

УДК 621.767

**РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ  
ГАЗОВИМИ ДВЗ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ДЛЯ РОБОТИ НА  
ЗРІДЖЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ**

**Ковальов Сергій Олександрович**, к.т.н., с.н.с.

**Плис Сергій Васильович**, інженер II категорії

**Ковальов Дмитро Сергійович**, інженер II категорії

*Державне підприємство «Державний автотранспортний  
науково-дослідний і проектний інститут»*

*skovalev@insat.org.ua*

Загальновідомо, що найбільш доцільним способом для створення енергетично, економічно та екологічно ефективних двигунів внутрішнього згорання (далі – ДВЗ) з іскровим запалюванням, які працюють тільки на газовому моторному паливі, є їх виробництво (в заводських умовах). Іншим

способом збільшення кількості таких ДВЗ є конвертація транспортних дизелів, що перебувають в експлуатації [1–3]. Роботи з конвертації дизелів, які перебувають в експлуатації найбільш доцільно проводити під час їх планового капітального ремонту.

Враховуючи те, що за останні роки зріджений нафтовий газ (далі – ЗНГ) є найбільш дешевим моторним паливом в Україні, стає очевидним, що одним з найбільш ефективних способів зменшення експлуатаційних витрат дизельними транспортними засобами (насамперед обладнаними потужними дизелями) є їх переобладнання у газові ДВЗ з іскровим запалюванням для роботи на ЗНГ.

Таке переобладнання вимагає певного переліку робіт, до яких відносяться як часткове розбирання дизеля з внесенням деяких змін до його конструкції, так і повний демонтаж систем живлення та впорскування дизельного палива (включаючи дизельні паливні баки, трубопроводи, фільтри, паливний насос високого тиску разом з регулятором частоти обертання, дизельні форсунки тощо). До змін конструкції двигуна відноситься доопрацювання головки блока циліндрів дизеля (зокрема її отворів від дизельних форсунок) для монтажу свічок запалювання, а для зменшення ступеня стиснення – встановлення нових поршнів із збільшеними об'ємами камер згоряння.

У ДП «ДержавтотрансНДІпроект» за останні роки проводяться теоретичні, конструкторські та експериментальні роботи з розроблення сучасних електронних систем управління газовими ДВЗ (різних рівнів складності, кваліфікованих як рівні «А», «В» та «ВС»). Всі ці системи управління призначені для переобладнання транспортних дизелів у газові ДВЗ з іскровим запалюванням для роботи на ЗНГ. Але кожен з рівнів складності систем управління має певні відмінності від інших.

Так, система управління газовим ДВЗ рівня «А» передбачає комплектацію газового двигуна підсистемою живлення та подачі ЗНГ до впускного трубопроводу через газоповітряний змішувач. Крім того, система управління рівня «А» складається з: підсистеми управління наповненням циліндрів зарядом робочої суміші, до якої входить дросельна заслінка з механічним приводом, а також безконтактної електронної підсистеми запалювання з рухомим розподільником напруги (трамблером). Система управління комплектується електронним блоком управління (далі – ЕБУ) Avenir Gaz 37 рівня «А». У свою чергу, система управління газовими ДВЗ рівня «В» передбачає комплектацію двигуна підсистемою живлення та багатоточкового впорскування ЗНГ газовими електромагнітними форсунками (типу Common Rail) у зону наближену до впускного клапана. А підсистема управління наповненням циліндрів зарядом робочої суміші доповнюється регулятором холостого ходу з циліндричним шибером. Підсистема запалювання залишається без змін, такою ж як у системі рівня «А». Для визначення поточної частоти обертання двигуна на його колінчастому валі має бути змонтовано задаючий диск типу Bosch 60-2, напроти якого встановлено датчик частоти обертання. Система управління комплектується сучасним багатофункціональним мікропроцесорним ЕБУ Avenir Gaz 37 рівня «В». Для забезпечення групового або послідовного видів впорскування ЗНГ [4],

розроблені спеціальні окремі програмні модулі (далі – ПМ) рівнів «В1» та «В2». Застосування цих ПМ, дозволяє забезпечувати ці види впорскування ЗНГ без змін апаратної частини ЕБУ Avenir Gaz 37 «В».

Для забезпечення роботи підсистеми нейтралізації відпрацьованих газів (із лямбда-регулюванням складу газоповітряної суміші з одним лямбда-зондом) система управління комплектується новим багатофункціональним мікропроцесорним ЕБУ Avenir Gaz 37 рівня «ВС». Для забезпечення послідовного виду впорскування ЗНГ та роботи підсистеми нейтралізації відпрацьованих газів розроблено спеціальний ПМ рівня «ВС».

Для проведення випробувань розроблених систем управління різних рівнів складності дизель моделі Д-240 (4Ч 11/12,5) було конвертовано у газовий ДВЗ Д-240-LPG. Для цього дизель було частково розібрано і внесені відповідні зміни до його конструкції. Також було проведено повний демонтаж систем живлення та впорскування дизельного палива (включаючи трубопроводи, фільтри, паливний насос високого тиску разом із всережимним регулятором частоти обертання тощо). До того, були внесені зміни в конструкцію головки блока циліндрів дизеля для встановлення свічок запалювання. Крім того, для зменшення ступеня стиснення були встановлені нові доопрацьовані поршні із зміненою формою (об'ємом) камери згорання, яка забезпечила геометричну ступінь стиснення, що дорівнює  $\varepsilon = 9,5$  [5].

Експериментальні дослідження газового ДВЗ Д-240-LPG із почергово встановленими системами управління рівнів «А», «В» (з ПМ рівнів «В1» і «В2») та «ВС» проводились на навантажувальному електричному стенді Zöllner типу В-350АС.

Осцилограми сигналів управління роботою газових електромагнітних форсунок, зняті при експериментальних дослідженнях, показали, що ЕБУ Avenir Gaz 37 рівня «В» із завантаженим ПМ рівня «В1» забезпечує групове впорскування ЗНГ, а із завантаженим ПМ рівня «В2» – послідовне [6, 7].

Результати експериментальних досліджень свідчать, що максимальна потужність газового Д-240-LPG з встановленими системами управління рівнів «А», «В» та «ВС» коливається в межах від 56 до 58 кВт при номінальній частоті обертання колінчастого вала  $2200 \text{ хв}^{-1}$ , що складає 95 ... 98 % від номінальної потужності дизеля Д-240. Ефективні витрати ЗНГ при частотах обертання двигуна у діапазоні від 900...1000 до  $2200 \text{ хв}^{-1}$  і роботі по зовнішній швидкісній характеристиці змінювались у межах від 7,0 ... 8,0 до 21,0 ... 21,5 л/год (або 3,8 ... 4,3 до 11,2 ... 11,5 кг/год) відповідно.

Результати випробувань на відповідність вимог ДСТУ 4277 [8] свідчать, що газовий Д-240-LPG з встановленими системами управління рівнів «А» та «В», відповідає вимогам ДСТУ 4277 і має суттєво нижчий вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах ніж гранично допустимі до двигунів без каталізаторів. А з встановленою системою управління рівня «ВС» відповідає вимогам ДСТУ 4277 до двигунів з каталізаторами.

Проведені випробування показали, що електронні системи управління з ЕБУ Avenir Gaz 37 «А» та ЕБУ Avenir Gaz 37 «В» із ПМ рівнів «В1» і «В2», а

також ЕБУ Avenir Gaz 37 «BC» із ПМ рівня «BC» виконують всі покладені на них функції та забезпечують стійку і бездетонаційну роботу газового Д-240-LPG.

Отже, застосування електронних мікропроцесорних систем управління газовим двигуном з іскровим запалюванням є ефективним способом зменшення експлуатаційних витрат транспортними засобами, а також сприяє збільшенню використання частки альтернативних джерел енергії у загальній структурі енергозабезпечення транспорту.

### **Література**

1. Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. - Луцьк: ЛНТУ, 2011 – 233 с.
2. Ковальов С.О. Системи управління газовими двигунами, конвертованими на базі дизелів. – Харків: Видавництво Іванченка І.С., 2021. – 160 с.
3. Автомобильный справочник BOSCH. Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулем», 2000. – 896 с.
4. Системы управления бензиновыми двигателями BOSCH. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 432 с.: ил.
5. Kovalov S. (2020). Designing the shape of the combustion chambers for gas engines converted on the basis of the diesel engine. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 2, Issue 1 (104) 2020, pages 23 – 31.
6. Kovalov S., Plus S. (2022). Design of control system for the gas engine with an electronic control unit and sequential fuel injection. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 1, Issue 2 (115) 2022, pages 96 – 104.
7. Ковальов С.О. Розроблення та дослідження газового двигуна Д-240-LPG, конвертованого на базі тракторного дизеля / Ковальов С.О. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2019. – № 2. – С. 18 – 25.
8. Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Атмосфера. Норми і методи вимірювання вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі: ДСТУ 4277:2004. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 8 с. – (Національний стандарт України).

Міністерство  
освіти і науки  
України



Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і  
природокористування України

Механіко-технологічний факультет

Кафедра транспортних технологій та засобів у АПК

Академія прикладних наук Університету  
управління та адміністрування в Ополі

Академія інженерних наук України

Українська асоціація аграрних інженерів



**ЗБІРНИК ТЕЗ  
доповідей  
VI Міжнародної  
науково-практичної конференції  
«Автомобільний транспорт та інфраструктура»**



AutoTransport and Infrastructure

19-21 квітня 2023 року  
м. Київ

**ББК 40.7**  
**УДК 631.17+62-52-631.3**

*Рекомендовано до друку рішенням наукової ради механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 18 квітня 2023 р., протокол № 8 .*

Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (19–21 квітня 2023 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023. 250 с.

ISBN 978-617-8102-96-8

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів і докторантів, студентів, фахівців транспортної галузі, учасників VI Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура», в яких розглядаються нинішній стан та шляхи розвитку автотранспортної галузі.

ISBN 978-617-8102-96-8

© НУБіП України, 2023.

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

**Отченашко В. В.**, начальник науково-дослідної частини – голова організаційного комітету;

**Братішко В. В.**, декан механіко-технологічного факультету – заступник голови організаційного комітету;

**Тадеуш Покуса**, проректор Академії прикладних наук Університету управління та адміністрування в Ополе, Польща – заступник голови організаційного комітету;

**Киричок П.О.**, президент Академії інженерних наук України – заступник голови організаційного комітету;

**Загурський О.М.**, професор кафедри транспортних технологій та засобів у АПК – секретар організаційного комітету.

**Войтюк В. Д.**, професор кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка;

**Дьомін О.А.**, доцент кафедри транспортних технологій та засобів у АПК;

**Калінін Є. І.**, завідувач кафедри тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів;

**Новицький А. В.**, завідувач кафедри надійності техніки;

**Мацюк В. І.**, заступник декана з наукової роботи механіко-технологічного факультету, професор кафедри транспортних технологій та засобів у АПК;

**Михайлович Я. М.**, професор кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка;

**Роговський І. Л.**, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка.

**Савченко Л.А.**, завідувачка кафедри транспортних технологій та засобів у АПК.