

УДК 621.43

Ю. Ф. Гутаревич¹
Є. В. Шуба¹**ВПЛИВ ДОБАВКИ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ НА РОБОЧИЙ ПРОЦЕС БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З КАРБЮРАТОРНОЮ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ**¹Національний транспортний університет, Київ

Розглянуті результати дослідження впливу добавки водневмісного газу на протікання робочого процесу бензинового двигуна. Проаналізовано особливості роботи бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу. Наведені результати, отримані в процесі обробки індикаторних діаграм, знятих на двигуні MeM3-245. Досліджено процес згоряння в двигуні під час роботи з добавкою водневмісного газу.

Ключові слова: бензиновий двигун, робочий процес, індицирування, процес згоряння, водень, водневмісний газ.

Вступ

Сучасні автомобільні двигуни значну частину свого часу працюють в режимах малих навантажень і холостого ходу. Робота бензинових двигунів в цих режимах супроводжується погіршенням робочого процесу внаслідок чого підвищується витрата палива і погіршуються екологічні показники. Основними причинами цього є збільшення насосних втрат через дроселювання, зростання відносної кількості залишкових газів, підвищена втрата теплоти в стінки циліндрів.

Як показали дослідження [1], процес згоряння в цих режимах відбувається нестабільно, з низькими швидкостями, недогоранням палива або затягуванням процесу згоряння на такті розширення.

Вагомий вплив на робочий процес двигуна має відносна кількість залишкових газів, які розбавляють свіжу суміш і погіршують процес згоряння. Дослідження [2] показали, що залишкові гази помітніше впливають на роботу двигуна на бідних сумішах, за яких двигун має найвищий індикаторний ККД. Однак зростання кількості залишкових газів призводить до погіршення умов запалювання робочої суміші і, як наслідок, підвищення невідтворності послідовних циклів, величина якої значно впливає на економічні та енергетичні показники роботи двигуна. Зростання невідтворності послідовних циклів спричиняє зниження середнього індикаторного ККД двигуна.

В роботі [3] наведено результати статистичної обробки індикаторних діаграм роботи двигуна в режимі малих навантажень з дроселюванням заслінкою карбюратора і використанням індивідуальних заслінок. Дослідження показали, що при дроселюванні заслінкою карбюратора на долю циклів з пропусками процесу згоряння припадає близько 18 % із ряду послідовних циклів, в той час як при дроселюванні індивідуальними заслінками відсоток пропусків складає близько 3 %. Це явище можна пояснити збільшенням коефіцієнта наповнення двигуна і турбулізації заряду внаслідок використання індивідуальних заслінок, що приводить до покращення умов запалювання і процесу згоряння.

Одним із методів покращення процесу згоряння є використання добавок інтенсифікуючих сполук. Найбільш перспективним є використання водню або водневмісних газів. Оскільки отримання водню в достатній кількості та його зберігання становить значні труднощі і небезпеку, то застосування водневмісних сполук, які можна отримувати на борту автомобіля і використовувати в якості добавки для покращення згоряння основного палива, є доцільнішим.

Значний інтерес для дослідників становить використання водневмісного газу, отриманого в результаті електролізу водних розчинів лугів (H_2/O_2). В зарубіжних наукових виданнях опубліковано низку робіт, у яких розглянуто це питання. В роботі [4] наведено результати дослідження з використання газу H_2/O_2 в якості добавки до повітряного заряду дизеля. Випробування проведені за різних навантажень з добавкою водневмісного газу від 0 до 5% від витрати дизельного палива. Отримані результати свідчать про позитивний вплив добавки на паливну економічність та еколо-

гічні показники двигуна. В роботі [5] подані результати випробування на одноциліндровій бензиновій установці за роботи з додавкою водневмісного газу. Встановлено, що додавка газу приводить до підвищення крутного моменту, а також зменшення концентрацій незгорілих вуглеводнів. В роботі [6] розглянуто процес отримання водневмісного газу за допомогою електролізерів різних конструкцій і особливості роботи дизеля з додавкою водневмісного газу. Наведені в роботі результати випробувань свідчать про позитивний вплив додавки на показники роботи двигуна.

Метою роботи є покращення екологічних показників та паливної економічності бензинового двигуна в режимах малих навантажень і холостого ходу додавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

Результати досліджень

На кафедрі «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету ведуться дослідження по використанню водневмісного газу, отриманого шляхом електролізу водних розчинів лугів, для покращення показників різних типів двигунів. Цей газ складається з молекул і атомів водню і кисню (H_2/O_2).

В лабораторії випробування двигунів проведено індицирування двигуна MeM3-245 (рис. 1) під час роботи в режимі, що відповідає середній точці Європейського їздового циклу для автомобіля з цим двигуном, а саме частотою обертання 1900 хв^{-1} і навантаженням 3,37 кВт.

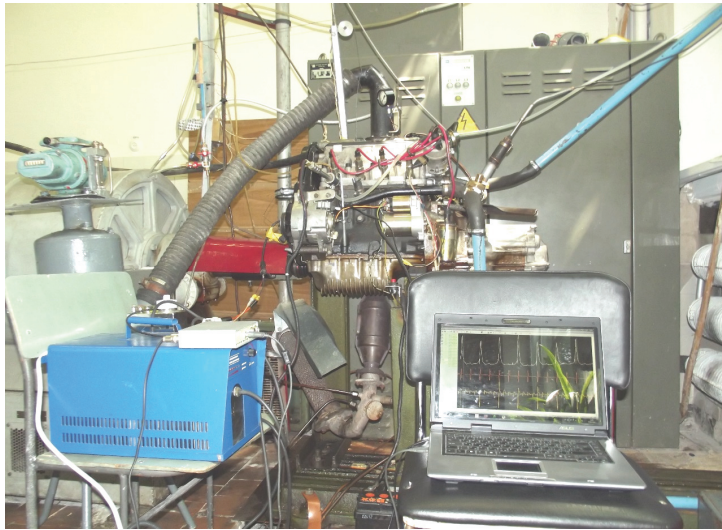


Рис. 1. Об'єкт досліджень двигун MeM3-245, обладнаний апаратурою для індицирування робочого процесу

Індикаторні діаграми записані за роботи без додавки водневмісного газу і з додавкою 3 л/хв газу. Для аналізу відібрано 2 фрагменти осцилограм по 10 робочих циклів кожний. На рис. 2 і 3 зображено запис послідовних індикаторних діаграм робочих циклів двигуна за роботи без додавки (рис. 2) і з додавкою водневмісного газу (рис. 3).

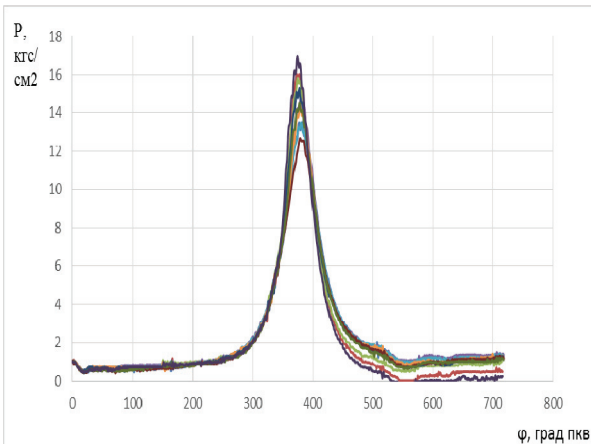


Рис. 2. Запис послідовних індикаторних діаграм робочих циклів двигуна за роботи без додавки водневмісного газу

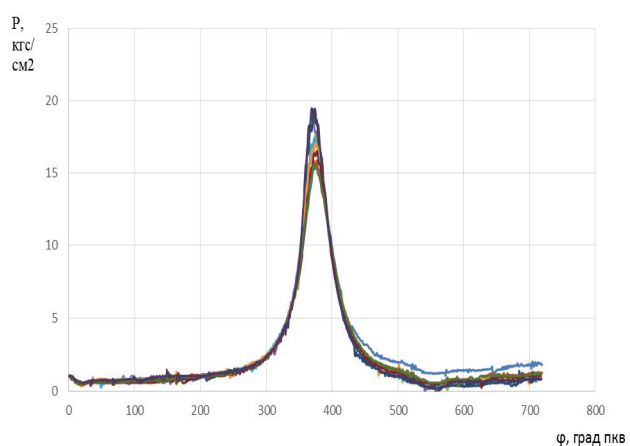


Рис. 3. Запис послідовних індикаторних діаграм робочих циклів двигуна за роботи з додавкою водневмісного газу

З наведених рисунків видно, що нерівномірність робочих циклів за роботи без добавки водневмісного газу дещо вища, ніж з добавкою.

Цей показник являє собою середньоквадратичне відхилення значень максимального тиску циклу, віднесене до середньої величини підвищення тиску [2].

$$D = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{zn} - P_{zcp})^2}{n}}}{P_{zcp} - P_{сcp}},$$

де P_{zn} — максимальний тиск n -го циклу; P_{zcp} — середній максимальний тиск по серії послідовних циклів; n — кількість взятих для розрахунку циклів; $P_{сcp}$ — середній тиск початку згоряння.

В результаті розрахунку для циклів без добавки газу $D = 0,0952$, а за роботи з добавкою — $D = 0,0887$, що свідчить про позитивний вплив добавки водневмісного газу на робочий процес бензинового двигуна в режимах малих навантажень.

Для дослідження впливу добавки водневмісного газу на процес згоряння відібрано дві індикаторні діаграми — одна за роботи двигуна без добавки, а друга з добавкою 3 л/хв H_2/O_2 . Для аналізу відбиралися діаграми, індикаторні показники яких з урахуванням механічних втрат відповідають замірним ефективним показникам двигуна для такого режиму.

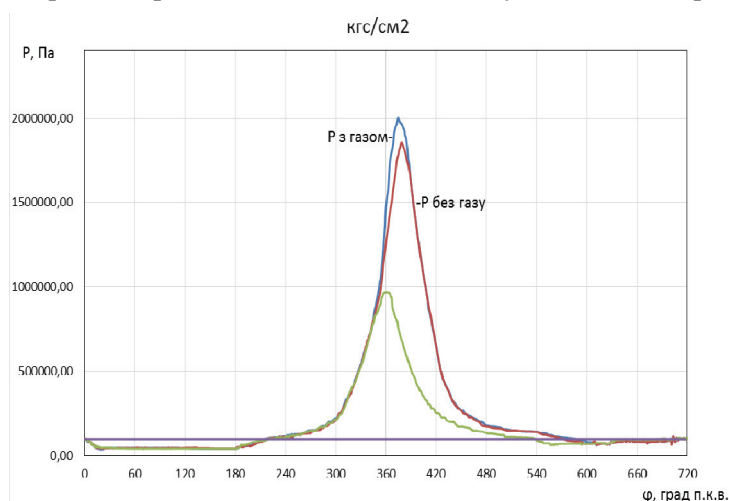


Рис. 4. Розгорнуті індикаторні діаграми двигуна MeM3-245 за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу

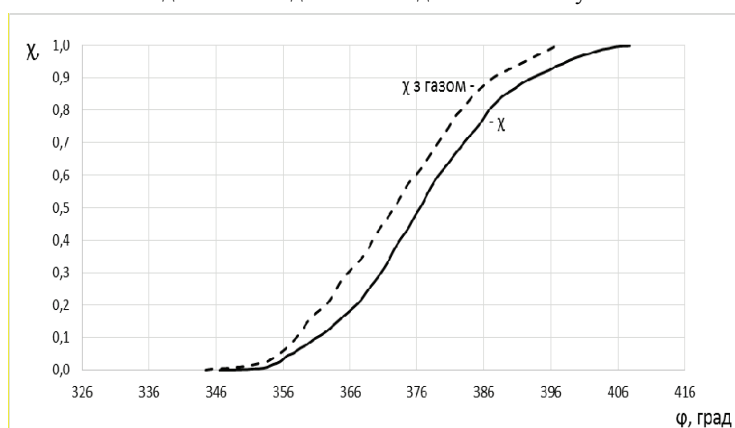


Рис. 5. Характеристика тепловиділення бензинового двигуна MeM3-245 за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу

Зменшення тривалості тепловиділення у разі використання добавки водневмісного газу покращує ефективність використання теплоти та сприяє збільшенню індикаторного ККД двигуна.

Результати розрахунку процесу згоряння в двигуні MeM3-245 за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу наведено в таблиці.

Як видно з рис. 4, добавка водневмісного газу приводить до зростання максимального тиску циклу з 18,56 до 20,02 бар і зміщення його в бік в. м. т. на 4 градуси повороту колінчастого вала. Внаслідок підвищення тиску зростає крутний момент і потужність двигуна, що підтверджено замірами на гальмівному стенді. У разі роботи без добавки крутний момент становить 16,96 Н м, а з добавкою — зростає до 18,02 Н м.

В результаті обробки індикаторних діаграм розраховані поточні значення об'єму циліндра, корисна робота циклу, індикаторна потужність та індикаторний ККД двигуна, температура в циліндрі, середня швидкість наростання тиску під час згоряння $dP/d\phi$, МПа/град, характеристика використання теплоти та відносна характеристика тепловиділення з урахуванням втрат теплоти до стінок циліндра в кожний момент циклу. Остання показана на рис. 5.

В результаті добавки H_2/O_2 скорочуються перша і друга фази згоряння на 2 градуси кожна, третя фаза згоряння скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала. За роботи без добавки газу тривалість згоряння становить 81 град. п.к.в., а з

**Результати обробки індикаторних діаграм робочого процесу двигуна MeM3-245
за роботи з додавкою та без додавки водневмісного газу**

Параметри робочого процесу	Без додавки H ₂ /O ₂	З додавкою H ₂ /O ₂
Розрідження у впускному трубопроводі $\Delta P_{к}$, кПа	54,5	54,5
Кут випередження запалювання θ , град п. к. в.	34	34
Максимальний тиск P_z , бар	18,56	20,02
Максимальна температура T_{max}	2362	2385
Тривалість початкової фази згорання ϕ_1 , град п. к. в.	20	18
Тривалість другої (основної) фази згорання ϕ_2 , град п. к. в.	45	43
Коефіцієнт активного тепловиділення у в. м. т. , χ_{i0}	0,095	0,163
Кут повороту колінчастого валу від в. м. т. до P_z , град п. к. в.	18	14
Кут повороту колінчастого валу від в. м. т. до T_{max} , град п. к. в.	31	27
Тривалість процесу згорання, град п. к. в.	81	71
Максимальна швидкість наростання тиску $dP/d\phi_{max}$, МПа/град	0,067	0,094

Як видно з наведених результатів обробки індикаторних діаграм, додавка водневмісного газу приводить до підвищення максимального тиску і температури циклу, також збільшується максимальна швидкість наростання тиску в циліндрі з 0,067 до 0,094 МПа/град, від якої залежить жорсткість роботи двигуна. Оскільки таке підвищення жорсткості роботи двигуна незначне, то воно на надійність і довговічність двигуна майже не впливає.

Висновки

Додавка водневмісного газу позитивно впливає на робочий процес бензинового двигуна. Підвищується максимальний тиск циклу і зміщується в бік в.м.т. на 4 градуси, що приводить до зростання крутного моменту двигуна. В результаті додавки H₂/O₂ скорочуються всі фази згорання – перша і друга на 2 град. п.к.в., кожна третя фаза скорочується на 6 град. п.к.в. Тривалість згорання за роботи без додавки газу становить 81 град. п.к.в., а з додавкою — 71 град. п.к.в. Зменшення тривалості тепловиділення у разі використання додавки водневмісного газу покращує ефективність використання теплоти та сприяє збільшенню індикаторного ККД двигуна. Збільшується швидкість наростання тиску, що приводить до підвищення жорсткості роботи двигуна, але це підвищення незначне.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Каменев В. Ф. Расчеты рабочих циклов поршневого и комбинированного двигателей внутреннего сгорания / В. Ф. Каменев, А. Р. Макаров, В. М. Фомин. — М. : изд-во МГТУ «МАМИ», 2006. — 30 с.
2. Шикунина Н. М. О некоторых возможных причинах падения экономичности задресселированного бензинового двигателя / Н. М. Шикунина, В. С. Золотаревский. — В кн. : Труды лаборатории двигателей. — М. : изд. АН СССР, 1960. — Вып. 5. — С. 127—144.
3. Нечаев С. Г. Исследование протекания процесса сгорания при работе двигателя на малых нагрузках и способы его улучшения / С. Г. Нечаев, А. Н. Кургузов // Труды МАДИ. — 1979. — Вып. 178. — С. 113—117.
4. Bari, S. Effect of H₂/O₂ addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine / S. Bari, M. Mohammad Esmaeil // Fuel 89 (2010) 378—383.
5. Ali Can Yilmaz. Design and applications of hydroxy (HHO) system / Ali Can Yilmaz // Thesis titled above was reviewed and approved for the award of degree of the Master of Science by the board of jury on 2010. — Pp. 59—63.
6. Investigations on generation methods for oxy-hydrogen gas, its blending with conventional fuels and effect on the performance of internal combustion engine / Yadav Milind S., Sawant S. M., Anavkar Jayesh A., Chavan Hemant V. // Journal of Mechanical Engineering Research. — 2011. — Vol. 3 (9), Pp. 325—332.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 2.11.2015

Гутаревич Юрій Феодосійович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки;

Шуба Євгеній Васильович — аспірант кафедри двигунів і теплотехніки, e-mail: shuba90@i.ua.

Національний транспортний університет, Київ

Yu. F. Gutarevych¹
Ye. V. Shuba¹

Effect of Additives of Hydrogen Containing Gas to Workflow Petrol Engine with Fuel Carburettor System

¹National Transport University, Kyiv

There have been considered the results of research of influence of addition of hydrogenous gas on flowing of working process of petrol engine. The features of work of petrol engines have been analyzed in the modes of the small loading and idling. The presented results got in the process of treatment of the indicator-diagrams taken on the engine of MeMZ- 245. The process of combustion has been investigated in an engine during work with addition of hydrogenous gas.

Keywords: gasoline engine, workflow process of combustion, hydrogen, hydrogen containing gas.

Gutarevych Yurii F. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Engines and Heating Engineering;

Shuba Yevgenii V. — Post-Graduate Student of the Chair of Engines and Heating Engineering, e-mail: shuba90@i.ua

Ю. Ф. Гутаревич¹
Е. В. Шуба¹

Влияние добавки водородсодержащего газа на рабочий процесс бензинового двигателя с карбюраторной системой питания

¹Национальный транспортный университет, Киев

Рассмотрены результаты исследования влияния добавки водородсодержащего газа на протекание рабочего процесса бензинового двигателя. Проанализированы особенности работы бензиновых двигателей в режимах малых нагрузок и холостого хода. Приведенные результаты, полученные в процессе обработки индикаторных диаграмм, снятых на двигателе MeMZ-245. Исследован процесс сгорания в двигателе при работе с добавкой водородсодержащего газа.

Ключевые слова: бензиновый двигатель, рабочий процесс, индицирование, процесс сгорания, водород, водородсодержащий газ.

Гутаревич Юрий Феодосиевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей и теплотехники;

Шуба Евгений Васильевич – аспирант кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: shuba90@i.ua