

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету Захарчука Віктора Івановича на дисертаційну роботу Сосіди Сергія Володимировича «Поліпшення паливної економічності двигуна з іскровим запалюванням при використанні спиртовмісної добавки до бензину», що подана до спеціалізованої вченої ради ДФ 142.11.23 (26.059.022) Національного транспортного університету з правом прийняття до розгляду та проведення захисту дисертації Сосіди Сергія Володимировича на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»

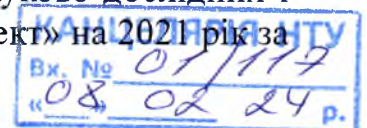
1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

Зменшення світових запасів нафти зумовлює необхідність пошуку і впровадження енергозберігаючих технологій і використання альтернативних палив. Використання альтернативних палив призводить до зменшення використання викопних палив нафтового походження, а також до зменшення викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Для України, як країни з великими площами посіву агрокультур та потужним агропромисловим комплексом, перспективним альтернативним паливом може слугувати етанол - це відновлюване паливо, що виробляється шляхом переробки сировини сільськогосподарського походження. Етанол використовують як добавку до бензину для використання в двигунах внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням. При цьому, використовуючи добавку етанолу до бензину не потрібно вносити зміни в конструкція автомобіля, чи двигуна. Використання етанолу як добавки до палива призводить до зменшення викидів забруднюючих речовин у відпрацьованих газах, що в свою чергу чинить позитивний вплив на стан екології в цілому.

Дослідженням використання етанолу присвячено багато наукових робіт в яких досліджувались економічні, екологічні та ефективні показники роботи двигуна при живленні сумішшю бензину та етанолу з вмістом останнього до 50%. Актуальним питанням лишається робота двигуна із системою впорскування та нейтралізацією відпрацьованих газів при живленні бензином з високим вмістом етанолу.

Робота виконана згідно плану наукових робіт НТУ на 2019-2021 р.р. за темою «Зниження витрати палива і шкідливих викидів двигунами дорожніх транспортних засобів оптимізацією конструктивних і експлуатаційних факторів» державна реєстрація № 0119U100692, на 2022-2024 р.р. за темою «Поліпшення екологічних показників та паливної економічності двигунів транспортних засобів удосконаленням систем та використанням альтернативних палив» державна реєстрація № 0122U000514, на 2022-2024 р.р. за темою «Підвищення енергетичної ефективності та екологічності автомобільного транспорту використанням активуючих добавок та альтернативних палив з відновлюваної сировини» державна реєстрація № 0122U001201 та плану науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт ДП «ДержавтотрансНДІпроект» на 2021 рік за



темою «Експериментальні дослідження впливу застосування альтернативного палива Е40 (суміші бензину з біоетанолом та іншими спиртовмісними сполуками) і бензину, як моторних палив, на екологічні, енергетичні показники та паливну економічність КТЗ, адаптованих і неадаптованих для роботи на біопаливі з вмістом етанолу понад 10% за об'ємом».

2. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові результати дисертації достатньо повно висвітлені у 15 наукових працях, з яких одна у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, три у фахових виданнях України, десять тез доповідей та матеріалів конференцій та одному свідоцтві про реєстрацію авторського права.

Усі відзначені наукові публікації можливо зарахувати за темою дисертації оскільки вони містять: обґрунтування отриманих наукових результатів відповідно до мети статті (поставленого завдання) та висновків, опубліковані у наукових фахових виданнях, які на дату їх опублікування внесені до переліку наукових фахових видань України, затвердженого в установленому законодавством порядку; опубліковані у наукових періодичних виданнях інших держав з наукового напрямку, за яким підготовлено дисертацію здобувача.

3. Наукова новизна і практичне значення одержаних результатів

Основні положення, що визначають наукову новизну дисертаційної роботи полягають у наступному:

Вперше:

- запропонована методика теоретичного обґрунтування величини максимальної добавки етанолу для двигунів внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів при якій зберігається достатня ефективність нейтралізації у відпрацьованих газах;

- визначено доцільні межі добавки етанолу до бензину, що дозволяє поліпшити індикаторні, ефективні та екологічні показники двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів.

Удосконалено:

- закономірності зміни параметрів робочого тіла під час процесів робочого циклу двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів;

- закономірності зміни ефективних та екологічних показників двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів при використанні бензину з добавками етанолу до 75%.

Дістали подальшого розвитку:

- Методика моделювання робочого процесу двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім

зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів при використанні бензину з вмістом етанолу до 75%;

- Методика обробки експериментальних індикаторних діаграм під час живлення двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів бензином з добавками етанолу до 75%.

Практичне значення одержаних результатів

Практичну цінність становить:

- 1) Експериментальні залежності зміни паливної економічності, показників ефективності та екологічності від величини добавки етанолу до палива;
- 2) Поліноміальні залежності, що дозволяють визначити вплив добавки етанолу на показники екологічності двигуна, кута випередження запалювання, моменту механічних втрат, тривалості згорання та показника характеру згорання;
- 3) Залежності індикаторних показників циклу двигуна від величини добавки етанолу до бензину;
- 4) Результати дисертаційного дослідження прийняті до використання в Державному підприємстві «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут» Міністерства інфраструктури України для розрахунку ефективності методів і засобів підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів колісних транспортних засобів, які можна впровадити в умовах експлуатації.

4. Оцінка структури дисертації, змісту її завершеності в цілому

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (100 найменувань), додатків.

Текст дисертації викладено технічною мовою, логічно та послідовно. Структура дисертації, мова та стиль викладення відповідають вимогам які ставить до кандидатських дисертацій Міністерство освіти і науки України. Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі досліджень, викладено новизну і практичну цінність дисертаційної роботи.

Наведено інформацію про апробацію, публікацію результатів дослідження та впровадження в практику.

У першому розділі виконаний аналіз існуючих альтернативних палив, та аналіз використання етанолу в якості добавки до традиційного палива до 40% та обґрунтовано доцільність проведення досліджень для визначення ефективності застосування паливних сумішей з вмістом етанолу понад 40%.

- Встановлено, що в якості заміни палив нафтового походження можна використовувати різні альтернативні палива, зокрема виготовлені шляхом переробки ресурсів біологічного походження та вторинної переробки сільськогосподарської сировини.

- При використанні в якості добавки до палива етанолу зі вмістом понад 30% можливе погіршення стабільності роботи двигуна, а також ефективність

роботи системи нейтралізації ЗР у відпрацьованих газах. Необхідно адаптувати систему паливоподачі під палива з більшим вмістом етанолу.

- Використання палива з додаванням етанолу зменшує кількість CO та СН у відпрацьованих газах, але збільшується кількість NOx. Має місце незначне збільшення потужності та крутного моменту при додаванні етанолу в паливна в кількості до 20%, але при цьому зростає годинна витрата палива внаслідок меншої нижчої теплоти згорання сумішевого палива.

- В попередніх дослідженнях оцінювались показники ефективності та екологічності в більшості випадків при роботі двигуна на паливі з низьким вмістом етанолу. Доцільно дослідити показники ефективності, паливної економічності та показники екологічності при використанні в якості палива бензину з високим вмістом етанолу на двигуна з іскровим запалюванням, системою впорскування і каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів

У другому розділі за допомогою розрахункового дослідження визначено межі етанолу в паливній суміші для забезпечення ефективної роботи каталітичного нейтралізатора сучасного двигуна. Проведено розрахункове дослідження впливу добавки етанолу на фізико-хімічні властивості сумішевого палива. Попередньо експериментально оцінено можливість системи подачі палива корегувати параметри впорскування при використанні палива з високим вмістом етанолу. Описано математичну модель робочого процесу двигуна внутрішнього згорання уточнену здобувачем, за допомогою якої можна визначати параметри і склад робочого тіла в циліндрі по куту повороту кривошипа, що дозволяє розрахувати показники робочого процесу циліндра, а також вплив зміни складу і параметрів робочого тіла, на показники робочих процесів двигуна. На основі проведених досліджень зроблено висновки, зокрема:

1. Теоретично досліджено вплив етанолу в паливі на експлуатаційні показники двигуна з іскровим запалюванням, обладнаного системою впорскування та нейтралізацією відпрацьованих газів.

2. Оцінено вплив етанолу на елементарний склад палива, його фізико-хімічні властивості.

3. З результатів дослідження встановлено максимальний відсоток вмісту етанолу в паливі, при якому зберігається ефективність нейтралізації забруднюючих речовин.

4. При попередньому експериментальному дослідженні встановлено максимальний ступінь корекції паливоподачі двигуном зі зворотнім зв'язком. Встановлено, що система управління двигуном, без внесення змін, забезпечує роботу двигуна навіть при використанні в якості палива суміш бензину з вмістом етанолу до 75%.

5. Уточнено математичну модель робочого процесу двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів при використанні бензину з вмістом етанолу до 75%.

У третьому розділі здійснено вибір методики проведення експериментальних досліджень та методику обробки експериментальних індикаторних діаграм, які дозволяють комплексно оцінити вплив використання спиртовмісного палива при великих концентраціях етанолу.

За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

- Визначено мету, завдання і програму експериментальних досліджень впливу вмісту етанолу в паливі на показники роботи двигуна;

- Здійснено вибір об'єкта, технічних та програмних засобів, а також методики проведення експериментальних досліджень, які дозволяють комплексно оцінити вплив використання спиртовмісного палива на ефективність та екологічність двигуна;

- Уточнено методику обробки експериментальних індикаторних діаграм під час живлення двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів бензином з добавками етанолу до 75%;

У четвертому розділі наведено результати експериментальних стендових досліджень паливної економічності і викидів забруднюючих речовин, порівняно результати попереднього теоретичного дослідження та результатів експерименту. Проаналізовано індикаторні діаграми отримані експериментальним шляхом. Визначено поліноміальні залежності параметрів двигуна в основних режимах роботи при живленні паливами з різним вмістом етанолу. За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

- З аналізу отриманих навантажувальних характеристик в ході експерименту спостерігається підвищення витрати палива в масовому еквіваленті в усіх режимах навантажувальної характеристики, практично без змін залишається залежність ефективності використання палив в тепловому еквіваленті, дещо знижується максимальна потужність для досліджених швидкісних діапазонів. Вплив на екологічні показники проявляється у зниженні викидів CO та CO₂. При цьому, викиди CH зростають через зниження ефективності нейтралізації CH, що пов'язано зі зниженням температури відпрацьованих газів при використанні палив з більшим вмістом етанолу;

- Порівняння окремих параметрів двигуна зокрема, коефіцієнту надміру повітря, годинної та циклової витрат палива, тривалості впорскування, під час живлення двигуна бензином та спиртовмісними паливами з різним вмістом етанолу, визначених на основі теоретичних та експериментальних досліджень, свідчить про достатню адекватність розрахункової моделі;

- Збільшення вмісту етанолу в паливі впливає на процеси згорання та розширення: при збільшенні вмісту етанолу дещо знижуються значення тиску, що призводить до деякого зменшення індикаторної роботи циклу;

- Наявність етанолу в паливі спричиняє зменшення тривалості та показника характеру згорання для більшості навантажувальних режимів;

- Отримані адекватні поліноміальні залежності для моменту механічних втрат, кута випередження запалювання, концентрацій CO, CH, CO₂, ефективності нейтралізації CO та CH, а також показних характеру згорання та тривалість згорання.

У п'ятому розділі перевірено адекватність математичної моделі шляхом порівняння результатів моделювання та експерименту, проведені розрахункові дослідження робочого процесу двигуна для оцінки впливу високого вмісту етанолу на індикаторні показники двигуна і встановлено оптимальний вміст етанолу, який забезпечує ефективну роботу системи нейтралізації

відпрацьованих газів. За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

- При перевірці адекватності математичної моделі визначено, що математична модель адекватно відтворює характер зміни показників роботи двигуна за використання палива, що містить етанол.

- За результатами моделювання робочого процесу двигуна встановлено:

а) Використання палива Е50 призводить до певного зниження максимального тиску під час згоряння порівняно з використанням бензину, проте під час використання палива Е75 максимальний тиск такий же як і при живленні бензином. Використання палива, що містить етанол, призводить до зменшення максимального тиску та температури циклу у зоні низького та частково середнього навантаження;

б) Використання палив з високим вмістом етанолу забезпечує отримання таких же енергетичних показників, що і при живленні бензином, однак, це досягається відмінним від бензину співвідношенням параметрів палива, ККД робочого циклу, коефіцієнтів наповнення та надміру повітря;

в) За результатами моделювання масових викидів ЗР можна встановити, що при використанні палив з високим вмістом етанолу викиди СО суттєво знижуються (на 40...80%). При цьому, масові викиди СН дещо зростають внаслідок погіршення ефективності їхньої нейтралізації. Масові викиди CO₂ знижуються на 4,5...15% при використанні палив з високим вмістом етанолу.

- При аналізі індикаторних показників роботи двигуна встановлено, що використання палив з вмістом етанолу призводить до збільшення індикаторного ККД.

- Встановлено оптимальний вміст етанолу, який з точки зору впливу на екологічні показники забезпечує оптимальні параметри системи нейтралізації відпрацьованих газів.

5. Основні положення та висновки дисертації

Основні висновки дисертації достатньо обґрунтовані і логічно впливають із результатів виконаних досліджень.

Висновок перший інформує, що в попередніх дослідженнях вміст етанолу рідко перевищував 40%, та встановлює необхідність дослідити ефективність та екологічність двигуна із системою впорскування та нейтралізацією шкідливих речовин у відпрацьованих газах при живленні бензином з добавкою етанолу більше 40%.

Висновок другий інформує про розроблену методику теоретичного обґрунтування величини максимальної добавки етанолу для двигунів внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням та системою впорскування та нейтралізації шкідливих речовин, відповідно до якої вміст етанолу не повинен перевищувати 60% за масою.

Висновок третій інформує про уточнення математичної моделі робочого процесу двигуна та уточнення методики обробки експериментальних індикаторних діаграм під час живлення двигуна внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та

каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів бензином з добавками етанолу до 75%.

Висновком четвертим за результатами експериментальних досліджень встановлено, що використання спиртовмісних палив призводить до підвищення абсолютної витрати палива: витрата палива E75 більша в середньому на 34% ($G_{\text{пал}}^{E75} = 5,831 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$, $G_{\text{пал}}^{E0} = 4,339 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ – середнє значення годинної витрати палива з навантажувальної характеристики при $n=2800 \text{ хв}^{-1}$) ніж витрата бензину і витрата E50 більша в середньому на 21 % ($G_{\text{пал}}^{E50} = 5,278 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$) відповідно, що пов'язано з меншою теплотою згорання сумішевого палива. Енергетичні показники двигуна досягаються для палива E50 на рівні бензинового двигуна. Використання E75 призводить до збіднення суміші в середньому на 0,02 одиниці по коефіцієнту надміру повітря, що є причиною деякого погіршення енергетичних показників двигуна та зниження ефективності нейтралізації забруднюючих речовин.

Висновок п'ятий інформує, що використання палива, що містить етанол, призводить до зменшення максимального тиску та температури циклу у зоні низького та частково середнього навантаження. Забезпечується отримання таких же енергетичних показників при використанні бензину з добавкою етанолу, що і при живленні бензином, однак, це досягається відмінним від бензину співвідношенням параметрів палива, ККД робочого циклу, коефіцієнтів наповнення та надміру повітря. Зокрема, вміст етанолу в паливі призводить до збільшення індикаторного та ефективного ККД двигуна, що пов'язано з впливом вмісту етанолу у паливі на склад робочого тіла та залежності тиску і температури в циліндрі. при використанні палив з високим вмістом етанолу викиди CO суттєво знижуються (на 40...80%). При цьому, масові викиди CH дещо зростають внаслідок погіршення ефективності їхньої нейтралізації. Масові викиди CO2 знижуються на 4,5...15% при використанні палив з високим вмістом етанолу.

З урахуванням дослідженого впливу вмісту етанолу в паливі на індикаторні, ефективні та екологічні показники двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, системою впорскування зі зворотнім зв'язком та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів визначено доцільні межі добавки етанолу до бензину, що дозволяє поліпшити вказані показники, яка має становити до 70 % за масою палива.

По роботі можна відмітити деякі недоліки, зокрема:

1. Робота має назву «Поліпшення паливної економічності ... при використанні спиртовмісної добавки, але насправді досліджувались показники двигуна при додаванні спирту.
2. Що стосується об'єкта дослідження, то об'єктом дослідження зазвичай є процес.
3. На рисунках 1.2 – 1.6 та інших надписи виконані іноземною мовою і не скрізь в підрисуночних підписах пояснена суть цих надписів.
4. На рисунку 3.10 не підписані осі та вказані одиниці вимірювання. Не відомо, як визначали показник характеру згорання.
5. В п'ятому розділі надто багато графіків перевірки адекватності математичної моделі.

6. Має місце використання несистемних одиниць вимірювань: мбар, об/хв (рисунки 2.2 -2.7 та ін.).
7. На рисунку 5.47 вказано, що на горизонтальній осі має бути вміст етанолу в паливі в %, але чомусь вказані значення 0,1; 0,2 і т. д.
8. В п. 4 загальних висновків вжито термін «абсолютна витрата палива», але судячи з одиниць вимірювання це годинна витрата палива.
9. У висновках до роботи зазначено, що при роботі двигуна на паливі E75 має місце збільшення витрати палива на 34%. Автор рекомендує для покращення паливної економічності обмежити вміст етанолу в паливі до 70%, але не вказує наскільки при цьому зменшиться витрата палива.
10. По тексті роботи мають місце описки і граматичні помилки.

В цілому наведені зауваження не знижують загальний рівень виконаної роботи і не ставлять під сумнів основні наукові положення, результати досліджень та висновки.

Загальний висновок

Після аналізу змісту дисертації можна в цілому визначити:

1. Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі пов'язаної з підвищенням паливної економічності при використанні двигунами внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням бензину з добавкою етанолу масова частка якої більше ніж 50%.

2. Дисертація є завершеною науковою працею. При її виконанні використані сучасні методи досліджень, а в результаті отримано нові науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати.

3. Отримані в дисертаційній роботі результати – методика моделювання робочого процесу двигуна з іскровим запалюванням, обладнаного системою впорскування зі зворотнім зв'язком та нейтралізацією відпрацьованих газів, при використанні добавки етилового спирту до бензину обсягом до 75% та результати дослідження впливу складу сумішевого палива на індикаторні показники робочого циклу, паливну економічність, ефективні показники двигуна, ефективність нейтралізації шкідливих речовин та екологічні показники прийняті до використання у Науково-виробничій лабораторії енергетики та екології транспорту Державного підприємства «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут».

4. Зміст на основні результати дисертації достатньо повно відображені в публікаціях у наукових фахових виданнях.

5. Результати дисертації пройшли достатню апробацію та впровадження.

6. Зауваження щодо дисертації, наведені у відгуку не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та результати досліджень.

Робота Сосіди Сергія Володимировича на тему: «Поліпшення паливної економічності двигуна з іскровим запалюванням при використанні спиртовмісної добавки до бензину» відповідає вимогам щодо оформлення згідно Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017.

Дисертаційна робота, а також представлені до розгляду публікації, задовольняють 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».

Офіційний опонент –
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри автомобілів
і транспортних технологій
Луцького національного
технічного університету



Віктор ЗАХАРЧУК



Дієз Кривий (ф.х.в.с.ч. ВК Тамбова Ю.Б.)