ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Овчиннікова Дмитра Володимировича

«Поліпшення показників сучасних бензинових двигунів раціональним використанням добавки біоетанолу до бензину», представлену до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії

зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування», галузь знань «Електрична інженерія»

1. Актуальність теми дисертації

Зменшення імпорту нафтових палив, покращення екологічних показників транспортних засобів, що працюють на бензині, - найважливіші задачі на автомобільному транспорті. Для України, яка імпортує нафтопродукти, проблеми паливного забезпечення двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є особливо гострими.

Зважаючи на це, одним з можливих рішень вказаної проблеми є використання палив з відновлюваних джерел енергії - біопалив, основою для виробництва яких є відходи харчової, сільськогосподарської або деревообробної промисловостей.

Відомим замінником бензину є спиртові палива, зокрема біоетанол, який можна використовувати як основне паливо і як домішку до бензину (найбільш доступний шлях використання). Сьогодні на автозаправних станціях України доступний сумішевий бензин з добавкою спиртових сполук до 40 %. Ефективність використання таких бензинів для двигунів, обладнаних різними системами живлення, залежить від величини домішки в сумішевому бензині. Визначення шляхів раціонального використання таких бензинів є актуальною науково – технічною задачею.

Роботу виконано згідно плану наукових робіт НТУ: 2017-2018 роки за темою «Поліпшення показників транспортних засобів удосконаленням систем двигунів та застосуванням альтернативних палив» (державна реєстрація № 0116U007533,

КАНЦЕЛЯРІЯ НТУ
Вх. № 01/1382
«29» 04 2021 р.

інвентарні № 0218U002039, 0719U000045), 2019 рік за темою «Зниження витрати палива і шкідливих викидів двигунами дорожніх транспортних засобів оптимізацією конструктивних і експлуатаційних факторів» (державна реєстрація № 0119U100692).

2. Структура, зміст, методологія та оформлення дисертації

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 201 сторінку, включаючи 123 сторінок основного тексту, 26 таблиць, 72 рисунків, списку використаних джерел з 97 найменувань та 9 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, задачі, об'єкт, предмет і методи дослідження, викладені наукова новизна, практичне значення результатів роботи, наведено інформацію про публікації основних положень дисертації та апробацію.

В першому розділі зазначено, що основними замінниками моторного палива можуть бути природний, сланцевий та біогази, синтетичні палива, вироблені з кам'яного вугілля, горючих сланців, гуми, торфу тощо. Окрему групу складають біопалива виготовлені з відновлюваної сировини, зокрема етанол та метанол.

Доведено, що для використання біоетанолу в якості домішки до 20 % (за об'ємом) в бензині не потрібно вносити зміни до конструкції двигуна. При цьому зменшується кількість деяких шкідливих речовин у відпрацьованих газах, потужність ДВЗ та зростає годинна витрата палива внаслідок меншого значення нижчої теплоти згоряння біоетанолу відносно бензину.

Показано, що сьогодні в мережі автозаправних станцій України реалізують сумішевий бензин з вмістом біоетанолу до 40 % (за об'ємом). Зазначено, що в науковій літературі не виявлено результатів досліджень щодо визначення показників роботи бензинових двигунів за роботи на сумішевих бензинах з вмістом спиртових сполук більше 20 % (за об'ємом) з карбюраторними системами і системами впорскування з зворотним зв'язком та нейтралізатором у системі випуску без значних змін в конструкції.

В другому розділі розроблено загальну методику оцінки впливу сумішевого палива на енергетичні, екологічні та економічні показники бензинових двигунів з різними системами живлення, згідно з якої передбачено проведення теоретичних досліджень складу сумішевого палива, його впливу на показники роботи двигуна з різними системами живлення у залежності від вмісту біоетанолу.

Обгрунтовано висновок про те, що показники роботи двигуна при використанні бензину з великим вмістом біоетанолу суттєво відмінні в порівнянні з роботою на бензині, що пояснюється значними фізико-хімічними відмінностями між бензином і біоетанолом (нижча теплота згоряння, теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива, кінематична в'язкість, прихована теплота пароутворення).

Проаналізовано попередні експериментальні дослідження, які показали, що двигун з карбюраторною системою живлення при використанні палива з вмістом до 18 % спиртових сполук працює стабільно, а з вмістом 36 % спиртових сполук – починаються пропуски робочих циклів.

Вказано, що причинами значного збіднення паливо-повітряної суміші в карбюраторному двигуні при використанні домішок біоетанолу до бензину є зменшення теоретично необхідної кількості повітря для згоряння одиниці палива та зменшення кількості палива, що поступає в двигун через головний паливний жиклер. Це потребує збільшення пропускної здатності жиклерів карбюратора або підігріву паливо-повітряної суміші.

Розроблено методику та отримано залежності розрахунку розмірів дозуючих елементів карбюратора (площі отвору головного паливного жиклера) при використанні бензинів з великою (за об'ємом) домішкою спиртових сполук. Запропоновано використання поправочного коефіцієнта, що дорівнює відношенню кінематичної в'язкості бензину до аналогічного показника сумішевого бензину.

В третьому розділі в результаті проведеного аналізу їздових циклів показано, що для дослідження впливу величини добавки спиртових сполук до

бензину на показники роботи двигунів з різними системами живлення краще обирати оновлений Європейський їздовий цикл.

Уточнено математичну модель руху автомобіля за режимами Європейського їздового циклу врахуванням особливостей підтримання режимів в процесі стендових випробувань автомобіля та визначено попередні вимоги до вхідних даних математичної моделі, що дозволяє здійснити розрахункові дослідження впливу виду палива на паливну економічність та токсичність автомобіля за Європейським міським їздовим циклом.

В четвертому розділі показано, що карбюраторний двигун зі штатною системою живлення працює нестабільно за роботи на спиртобензинових сумішах з високим вмістом спиртових сполук, починаючи з середніх навантажень мають місце пропуски робочих циклів, падає потужність двигуна, зростають концентрації вуглеводнів.

Експериментально підтверджено, що за роботи на бензинах з високим вмістом спиртових сполук та використання головного паливного жиклера карбюратора з більшою пропускною здатністю двигун МеМЗ-245 працює стабільно у всьому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів. Годинна і питома витрати такого палива зростають в порівнянні з бензином без спиртових сполук. Концентрації забруднюючих речовин у відпрацьованих газах зменшуються зі збільшенням вмісту спиртових сполук.

Двигун з системою впорскування і зворотним зв'язком стабільно працює у всьому діапазоні швидкісних та навантажувальних режимів як при роботі на товарному бензині, так і на спиртобензинових сумішах з вмістом спиртових сполук до 36 %. Також спостерігається збільшення витрати палива.

Система впорскування із зворотним зв'язком підтримує склад паливо-повітряної суміші близьким до стехіометричного корегуванням циклової подачі палива хоча за роботи на спиртобензиновій суміші коефіцієнт надлишку повітря, зокрема в зоні великих навантажень незначно більший. При цьому концентрації оксидів вуглецю практично однакові, концентрації вуглеводнів та оксидів азоту за роботи на спиртобензиновій суміші вищі.

У п'ятому розділі підтверджена адекватність уточненої математичної моделі руху легкового автомобіля за Європейським міським їздовим циклом. Витрата бензину під час проведених випробувань відрізняється від значення, що отримано розрахунково на 6,0 %, а різниця витрати спиртобензинової суміші між експериментальною та розрахунковою величиною складає 7,41 %.

Встановлено, що перевищення витрати спиртобензинової суміші в масових одиницях автомобілем з карбюраторним двигуном складає 21,7 % в середньому для міського циклу і 19,3 % для заміського циклу. В об'ємних одиницях (л/100км) з врахуванням густини палива витрата бензину А-95 в міському циклі складає 9,1 л/100км, в заміському циклі 5,5 л/100км, витрата спиртобензинової суміші відповідно - 10,8 л/100км і 6,4 л/100км. Тобто зростання витрати палива при переході на спиртобензинову суміш дорівнює 19,2 % і 16,4 %, відповідно.

Отримано, що переведення карбюраторного двигуна автомобіля на живлення бензином з високим вмістом спиртових сполук дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин (для автомобіля «Таврія» в русі за їздовим циклом): за роботи на бензині А-95 викиди CO – 4,73 г/км, HC – 1,59 г/км, NMHC – 1,57 г/км, NO_x – 1,48 г/км; за роботи на спиртобензиновій суміші з 36 % домішкою спирту: викиди CO – 2,05 г/км, HC – 2,01 г/км, NMHC – 1,98 г/км, NO_x – 0,63 г/км.

Доведено, що використання спиртобензинових сумішей з високим вмістом спиртових сполук в двигуні з системою впорскування і зворотним зв'язком не призводить до значних змін в робочих процесах двигуна, спостерігається збільшення витрати палива, збільшується концентрація оксидів азоту у відпрацьованих газах.

При переведенні сучасного легкового автомобіля з системою впорскування і зворотним зв'язком з бензину А-95 на спиртобензинову суміш з вмістом спиртових сполук близько 36% (без зміни налаштувань системи управління) очікується збільшення витрати палива на 8–9 %, викидів вуглеводнів на 18–19 %, оксидів азоту в 2,7 рази, при цьому очікується зменшення викидів CO на 5–6 % та вуглекислого газу на 4–5 %.

Робота містить 9 **додатків**, які доповнюють основний зміст дисертації. Методологія дисертації сучасна, включає експериментальну перевірку основних положень та широке застосування математичних методів з використанням обчислювальної техніки.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Автор виносить на захист науково обґрунтований підхід для вирішення актуальної науково-практичної задачі – поліпшення показників роботи бензинових ДВЗ використанням добавки біоетанолу до бензину, що сприяє підвищенню ефективності експлуатації транспортних засобів.

Теоретичні та експериментальні дослідження є послідовними, логічними, обґрунтованими. Усі отримані автором результати не суперечать результатам попередніх дослідників і є їх логічним продовженням. Наукові положення обґрунтовано на достатньому рівні.

Загальні висновки дисертації, які складаються з 11 пунктів, обумовлені результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень і обґрунтовані ними. Всі вони є логічними та витікають з матеріалів дисертації та вірно відображають результати досліджень.

4. Достовірність і новизна висновків і рекомендацій

Достовірність результатів досліджень забезпечується високим ступенем адекватності теоретичних моделей та експериментальних даних, а також використанням сучасних вимірювальних приладів. Достовірність отриманих результатів і сформульованих висновків не викликають сумнівів.

Наукові положення, методи експериментальних досліджень достатньою мірою обґрунтовані, базуються на сучасних методиках як теоретичних, так і експериментальних досліджень у галузі теорії руху автомобіля, робочого процесу ДВЗ, експлуатації та ремонту засобів транспорту, а також на результатах особистих досліджень дисертанта.

Наукова новизна роботи полягає в:

- встановлені, що при переведенні карбюраторного двигуна легкового автомобіля з живлення бензином без спиртових сполук на спиртобензинову суміш з вмістом біоетанолу близько 36 %, однією з основних причин збіднення паливо-повітряної суміші, крім меншої теоретично необхідної кількості повітря для згоряння одиниці маси палива, є зменшення кількості палива, що проходить через дозуючі органи карбюратора в результаті вищої кінематичної в'язкості біоетанолу в порівнянні з бензином.

- отриманні методики визначення доцільних розмірів дозуючих органів карбюратора при використанні спиртобензинових сумішей для забезпечення стабільної роботи двигуна в широкому діапазоні навантажувальних і швидкісних режимів введенням в вираз для визначення складу паливо-повітряної суміші поправочного коефіцієнта, який являє собою відношення коефіцієнтів кінематичної в'язкості бензину до аналогічного показника спиртобензинової суміші.

- встановлені, що двигуни з системами впорскування бензину і зворотним зв'язком стабільно працюють в усіх режимах при використанні спиртобензинових сумішей з вмістом спиртових сполук до 36 %.

- встановлені, що при використанні спиртобензинових сумішей в двигунах з системами впорскування бензину і зворотним зв'язком можливе незначне збіднення паливо-повітряної суміші, що призводить до зростання викидів з відпрацьованими газами оксидів азоту і вуглеводнів. Одним з можливих шляхів зменшення викидів оксидів азоту є налаштування електронної системи управління на збагачення паливо-повітряної суміші, хоча при цьому можливе незначне погіршення паливної економічності за роботи на бензині без сполук.

Практичне значення виконаного дослідження полягає у можливості використання:

- рекомендацій щодо визначення доцільних розмірів дозуючих органів карбюратора при використанні спиртобензинових сумішей;

- екологічних показників бензинових двигунів з різними системами живлення за роботи на спиртобензинових сумішах та різним вмістом спиртових сполук.

- показників паливної економічності бензинових двигунів з різними системами живлення за роботи на спиртобензинових сумішах з різним вмістом сполук;
- екологічних показників та показників паливної економічності легкового автомобіля з карбюраторним двигуном за роботи на спиртобензинових сумішах;
- екологічних показників та показників паливної економічності легкового автомобіля з сучасним двигуном з системою впорскування бензину і зворотним зв'язком за роботи спиртобензинових сумішах;
- уточненої математичної моделі руху легкового автомобіля з бензиновими двигунами з різними системами живлення за роботи на з добавкою до 36% спиртових сполук в русі за режимами Модернізованого Європейського їздового циклу;
- результатів експериментальних випробувань легкового автомобіля за роботи на спиртобензинових сумішах в русі за режимами Модернізованого Європейського їздового циклу;
- результатів дослідження в Департаменті транспортної інфраструктури виконавчого органу Київської міської ради (Київська міська державна адміністрація), а також у навчальному процесі Національного транспортного університету (м. Київ) при підготовці курсу «Альтернативні палива».

5. Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації в опублікованих працях

Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 6 наукових працях, з яких 4 статті опубліковано у фахових виданнях України, з них дві – одноосібно, 2 статті в іноземному періодичному виданні, а також 6-ти тезах науково-технічних конференцій.

6. Загальні зауваження

1. В роботі відсутній аналіз рис. 2.6. де наведено експериментальні значення коефіцієнта надлишку повітря при незмінному регулюванні головної дозуючої системи карбюратора. З графіку не зрозуміла поведінка процесу збіднення

паливоповітряної суміші для вмісту 36 % спиртових сполук. Якщо це результат нестійкої роботи двигуна, виникає питання коректності представлених результатів.

2. Відомо, що потужність двигуна МеМЗ-245 складає 39 кВт (5300-5500 об/хв.). А в дисертації автор наводить частину навантажувальної характеристики двигуна (наприклад, рис. 4.13., 4.14.), обмежуючи її максимально до 14 кВт (2100 об/хв.) потужності. В даному випадку не відомо, які показники навантажувальної характеристики буде мати двигун в діапазоні навантаження 14…39 кВт. Зменшення часу на сумішоутворення практично вдвічі (за умови зняття характеристики для близьких до номінальних обертів) обов'язково вплине на показники процесу сумішоутворення тим більше, чим більше відсотковий вміст спирту в сумішевому бензині. Нажаль, автор обмежує дослідження тільки наведеними умовами.

3. В розділі 4 автор аналізує витрату повітря двигуна в залежності від виду палива (рис. 4.15). Зовсім не зрозуміло як годинна витрата повітря для фіксованих обертів карбюраторного ДВЗ в принципі може бути пов'язана з видом палива, що протікає крізь жиклер карбюратора.

4. Робота має назву «Поліпшення показників сучасних бензинових двигунів…», але двигун МеМЗ-245 (випускався в 1988-1997 роках) назвати сьогодні сучасним бензиновим можна з великим наближенням. На наш погляд слово «сучасних» краще було б не використовувати. При цьому обґрунтувати саме його використання в дослідженні не складає труднощів.

5. На наш погляд висновок 1 дисертації констатує загальновідомі факти про біоетанол, як одну з розповсюджених домішок до бензину, його вміст в сумішевих бензинах, що реалізуються на автозаправних станціях України та існуючий вплив такого бензину на показники роботи ДВЗ.

6. В практичному значенні дисертації вказано, що до нього можна віднести екологічні показники та показники паливної економічності легкового автомобіля з карбюраторним двигуном за роботи на бензині та двигуном з системою впорскування бензину. Також до практичного значення віднесено «уточнену

математичну модель руху легкового автомобіля з бензиновими двигунами з різними системами живлення за роботи на бензині без добавок…». Такі моделі вже існують. Можливо автор мав на увазі математичну модель, яка враховує спиртові домішки *в порівнянні* з існуючими моделями?

7. У висновку 2 наведено лише обрані для досліджень марки двигунів. Вважаю, що він не є принципово важливим для того, щоб його виносити в загальні висновки.

8. Висновок 3 про «Попередні експериментальні дослідження…» не є результатом даної дисертаційної роботи, хоча й спирається на них. Вважаю, що необхідним і достатнім було б крім констатації існуючих причин факту значного збіднення паливо-повітряної суміші навести встановлені чисельні значення такого збіднення та їх зв'язок з показниками роботи карбюраторного двигуна.

9. Висновок 5 констатує, що для вмісту 36 % спиртових сполук діаметр жиклера необхідно збільшити на 12 %. Однак в експлуатації діаметр жиклера не має такого значення, як його пропускна спроможність. Краще було б навести цифрові значення пропускної здатності жиклера головної дозувальної системи карбюратора ДААЗ 21081-1107010 двигуна МеМЗ-245 для даного вмісту спиртових сполук в сумішевому бензині.

10. Висновки 6 та 7 показують зміни витрати палива та екологічних показників ДВЗ при зміні регулювань карбюратора. Однак, саме регулювання карбюратора не змінювалися і діаметр жиклера головної дозувальної системи карбюратора МеМЗ-245 не є *регулювальним* параметром. Скоріше його треба віднести до *конструктивного* параметра.

11. Відомо, що функції (рис. 2.2., 2.3, 2.4, 2.5, а таким чином і 2.13) є адитивними та елементарними для сприйняття. Звідки витікає їх лінійність. Не зрозуміло для чого автор наводить графічне уявлення та аналізує ці адитивні функції.

12. Рисунок 2.1. Блок-схема загальної методики проведення досліджень. Така схема зустрічається в багатьох дисертаційних роботах і по суті є загальновідомою щодо планування та проведення наукових досліджень. Не зрозуміло яке наукове навантаження несе ця інформація в даній роботі.

13. Анотація англійською мовою виконано за допомогою машинного перекладу (наприклад, «…*of* experimental tests *of* a car for work on fuels *of* different…*of*…»), який важко віднести до як до розмовної, так і до технічної англійської мови.

7. Загальний висновок та оцінка дисертаційної роботи

1. Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі – поліпшенню показників роботи бензинових двигунів раціональним використанням добавки біоетанолу до бензину.
2. Дисертаційні дослідження виконано методологічно вірно, задачі, поставлені в роботі, виконано повністю.
3. Розроблені в дисертації положення та методики, отримані експериментальні дані, запропоновані рекомендації можуть бути використані в автотранспортних підприємствах для розширення паливної бази бензинових двигунів використанням добавки біоетанолу до бензину.
4. Дисертація є закінченою науковою працею, яка виконана з використанням сучасних математичних методів досліджень, містить нові результати.
5. Зауваження по дисертаційної роботі, що наведено у відгуку, не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та основні результати досліджень, які пройшли достатню апробацію.

З урахуванням вищезазначеного **вважаю**, що дисертаційна робота Овчиннікова Дмитра Володимировича «Поліпшення показників сучасних бензинових двигунів раціональним використанням добавки біоетанолу до бензину» самостійно виконана і є завершеною науково-дослідною працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що вирішують конкретну наукову задачу підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів шляхом використання палив з домішками біоетанолу. Текст дисертації викладено державною мовою, від має послідовний логічний характер. Структура і стиль відповідають вимогам наказу МОН України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» № 40 від 12.01.17 р.

За актуальністю, змістом, науковим рівнем та практичним значенням, публікаціями основних наукових результатів в наукових статтях фахових видань України та за кордоном дисертаційне дослідження відповідає Постанові Кабінету Міністрів України «Порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» № 167 від 06.03.19 р.

В дисертації представлено власні результати дослідження автора. Ідеї, матеріали та результати інших авторів, які стали основою для проведення даного дослідження, мають відповідні посилання в дисертаційній роботі.

Здобувач Овчинніков Дмитро Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій

Державного університету «Житомирська політехніка» А.В. Ільченко

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
м. Житомир
Загальний відділ

Вірність підпису засвідчую
Начальник загального відділу
Галина Маркова