

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВКИ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА В РІЗНИХ ШВИДКІСНИХ І НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ РЕЖИМАХ

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

Карев С.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

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

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

RESEARCH OF INFLUENCE SUPPLEMENTS HYDROGEN-CONTAINING GAS ON THE PERFORMANCE PETROL ENGINE IN DIFFERENT SPEED AND LOAD MODES

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

Karev S.V., Ph.D., Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine

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

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТНЫХ И НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМАХ

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

Карев С.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

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

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

Вступ. Автомобілі з двигунами з іскровим запалюванням є основними споживачами палив нафтового походження. Оскільки світові запаси нафти постійно зменшуються, необхідно шукати шляхи зниження витрати палива автомобільними двигунами. Іншою проблемою є забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами.

Одним з напрямів покращення показників роботи бензинових двигунів є інтенсифікація процесу згоряння використанням активуючих добавок. До таких добавок належать речовини, швидкість згоряння яких вища, ніж швидкість згоряння бензину. Найбільш перспективним є використання в якості добавки водню або так званих водневмісних газів, які містять його у своєму складі. Основною причиною цього є те, що швидкість згоряння водню значно перевищує швидкість згоряння традиційних палив. В останні роки набуває поширення використання в якості добавки водневмісного газу H_2/O_2 отриманого в результаті електролізу водних розчинів лугів. Цей газ складається з молекул і атомів водню і кисню.

Мета досліджень: встановлення впливу добавки водневмісного газу на паливо-економічні та енергетичні показники бензинового двигуна в різних швидкісних і навантажувальних режимах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню впливу добавки водневмісного газу H_2/O_2 на паливну економічність та екологічні показники різних типів двигунів присвячено ряд робіт. В роботі [1] наведено результати досліджень дизеля за роботи з добавкою водневмісного газу H_2/O_2 . В результаті встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до покращення паливної економічності і підвищення потужності двигуна. Результати досліджень впливу газу H_2/O_2 на показники бензинових двигунів наведено в роботах [2 - 5]. Наведені результати свідчать про позитивний вплив добавки водневмісного газу на показники роботи двигунів. Зокрема, знижується питома витрата палива, підвищується крутний момент двигуна, зменшуються концентрації продуктів неповного згоряння у відпрацьованих газах.

Виклад основного матеріалу.

В процесі експлуатації автомобільні двигуни працюють в широких межах швидкісних і навантажувальних режимів. Оптимальна величина добавки водневмісного газу для кожного режиму роботи двигуна має певне значення. Витримувати цю величину добавки в експлуатаційних умовах дуже складно. Тому доцільно визначити оптимальну величину добавки для найбільш вживаного режиму і залишити цю величину в усіх навантажувальних і швидкісних режимах. Для двигуна MeM3-245 така величина визначена для середньої точки Європейського їздового циклу ($n = 2100 \text{ хв}^{-1}$, $\Delta P_k = 54 \text{ кПа}$) і склала 2,5 л/хв. Для визначення впливу такої добавки в інших швидкісних і навантажувальних режимах проведено стендові випробування двигуна MeM3-245 методом двофакторного експерименту..

Енергетичні та паливо-економічні показники роботи двигуна досліджували в залежності від двох факторів, а саме частоти обертання колінчастого вала і розрідження у впускному трубопроводі.

При проведенні досліджень мінімальне та максимальне значення розрідження у впускному трубопроводі вибрані відповідно – 2 і 70 кПа, мінімальна та максимальна частота обертання – 1400 і 2800 хв^{-1} . Даний діапазон значень цих параметрів покриває практично всі експлуатаційні режими роботи автомобільного двигуна. Добавка водневмісного газу була постійною для всіх режимів і складала 2,5 л/хв. Відсоткове значення її в кожній точці було різним і змінювалось від 9 % для режиму $n=1400 \text{ хв}^{-1}$ і $\Delta P_k=70 \text{ кПа}$ і 1,14 % для режиму з максимальним значенням частоти обертання і мінімальним розрідженням ($n=2800 \text{ хв}^{-1}$ і $\Delta P_k=2 \text{ кПа}$).

Дослідження проведено в 13 точках згідно плану експерименту наведеного в табл. 1.

Таблиця 1 – Координати дослідних точок

№ досліду	Нормовані координати		Звичайні координати	
	X_1	X_3	z_1	z_2
1	1	1	2450	53
2	1	-1	2450	19
3	-1	1	1750	53
4	-1	-1	1750	19
5	0	0	2100	36
6	2	0	2800	36
7	-2	0	1400	36
8	0	2	2100	70
9	0	-2	2100	2
10	2	2	2800	70
11	2	-2	2800	2
12	-2	2	1400	70
13	-2	-2	1400	2

Для опису паливо-економічних та енергетичних показників найчастіше використовують многочлен другого порядку:

$$y(x_1, x_2) = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_1^2 + a_4 \cdot x_2^2 + a_5 \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (1)$$

де a_0, \dots, a_5 – апроксимуючі коефіцієнти;

x_1, x_2 – незалежні фактори (частота обертання n і розрідження у впускному трубопроводі ΔP_k).

В результаті опрацювання факторного експерименту методом найменших квадратів отримані поліноміальні залежності, що дозволяють описати паливо-економічні та енергетичні показники двигуна за роботи на бензині і з додавкою водневмісного газу (Табл. 2).

Таблиця 2 - Значення коефіцієнтів поліноміальних залежностей енергетичних та економічних показників двигуна MeM3-245 для різних навантажувальних і швидкісних режимів

№ коефіцієнту a_i	Параметр					
	$N_e, \text{Нм}$		$G_n, \text{кг/год}$		$G_{\text{пов}}, \text{кг/год}$	
	робота на бензині	робота на бензині і додавкою H_2/O_2	робота на бензині	робота на бензині і додавкою H_2/O_2	робота на бензині	робота на бензині і додавкою H_2/O_2
0	-2.8963	-2.5935	1.62385	1.50684	-1.21305	-2.2728
1	0.008569	0.008646	0.000654	0.0007198	0.03415	0.03436
2	0.102583	0.079276	-0.007753	-0.007592	-0.00764	0.01307
3	$1.7 \cdot 10^{-9}$	$-5.74 \cdot 10^{-8}$	$3.986 \cdot 10^{-7}$	$3.848 \cdot 10^{-7}$	$-5.83 \cdot 10^{-8}$	$-5.69 \cdot 10^{-8}$
4	$-6.005 \cdot 10^{-4}$	$-3.876 \cdot 10^{-4}$	$1.646 \cdot 10^{-4}$	$1.761 \cdot 10^{-4}$	$2.78 \cdot 10^{-4}$	$1.359 \cdot 10^{-4}$
5	$-1.266 \cdot 10^{-4}$	$-1.214 \cdot 10^{-4}$	$-2.637 \cdot 10^{-5}$	$-2.642 \cdot 10^{-5}$	$-3.675 \cdot 10^{-4}$	$-3.702 \cdot 10^{-4}$
σ_x	0.328	0.335	0.156	0.164	0.62	0.62

Використовуючи отримані поліноміальні залежності розраховано енергетичні та паливо-економічні показники двигуна MeM3-245 за роботи на бензині і з додавкою водневмісного газу в різних швидкісних і навантажувальних режимах. Результати розрахунку для наочності представлені у вигляді поверхонь. Для прикладу, на рис. 1. показані поверхні, які описують поліноміальну залежність годинної витрати палива за роботи двигуна без додавки і з додавкою водневмісного газу.

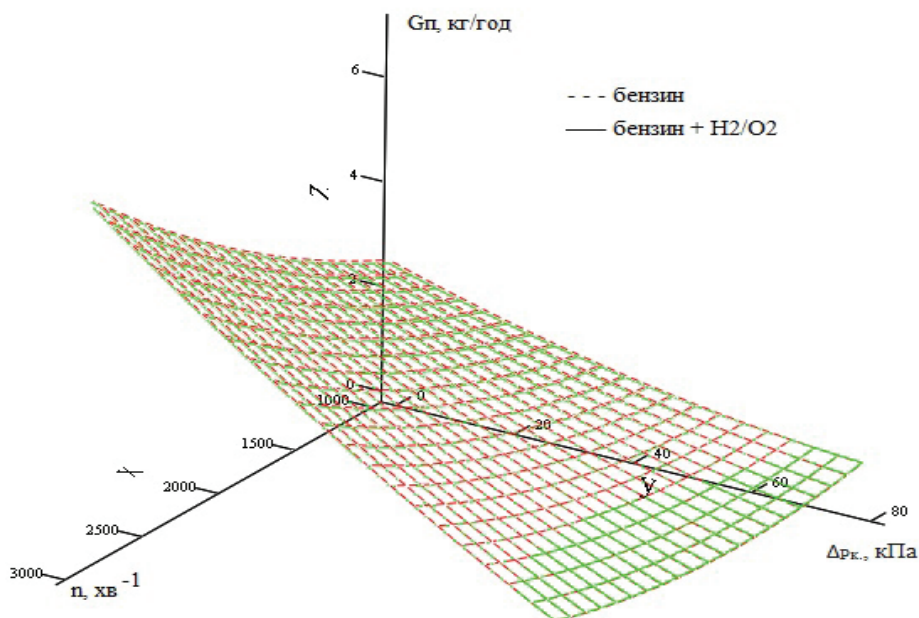


Рисунок 1 - Поверхні, описані поліномом $G_n = f(n_0, \Delta P_k)$ за роботи двигуна MeM3-245 з додавкою і без додавки водневмісного газу

Дані поверхні описані за допомогою таких поліноміальних залежностей:

$$G_{\Pi}=f(n_{\text{д}}, \Delta p_{\text{к}})=1,624+6,54 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\text{д}}-7,753 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta p_{\text{к}}+3,986 \cdot 10^{-7} \cdot n_{\text{д}}^2+1,646 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta p_{\text{к}}^2-2,637 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\text{д}} \cdot \Delta p_{\text{к}} \quad (2)$$

$$G_{\Pi(+\text{H}_2/\text{O}_2)}=f(n_{\text{д}}, \Delta p_{\text{к}})=1,512+7,106 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\text{д}}-7,228 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta p_{\text{к}}+3,878 \cdot 10^{-7} \cdot n_{\text{д}}^2+1,73 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta p_{\text{к}}^2-2,657 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\text{д}} \cdot \Delta p_{\text{к}} \quad (3)$$

З показаних на рис. 1 поверхонь досить важко оцінити вплив добавки водневмісного газу на паливну економічність двигуна. Тому для аналізу розрахована навантажувальна характеристика для одного швидкісного режиму. Для більш об'єктивної оцінки впливу добавки газу H_2/O_2 на паливну економічність крім годинної витрати палива розраховано питому ефективну витрату за роботи з добавкою і без добавки водневмісного газу. Питому витрату палива для постійної частоти в залежності від ефективної потужності можна описати поліномом шостого степеня. Рівняння, що описують питому ефективну витрату палива двигуном за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу мають такий вигляд:

$$g_e=f(N_e)=0,0092x^6-0,4844x^5+10,129x^4-107,66x^3+614,1x^2-1822,5x+2697,9 \quad (4)$$

$$g_{e(+\text{H}_2/\text{O}_2)}=f(N_e)=0,007x^6-0,3721x^5+7,8288x^4-83,517x^3+477,39x^2-1425,5x+2222,2 \quad (5)$$

На рис. 2 показана навантажувальна характеристика двигуна MeM3-245 отримана розрахунком за поліноміальними залежностями значень годинної та питомої ефективної витрат палива від ефективної потужності двигуна за роботи з постійною частотою 2100 хв^{-1} .

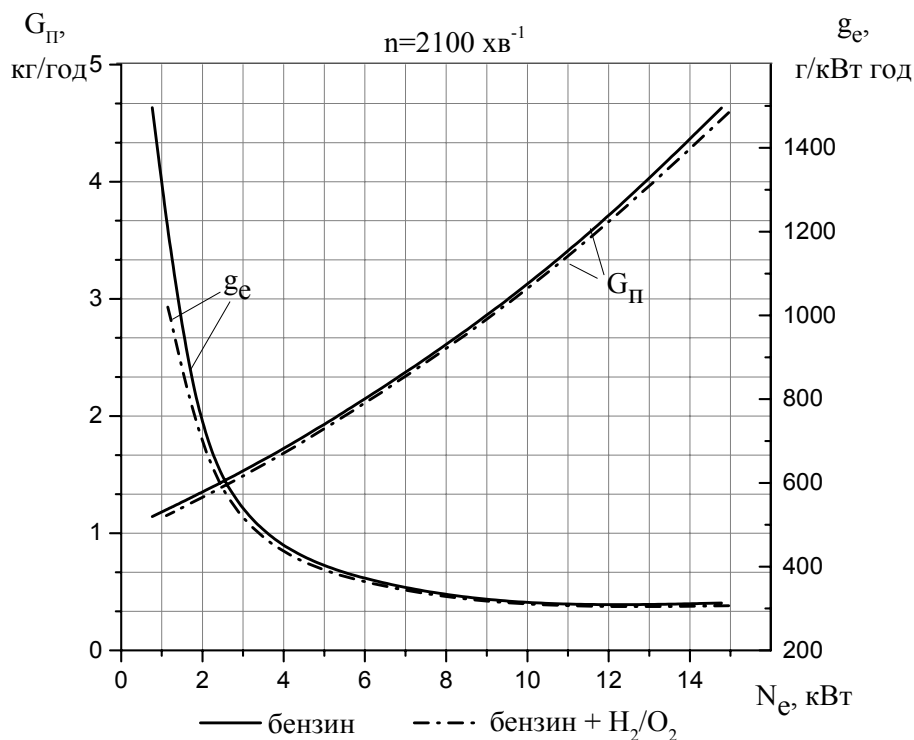


Рисунок 2 - Навантажувальна характеристика двигуна MeM3-245, отримана розрахунком за поліноміальними залежностями ($n = 2100 \text{ хв}^{-1}$)

Як видно з рисунку, годинна і питома витрати палива за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу менші, ніж за роботи лише на бензині. Слід відмітити, що за роботи з добавкою водневмісного газу ефективна потужність двигуна при однаковому розрідженні у впускному колекторі більша, ніж за роботи без добавки. Максимальна потужність в цьому режимі за роботи з добавкою газу H_2/O_2 зростає на 1,2 % і становить 14,96 кВт порівняно з потужністю 14,78 кВт за роботи без добавки. Тому витрати палива порівнювали за однакової потужності. За роботи з навантаженням 2 кВт годинна витрата палива зменшується на 3,7 %. Добавка в даному режимі при витраті газу 2,5 л/хв становить 5,78 % від витрати бензину.

Для перевірки достовірності отриманих розрахунком за поліноміальними залежностями результатів визначена експериментальна навантажувальна характеристика двигуна MeM3-245 за роботи з частотою 2100 хв^{-1} на бензині і з добавкою водневмісного газу (Рис.3).

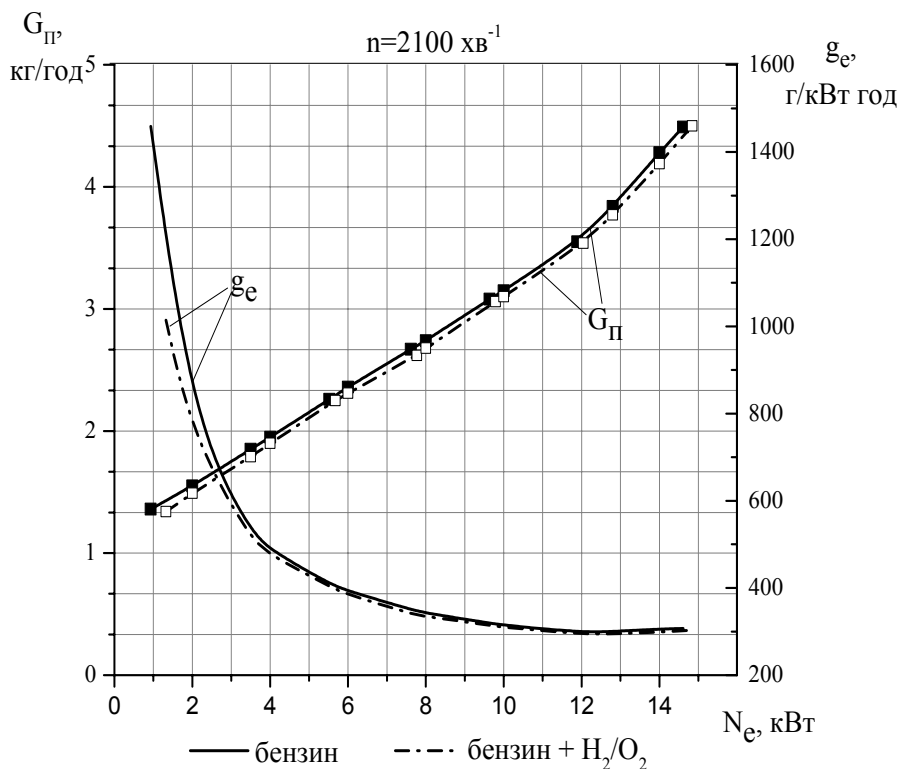


Рисунок 3 – Експериментальна навантажувальна характеристика двигуна MeM3-245 ($n = 2100 \text{ хв}^{-1}$)

Як видно з рисунку, за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу знижується годинна витрата бензину у всьому діапазоні навантажувальних режимів. За роботи з навантаженням 2 кВт годинна витрата палива знижується на 3,87 %. Потужність двигуна при повністю відкритій дросельній заслінці, за роботи з добавкою водневмісного газу зростає на 1,5 % і становить 14,84 кВт порівняно з 14,61 кВт за роботи без добавки. Максимальна потужність отримана з експериментальної характеристики за роботи двигуна без добавки водневмісного газу на 1,1 % менша від потужності отриманої в результаті розрахунку. За роботи двигуна з добавкою газу H_2/O_2 максимальна потужність менша за розрахункову на 0,8 %. Отримані дані підтверджують результати розрахунку за поліноміальними залежностями. Числові значення показників отримані розрахунком і визначені експериментально дещо відрізняються, але дані відхилення знаходяться в межах похибки.

Висновки. В результаті розрахунку за поліноміальними залежностями встановлено, що добавка водневмісного газу позитивно впливає на паливо-економічні та енергетичні показники бензинового двигуна в різних швидкісних і навантажувальних режимах. За роботи двигуна з добавкою водневмісного газу зменшується годинна витрата бензину практично у всьому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів. Максимальна потужність двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу підвищується. Отримані розрахунком результати підтверджено експериментальними дослідженнями.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Effect of H_2/O_2 addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine / S. Bari *, M. Mohammad Esmaeil // Fuel 89 (2010) 378–383.
2. Design and applications of hydroxy (ННО) 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. Effect of HHO on Four Stroke Petrol Engine Performance / Daniel M. Madyira, Wayne G. Harding // 1,2 Department of Mechanical Engineering Science, Faculty of Engineering & the Built Environment, University of Johannesburg, Auckland Park 2006, Johannesburg

4. Effects of Brown Gas Performance and Emission in a SI Engine / D.V.N. Lakshmi, T.R. Mishra & R. Das, S.S. Mohapatra // International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 12, December-2013, pp. 170 – 173

5. 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, С.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 31, С. 161–165

REFERENCES

1. Effect of H₂/O₂ addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine / S. Bari *, M. Mohammad Esmaeil // Fuel 89 (2010) 378–383.

2. 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.

3. Effect of HHO on Four Stroke Petrol Engine Performance / Daniel M. Madyira, Wayne G. Harding // 1,2 Department of Mechanical Engineering Science, Faculty of Engineering & the Built Environment, University of Johannesburg, Auckland Park 2006, Johannesburg

4. Effects of Brown Gas Performance and Emission in a SI Engine / D.V.N. Lakshmi, T.R. Mishra & R. Das, S.S. Mohapatra // International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 12, December-2013, pp. 170 – 173

5. Hutarevych Yu.F. Vykorystannya dobavky vodnevemisnoho hazu do povitryanoho zaryadu dlya pokrashchennya pokaznykiv dvyhuniv z karbyuratornoyu systemoyu zhyvlennya v rezhymakh kholostoho khodu. / Yu.F. Hutarevych, Ye.V. Shuba // Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu. – K. : NTU, 2015. –Vyp. 31, S. 161–165 (Ukr)

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Дослідження впливу добавки водневмісного газу на показники роботи бензинового двигуна в різних швидкісних і навантажувальних режимах. / Ю.Ф. Гутаревич, С.В. Карев, Є.В. Шуба, О.Д. Філоненко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 1 (34).

У статті розглянуто результати експериментальних та розрахункових досліджень впливу добавки водневмісного газу на показники роботи бензинового двигуна MeM3-245 в різних швидкісних і навантажувальних режимах. Отримані поліноміальні залежності, які описують паливо-економічні та енергетичні показники двигуна.

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

Мета досліджень: встановлення впливу добавки водневмісного газу на паливо-економічні та енергетичні показники бензинового двигуна в різних швидкісних і навантажувальних режимах.

Методи дослідження – експериментальний і розрахунковий.

В результаті розрахунку за поліноміальними залежностями встановлено, що добавка водневмісного газу позитивно впливає на паливо-економічні та енергетичні показники бензинового двигуна в різних швидкісних і навантажувальних режимах. За роботи двигуна з добавкою водневмісного газу зменшується годинна витрата бензину практично у всьому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів. Максимальна потужність двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу підвищується. Отримані розрахунком результати підтверджено експериментальними дослідженнями.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЕНЗИНОВИЙ ДВИГУН, ВОДНЕВМІСНИЙ ГАЗ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕЛЕКТРОЛІЗ.

ABSTRACT

Gutarevych Y.F., Karev S.V., Shuba E.V., Filonenko O.D. Research of influence supplements hydrogen-containing gas on the performance petrol engine in different speed and load modes. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2016. – Issue 1 (34).

The article describes the results of experimental and theoretical studies of the effect of hydrogen-containing gas additives on the performance of the petrol engine MeMZ-245 at different speed and load conditions. These polynomial dependences describing fuel-economic and energy performance of the engine.

The object of research - the gasoline engine MeMZ-245 with carburetor feed system.

Objective: To establish the influence of additives hydrogen-containing gas in the fuel-economic and energy indicators gasoline engine in a variety of speed and load conditions.

Method of research - the experimental and calculated.

The calculation of polynomial dependence found that the addition of hydrogen gas has a positive effect on the fuel and economic and energy indicators gasoline engine in a variety of speed and load conditions. During operation of the engine with the addition of hydrogen gas is reduced hourly consumption of gasoline in virtually the entire range of speed and load conditions. Maximum motor power with the addition of hydrogen-containing gas is increased. These calculation results are confirmed by experimental studies.

KEYWORDS: GASOLINE ENGINE, HYDROGEN-CONTAINING GAS, FUEL ECONOMY, ELECTROLYSIS.

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Исследование влияния добавки водородсодержащего газа на показатели работы бензинового двигателя в различных скоростных и нагрузочных режимах. / Ю.Ф. Гутаревич, С.В. Карев, Е.В. Шуба, А.Д. Филоненко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2016. – Вып. 1 (34).

В статье рассмотрены результаты экспериментальных и расчетных исследований влияния добавки водородсодержащего газа на показатели работы бензинового двигателя MeMZ-245 в различных скоростных и нагрузочных режимах. Полученные полиномиальные зависимости, описывающие топливно-экономические и энергетические показатели двигателя.

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

Цель исследований: определение влияния добавки водородсодержащего газа на топливно-экономические и энергетические показатели бензинового двигателя в различных скоростных и нагрузочных режимах.

Метод исследования - экспериментальный и расчетный.

В результате расчета по полиномиальными зависимостями определено, что добавка водородсодержащего газа положительно влияет на топливно-экономические и энергетические показатели бензинового двигателя в различных скоростных и нагрузочных режимах. При работе двигателя с добавкой водородсодержащего газа уменьшается часовой расход бензина практически во всем диапазоне скоростных и нагрузочных режимов. Максимальная мощность двигателя при работе с добавкой водородсодержащего газа повышается. Полученные расчетом результаты подтверждены экспериментальными исследованиями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗ, 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.

Карев Станіслав Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Двигуни і теплотехніка», katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а

Шуба Євгеній Васильович., Національний транспортний університет, асистент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а

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, к. 303а

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.

Karev Stanislav V., Ph.D., assistant professor of "Engines and Heating", katedradvz.ntu@gmail.com, tel. +380442804716, Ukraine, 01010, m. Kyiv, str. Suvorov 1, k. 303a

Shuba Y. V., National Transport University, assistant of 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.

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.

Карев Станислав Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Двигатели и теплотехника», katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а

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

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. 303а

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., Ph. D, professor, National Transport University, head department of automobiles, Kyiv, Ukraine.

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