

ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА МЕМЗ-317 З СИСТЕМОЮ ГБО ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ ВАРІАТОРА ВИПЕРЕДЖЕННЯ КУТА ЗАПАЛЮВАННЯ

Вступ

Перспективи автомобільного транспорту з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) тісно пов'язані з проблемами забруднення навколишнього середовища і перспективою дефіциту палива, яке отримують з нафти. Альтернативні види палива широко використовуються, і сьогодні світові автовиробники впроваджують нові моделі двигунів, що працюють на газоподібному паливі або спиртах.

Внаслідок комплексу факторів, в Україні має місце тенденція до зростання кількості автомобілів із бензиновими ДВЗ, які переобладнано для розширення можливості їх роботи на пропан-бутанових газових сумішах, при чому це стосується і ДВЗ із зовнішнім сумішоутворенням, і двигунів із системами розподіленого та безпосереднього впорскування. Тому, в даний час перехід значної кількості транспортних засобів на газ є нагальним практичним питанням, а дослідження впливу заміни палива на характеристики двигуна та керування цим процесом є актуальним науковим напрямком.

Аналіз попередніх досліджень

Робочий цикл автомобільних двигунів внутрішнього згорання, що працюють на газовому паливі, в основному ідентичний робочому циклу при роботі на рідкому паливі. Однак вид застосовуваного палива впливає на ряд техніко-економічних і санітарно-гігієнічних показників двигуна.

Перевага від використання газового палива в автомобільних двигунах складається в першу чергу в зменшенні токсичності відпрацьованих газів. Газоподібне паливо, яке надходить до змішувального пристрою, значно краще змішується з повітрям, ніж розпорошене рідке паливо в карбюраторі і впускному трубопроводі. Формується більш однорідний склад газоповітряної суміші, яка рівномірніше розподіляється по циліндрах [1–6].

При переобладнанні дорожніх транспортних засобів з серійними бензиновими двигунами для роботи на зрідженому нафтовому газі (LPG) потужність двигуна зазвичай знижується на величину до 15...20 % внаслідок нижчої енергоємності газоповітряної суміші та зменшення наповнення циліндрів повітрям, що призводить до погіршення тягово-швидкісних властивостей та продуктивності газобалонного автомобіля. Проте це зниження потужності можна компенсувати керуванням якістю паливоповітряної суміші та часом її запалювання.

Мета дослідження

Значним недоліком роботи бензинових ДВЗ при їх переобладнанні та роботі на газовому паливі є зменшення ефективної потужності двигуна і збільшення витрати палива. Для збільшення потужності на газових двигунах доцільно коригувати кут випередження запалювання в бік його збільшення (тобто початок подачі іскри настає раніше). З цього випливає мета роботи – визначення оптимальних характеристик бензинового 4- тактного двигуна легкового автомобіля з іскровим запалюванням і сучасними системами впорскування бензину і зрідженого нафтового газу при його роботі на обох видах палив, та з додатковим коригування кута випередження запалювання варіатором.

Методи досліджень

Варіатор кута випередження запалювання – невеликий за габаритами електронний пристрій, який встановлюється в систему запалювання ДВЗ з газобалонним обладнанням (ГБО). Головні переваги варіатора: точно визначає момент запалювання газової суміші; оптимізує процес згорання газу в бензиновому двигуні; внаслідок чого знижується витрата палива; двигун працює м'якше і тихіше; впускні клапани і сікла клапанів менше схильні до перегріву і служать довше; робоча температура ДВЗ і відпрацьованих газів не підвищується (порівняно з бензиновими ДВЗ); пристрій можна демонтувати без шкоди для газової апаратури.

Головна функція варіатора – коригувати кут випередження запалювання, щоб паливо згорало найефективніше, в більш повному об'ємі. Варіатор, визначивши, що двигун переведено для роботи на газі, змінює сигнал від датчика положення колінчастого валу так, що електронний блок керування дає команду на підпалювання палива на кілька градусів раніше.

Для проведення необхідного комплексу випробувань був використаний автомобіль Daewoo Lanos з двигуном MeM3-317, оснащений системою живлення зрідженим нафтовим газом четвертого покоління STAG 4 Plus з варіатором випередження запалювання Microluch 3Dind. Систему паливоподачі змінено так, щоб мати можливість швидко змінювати вид застосовуваного палива; проведено налаштування оптимального кута випередження запалювання.

Проблема переходу від бензину на газове паливо вирішується за рахунок перепрограмування таблиць кута випередження запалювання в мікропроцесорному блоці управління двигуном автомобіля, але це зручно лише у

разі можливості створення дворежимної прошивки (тобто при роботі на бензині використовується програма з одними («заводськими») таблицями кута випередження запалювання, а на газі – іншими – зміненими за заданим алгоритмом). При цьому перехід між програмами здійснюється автоматично, в залежності від обраного палива.

Залежності кута випередження запалювання від частоти обертів при роботі на бензині та зрідженому нафтовому газі (після оптимізації) представлено на рисунку 1. Більш ранній кут випередження запалювання при роботі на газовому паливі (крива 2 на рисунку 1) відносно роботи на бензині (крива 1) створюється варіатором.

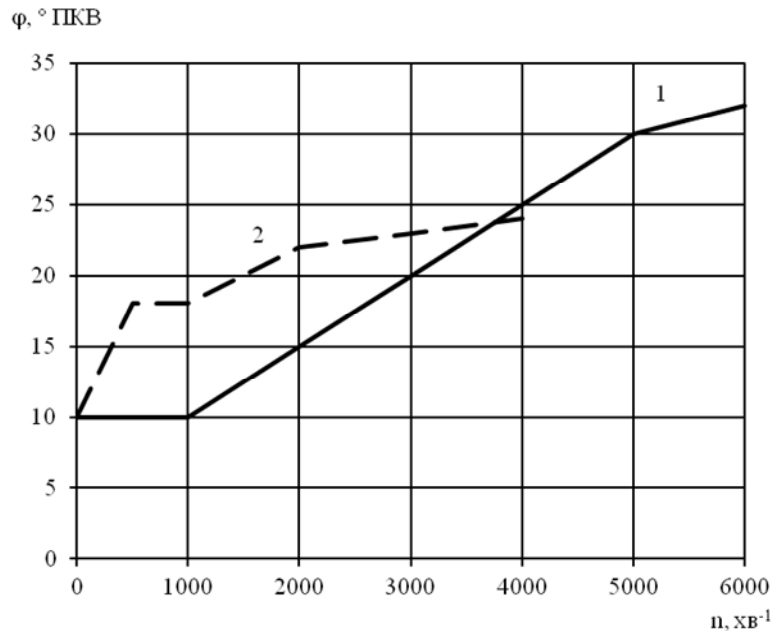


Рис. 1. Порівняння кутів випередження запалювання двигуна МЕМЗ-317 на бензині та зрідженому нафтовому газі:
1 – бензин; 2 – пропан-бутанова суміш ДСТУ EN 589:2017

Для створення статичного навантаження на двигун, для точного налаштування ГБО та системи запалювання у всіх діапазонах навантаження використано динамометричний стенд типу МАНА LPS 3000. За допомогою стенду виміряно потужність та обертальний момент двигуна, далі виконано порівняння параметрів двигуна при роботі на бензині і на газі. За допомогою динамометричного стенду виконано точне налаштування варіатора випередження запалювання.

Виклад основного матеріалу дослідження

За допомогою програмного забезпечення кути випередження запалювання змінювались на різних обертах двигуна з кроком $n = 100 \text{ хв}^{-1}$. Залежність кута випередження від частоти обертання та від навантаження на двигун МЕМЗ-317 представлено трьохмірним графіком (рисунок 2).

Поетапно змінювався кут випередження запалювання, при цьому фіксувалось, при яких значеннях кута забезпечується отримання максимальної потужності і максимального крутного моменту.

Спочатку було визначено характеристики двигуна при роботі на бензині і на газі, але без варіатора кута випередження запалювання (див. рис. 3). Максимальна потужність на бензині і на газі склала 51,7 кВт і 51,9 кВт відповідно. Після встановлення варіатора і роботи двигуна зі збільшеним кутом випередження запалювання на $\varphi = 6...8$ градусів повороту колінчастого валу (ПКВ) максимальна потужність при роботі на газі склала 58,0 кВт.

За результатами порівняльних досліджень встановлено, що показники ефективності двигуна МЕМЗ-317 при роботі на зрідженому нафтовому газі дещо зросли у порівнянні з роботою на бензині. Головним чином підвищення ефективної потужності N_e (до 9,9 %) та обертального моменту $M_{кр}$ (до 7,5 %) в діапазоні обертів двигуна від холостого ходу до $n = 4000 \text{ хв}^{-1}$ досягається за рахунок додаткового випередження запалювання, створюваного варіатором, на величину від $\varphi = 0$ до $\varphi = 8$ градусів повороту колінчастого валу. Збільшення N_e (до 11,0 %) та $M_{кр}$ (до 11,7 %) при обертах понад 4000 хв^{-1} досягнуто головним чином за рахунок регулювань якості паливоповітряної суміші газовою апаратурою двигуна.

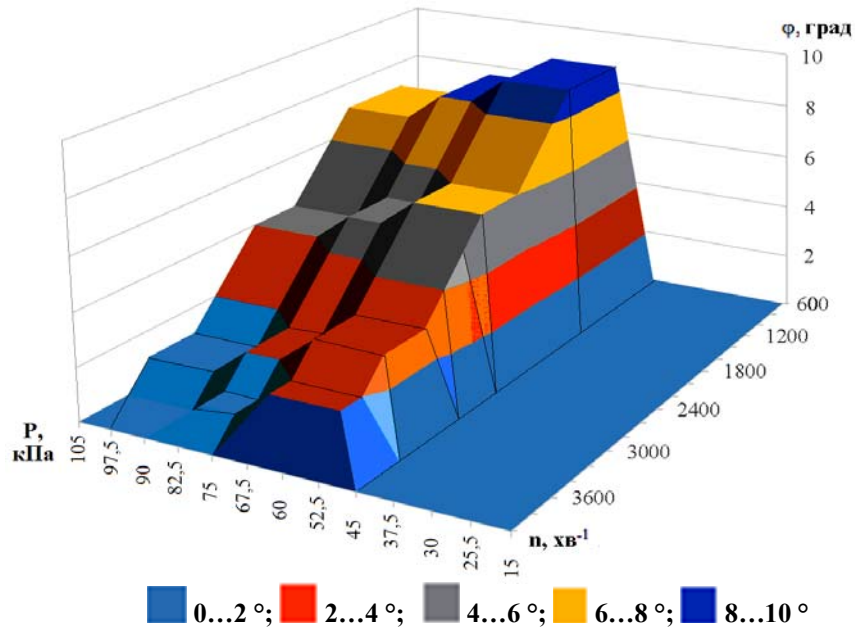


Рис. 2. Залежність коригування (випередження) кута випередження φ варіатором від частоти обертання валу n та навантаження P на двигун MeM3-317 при роботі на газі

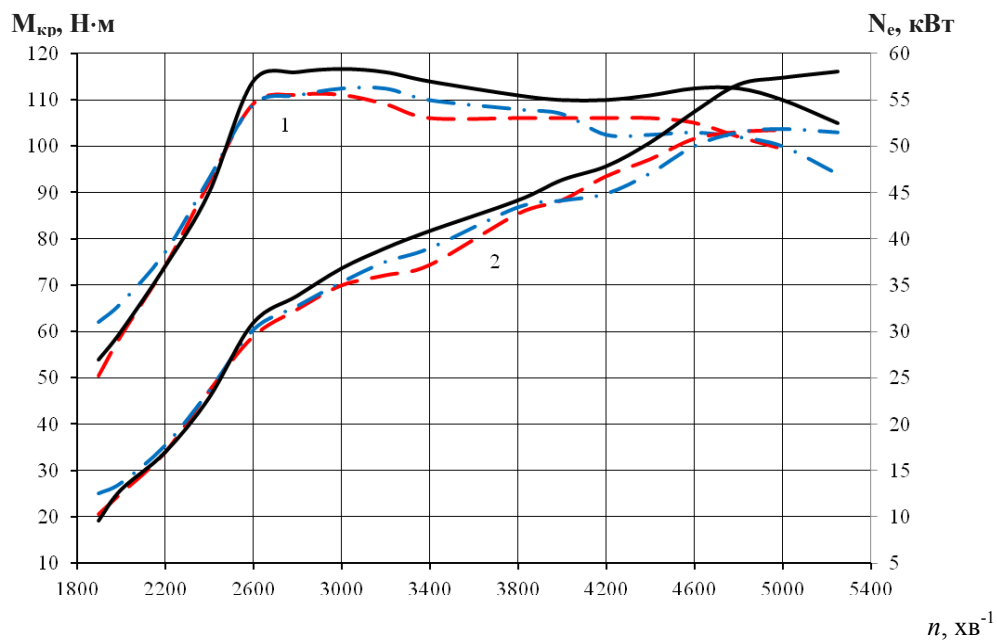


Рис. 3. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна MeM3-317, що працює на різних видах палива:
 — бензин; — газ; — газ (з варіатором кута випередження запалювання);
 1 – криві обертового моменту; 2 – криві ефективної потужності

Виходячи з отриманих результатів, встановлено, що ГБО, система живлення та запалювання автомобіля Daewoo Lanos з двигуном MeM3-317 налаштовані правильно і працюють коректно.

Висновки

Головною перевагою встановлення варіатора кута випередження запалювання на двигуни з ГБО є покращення ефективних характеристик двигуна, поліпшення тяги і динаміки автомобіля.

Падіння потужності та обертового моменту бензинового двигуна при переході на газ в діапазоні обертів до 4000 $xв^{-1}$ компенсується за рахунок роботи варіатора та мало відчутною при експлуатації двигуна навіть при русі автомобіля з місця. Має місце скорочення витрати газу і зменшення нагрівання двигуна.

Список літератури

1. Євсєєва Н.О. Покращення показників бензинового двигуна з ГБО встановленням варіатора кута випередження запалювання / Н. О. Євсєєва, М. С. Курилов, Р. Ф. Сухонос // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування : XII Міжнарод. наук.-практ. конф., 6–8 вересня 2021 р. : Матеріали. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. – С. 201–202.
2. Золотницький В. А. Автомобильные газовые топливные системы / Золотницький В. А. – М. : АСТ; Астрель, 2007. – 128 с.
3. Дьяченко В. Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. – Харьков : Издательский центр НТУ «ХПИ», 2009. – 486 с.
4. Газобаллонное оборудование автомобилей Lanos, Aveo, Sens, Nexia. Устройство, установка, обслуживание / Под ред. Р. А. Луганского. – Изд. Монолит, 2009. – 75 с.
5. Вплив виду палива на його витрату при русі автомобіля за Європейським їздовим циклом / І. В. Манько, О. А. Клименко, Р. В. Симоненко, О. В. Кудренко // Вісник НТУ. – 2012. – Вип. 25. – С. 259–262.
6. Манько І. В. Вплив виду палива на експлуатаційні властивості легкового автомобіля / І. В. Манько // Вісник НТУ. – 2013. – № 27. – С. 306–309.

Одержано 30.06.2022 р.

© Слинько Г. І.¹, Євсєєва Н. О.², Курилов М. С.³, Сухонос Р. Ф.⁴, Слинько В. В.⁵

¹ Д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний університет «Запорізька політехніка» м. Запоріжжя, Україна,

² Канд. техн. наук, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний університет «Запорізька політехніка» м. Запоріжжя, Україна,

³ Магістр, служба авіаційної безпеки КП «Міжнародний аеропорт Запоріжжя», Україна

⁴ Магістр, старший викладач кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний університет «Запорізька політехніка» м. Запоріжжя, Україна,

⁵ Старший викладач кафедри двигунів внутрішнього згорання, Національний університет «Запорізька політехніка» м. Запоріжжя, Україна,

Slyn'ko G., Yevsyeyeva N., Kurylov M., Sukhonos R., Slyn'ko V.

Improved performance of the MeMZ-317 engine with the LPG system by installing a spark ignition advancement variator

National University “Zaporizhzhia Polytechnic” Zaporizhzhia, Ukraine