

УДК 621.43.057

UDC 621.43.057

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА ЗА РОБОТИ З ДОБАВКОЮ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Шуба Є.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

FEATURES OF WORKFLOW THE GASOLINE ENGINE WHEN OPERATING WITH THE ADDITION OF A HYDROGEN-CONTAINING GAS TO THE AIR CHARGE

Gutarevych Y.F., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, Kyiv, Ukraine

Shuba Y.V., Ph.D., Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ С ДОБАВКОЙ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА К ВОЗДУШНОМУ ЗАРЯДУ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Шуба Е.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. На сьогоднішній день основним джерелом енергії на автомобільному транспорті залишаються двигуни внутрішнього згоряння. Переважна кількість автомобілів особистого користування обладнана бензиновими двигунами, основним недоліком яких є погіршення паливної економічності та екологічних показників в режимах малих навантажень і холостого ходу. Саме ці режими роботи є найбільш характерними при русі автомобілів у містах. Основними причинами погіршення показників двигунів є порушення нормального протікання процесів сумішоутворення і згоряння внаслідок збільшення відносної кількості залишкових газів, зростання механічних опорів через дроселювання, підвищена втрата теплоти в охолоджуючу рідину і оливу. В цих режимах погіршуються умови запалювання і збільшується тривалість усіх фаз згоряння.

Одним із напрямів поліпшення показників робочого процесу бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу є інтенсифікація процесу згоряння використанням добавок активуючих речовин. Найбільш перспективним є використання в якості добавки водню або водневмісних сполук. До таких сполук належить водневмісний газ, який отримують електролізом водних розчинів лугів. Цей газ складається з молекул і атомів водню і кисню.

Мета роботи – визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на склад паливоповітряної суміші та процес згоряння в бензиновому двигуні з карбюраторною системою живлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень впливу добавки водневмісного газу (H_2/O_2) на показники роботи автомобільних двигунів наведено в ряді робіт. В роботах [1 - 3] наведені результати досліджень впливу добавки газу H_2/O_2 на паливно-економічні та екологічні показники бензинових двигунів з різними системами живлення. Результати, отримані при випробуванні на гальмівних стендах, свідчать, що добавка водневмісного газу приводить до підвищення крутного моменту двигуна, зниження питомої витрати палива та зниження концентрацій продуктів неповного згоряння, зокрема незгорілих вуглеводнів. Для встановлення причин цих змін необхідно дослідити особливості робочого процесу двигуна при використанні добавки газу H_2/O_2 . Показниками робочого циклу двигуна, що характеризують процес згоряння, є характеристики активного тепловиділення і тепловикористання. Для розрахунку робочого процесу широко використовують математичні моделі, які дозволяють з використанням емпіричних та

напівемпіричних залежностей описати закон виділення теплоти [4 - 7]. Разом з тим при розрахунку робочого процесу двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу необхідно врахувати вплив добавки газу H_2/O_2 на процес сумішоутворення.

Виклад основного матеріалу

На кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету проводять дослідження по використанню добавки водневмісного газу для покращення показників двигунів внутрішнього згоряння. Проведено розрахункові та експериментальні дослідження впливу добавки водневмісного газу на робочий процес карбюраторного двигуна MeM3-245 .

Для того щоб визначити вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна необхідно врахувати склад газу отриманого електролізом водних розчинів лугів. Основними продуктами електролізу є водень і кисень, а саме 0,111 масових долей водню і 0,889 кисню. При розрахунку процесу сумішоутворення водневмісний газ розглядали як добавку водню і кисню до бензину (варіант 1) і як добавку водню до бензину і кисню до повітря (варіант 2) [8].

На рис. 1 показано вплив добавки водневмісного газу на показники сумішоутворення при обох варіантах розрахунку.

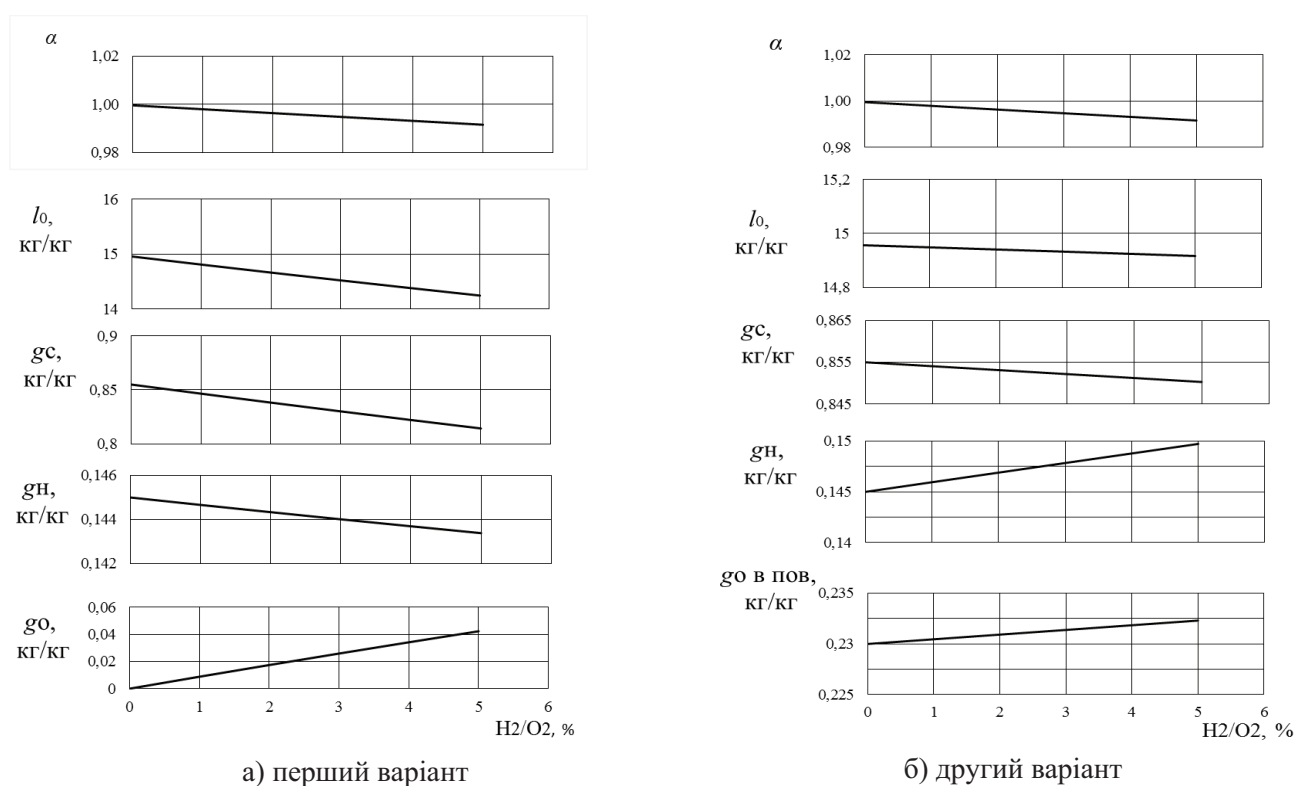


Рисунок 1 - Вплив добавки водневмісного газу на показники сумішоутворення бензинового двигуна

Як видно з рисунку 1, для обох варіантів розрахунку отримано однакове незначне збагачення складу паливоповітряної суміші. При цьому по різному змінюються масові частки компонентів палива і повітря. Зокрема, при першому підході до розрахунку змінюється елементарний склад палива, а саме зменшуються масові частки водню і вуглецю та з'являється частка кисню. Якщо розглядати водневмісний газ як добавку водню до бензину і кисню до повітря, то склад паливної суміші змінюється наступним чином: масова частка вуглецю в паливі зменшується, а водню збільшується. При цьому підході до розрахунку частка кисню в повітрі збільшується.

Важливим показником, який характеризує процес згоряння вуглеводневих палив, є відношення водень-вуглець H/C . На рис. 2 показано зміну в паливі відношення H/C за добавки водневмісного газу.

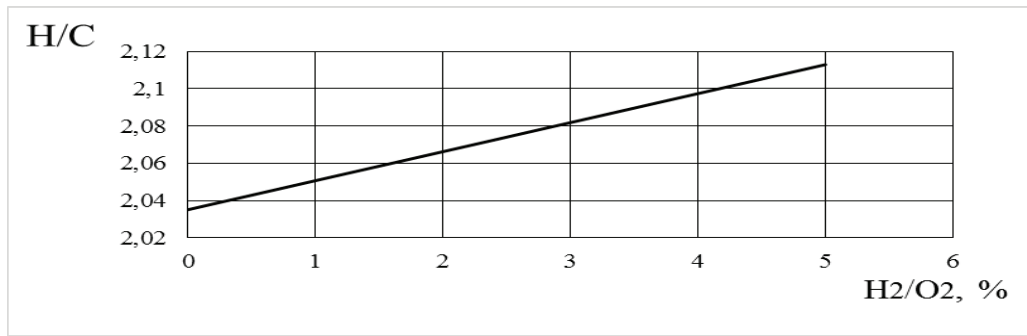


Рисунок 2 - Вплив добавки водневмісного газу на відношення Н/С суміші бензину з Н₂/О₂

Як видно з рис. 2, по мірі додавання водневмісного газу відношення Н/С зростає, що дозволяє очікувати поліпшення процесу згоряння отриманої суміші.

Для дослідження особливостей робочого процесу бензинового двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу визначали нижчу теплоту згоряння утвореної суміші за залежністю:

$$H_{u\text{ сум}} = H_{u\text{ б}} \cdot g_{\text{б}} + H_{u\text{ Н2/О2}} \cdot g_{\text{Н2/О2}}, \quad (1)$$

де $H_{u\text{ б}}$ і $H_{u\text{ Н2/О2}}$ – нижча теплота згоряння бензину і водневмісного газу;
 $g_{\text{б}}$, $g_{\text{Н2/О2}}$ – масові частки бензину і водневмісного газу в суміші.

$$H_{u\text{ Н2/О2}} = H_{u\text{ Н2}} \cdot 0.111, \quad (2)$$

де $H_{u\text{ Н2}}$ – нижча теплота згоряння 1 кг водню.

Результати розрахунку нижчої теплоти згоряння суміші бензину з водневмісним газом при добавці газу від 0 до 5 % від витрати бензину показано на рис. 3.

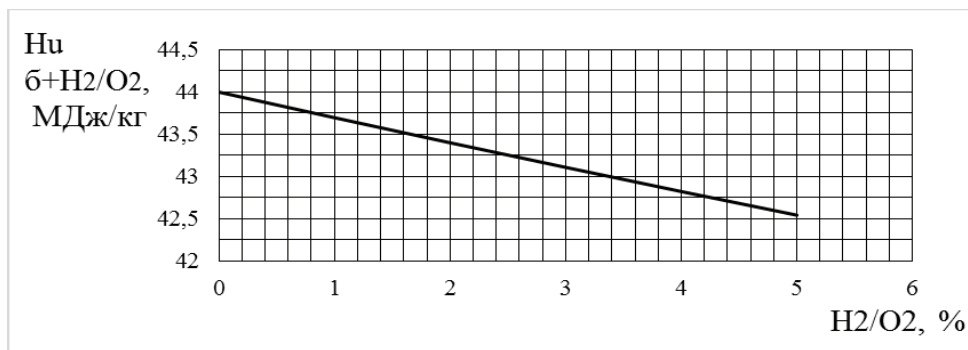


Рисунок 3 - Зміна нижчої теплоти згоряння суміші бензину з водневмісним газом в залежності від величини добавки газу Н₂/О₂

Як видно з рисунку 3, добавка водневмісного газу призводить до зниження нижчої теплоти згоряння паливної суміші.

Для дослідження впливу добавки газу Н₂/О₂ на робочий процес бензинового двигуна проведено індицирування двигуна МеМЗ – 245. Випробування проведені в режимі, що відповідає середній точці Європейського їздового циклу ($M_k = 16,96 \text{ Н м}$, $n = 1900 \text{ хв}^{-1}$).

Для аналізу відібрано дві індикаторні діаграми – одна за роботи двигуна без добавки, а друга з добавкою 3 л/хв Н₂/О₂. Відбиралися діаграми, максимальний тиск яких найбільше відповідає значенню середнього максимального тиску для серії із 70 послідовних діаграм і індикаторні показники яких з врахуванням механічних втрат відповідають заміряним ефективним показникам двигуна для даного режиму.

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. При роботі без добавки крутний момент становить 16,96 Н·м, з добавкою зростає до 18,02 Н·м.

Розраховані за індикаторними діаграмами значення ефективної потужності практично співпадають із тими, що були заміряні при випробуваннях двигуна на гальмівному стенді. При роботі двигуна MeM3 – 245 без добавки водневмісного газу заміряна ефективна потужність становила 3,37 кВт, в результаті розрахунку отримали 3,44 кВт. З добавкою газу H_2/O_2 ефективна потужність отримана при випробуваннях складає 3,59 кВт, розрахована - 3,61 кВт.

Для розрахунку процесу згоряння використана відома методика, яка дозволяє на основі отриманих експериментальних індикаторних діаграм за допомогою напівемпіричних залежностей розрахувати показники робочого процесу. Розрахунок проведений за допомогою комп'ютерної програми складеної на кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету, до якої внесено зміни, що враховують добавку H_2/O_2 . Показники робочого процесу визначені за допомогою залежностей отриманих на основі відомого рівняння стану ідеального газу.

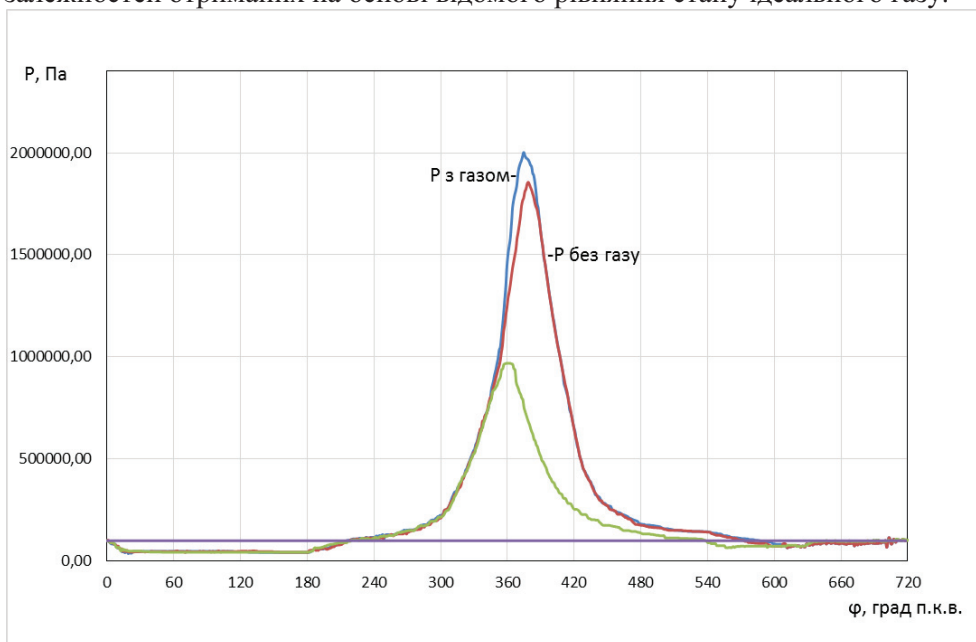


Рисунок 4 - Розгорнуті індикаторні діаграми двигуна MeM3 - 245 за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу

Використовуючи уточнену методику розрахунку робочого процесу двигуна з іскровим запалюванням [9] розраховано основні показники робочого циклу двигуна за роботи на бензині і на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду. Розраховано характеристики активного тепловикористання ξ і тепловиділення χ двигуна за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу (рис. 5, 6).

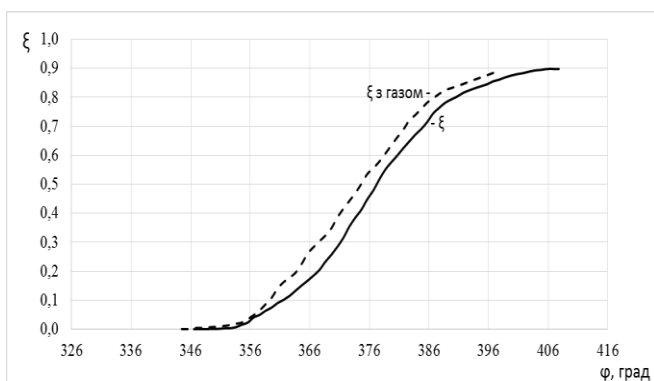


Рисунок 5 - Характеристики тепловикористання за роботи двигуна без добавки та з добавкою водневмісного газу

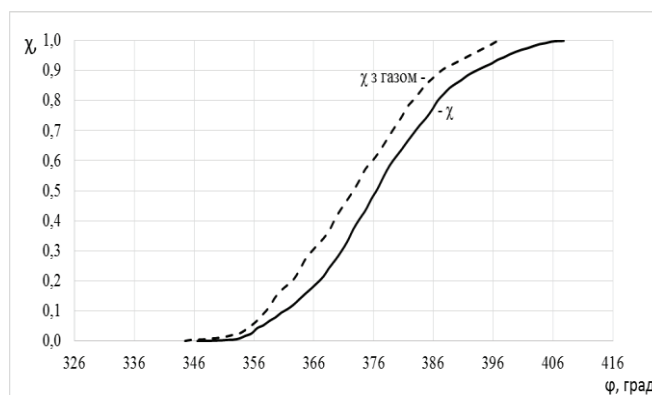


Рисунок 6 - Характеристики активного тепловиділення за роботи двигуна без добавки та з добавкою водневмісного газу

З показаних вище характеристик видно, що добавка водневмісного газу призводить до скорочення тривалості згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала.

Для підтвердження достовірності отриманих результатів характеристику активного тепловиділення визначили з відомого виразу професора Вібе І.І. [5].

Порівняння характеристик активного тепловиділення при роботі двигуна з добавкою і без добавки водневмісного газу, розрахованих за двома різними методиками показано на рис. 7, 8.

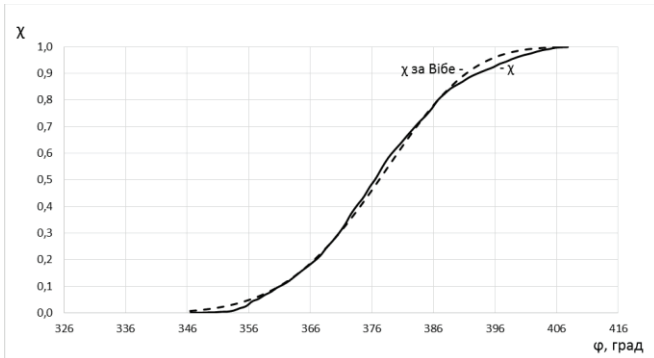


Рисунок 7 - Порівняння результатів розрахунку характеристик активного тепловиділення за різними методиками при роботі двигуна без добавки водневмісного газу

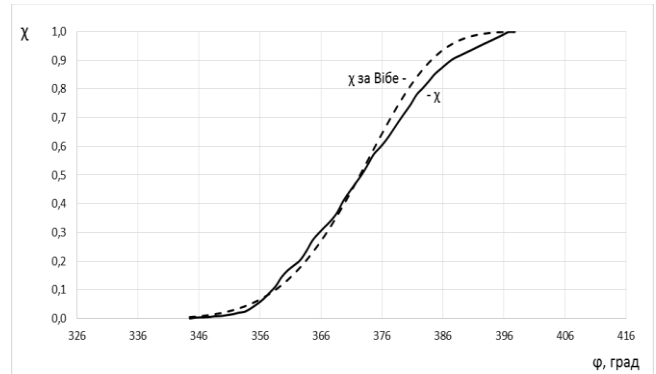


Рисунок 8 - Порівняння результатів розрахунку характеристик активного тепловиділення за різними методиками при роботі двигуна з добавкою водневмісного газу

Як видно з показаних на рис. 7 і 8 характеристик, результати розрахунку за обраною в дослідженні методикою і за методикою проф. Вібе І.І. є досить близькими.

За експериментальними індикаторними діаграмами розраховано основні індикаторні показники двигуна. Використання добавки водневмісного газу підвищує індикаторний ККД η_i з 0,3107 до 0,333, що дає підстави очікувати поліпшення паливної економічності двигуна за рахунок поліпшення робочого процесу.

Відомо, що значення тиску в циліндрі двигуна в різних циклах характеризується певною нерівномірністю. В результаті статистичної обробки серії індикаторних діаграм розраховано ступінь невідтворності послідовних робочих циклів за роботи двигуна на бензині та на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду. Цей показник представляє собою середньоквадратичне відхилення значень максимального тиску циклу, віднесене до середньої величини підвищення тиску. Встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення ступеня невідтворності послідовних робочих циклів на 6,8 %.

Висновок. Встановлено, що добавка водневмісного газу до повітряного заряду карбюраторного двигуна призводить до зміни складу паливоповітряної суміші. Розглядаючи даний газ, як добавку лише до бензину і як добавку водню до бензину і кисню до повітря отримано подібні результати при розрахунку α . В обох випадках очікується незначне збагачення паливоповітряної суміші. Індицируванням двигуна МеМЗ-245 за роботи в режимі середньої точки Європейського їздового циклу встановлено, що добавка водневмісного газу в кількості 5,4 % від витрати бензину приводить до підвищення максимального тиску циклу з 18,56 до 20,02 бар. За уточненою методикою розрахунку робочого процесу, яка враховує вплив добавки H_2/O_2 на склад паливоповітряної суміші, встановлено, що добавка водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна скорочує тривалість згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема, перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала. Встановлено, що за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу зменшується ступінь невідтворності послідовних робочих циклів на 6,8 %. Встановлено, що індикаторний ККД двигуна МеМЗ-245 за роботи з добавкою H_2/O_2 в кількості 5,4 % від витрати бензину в режимі середньої точки Європейського їздового циклу підвищується на 6,7 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гутаревич Ю.Ф. Вплив додавання суміші водню з киснем на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, А. О. Корпач, Є.В. Шуба, О. Д. Філоненко, І. В. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. – Вип. 30, С. 78–85.
2. Гутаревич Ю.Ф. Використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду для покращення показників двигунів з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 31, С. 161–165.
3. Гутаревич Ю. Ф. Вплив добавки водневмісного газу до повітряного заряду на паливну економічність бензинового двигуна із системою впорскування / Ю. Ф. Гутаревич, М. П. Цюман, Є. В. Шуба // Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza Monografia pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy. Seria: Transport. – 2014. – № 5. – С. 149 – 154.
4. Иващенко Н.А., Кавтарадзе Р.З. Многозонные модели расчета рабочего процесса. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997.
5. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. Скорость сгорания и рабочий цикл двигателей. / И.И. Вибе - М.: Свердловск, 1962. - 271 с.
6. Ефремов Б.Д., Черняк Б.Я. Математическая модель процесса теп-ловыделения в двигателях внутреннего сгорания // Труды МАДИ. – вып. 96. – 1974. – С. 45 - 50.
7. Максимов А.Л., Черняк Б.Я. Расчетная модель действительного цикла двигателя внутреннего сгорания // Труды МАДИ. – вып. 126. – 1976. – С. 74 - 81.
8. Гутаревич Ю.Ф. Вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 32, С. 100 – 107.
9. Гутаревич Ю.Ф. Уточнення методики розрахунку робочого процесу бензинового двигуна за роботи в режимі малих навантажень з добавкою водневмісного газу. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №2(4). С. 20-27.

REFERENCES

1. Gutarevych Yu.F. Vplyv dodavannya sumishi vodnyu z kysnem na palyvnu ekonomichnist' i toksychnist' benzynovoho dvyhuna v rezhymy kholostoho khodu. / Yu. F. Gutarevych, A. O. Korpach, Ye.V. Shuba, O. D. Filonenko, I. V. Samoilenko // Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu. – K. : NTU, 2014. –Vyp. 30. (Ukr)
2. Gutarevych Yu.F. Vykorystannya dobavky vodnevemisnogo hazu do povitryanoho zaryadu dlya pokrashchennya pokaznykiv dvyhuniv z karbyuratornoyu systemoyu zhyvlennya v rezhymakh kholostoho khodu. / Yu. F. Gutarevych, Ye.V. Shuba // Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu. – K. : NTU, 2015. –Vyp. 31. (Ukr)
3. Gutarevych Yu. F. Vplyv dobavky vodnevemisnogo hazu do povitryanoho zaryadu na palyvnu ekonomichnist' benzynovoho dvyhuna iz systemoyu vporskuvannya / Yu. F. Gutarevych, M. P. Tsyuman, Ye. V. Shuba // Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza Monografia pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy. Seria: Transport. – 2014. – № 5. – S. 149 – 154. (Ukr)
4. Ivaschenko N.A., Kavtaradze R.Z. Многозонные модели расчета рабочего процесса. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. (Ukr)
5. Vibe I.I. Novoe o rabochem tsikle dvigateley. Skorost sgoraniya i rabochiy tsikl dvigateley. / I.I. Vibe - M.: Sverdlovsk, 1962. - 271 s. (Rus)
6. Efremov B.D., Chernyak B.Ya. Matematicheskaya model protsessa tep-lovyideleniya v dvigateleyah vnutrennego sgoraniya // Trudy MADI. – vyip. 96. – 1974. – S. 45 - 50. (Rus)
7. Maksimov A.L., Chernyak B.Ya. RaschYotnaya model deystvitelnogo tsikla dvigatelya vnutrennego sgoraniya // Trudy MADI. – vyip. 126. – 1976. – S. 74 - 81. (Rus)
8. Gutarevich Yu.F. Vplyv dobavki vodnevemisnogo gazu na sklad palivopovItryanoyi sumIshI benzynovogo dvyguna. / Yu.F. Gutarevich, E.V. Shuba // VIsnik NatsIonalnogo transportnogo unIversitetu. – K. : NTU, 2015. – Vip. 32. (Ukr)
9. Gutarevych Yu.F. Utochnennya metodyky rozrakhunku robochoho protsesu benzynovoho dvyhuna za roboty v rezhymy malykh navantazhen' z dobavkoyu vodnevemisnogo hazu. / Yu.F. Gutarevych, Ye.V. Shuba // Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni na transporti. Naukovyy zhurnal. – Luts'k. Luts'kyu NTU, 2015.- #2(4). S. 20-27. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Особенности рабочего процесса бензинового двигателя за работы с добавкой водневмисного газа до повітряного заряду. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті розглянуто результати досліджень впливу добавки водневмисного газу до повітряного заряду на робочий процес бензинового двигуна.

Об'єкт експериментальних досліджень – бензиновий двигун MeM3-245 з карбюраторною системою живлення.

Мета роботи – визначення впливу добавки водневмисного газу до повітряного заряду на склад паливоповітряної суміші та процес згоряння в бензиновому двигуні з карбюраторною системою живлення.

Методи дослідження – теоретичний і експериментальний.

Добавка водневмисного газу позитивно впливає на робочий процес бензинового двигуна. Підвищується максимальний тиск циклу і скорочується тривалість згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема, перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЕНЗИНОВИЙ ДВИГУН, КАРБЮРАТОРНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ, ВОДНЕВМІСНИЙ ГАЗ, СУМІШОУТВОРЕННЯ, РОБОЧИЙ ПРОЦЕС.

ABSTRACT

Gutarevych Y.F., Shuba Y.V. Features of workflow the gasoline engine when operating with the addition of a hydrogen-containing gas to the air charge. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article describes the results of studies of the influence of additives of hydrogen-containing gas to the air charge for the working process of the petrol engine.

The object of experimental studies - gasoline engine MeMZ-245 with carburetor feed system.

Purpose - to determine the effect of addition of a hydrogen-containing gas to the air charge in the air-fuel mixture and the combustion process in a gasoline engine with carburetor feed system.

Methods of research - theoretical and experimental.

The addition of hydrogen-containing gas has a positive effect on the working process of a gasoline engine. Increases the maximum cycle pressure and the combustion duration is reduced by 10 degrees of crankshaft rotation. In particular, the first and second phase of combustion is reduced by 2 degrees every third phase is reduced by 6 degrees crank angle.

KEYWORDS: PETROL ENGINE, CARBURETOR POWER SYSTEM, HYDROGEN-CONTAINING GAS MIXTURE FORMATION, THE WORKFLOW.

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Особенности рабочего процесса бензинового двигателя при работе с добавкой водородсодержащего газа к воздушному заряду. / Ю.Ф. Гутаревич, Е.В. Шуба // Вестник Национального транспортного университета. Серія «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены результаты исследований влияния добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду на рабочий процесс бензинового двигателя.

Объект экспериментальных исследований - бензиновый двигатель MeM3-245 с карбюраторной системой питания.

Цель работы - определение влияния добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду на состав топливовоздушной смеси и процесс сгорания в бензиновом двигателе с карбюраторной системой питания.

Методы исследования - теоретический и экспериментальный.

Добавка водородсодержащего газа положительно влияет на рабочий процесс бензинового двигателя. Повышается максимальное давление цикла и сокращается продолжительность сгорания на 10 градусов поворота коленчатого вала. В частности, первая и вторая фазы сгорания сокращаются на 2 градуса каждая, третья фаза сокращается на 6 градусов поворота коленчатого вала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, КАРБЮРАТОРНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ, ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ, СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕ, РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС.

АВТОРИ:

Гутаревич Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідуючий кафедрою "Двигуни і теплотехніка", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 302.

Шуба Євгеній Васильович., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1

AUTHORS:

Gutarevich Yurii F. Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of the department "Engines and Heating", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, tel. +380442804716, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str.1,of 302.

Shuba Y. V., Ph.D., Engineering, National Transport University, postgraduate, assistant of department of "Engines and Heating", e-mail: shuba90@i.ua, tel. +380688147423, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

АВТОРЫ:

Гутаревич Юрий Феодосиевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Двигатели и теплотехника», e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 302.

Шуба Евгений Васильевич, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілі, Київ, Україна.

Назаренко І.І., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна.

REVIEWER:

Sakhno Volodymyr P., PhD, Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head department of automobiles, Kyiv, Ukraine.

Nazarenko I.I., PhD, Engineering (Dr.) professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine.