

УДК 621.43
UDC 621.43

ВПЛИВ ДОБАВКИ СУМІШІ ВОДНЮ З КИСНЕМ НА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ І ТОКСИЧНІСТЬ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА В РЕЖИМІ ХОЛОСТОГО ХОДУ

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

Корпач А.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Шуба Є.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

Філоненко О.Д., Національний транспортний університет, Київ, Україна

Самойленко І.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

EFFECT OF HYDROGEN AND OXYGEN MIXTURE ADDING ON FUEL EFFICIENCY AND TOXICITY OF THE GASOLINE ENGINE AT IDLE.

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

Korpach A.O. Ph.D., Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Shuba Y.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Filonenko A.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Samoilenko I.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ СМЕСИ ВОДОРОДА С КИСЛОРОДОМ НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ И ТОКСИЧНОСТЬ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

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

Корпач А.О., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Шуба Е.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Филоненко А.Д., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Самойленко И.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. В процесі експлуатації автомобільних двигунів значну роль відіграють режими малих навантажень і холостого ходу, особливо під час руху автомобілів у великих містах.

Робочий процес двигуна при роботі в цих режимах характеризується підвищеною нестабільністю процесу згоряння, що спричиняється підвищеним вмістом залишкових газів і погіршенням процесу сумішоутворення. В результаті цього для бензинових двигунів необхідно переходити на збагачені паливоповітряні суміші, що негативно впливає на їх паливну економічність і токсичність. Іншою причиною погіршення екологічних показників бензинових двигунів є неефективна робота системи нейтралізації відпрацьованих газів (ВГ) у цих режимах.

Основними токсичними компонентами при роботі двигуна в режимах малих навантажень і холостого ходу є продукти неповного згоряння, незгорілі вуглеводні (СН) і оксид вуглецю (СО). Існує декілька методів поліпшення паливної економічності і екологічних показників бензинових двигунів у даних режимах, а саме відключення групи циліндрів, робота двигуна на Perezbidneniy palyvopovitryanij sumishi, zastosuvannya regul'ovanih faz gazorozpodilu, intensyfikatsiya protsesu zgorannya dodavanniam do palyvopovitryanoi sumishi aktivuyuchih dobavok. Ostannij napryamak e duzhe perspektivnim, oskilkvi vin ne potrebuє zminy konstruktsiji dviguna i yogo možna realizuvati v umovah eksploatatsiji.

Для забезпечення більш повного згоряння паливоповітряної суміші можна використовувати активуючі добавки, які дозволяють значно розширити межі стабільного запалювання і прискорити процес горіння в окремих фазах згоряння. Найбільш перспективним є використання в якості добавки водню.

Мета досліджень: поліпшення паливної економічності і екологічних показників бензинового двигуна з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу і малих навантажень добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив додавання водню на робочий процес двигунів внутрішнього процесу досліджено в ряді робіт. В Інституті проблем машинобудування АН України проведені дослідження ефективних показників і токсичності ВГ двигунів ГАЗ - 24 і ВАЗ – 2101, які показали, що при живленні двигуна бензином з 5% добавкою водню (по масі від сумарної витрати палива) і коефіцієнті надміру повітря $\alpha=1,05$ максимальна потужність зберігається на рівні потужності базового двигуна. При цьому знижується витрата бензину, значно зменшується емісія оксидів вуглецю і вуглеводнів, покращується паливна економічність [1].

У роботі [2] досліджено особливості процесу згоряння в бензинових двигунах при додаванні водню до паливоповітряної суміші. Результати експериментальних досліджень показали, що невеликі добавки водню в бензоповітряну суміш призводять до наступних особливостей протікання процесу згоряння:

- відбувається скорочення тривалості всіх фаз згоряння;
- в 2-й фазі згоряння вплив 5% добавки водню на середню швидкість поширення полум'я можна порівняти з підвищенням швидкісного режиму на 50%;
- в третій фазі згоряння вплив малих добавок водню більш значний, ніж підвищення швидкісного режиму.

Особливістю процесу згоряння при додаванні водню є також значне збільшення швидкості поширення полум'я у всіх фазах згоряння.

Проводилися дослідження впливу додавання водню до зрідженого нафтового газу (ЗНГ) на процес згоряння [3]. За допомогою спеціальної експериментальної установки було досліджено вплив різних добавок водню на швидкість згоряння ЗНГ з повітрям при різних значеннях коефіцієнта надміру повітря.

Результати досліджень показали, що при суміші з $\alpha=1,07$ добавка 5% від маси палива водню збільшує нормальну швидкість згоряння на 70%. У бідній суміші при $\alpha=1,47$, аналогічна по масі добавка підвищує нормальну швидкість на 61%. Отримані експериментальні дані дозволяють стверджувати, що добавка водню в суміш ЗНГ з повітрям дозволяє значно прискорити процес згоряння. Також було встановлено, що при наявності в паливоповітряній суміші вільного водню значно підвищується стабільність запалювання.

У роботі [4] проведено випробування автомобіля ВАЗ – 21102, оснащеного у відповідності з нормами Євро-2, за методикою 83-05 ЄЕК ООН, які показали, що застосування системи добавки водню дозволяє знизити масові викиди в середньому СН на 30%, СО на 40% при збереженні на тому ж рівні викидів NOx і CO₂, що практично наближає показники до норм Євро-3.

Однак, використання водню обмежене відомими факторами, такими як безпека зберігання, відсутність компактних генераторів водню великої продуктивності та ін. У зв'язку з цим постійно йде пошук способів замінити водень на дешевший газ, технологія виробництва якого простіша і легко адаптується для масового виробництва. До таких газів можна віднести так звані водневмісні гази, наприклад, гримучий газ (газ Брауна, H₂/O₂), синтез газ, ацетилен та ін. [4]. При цьому доцільніше використовувати такі гази, які відносно легко отримати на борту автомобіля. До таких газів відноситься газ Брауна, який можна отримати шляхом електролізу води.

В роботі [5] досліджено вплив додавання H₂/O₂ на робочі показники дизеля. Двигун був випробуваний при постійній частоті 1500 хв⁻¹ з додаванням різної кількості газу H₂/O₂ (1-6%) при трьох різних рівнях навантаження 19 кВт, 22 кВт і 28 кВт.

В результаті досліджень встановлено, що додавання H₂/O₂ призводить до збільшення термічного ККД. Також встановлено, що додавання H₂/O₂ знижує загальну величину витрати палива двигуна при всіх використаних режимах навантаження. Було виявлено зменшення викидів СН, CO₂ і СО за рахунок кращого згоряння в той час як викиди NOx збільшились за рахунок більш високої температури, досягнутої під час згоряння.

Дослідження впливу додавання H₂/O₂ на показники бензинового двигуна проведені в роботі [6]. В якості об'єкта досліджень використана спеціальна одноциліндрова установка.

В результаті додавання H₂/O₂ встановлено збільшення крутного моменту в порівнянні з роботою на чистому бензині. Також в результаті додавання газу H₂/O₂ спостерігалось зниження викидів вуглеводнів на 6,7%, викиди оксиду вуглецю знизилися на 14,4% порівняно з роботою на чистому бензині.

Виклад основного матеріалу.

У лабораторії випробування двигунів кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету проводяться дослідження показників роботи бензинового двигуна з

карбюраторною системою живлення в режимі холостого ходу при додаванні до повітряного заряду H_2/O_2 . Даний газ був отриманий в результаті електролізу 10 % водного розчину гідроксиду калію.

Об'єктом експериментальних досліджень був бензиновий двигун MeM3-245 обладнаний всією необхідною вимірювальною апаратурою. При проведенні випробувань у випускну систему двигуна був встановлений трикомпонентний каталітичний нейтралізатор 2110-1206010-13 типу 2110-2112, «Атекс». Випробування проводили при роботі двигуна з частотою обертання колінчастого вала 900 хв^{-1} . Величину добавки газу Брауна поступово збільшували від 0 до 6 % від витрати палива за роботи без газу. Додавання газу в кількості 6% призводить до підвищення частоти обертання колінчастого вала від 900 до 1000 хв^{-1} (рис.1).

При цьому, незважаючи на зростання частоти обертання колінчастого вала, годинна витрата палива G_p зменшилася, зокрема в інтервалі зростання частоти $900 \dots 960 \text{ хв}^{-1}$. Частота 960 хв^{-1} відповідає величині добавки газу $4,0 \dots 4,3 \%$. Подальше збільшення добавки газу хоча і призводить до зростання частоти обертання, але збільшує витрату бензину. Тому можна вважати доцільним обмежити величину добавки наведеними значеннями.

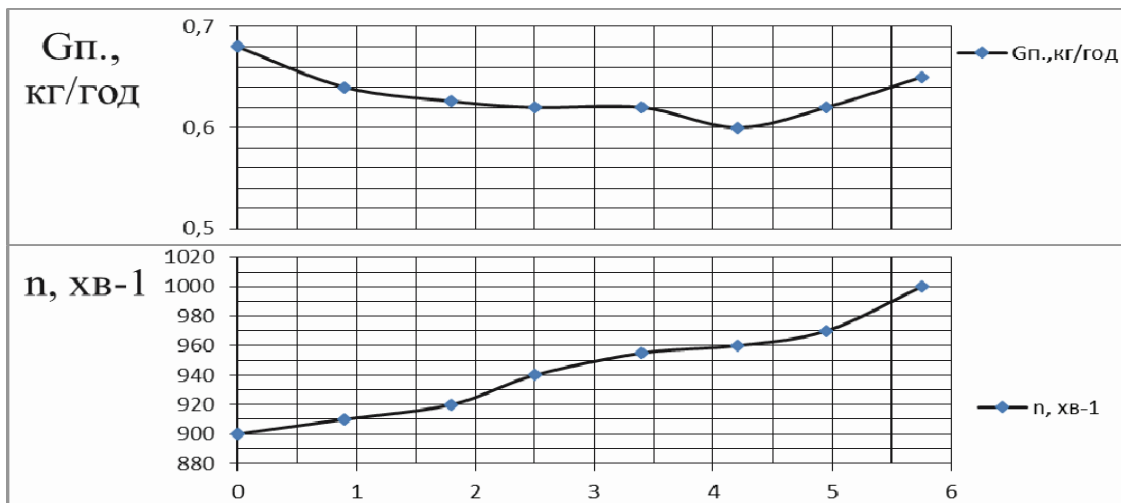


Рисунок 1 - Вплив додавання газу H_2/O_2 на показники роботи двигуна

Об'єктивно оцінити вплив добавки газу можливо лише при порівнянні показників роботи двигуна з однаковою частотою обертання. Для підтримання такої частоти обертання колінчастого вала двигуна і дослідження паливної економічності і екологічних показників використовували регулювання системи холостого ходу карбюратора за допомогою гвинта регулювання складу суміші.

Як видно з рис. 2, при підтриманні частоти обертання вала двигуна на рівні 900 хв^{-1} збільшення величини добавки газу знижує годинну витрату бензину. При роботі двигуна без додавання суміші H_2/O_2 годинна витрата палива становила $0,67 \text{ кг/год}$, при добавці $4,3 \%$ знизилась до $0,59 \text{ кг/год}$. Додавання $4,3 \%$ суміші H_2/O_2 до повітряного заряду призвело до зниження витрати палива на $11,94 \%$.

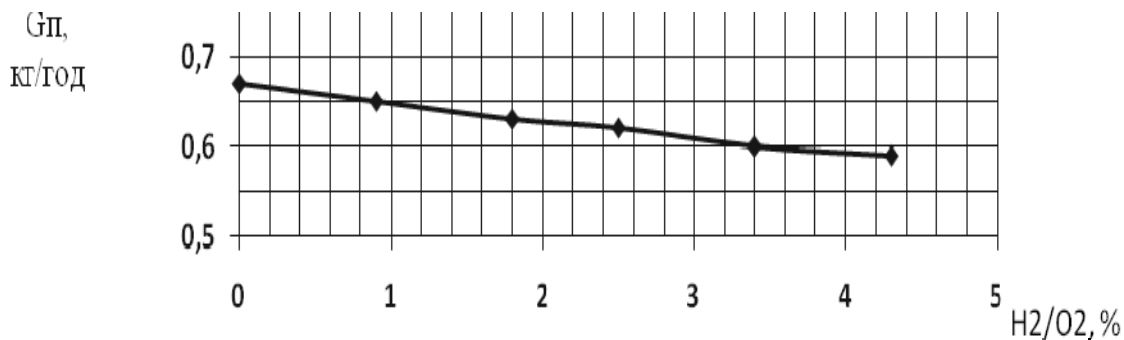


Рисунок 2 - Залежність годинної витрати палива від величини добавки H_2/O_2 ($n = 900 \text{ хв}^{-1}$)

Оскільки для отримання газу H_2/O_2 була затрачена електрична енергія, то для порівняння і підрахунку сумарних затрат енергії були визначені витрата бензину (рис. 3) і затрата електроенергії в тепловому еквіваленті (рис. 4) в залежності від величини добавки газу.

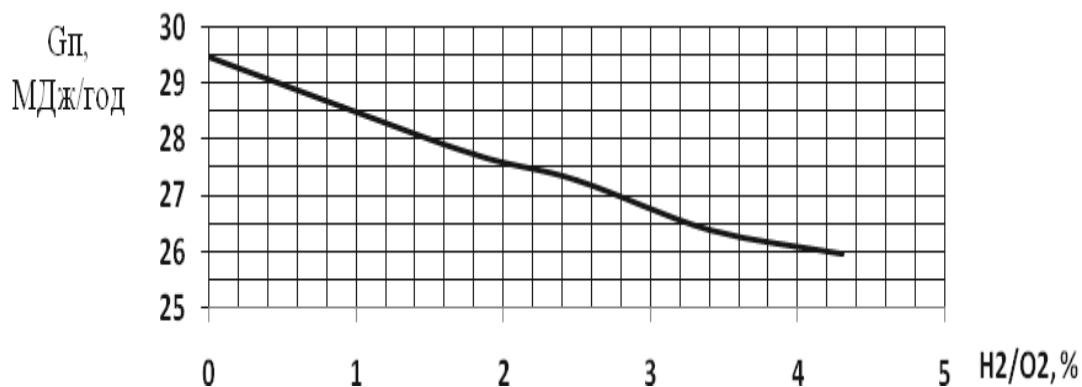


Рисунок 3. Витрата палива в тепловому еквіваленті при додаванні газу H_2/O_2 ($n=900$ хв⁻¹)

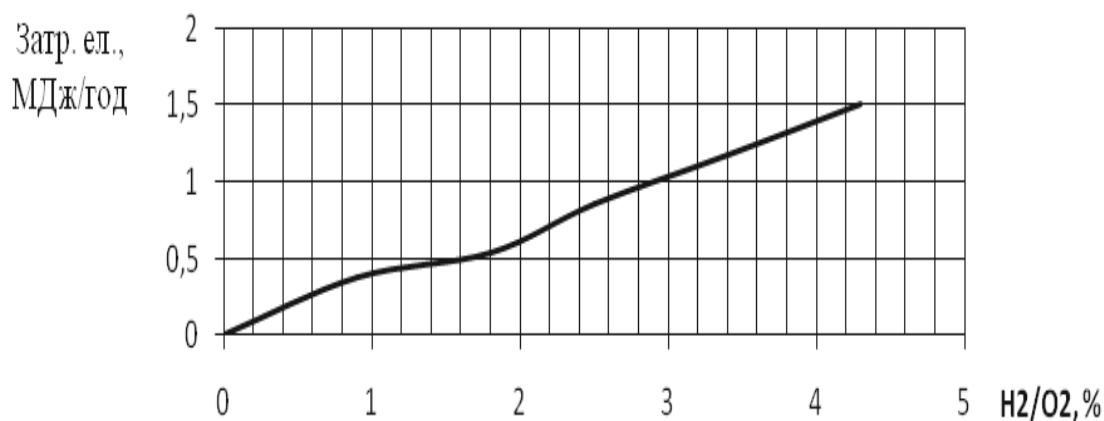


Рисунок 4. Затрати електроенергії на отримання газу H_2/O_2

З урахуванням затрат енергії на отримання газу H_2/O_2 економія бензину при добавці 4,3 % газу складає 6,83 % (рис. 5).

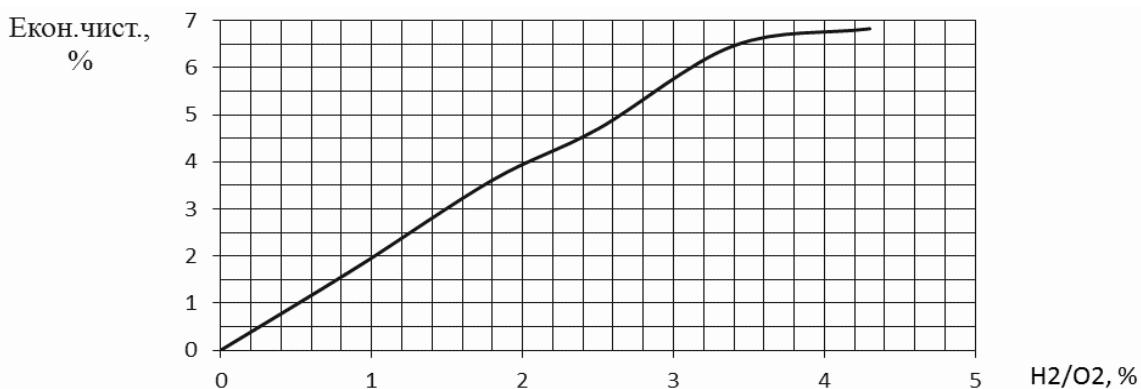


Рисунок 5. Значення економії палива з врахуванням затрат електроенергії для отримання газу H_2/O_2

Дуже важливим питанням є покращення екологічних показників роботи двигуна. Були заміряні концентрації токсичних компонентів до і після нейтралізатора (рис.6).

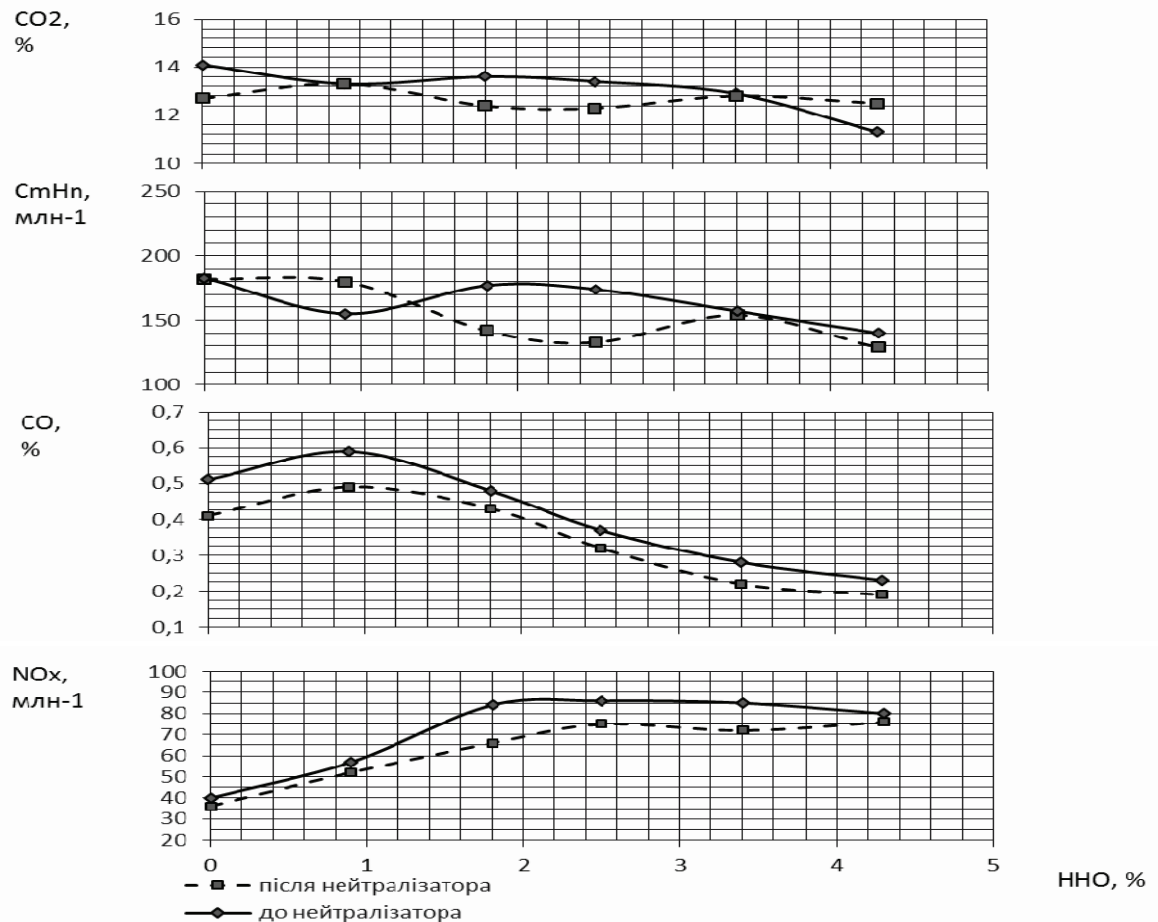


Рисунок 6. Вплив добавки суміші H₂/O₂ на склад відпрацьованих газів

Як видно з наведених залежностей, по мірі додавання газу H₂/O₂ концентрації незгорілих вуглеводнів мають тенденцію до зниження, що вказує на покращення процесу згоряння. Про це свідчить і зниження оксиду вуглецю у відпрацьованих газах. На концентрацію CO₂ додавання водневмісного газу практично не впливає. Як і очікувалось, додавання H₂/O₂ призводить до підвищення температурного режиму і, як наслідок, підвищення концентрацій оксидів азоту. Так як дослідження проводили в режимі холостого ходу, температура відпрацьованих газів знаходилась в межах 130 – 150 °С, тому ефект нейтралізації трикомпонентного каталітичного нейтралізатора незначний. Разом з тим, концентрації CO і NO_x після нейтралізатора знижуються при добавці газу в межах 5 %. Неоднозначний вплив нейтралізатора на концентрації вуглеводнів можна пояснити можливою похибкою заміру невеликих концентрацій вуглеводнів у відпрацьованих газах.

Висновок. В цілому використання газу H₂/O₂ у якості добавки до повітряного заряду бензинового двигуна позитивно впливає на паливну економічність. Економія палива з врахуванням затрат електроенергії на отримання газу в даному режимі становить 6,83 %. Разом з тим при додаванні H₂/O₂ до повітряного заряду спостерігається тенденція до зниження викидів продуктів неповного згоряння та зростання викидів оксидів азоту, що може бути наслідком підвищення максимального тиску і температури в камері згоряння двигуна. Дослідження в інших режимах роботи двигуна продовжуються.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Применение водорода для автомобильных двигателей / А. И. Мищенко, - Киев, - Наукова думка, - 1984. – с. 51 – 52
2. Особенности процесса сгорания в бензиновых двигателях при добавке водорода в топливо-воздушную смесь, автореферат дис. к.т.н. / Смоленский В. В., - Тольяти, - 2007. – с. 6 – 15.

3. Улучшение процесса сгорания сжиженного углеводородного газа добавками водорода / Федянов Е. А., Захаров Е. А., Гаврилов Д. С., Левин Ю. В. // Молодойученый – 2013. - №3 (50), с. 111 – 114.
4. Снижение выбросов углеводородов на режимах пуска и прогрева бензинового двигателя добавкой водорода в топливо-воздушную смесь, дис. к.т.н. / Павлов Д. А., - Тольяти, - 2005. – с. 85 – 90.
5. Effect of H₂/O₂ addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine / S. Bari *, M. Mohammad Esmaeil // Fuel 89 (2010) 378–383.
6. 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. 59 – 63.

REFERENCES

1. Use of hydrogen for automotive engine / A. I.Mishchenko - Kiev - NaukovaDumka, - 1984. - P. 51 - 52.
2. Features of combustion in gasoline engines with addition of hydrogen to the fuel-air mixture, Ph.D. dis. Ph.D. / Smolensky V. V. - Toliatti - 2007. - P. 6 - 15.
3. Combustion improvement of liquefied petroleum gas by hydrogen additives / Fedyanov E. A.,Zakharov E.A., GavriloV D. S., LevinY. V. // YoungScientist - 2013. - № 3 (50), p. 111 - 114.
4. Reduction of hydrocarbon emissions from the start and warm up mode of gasoline engine additive hydrogen into fuel mixture, dis. Ph.D. / D. A. Pavlov - Toliatti - 2005. - P. 85 - 90.
5. Effect of H₂/O₂ addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine / S. Bari *, M. Mohammad Esmaeil // Fuel 89 (2010) 378–383.
6. 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. 59 – 63.

РЕФЕРАТ

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. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 1: Серія «Технічні науки». – К. : НТУ, 2014. – Вип. 30.

У статті розглянуто результати експериментальних досліджень впливу додавання суміші водню з киснем до повітряного заряду на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу.

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

Мета роботи - Поліпшення паливної економічності і екологічних показників бензинового двигуна з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу і малих навантажень добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

Метод дослідження – експериментальний.

Використання суміші водню з киснем у якості добавки до повітряного заряду бензинового двигуна позитивно впливає на паливну економічність і концентрацію більшості токсичних речовин відпрацьованих газів. Економія палива з врахуванням затрат електроенергії на отримання газу в даному режимі становить 6,83 %. Разом з тим з додаванням суміші H₂/O₂ до повітряного заряду спостерігається тенденція до зниження викидів продуктів неповного згорання та зростання викидів оксидів азоту, що може бути наслідком підвищення максимального тиску і температури в камері згорання двигуна.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЕНЗИНОВИЙ ДВИГУН, ВОДЕНЬ, ХЛОСТИЙ ХІД, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕЛЕКТРОЛІЗ.

ABSTRACT

Y. F.Gutarevych, A. O. Korpach, E. V. Shuba, O. D. Filonenko, I. V. Samoilenko Effect of hydrogen and oxygen mixture adding on fuel efficiency and toxicity of the gasoline engine at idle. Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 1: Series «Technical sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 30.

The article reviews the results of experimental studies of hydrogen and oxygen mixture adding on fuel efficiency and toxicity of the gasoline engine at idle.

Object of research –petrol engine MeMZ - 245 with carburetor power system.

Purpose – to improve fuel efficiency and environmental performance of a gasoline engine with carburetor power system at idle and low loads adding hydrogen gas to air charge .

The method of research - experimental.

Using a mixture of hydrogen and oxygen as an additive to air charge of gasoline engine has a positive effect on fuel efficiency and toxicity. Fuel economy is 6.83 % including power usage. Besides, with addition of reduced gas concentration of carbon monoxide and unburned hydrocarbons quantity increases the concentration of nitrogen oxides which maybe the result of increasing the maximum pressure and temperature in the combustion chamber of the engine.

KEY WORDS: gasoline engine , hydrogen, idling, fuel efficiency, electrolysis.

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю. Ф. Влияние добавок смеси водорода с кислородом на топливную экономичность и токсичность бензинового двигателя в режиме холостого хода. / Ю. Ф. Гутаревич, А. А. Корпач, Е. В. Шуба, А. Д. Филоненко, И. В. Самойленко // Вестник Национального транспортного университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 1: Серия «Технические науки». – К. : НТУ, 2014. – Вып. 30.

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований влияния добавок смеси водорода с кислородом на топливную экономичность и токсичность бензинового двигателя в режиме холостого хода.

Объект исследований – бензиновый двигатель MeMZ-245 с карбюраторной системой питания.

Цель работы – улучшение топливной экономичности и экологических показателей бензинового двигателя с карбюраторной системой питания в режимах холостого хода и малых нагрузок добавкой водородсодержащего газа к воздушному заряду .

Метод исследования - экспериментальный .

Использование смеси водорода с кислородом в качестве добавки к воздушному заряду бензинового двигателя положительно влияет на топливную экономичность и концентрацию большинства токсичных веществ отработанных газов. Экономия топлива с учетом затрат электроэнергии на получение газа в данном режиме составляет 6,83 %. Вместе с тем с добавлением смеси H₂/O₂ к воздушному заряду наблюдается тенденция к снижению выбросов продуктов неполного сгорания и рост выбросов оксидов азота, что может быть следствием повышения максимального давления и температуры в камере сгорания двигателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА : БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ВОДОРОД, ХОЛОСТОЙ ХОД, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ , ЭЛЕКТРОЛИЗ .

АВТОРИ:

Гутаревич Юрий 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.

Корпач Анатолій Олександрович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри «Двигунів і теплотехніки», e-mail: korpach@mail.ru, тел. +380663470688, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

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

Філоненко Олександр Дмитрович., Національний транспортний університет, аспірант кафедри двигунів і теплотехніки, e-mail: Charone@ukr.net, тел. +380936405226, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1

Самойленко Іван Вікторович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності, e-mail: samoilenko.iv@gmail.com, тел. +380937451593, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 312.

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.

Korpach Anatoly Oleksandrovich, Ph.D., Engineering, National transport university, professor department of "Engines and Heating", e-mail: korpach@mail.ru, tel. +380663470688, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov str. 1.

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

Filonenko O. D., National Transport University, postgraduate, department of "Engines and Heating", e-mail: Charone@ukr.net, tel. +380936405226, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

Samoilenko Ivan V., National Transport University, postgraduate, department of «Ecology and safety of vital function», e-mail: samoilenko.iv@gmail.com, tel. +380937451593, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 312.

АВТОРЫ:

Гутаревич Юрий Феодосеевич, 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.

Корпач Анатолий Александрович, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: korpach@mail.ru, тел. +380663470688, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

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

Филоненко Александр Дмитриевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: Charone@ukr.net, тел. +380936405226, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к.

Самойленко Иван Викторович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: samoilenko.iv@gmail.com, тел. +380937451593, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 312.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Кравченко О.П., доктор технических наук, профессор, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, завідувач кафедри автоніки та управління на транспорті, Луганськ, Україна.

Сахно В.П., доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой автомобилей, Київ, Україна.

REVIEWER:

Kravchenko O.P., Ph.D., professor, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, head department of autronics and transport management, Lugansk, Ukraine.

Sakhno Volodymyr P., Ph. D, professor, National Transport University, head department of automobiles.