

УДК 621.43  
UDC 621.43

## ВПЛИВ ДОБАВКИ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ НА СКЛАД ПАЛИВОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

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

## EFFECT OF ADDITIVES ON HYDROGEN-CONTAINING GAS FOR AIR-FUEL RATIO GASOLINE ENGINE

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

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА НА СОСТАВ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

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

**Вступ.** Значним недоліком бензинових двигунів є погіршення їх паливної економічності та екологічних показників в режимах малих навантажень і холостого ходу. Для вирішення цієї проблеми існує декілька напрямів, за якими ведуться дослідження.

Одним із перспективних заходів спрямованих на покращення паливної економічності і зниження токсичності автомобільних двигунів є використання в якості добавки водневмісного газу, що складається з молекул і атомів водню і кисню ( $H_2/O_2$ ). Цей газ має швидкість згоряння вищу, ніж бензин, тому інтенсифікує процес згоряння основного палива і, як наслідок, покращуються паливо-економічні та екологічні показники двигуна.

**Мета досліджень:** визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна з карбюраторною системою живлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел показав, що використання водневмісного газу, отриманого в результаті електролізу водних розчинів лугів, становить науковий інтерес для дослідників з різних країн світу. Даному питанню присвячено багато робіт, опублікованих в зарубіжних наукових виданнях. В роботі [1] проведені дослідження по використанню газу  $H_2/O_2$  в якості добавки до повітряного заряду дизеля. Випробування проведені при різних рівнях навантаження з добавкою водневмісного газу до 5% від витрати дизельного палива. Отримані результати свідчать про позитивний вплив добавки на паливну економічність та екологічні показники двигуна. В роботі [2] проведені випробування на одноциліндровій бензиновій установці за роботи з добавкою водневмісного газу. Встановлено, що добавка газу приводить до підвищення крутного моменту, а також зменшення концентрацій незгорілих вуглеводнів. В роботі [3] розглянуто процес отримання водневмісного газу за допомогою електролізерів різних конструкцій і особливості роботи дизеля з добавкою водневмісного газу. Наведені в роботі результати випробувань свідчать про позитивний вплив добавки на показники роботи двигуна. Так як добавка  $H_2/O_2$  змінює склад паливоповітряної суміші і, як наслідок, впливає на робочий процес двигуна, необхідно мати дані по впливу добавки на процес сумішоутворення. Таких досліджень в літературі не виявлено.

### Виклад основного матеріалу.

Для дослідження впливу водневмісного газу на процес згоряння необхідно встановити, як змінюється склад паливоповітряної суміші в результаті добавки. Нижче наведені викладки відносяться лише до двигунів з карбюраторною системою живлення.

Розглянемо процес карбюрації в елементарному карбюраторі. Відомо, що секундна витрата повітря через дифузور карбюратора визначається за залежністю:

$$G_{\text{пов}} = \mu_d \cdot f_d \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p_d \cdot \rho_0} \quad (1)$$

де  $\mu_d$  – коефіцієнт витрати через дифузор;  $f_d$  – площа прохідного перерізу дифузора,  $m^2$ ;  $\Delta p_d$  – перепад тисків на вході в карбюратор і в мінімальному перерізі дифузора, Па;  $\rho_0$  – густина повітряного заряду на впуску,  $kg/m^3$ .

При добавці водневмісного газу в наведеній залежності змінюється  $\rho_0$ , густина суміші повітря і  $H_2/O_2$  менша в порівнянні з повітрям і розраховується в залежності від величини добавки газу.

Секундна витрата палива через жиклер становить:

$$G_{\text{пал}} = \mu_{\text{ж}} \cdot f_{\text{ж}} \cdot \sqrt{2\rho_{\text{т}} \cdot (\Delta p_{\text{д}} - \Delta h \cdot \rho_{\text{т}})} \quad (2)$$

де:  $\mu_{\text{ж}}$  – коефіцієнт витрати через жиклер;  $f_{\text{ж}}$  – площа отвору жиклера,  $m^2$ ;  $\rho_{\text{т}}$  – густина палива,  $kg/m^3$ ;  $\Delta h$  – розрідження, що має місце в карбюраторі, щоб стало можливим витікання палива з розпилувача, м.

Всі величини, що входять до формули (2) не залежать від густини повітряного заряду. Тому при добавці водневмісного газу через жиклер карбюратора буде витрачатись така ж кількість бензину, як і при роботі без добавки.

Так як не встановлено розрахункових досліджень з питання як необхідно розглядати  $H_2/O_2$  – як добавку до бензину, що містить водень і кисень чи як добавку, що складається з двох елементів: водню, як добавку до палива, і кисню, як добавку до повітря, що впливає на склад повітря, розрахуємо вплив добавки водневмісного газу на коефіцієнт надміру повітря при цих двох підходах.

Якщо розглядати газ  $H_2/O_2$ , як паливо, то така суміш бензину і цього газу буде мати склад, що відрізняється від бензину величиною часток С і Н, а також до складу суміші буде входити кисень. При добавці газу маса суміші бензину і  $H_2/O_2$  буде становити:

$$G_{\text{сум}} = G_{\text{п}} + G_{H_2/O_2}, \quad (3)$$

де:  $G_{\text{п}}$  – годинна витрата бензину,  $kg/год$ ;

$G_{H_2/O_2}$  – годинна витрата газу  $H_2/O_2$ ,  $kg/год$ .

Маса водню в суміші становитиме (в  $kg/год$ ):

$$G_{\text{Н в сум}} = 0,145 \times G_{\text{п}} + 0,111 \times G_{H_2/O_2} \quad (4)$$

де 0,145 і 0,111 – масові частки водню в бензині і водневмісному газі

Коефіцієнт надміру повітря розраховується за такою формулою:

$$\alpha = \frac{G_{\text{пов}}}{G_{\text{п}} \times l_0} \quad (5)$$

де:  $G_{\text{пов}}$  – годинна витрата повітря,  $kg/год$ ;

$l_0$  – теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1  $kg$  палива.

Оскільки склад суміші бензину з водневмісним газом буде відрізнятись від складу чистого бензину, то і теоретично необхідна кількість повітря буде іншою.

$$l'_0 = \frac{\frac{8}{3} C' + 8H' - O}{0,23} \quad (6)$$

де:  $C'$ ,  $H'$  і  $O$  масові частки вуглецю, водню і кисню в суміші бензину і водневмісного газу.

$$C' = \frac{G_C}{G_{\text{сум}}} \quad (7)$$

$$H' = \frac{G_{\text{Н в сум}}}{G_{\text{сум}}} \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{G_O}{G_{\text{сум}}} \quad (9)$$

де:  $G_C$  – годинна витрата вуглецю з бензином,  
 $G_O$  – годинна витрата кисню з  $H_2/O_2$

$$G_C = 0,855 \times G_{\text{П}} \quad (10)$$

$$G_O = 0,889 \times G_{H_2/O_2} \quad (11)$$

де: 0,855 і 0,889 – масові частки вуглецю в бензині і кисню в  $H_2/O_2$

Так як водневмісний газ подається у впускний трубопровід до повітряного заряду, то частина повітря, що поступає в двигун буде заміщена газом і зменшиться на величину його об'єму.

$$Q'_{\text{пов}} = Q_{\text{пов}} - Q_{H_2/O_2} \quad (12)$$

де:  $Q'_{\text{пов}}$  – об'ємна витрата повітря за роботи з газом,  $m^3/\text{год}$ ;

$Q_{\text{пов}}$  – об'ємна витрата повітря без добавки газу,  $m^3/\text{год}$ ;

$Q_{H_2/O_2}$  – об'ємна витрата водневмісного газу,  $m^3/\text{год}$ .

Годинна витрата повітря після добавки газу буде становити:

$$G'_{\text{пов}} = Q'_{\text{пов}} \times \rho_{\text{пов}} \quad (13)$$

де:  $\rho_{\text{пов}}$  – густина повітря,  $kg/m^3$

Після внесених змін формула для розрахунку коефіцієнту надміру повітря після добавки водневмісного газу до бензину буде мати вигляд:

$$\alpha' = \frac{G'_{\text{пов}}}{G_{\text{сум}} \times \alpha_0} \quad (14)$$

Розраховано вплив величини добавки водневмісного газу на показники сумішоутворення для 1 кг бензину при нормальних умовах і складі бензоповітряної суміші з коефіцієнтом надміру повітря  $\alpha = 1$ . Величину добавки змінювали від 1 до 5 % від маси бензину. Результати розрахунку показані на рис. 1.

Як видно, якщо розглядати водневмісний газ як добавку водню і кисню до палива, то відбудуться наступні зміни показників сумішоутворення: теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг бензину зменшиться, так як з'явиться додатковий кисень, масові частки вуглецю і водню зменшаться, оскільки загальна маса суміші зросте, маса вуглецю залишиться без змін, а маса водню збільшиться незначно. Отримана суміш буде містити кисень, який складає 88,9 % маси водневмісного газу. Коефіцієнт надміру повітря зменшиться, що свідчить про збагачення паливо повітряної суміші.

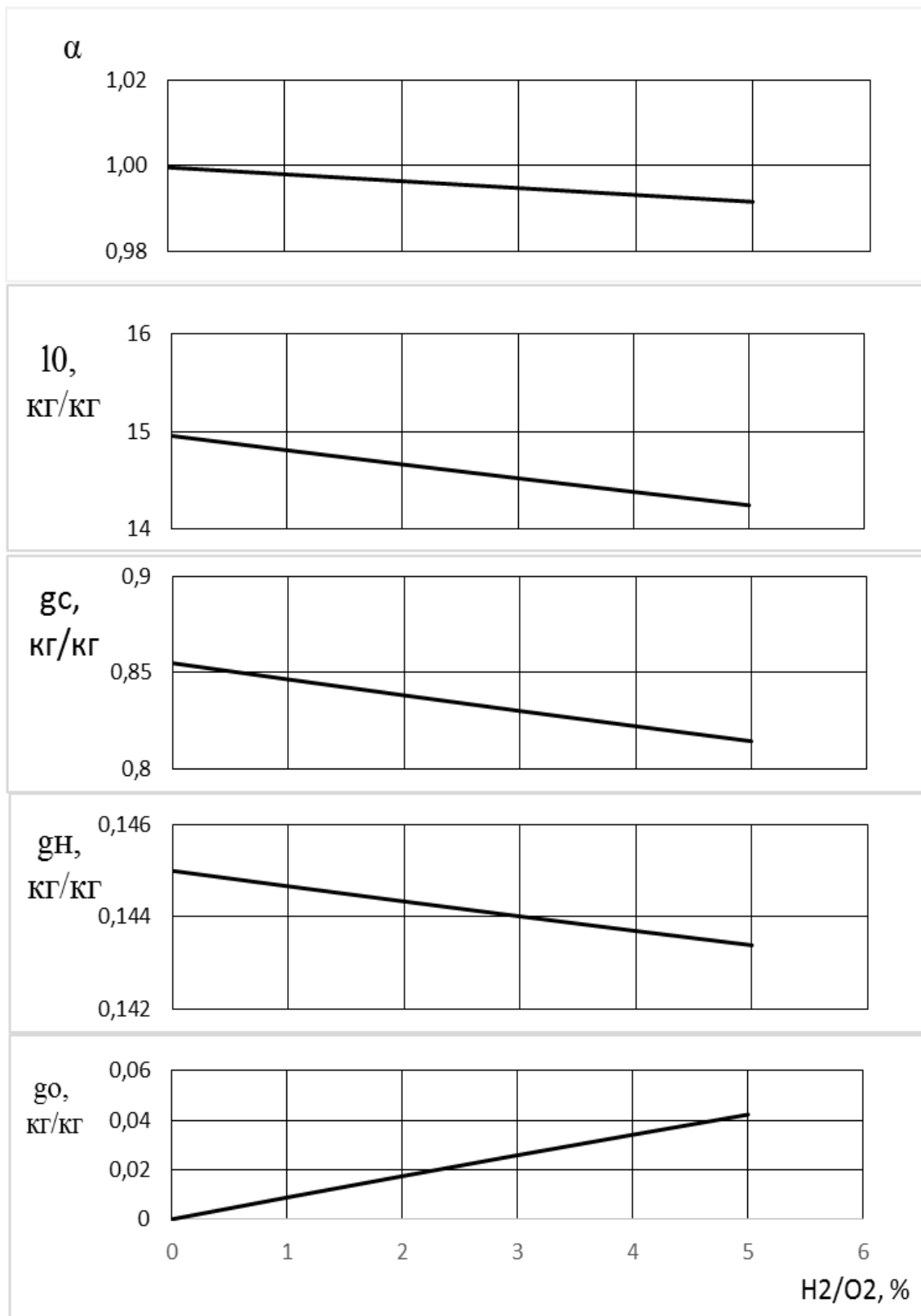
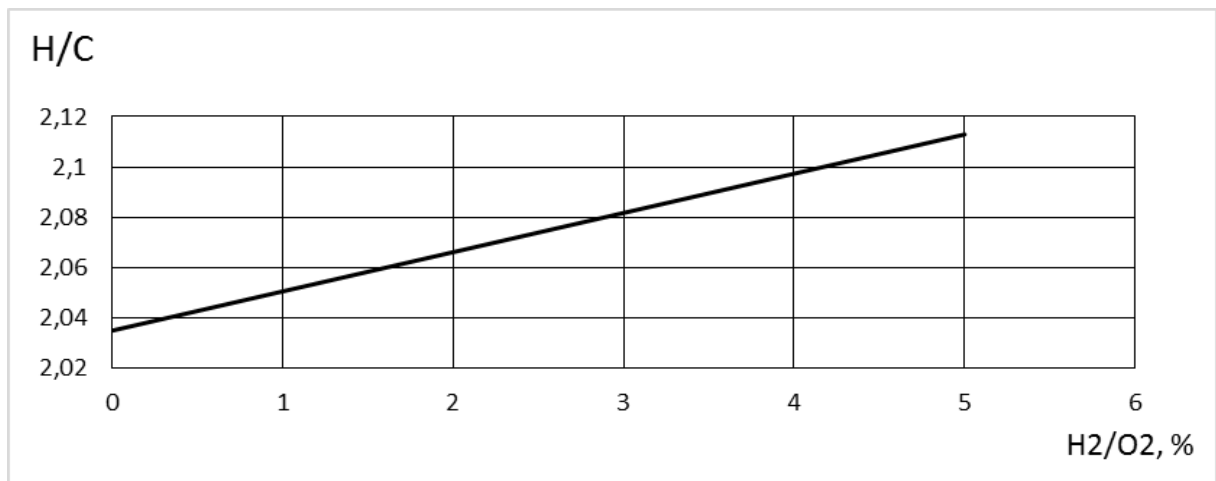


Рисунок 1 - Зміна показників сумішоутворення бензинового двигуна за добавки водневмісного газу (перший підхід до розрахунку)

Важливим термохімічним показником, який характеризує процес згоряння вуглеводневих палив є відношення кількості атомів водню і вуглецю (H/C) [4]. Це відношення змінюється з добавкою  $H_2/O_2$ . На рис. 2 показана залежність H/C від величини добавки.

Рисунок 2 - Вплив добавки водневмісного газу на відношення Н/С суміші бензину з Н<sub>2</sub>/О<sub>2</sub>

Як видно з рисунку по мірі додавання водневмісного газу відношення Н/С зростає, в наслідок чого можна очікувати покращення процесу згоряння отриманої суміші.

Розглянемо підхід при якому водневмісний газ вважається як добавка водню до бензину і добавка кисню до повітря.

Маса суміші бензину і водню буде дорівнювати:

$$G_{\text{сум}} = G_{\text{п}} + 0,111 \times G_{\text{H}_2\text{O}_2} \quad (15)$$

При цьому загальна маса водню в суміші буде такою ж як і при першому підході (формула 4), але масова частка буде відрізнятись.

Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива визначається за формулою:

$$l'_0 = \frac{\frac{8}{3} C' + 8H'}{0,23}, \quad (16)$$

Кисень в даному випадку враховуватись не буде, оскільки він додається до повітря.

О'ємна витрата повітря буде такою ж як і в першому випадку, але маса збільшиться на величину добавки кисню:

$$G''_{\text{пов}} = G'_{\text{пов}} + G_{\text{O}} \quad (17)$$

Масова частка кисню в суміші повітря з киснем визначається за формулою:

$$O = \frac{(G_{\text{O}} + G_{\text{O з пов}})}{G''_{\text{пов}}} \quad (18)$$

де:  $G_{\text{O з пов}}$  – годинна витрата кисню з повітрям

$$G_{\text{O з пов}} = 0,23 \times G'_{\text{пов}} \quad (19)$$

де: 0,23 – масова частка кисню в чистому повітрі

На рис. 3 показано зміну показників сумішоутворення бензинового двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу, який розглядається як добавка водню до бензину і кисню до повітря.

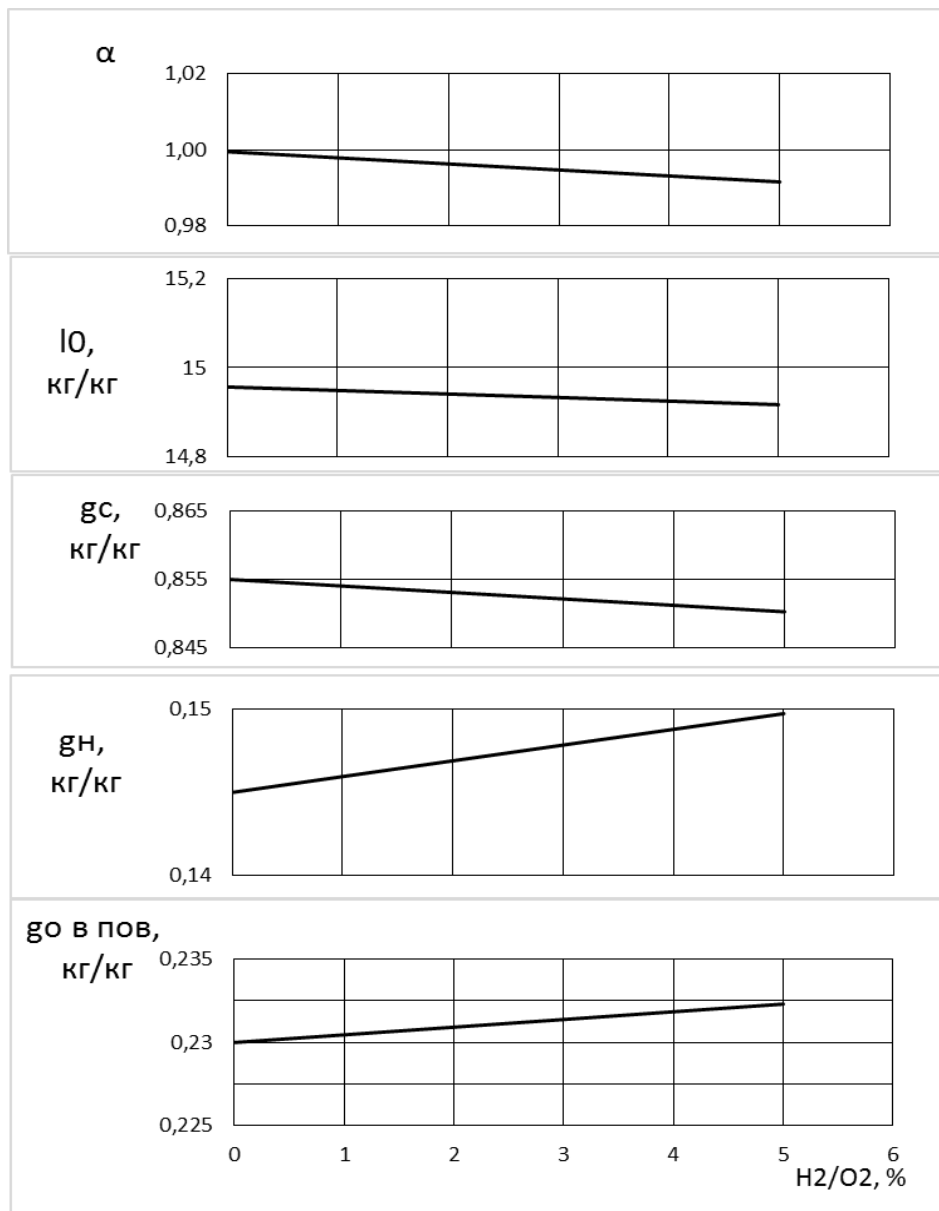


Рисунок 3 - Зміна показників сумішоутворення бензинового двигуна за добавки водневмісного газу (другий підхід)

Розглядаючи газ  $H_2/O_2$  як добавку водню до бензину і кисню до повітря можна зазначити, що коефіцієнт надміру повітря дещо зменшиться на таку ж саму величину, як і при першому підході. Теоретично необхідна кількість повітря зменшиться, але на меншу величину, ніж при розгляді газу як кисневмісної добавки до бензину. Масова частка водню в паливі збільшиться, а частка вуглецю зменшиться. Тим не менш співвідношення Н/С буде змінюватись так як і при першому підході до розрахунку. Крім того в результаті добавки кисню до повітря його масова частка в повітряному заряді зросте.

**Висновок.** 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 однакові результати при розрахунку  $\alpha$ . В обох випадках очікується незначне збагачення паливоповітряної суміші. Якщо за роботи без добавки газу коефіцієнт надміру повітря дорівнював 1, то при добавці 5 % газу зменшився до 0,9915 при обох підходах до розрахунку. В результаті добавки водневмісного газу зростає відношення Н/С, яке є показником, що характеризує інтенсивність процесу згоряння суміші. Для бензину дане відношення становило 2,035, а при добавці 5 % водневмісного газу зросло до 2,113, що має місце при обох підходах до розрахунку.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Effect of H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine / S. Bari \*, M. Mohammad Esmail // Fuel 89 (2010) 378–383.
2. Design and applications of hydroxy (H<sub>2</sub>O) 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.
3. 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 Vol. 3(9) 2011, pp. 325-332
4. Автотранспорт. Топливо-екологічні проблеми і перспективи : [монографія] / П. М. Канило; Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Х. : ХНАДУ, 2013. – с. 112

### REFERENCES

1. Effect of H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine / S. Bari \*, M. Mohammad Esmail // Fuel 89 (2010) 378–383.
2. Design and applications of hydroxy (H<sub>2</sub>O) 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.
3. 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 Vol. 3(9) 2011, pp. 325-332
4. Vehicles. Fuel and ecological problems and perspectives: [monograph] / PM Kanilo; Kharkov. nat. avtomob.-dor. Univ. - H.: HNADU, 2013. - p. 112

### РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. - Вип. 2 (32).

У статті розглянуто результати теоретичних досліджень впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна на склад паливоповітряної суміші.

Об’єкт досліджень – процес сумішоутворення в бензиновому двигуні з карбюраторною системою живлення за роботи з добавкою водневмісного газу.

Мета роботи – визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна з карбюраторною системою живлення.

Метод дослідження – теоретичний.

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 однакові результати при розрахунку коефіцієнта надміру повітря. В обох випадках очікується незначне збагачення паливоповітряної суміші.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЕНЗИНОВИЙ ДВИГУН, КАРБЮРАТОРНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ, ВОДЕНЬ, СУМІШОУТВОРЕННЯ.

### ABSTRACT

Gutarevych Y.F., Shuba E.V. Effect of additives on hydrogen-containing gas for air-fuel ratio gasoline engine. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. - Kyiv. National Transport University, 2015. - Issue 2 (32).

In the article the results of theoretical studies of the impact additives hydrogen-containing gas to air charge gasoline engine in fuel air mixture.

The object of research - the process of mixing a gasoline engine with a carburettor system of the power with the addition hydrogen-containing gas.

Purpose - to determine the effect of supplement hydrogen-containing gas to the charge air fuel mixture composition to gasoline engine with carburetor feed system.

The method of research - theoretical.

Hydrogen-containing gas additive to gasoline engine air charge leads to a change of fuel mixture. Considering the present gas only as an additive to gasoline and hydrogen as an additive to gasoline and

oxygen to the air obtained the same results when calculating air-fuel ratio. In both cases expected to slightly enrich the fuel mixture.

KEYWORDS: PETROL ENGINE, CARBURETOR FEED SYSTEM, HYDROGEN, MIXING.

#### РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Влияние добавки водородсодержащего газа на состав топливовоздушной смеси бензинового двигателя. / Ю.Ф. Гутаревич, Е.В. Шуба // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2015. - Вып. 2 (32).

В статье рассмотрены результаты теоретических исследований влияния добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду бензинового двигателя на состав топливовоздушной смеси.

Объект исследований - процесс смесеобразования в бензиновом двигателе с карбюраторной системой питания при работе с добавкой водородсодержащего газа.

Цель работы - определение влияния добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду на состав топливовоздушной смеси бензинового двигателя с карбюраторной системой питания.

Метод исследования - теоретический.

Добавка водородсодержащего газа к воздушному заряду карбюраторного двигателя приводит к изменению состава топливовоздушной смеси. Рассматривая данный газ, как добавку только к бензину и как добавку водорода к бензину и кислорода к воздуху получено одинаковые результаты при расчете коэффициента избытка воздуха. В обоих случаях ожидается незначительное обогащение топливовоздушной смеси.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, КАРБЮРАТОРНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ, ВОДОРОД, СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕ.

#### АВТОРИ:

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

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

#### AUTHORS:

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

Shuba Y. V., National Transport University, postgraduate, department of "Engines and Heating", e-mail: [shuba90@i.ua](mailto: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](mailto:katedradvz.ntu@gmail.com), тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 302.

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

#### РЕЦЕНЗЕНТИ:

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна

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

#### REVIEWER:

Levkovsky O.P., PhD, Engineering (Dr.), professor, National transport university, professor of manufacture, repair and materials, Kyiv, Ukraine

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