатора збільшуються в середньому на 11,5 %, після нейтралізатора – знижуються в середньому на 23,8 %. Сумарні масові викиди з відпрацьованими газами приведені до CO до нейтралізатора збільшуються в середньому на 6,8 %, після нейтралізатора – зменшуються в середньому на 5,6 %. В результаті розрахунку ефективного к.к.д. двигуна з іскровим запалюванням за роботи на зрідженому нафтовому газі без добавки та з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду встановлено, що добавка H_2/O_2 приводить до зростання ефективного к.к.д. в середньому на 3,8 %.

У загальних висновках автором зведені основні результати дисертаційного дослідження.

У додатках наведено два свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, програмний продукт для розрахунку індикаторних показників циклу і характеристик тепловиділення за експериментальними індикаторними діаграмами двигуна внутрішнього згорання, операційну карту простого міського робочого циклу на динамометричному стенді, матрицю експерименту з нормованими та натуральними показниками і довідку про використання результатів кваліфікаційної наукової праці.

Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів Наукові положення, методи експериментальних досліджень достатньою мірою обґрунтовані, базуються на сучасних методиках як теоретичних так і

експериментальних дослідженнях в галузі робочого процесу ДВЗ, а також на результатах особистих досліджень дисертанта.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає:

- У встановленні, що добавка водневмісного газу впливає на показники процесу сумішоутворення за роботи двигуна на бензині і ЗНГ, зокрема теоретично необхідна кількість повітря для згорання палива і коефіцієнт надміру повітря зменшуються по мірі додавання водневмісного газу, відношення Н/С зростає, що свідчить про позитивний вплив на процес згорання отриманої суміші.

- У встановленні, шляхом проведення індицирування, що добавка водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням інтенсифікує процес згорання, швидкість згорання зростає, тривалість процесу згорання зменшується за роботи на бензині і ЗНГ і як результат поліпшуються індикаторні показники двигуна.

- Для більш точної оцінки ефективності використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду запропонували визначати питому ефективну витрату палива в тепловому еквіваленті, враховуючи годинні масові витрати палива, водневмісного газу, їх нижчу теплоту згорання та потужність, яку при цьому розвиває двигун.

Практичне значення виконаного дослідження складають:

- Запропонована методика порівняння показників автомобіля за роботи на різних паливах з добавкою водневмісного газу.

- Результати розрахунків витрати бензину і ЗНГ в русі автомобіля за режимами Європейського міського їздового циклу.

- Результати експериментальних даних по впливу виду палива і добавки водневмісного газу на параметри робочого процесу.

- Отримана методика розрахунку впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням в тепловому еквіваленті за роботи на різних паливах та результати досліджень.

- Величини масових викидів ЗР в ВГ за роботи двигуна на різних паливах з добавкою водневмісного газу.

Результати дисертаційного дослідження прийняті до використання Інститутом газу Національної академії наук України при розробленні напрямів економії і зниження забруднення навколишнього середовища автомобілями та стаціонарними газопоршневими установками.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові результати дисертації достатньо повно висвітлені у 14 наукових працях, з яких 4 у фахових виданнях України, 10 тезах доповідей матеріалів конференцій та двох свідоцтвах на інтелектуальну власність.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

У дисертаційній роботі Паніна Миколи Ігоровича «Поліпшення показників сучасного бензинового двигуна при використанні зрідженого нафтового газу добавкою водневмісного газу до повітряного заряду» ознак академічного плагіату не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації:

1. Не зрозуміло чому автор проводив дослідження в різних діапазонах частот обертання колінчастого валу двигуна при його роботі на бензині від 1400 до 5000 хв⁻¹ і при роботі на зрідженому нафтовому газі від 1600 до 5000 хв⁻¹.

2. На сторінці 6 помічено друкарську помилку у вигляді абрєвіатури «ОГ», яка відсутня у переліку умовних позначень, ймовірно автор мав застосовувати абрєвіатуру «ВГ». Також помічені друкарські помилки на сторінках 84 і 88 в позначеннях одиниць вимірювань моменту опору руху автомобіля на стенді з біговими барабанами і приведеного до колінчастого валу двигуна гальмівного моменту на колесах автомобіля, застосовується «Н⊕м» замість «Н·м».

3. В роботі автор зазначає, що дослідженнями на математичній моделі встановлено, що при добавці водневмісного газу швидкість згорання зростає на обох видах палива. Це підтверджується рисунками 5.15. і 5.16. дисертаційної роботи, на яких зображено розгорнуті індикаторні діаграми двигуна VW BBY при роботі на товарному бензині без добавки та з добавкою водневмісного газу і зрідженому нафтовому газі без добавки та з добавкою водневмісного газу відповідно. При роботі двигуна на бензині з додаванням водневмісного газу максимальний тиск циклу підвищується з 2,015 МПа (досягається при куті повороту колінчастого валу 371,894 градуси) до 2,317 МПа (досягається при куті повороту колінчастого валу 366,451 градус). А при роботі двигуна на зрідженому нафтовому газі з додаванням водневмісного газу максимальний тиск циклу підвищується з 2,176 МПа (досягається при куті повороту колінчастого вала 373,27 градусів) до 2,39 МПа (досягається при куті повороту колінчастого вала 370,997 градусів). Тобто різниця по куту повороту колінчастого валу складає при роботі двигуна на бензині 5,443° і при роботі двигуна на зрідженому нафтовому газі 2,273°. В цьому випадку потрібно було б зробити пояснення по доцільності внесення змін в налаштуваннях в системі запалювання (по зміні кута випередження запалювання) і в системі впорскування палива (по зміні кута випередження впорскування палива) або надати пояснення чому цього робити не потрібно, але в роботі ця інформація відсутня.

4. В тексті дисертації відсутня методика розрахунку робочого процесу двигуна за роботи на бензині і зрідженому нафтовому газі, як з додаванням водневмісного газу так і без його додавання.

5. Для підтвердження адекватності математичної моделі варто було б зробити порівняльне експериментальне дослідження руху автомобіля з використанням бензину і зрідженого нафтового газу за режимами європейського міського їздового циклу.

6. Перший пункт загальних висновків вийшов дуже об'ємний в результаті чого ускладнюється його сприйняття.

Наведені зауваження по роботі в цілому носять рекомендаційний характер та не ставлять під сумнів загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота Паніна Миколи Ігоровича на тему: «Поліпшення показників сучасного бензинового двигуна при використанні зрідженого нафтового газу добавкою водневмісного газу до повітряного заряду» відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі внесеними змінами від 31.05.2019 р.) щодо оформлення і змісту. Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яке за структурою, змістом, оформленням та повнотою висвітлення результатів у наукових виданнях відповідає вимогам п. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Вважаю, що Панін Микола Ігорович заслуговує присвоєння ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 - Енергетичне машинобудування, галузь знань 14 - Електрична інженерія.

Рецензент:
доцент кафедри інженерії машин
транспортного будівництва
Національного транспортного
університету,
кандидат технічних наук, доцент

Валентин МОРОЗ

