

ВПЛИВ ДОБАВКИ СПИРТУ ДО БЕНЗИНУ НА ВИКИДИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

Добровольський О.С., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, dobrovoltskiy@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0048-1388

Цюман М.П., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, tsuman@ukr.net, orcid.org/0000-0003-2537-8010

Ступак Н.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна, nsstupak@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4652-4902

Cocida С.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна, serhiy.sosida@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3747-5643

EFFECT OF ALCOHOL ADDITIVE TO GASOLINE ON EMISSIONS OF POLLUTANTS WITH THE EXHAUST GAS OF SPARK IGNITION ENGINE

Dobrovolsky O.S., PhD in Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, dobrovoltskiy@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0048-1388

Tsiuman M.P., PhD in Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, tsuman@ukr.net, orcid.org/0000-0003-2537-8010

Stupak N.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine, nsstupak@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4652-4902

Sosida S.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, sagaydak-bv@tsoua.com. orcid.org/0000-0002-9210-2156

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ СПИРТА В БЕНЗИН НА ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Добровольский А.С., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, dobrovoltskiy@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0048-1388

Цюман Н.П., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, tsuman@ukr.net, orcid.org/0000-0003-2537-8010

Ступак Н.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, nsstupak@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4652-4902

Cocida С.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, sagaydak-bv@tsoua.com. orcid.org/0000-0002-9210-2156

Постановка проблеми. Постійне збільшення кількості рухомого складу автомобільного транспорту призводить до підвищення об'ємів споживання палива. Оскільки запаси нафти є вичерпними, то гостро постає проблема заміни нафтового палива на альтернативні, одними з яких є спиртові палива. На сьогодні розроблено безліч методів зниження витрати палива і забруднення атмосфери викидами автомобільних двигунів. Викиди забруднюючих речовин (ЗР) від автотранспорту становлять більше третини від загального обсягу викидів в атмосферу та більше 90% від усіх пересувних джерел. Окрім того, автомобілі є основним джерелом забруднення навколишнього природного середовища саме у місцях великого зосередження людей, що значно підсилює негативний вплив автотранспорту. Основну масу викидів ЗР від автомобільного транспорту складають: оксид вуглецю (СО), вуглеводні (С_mН_n) і оксиди азоту (NO_x).

Одним з етапів застосування альтернативних палив є використання сумішевих палив. Як показує міжнародний досвід, використання спирту як моторного палива чи добавки до бензинів не тільки екологічно, але й економічно доцільно. Паливо на основі спирту широко використовується в багатьох країнах світу (лідерами є Бразилія і США) [1].

Досить давно спирти почали застосовувати у двигунах внутрішнього згорання. ККД двигуна, який працює на спиртах, вище, ніж при роботі на нафтовому паливі [2]. За умови використання спиртів знижуються викиди продуктів неповного згорання палив. Однак водночас зростають викиди у довілля альдегідів (як продукту неповного окиснення спиртів), можливе також збільшення

викидів оксидів азоту. Крім того, спирти гігроскопічні, мають низькі мастильні властивості, корозійно агресивні, негативно впливають на конструкційні матеріали.

Основним недоліком бензиново-спиртових палив є їх фазова нестабільність, обумовлена наявністю в них навіть невеликих кількостей води і, як наслідок, обмеженою взаємною розчинністю компонентів. Додаванням у спиртові палива відповідних модифікаторів і стабілізаторів вдається подолати виникаючі труднощі. Для забезпечення стабільності спиртовмісних бензинів при виробництві, зберіганні і використанні необхідно: запобігати потраплянню в них води; використовувати стабілізуючі добавки або співрозчинники, гомогенізуючи систему бензин–вода–спирт. Рекомендується додавати спирт до бензину безпосередньо перед заправкою автомобіля [3].

На сьогодні для роботи двигунів застосовуються альтернативні палива на основі спиртів: бутилового (бутили), метилового (метанол) та етилового (етанол). Вони можуть бути основними паливами або використовуватися як добавки до палив нафтового походження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні в 1998-2006 роках проведено широкі дослідження використання добавок біоетанолу до бензину. Зокрема, ДП «ДержавтотрансНДІпроект» спільно з ДП «УкрНДІНП «Масма», ДП «УкрНДІспиртбіопрод», НТУ та іншими організаціями і підприємствами у 1998-2004 проведено комплексні випробування сумішевих бензинів, виготовлених з використанням біоетанолу [4], за результатами яких, у 2000 році був розроблений ГСТУ на сумішеві бензини [5]. Основні експериментальні дослідження були проведені із застосуванням сумішевих бензинів з вмістом біоетанолу 6% та 8% за об'ємом.

Вплив добавки біоетанолу до штатного бензину на параметри роботи ДВЗ у своїх дисертаційних роботах розглядали Устименко В. С., Захарченко О.М., Щербатюк В.Б., Кульбако В.П. [6-9].

Подібні дослідження по використанню етанолу як добавки до бензинів отримані також і в інших країнах.

Аналіз літературних і патентних даних показує, що застосування спирту, як добавки до штатного бензину є актуальним та дає покращення екологічних та енергетичних показників роботи двигуна. Однак існує цілий ряд економічних, організаційних та технічних проблем, пов'язаних із застосуванням спирту, які потребують вирішення. У зв'язку з цим в роботі проведено дослідження впливу вмісту спирту на масові викиди шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованих газів (ВГ) сучасного автомобільного двигуна.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Концентрації компонентів ЗР у ВГ двигунів, виміряні газоаналізуючою апаратурою, не характеризують в повній мірі ступінь забруднення навколишнього середовища цими речовинами. Такою характеристикою є масові викиди ЗР, що викидаються з ВГ, які залежать від концентрації ЗР та кількості продуктів згоряння палива, що утворюються в циліндрах двигуна (тобто кількості відпрацьованих газів) [10, 11]. Одним із складних питань є розрахунок масових викидів при використанні альтернативних палив та їх сумішей, зокрема бензину та спирту. В роботі висвітлені результати розрахунку масових викидів при використанні сумішей бензину та спирту в сучасному бензиновому двигуні з системою впорскування та зворотнім зв'язком.

На сьогоднішній день автомобілі з двигунами, в яких використовується система впорскування палива широко розповсюджені. Тому важливого значення набувають дослідження впливу добавки спирту до бензину на показники роботи двигуна з системою впорскування палива із зворотним зв'язком.

Випробування по дослідженню показників паливної економічності та екологічних показників автомобільного двигуна при його роботі на штатному бензині і товарному бензині із різним вмістом спирту проведено у Національному транспортному університеті на кафедрі двигунів та теплотехніки. Для проведення порівняльних випробувань обрано сучасний чотиритактний, чотирициліндровий, рядний двигун 4С 7,65/7,56 (Volkswagen BBY), обладнаний системою впорскування палива зі зворотнім зв'язком, рециркуляцією та системою нейтралізації ВГ. З використанням експериментальних досліджень проводилися заміри концентрацій ЗР ВГ. У якості моторного палива було використано сумішевий бензин із вмістом спирту 0, 9, 18, 27 та 36 % за об'ємом.

Методика визначення масових викидів ЗР з ВГ при живленні двигуна сумішами бензину з різними за величиною добавками спирту викладена в роботі [12].

В загальному вигляді масові викиди ЗР визначають за залежністю [13]:

$$G_i = r_i \cdot \mu_i \cdot M_{\text{вг}}, \text{ кг/год}, \quad (1)$$

де, μ_i – мольна маса i -ї шкідливої речовини, кг/кмоль;

$M_{вг}$ – кількість молів сухих чи вологих продуктів згоряння палива, кмоль/год;

r_i – об'ємні частки i -ї ЗР, що входить до складу сухих чи вологих продуктів згоряння палива.

Залежно від одиниць вимірювання концентрацій ЗР об'ємні частки i -ї речовини розраховують за формулами:

1. якщо концентрація вимірюється в %:

$$r_i = \frac{C'}{100} \quad (2)$$

2. якщо концентрація вимірюється в млн⁻¹:

$$r_i = \frac{C''}{10^6}, \quad (3)$$

де C' і C'' – концентрації ЗР, відповідно, у об'ємних відсотках (%) і в частинках на мільйон (млн⁻¹).

За роботи двигуна на сумішевому паливі, яке складається з певної частки бензину ($q_б$) і певної частки спирту ($q_{сп}$), кількість молів вологих і сухих продуктів згоряння палива визначали за залежностями, які відомі з теорії ДВЗ [14].

Масові викиди ЗР визначають за формулою:

$$G_i = r_i \cdot \mu_i \cdot \left[a \cdot (b \cdot G_{п} + G_{пов}) \cdot q_б + a_1 \cdot (b_1 \cdot G_{п} + G_{пов}) \cdot q_{сп} \right] \quad (4)$$

де, a , a_1 , b і b_1 – розраховані коефіцієнти, що залежать від складу паливо повітряної суміші (α) та виду палива;

$G_{п}$ – годинна витрата палива, кг/год;

$G_{пов}$ – годинна витрата повітря, кг/год.

Значення коефіцієнтів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення постійних розрахункових коефіцієнтів

Table 1 – Estimates of constant calculation coefficients

Паливо	Для сухих продуктів згоряння палива			
	$\alpha \leq 1$		$\alpha > 1$	
Бензин	a	b	a	b
		0,0227	6,104	0,0345
Спирт	a_1	b_1	a_1	b_1
	0,0227	4,090	0,0345	-0,6313

Таким чином, при розрахунках масових викидів ЗР, що містяться у ВГ двигунів, які живляться сумішами бензину і спирту, необхідно мати дані про годинну витрату палива $G_{п}$, годинну витрату повітря $G_{пов}$, значення коефіцієнту надміру повітря α та концентрації C_i i -ї ЗР (рис.1).

Проведені раніше експлуатаційні дослідження, дозволили отримати дані екологічних та енергетичних показників двигуна, які досліджувались методом трифакторного експерименту в залежності від трьох незалежних факторів, а саме вмісту спирту у бензині, частоти обертання двигуна та крутного моменту. Під час проведення експерименту вимірювання концентрацій ШР з ВГ проводилися до та після нейтралізатора. При проведенні досліджень мінімальний та максимальний вміст етанолу складав 0 % та 36 %, мінімальна та максимальна частота обертання колінчастого валу 800 хв⁻¹ та 3000 хв⁻¹, а мінімальний та максимальний крутний момент двигуна складав 0 Н·м та 100 Н·м що покриває всі експлуатаційні режими роботи автомобільного двигуна.

Для опису необхідних для розрахунку значень годинної витрати палива та годинної витрати повітря та концентрацій ЗР використано багаточлен третього порядку:

$$y = f(r_c, n, M_k) = a1 + a2 \cdot r_c + a3 \cdot n + a4 \cdot M_k + a5 \cdot r_c^2 + a6 \cdot n^2 + a7 \cdot M_k^2 + a8 \cdot r_c \cdot n + a9 \cdot n \cdot M_k + a10 \cdot r_c \cdot M_k + a11 \cdot r_c^3 + a12 \cdot n^3 + a13 \cdot M_k^3 + a14 \cdot r_c^2 \cdot n + a15 \cdot r_c \cdot n^2 + a16 \cdot n^2 \cdot M_k + a17 \cdot n \cdot M_k^2 + a18 \cdot r_c^2 \cdot M_k + a19 \cdot r_c \cdot M_k^2 + a20 \cdot r_c \cdot n \cdot M_k \quad (5)$$

Для прикладу розрахунку масового викиду оксиду вуглецю G_{CO} на рис.1. показано залежність годинної витрати палива G_p , годинної витрати повітря $G_{пов}$ та концентрації оксиду вуглецю CO , коефіцієнту надміру повітря α від крутного моменту M_k . Коефіцієнт надміру повітря α розрахований за отриманими значеннями G_p , $G_{пов}$ та теоретично необхідною кількістю повітря для згоряння 1 кг палива ($l_{спирт} = 9,0$ кг/кг, $l_{бензин} = 14,9$ кг/кг).

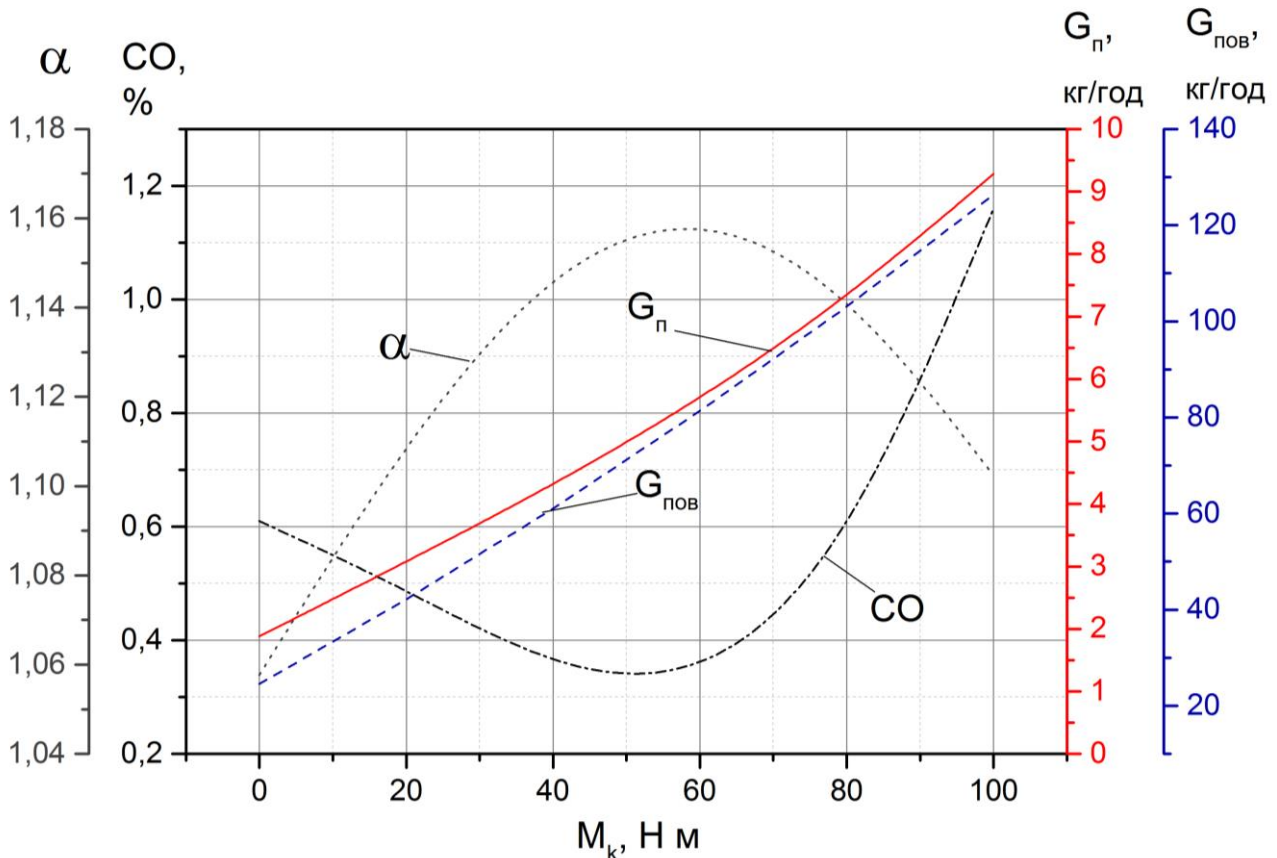


Рисунок 1 – Залежність показників роботи двигуна від навантаження на сумішевому паливі із вмістом спирту 18% при 3200 хв^{-1}

Figure 1 – The association of performance of the engine on the load on mixed fuels with an alcohol content of 18% at 3200 min^{-1}

Сумарні масові викиди ЗР, зведені до оксиду вуглецю, розраховували як суму викидів i -х ЗР з урахуванням коефіцієнтів агресивності [15]:

$$G_{\Sigma CO} = \sum G_i \cdot R_i \quad (6)$$

де, G_i – значення масового викиду i -го токсично компоненту ВГ, кг/год;

R_i – коефіцієнт відносної агресивності i -го токсично компоненту ВГ.

Кожній шкідливій речовині, за ступенем впливу на організм людини, властива певна агресивність, яку враховують коефіцієнтом відносної агресивності R_i (за одиницю відносної агресивності прийнята агресивність оксиду вуглецю CO). Значення коефіцієнтів відносної агресивності R_i для основних речовин, що містяться у ВГ наведено в таблиці 2 [16].

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів агресивності токсичних шкідливих речовин
 Table 2 – The value of the aggressivity coefficients of toxic pollutants

Шкідлива речовина	Коефіцієнт агресивності
Оксид вуглецю, CO	1
Вуглеводні, C _m H _n	3,16
Оксиди азоту, NO _x	41,1

За отриманими розрахунками масових викидів ЗР ВГ, побудовано характеристику двигуна 4 Ч 7,65/7,56 (Volkswagen BBY) при частоті обертання колінчастого вала 3200 хв⁻¹ (рис.2).

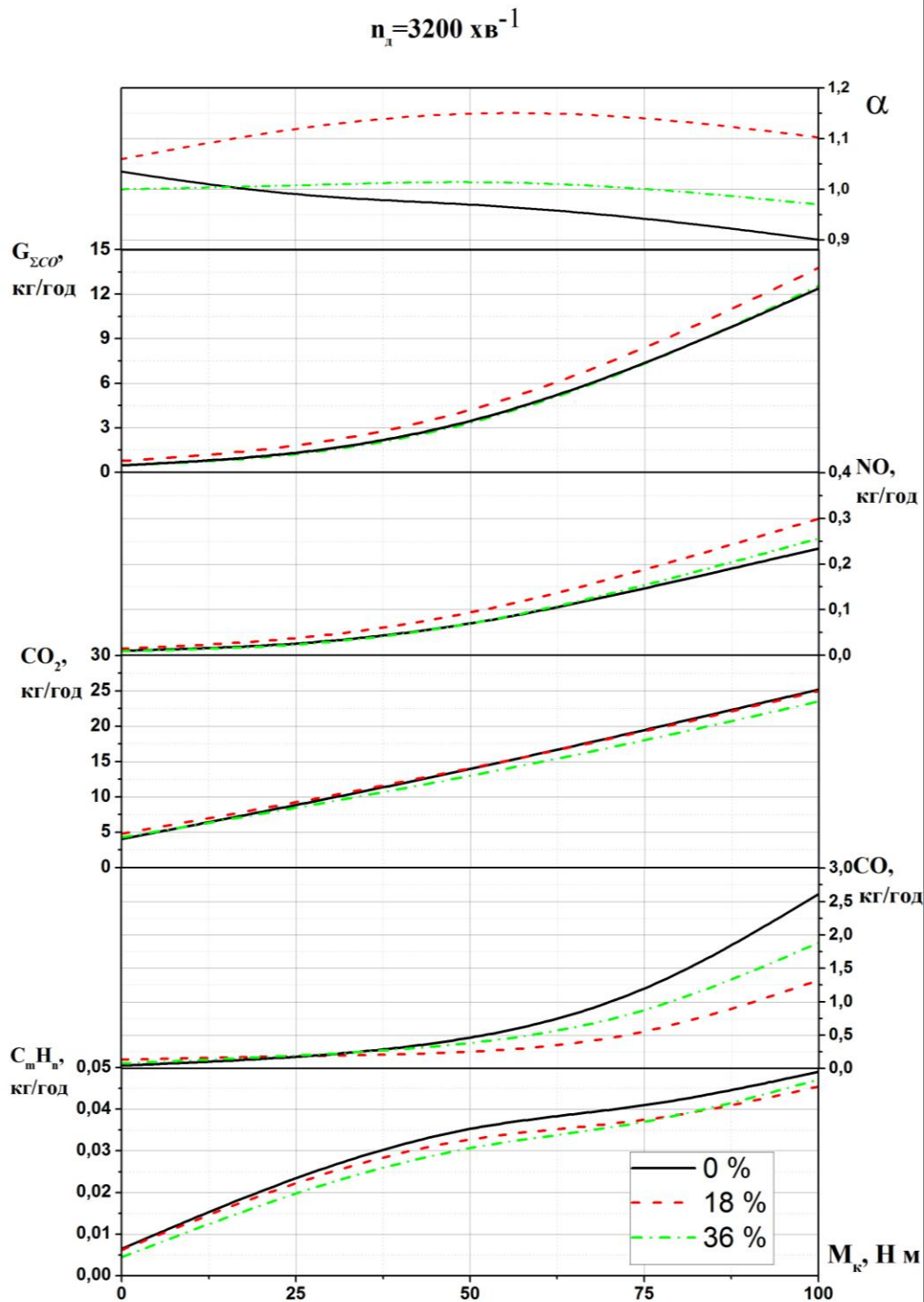


Рисунок 2 – Навантажувальна характеристика двигуна 4 Ч 7,65/7,56 Volkswagen BBY до нейтралізатора
 Figure 2 – The load behaviour of the 4 Ч 7,65 / 7,56 Volkswagen BBY engine ahead of the converter

Як видно з показаних графічних залежностей (рис 2), додавання спирту до бензину призводить до збіднення паливоповітряної суміші, що пояснюється наявністю вільного кисню в спиртовому паливі.

В той же час більш повне згоряння позитивно впливає на зменшення масових викидів вуглеводнів C_mH_n у всьому діапазоні навантажень. При роботі двигуна на паливі з 18 % спирту масові викиди вуглеводнів в середньому зменшилися на 6,5 %, а на паливі із 36% спирту на 14,5 %.

Оксид вуглецю CO утворюється внаслідок згоряння вуглеводневих палив при нестачі повітря. Дослідження показали, що в режимі малих навантажень масові викиди CO мали тенденцію до зростання при використанні сумішевого палива порівняно із штатним бензином. При збільшенні навантаження значення масових викидів CO зменшилися. Наприклад, при максимальному навантаженні, при частоті обертання колінчастого вала 3200 хв^{-1} масові викиди оксиду вуглецю при роботі двигуна на паливі з вмістом спирту 18% зменшилися на 49,4 %, а з вмістом спирту 36% на 27,8 % у порівнянні із штатним бензином.

В режимі малих навантажень масові викиди діоксиду вуглецю CO_2 при використанні сумішевого палива більшуються порівняно з роботою двигуна на штатному бензині. При збільшенні навантаження отримано зменшення масових викидів. Максимальне зменшення масових викидів діоксиду вуглецю CO_2 складає 6,6 % при роботі двигуна на паливі із вмістом спирту 36 %.

Масові викиди оксиду азоту NO при додаванні спирту до бензину збільшуються по мірі збільшення навантаження. В діапазоні навантаження від 0 до 50 Н·м виявлено зменшення масових викидів при використанні палива із вмістом спирту 36 % порівняно із штатним бензином. При збільшенні навантаження масові викиди оксиду азоту збільшилися при використанні добавки спирту до палива.

Масові викиди ЗР зведені до оксиду вуглецю $G_{\Sigma CO}$ при використанні палив із різним вмістом спирту збільшилися незначно, що пояснюється зростанням викидів оксидів азоту, через наявність вільного кисню в камері згоряння та високої температури в циліндрі двигу.

Висновок

При використанні спиртів збільшуються концентрації кисню в паливі, що сприяє більш повному згорянню палива та зменшенню масових викидів вуглеводнів, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю. До недоліків спиртовмісних бензинів належать менша, ніж у штатного бензину, теплотворна здатність та підвищений викид оксидів азоту через наявність вільного кисню.

В роботі наведено основні залежності визначення масових викидів ЗР, для палив із різним вмістом спирту. Отримано графічні залежності масових викидів основних ЗР від навантаження.

Проведене дослідження доводить доцільність використання добавки спирту до бензину. За результатами роботи зроблено висновки та проаналізовано отримані результати досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Украина ищет альтернативу// Современная АЗС. – 2006. – №8. – С. 68–71.
2. Ковтун Г. Альтернативні моторні палива / Г. Ковтун // Вісник НАН України. – 2005. – Вип. – С. 19–27.
3. Применение алифатических спиртов в качестве экологически чистых добавок в автомобильные / С. А. Карпов, Л. Х. Кунашев [и др.] // Нефтегазовое Дело. – 2006. – № 2. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к журналу: <http://ogbus.ru/>
4. Редзюк А.М., Рубцов В.О., Устименко В.С., Михненко Є.О., Олійников О.П. Проблеми та перспективи застосування сумішних бензинів з високооктановою кисневмісною добавкою як автомобільного палива. Автошляховик України. Окр. вип. Вісник Центрального наукового центру ТАУ. 1999. №. 2. С.25-27.
5. ГСТУ 320.00149943.015-2000. Бензини моторні сумішеві. Технічні умови (зі змінами №1 від 01.11.2002 і №2 від 25.04.2005). Київ. Держнафтогазпром України, 2000.24 с.
6. Устименко В.С. Поліпшення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Устименко Віктор Сергійович; Національний транспортний університет. К., 2006. – 21 с.
7. Захарченко О.М. Покращення паливної економічності та екологічних показників автомобілів раціональним використанням бензинів з добавкою біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Захарченко Олексій Миколайович; Національний транспортний університет. К., 2008.–20 с.
8. Щербатюк В.Б. Покращення екологічних показників двигунів підігрівом свіжого заряду при використанні бензину з добавкою біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.03 / Щербатюк Віталій Броніславович; Національний транспортний університет. К., 2013. – 20 с.
9. Кульбако В.П. Покращення екологічних показників автомобіля в експлуатаційних умовах добавкою біоетанолу до бензину : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Кульбако Валентин Петрович; Національний транспортний університет. К., 2012. – 20 с.
10. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Визначення соціально-економічних збитків, що наносяться доквіллію автомобільним транспортом // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2000. – Вип. 4. – С. 76–80.

11. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Визначення масових викидів шкідливих речовин автомобілями // *Materiały XII konferencji międzynarodowej "Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych. Zarządzanie i marketing w motoryzacji"* SAKON'01. – Rzeszów: Politechnika Rzeszowska. – 2001. – С. 127–130.

12. Корпач А.О., Говорун А.Г., Захарченко О.М. Визначення масових викидів забруднюючих речовин при роботі двигуна на суміші бензину і етилового спирту // *Вісник Національного транспортного університету*. – К.: НТУ. – 2004. – Вип. 9. – С. 71–74.

13. Гутаревич Ю.Ф. Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей. – К.: Урожай, 1989. – 220 с.

14. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др. / Под ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

15. Мержиєвська Л.П. Покращення паливної економічності і зменшення шкідливих викидів автомобілів раціональним регулюванням бензинових двигунів: Дис... канд. техн. наук: 05.22.10. – К., 1998. – 247 с.

16. Гутаревич Ю.Ф. Защита окружающей среды от вредных выбросов автомобильного транспорта: учеб. пособие / Ю. Ф. Гутаревич, А. Г. Говорун, А. И. Ковалев. – К.: УМК ВО при Минвузе УССР, 1989. – 128 с.

REFERENCES

1. Ukraina ischet alternativu// *Sovremennaya AZS*. – 2006. – #8. – S. 68–71.
2. Kovtun G.(2005) *Alternativni motorni paliva* / G. Kovtun // *Visnik NAN Ukraini*. –Vip. 2. – S. 19–27.
3. Karpov S. A., Kunashev L. H.(2006) *Primenenie alifaticeskikh spirtov v kachestve ekologicheskikh chistykh dobavok v avtomobilnyie* / S. A. Karpov, L. H. Kunashev [i dr.] // *Neftegazovoe Delo*.— # 2. — [Elektronnyiy resurs]. — Rezhim dostupa : <http://ogbus.ru/>
4. Redziuk A.M., Rubtsov V.O., Ustymenko V.S., Mykhnenko Ye.O., Oliinykov O.P.(1999) *Problemy ta perspektyvy zastosuvannya sumishnykh benzyniv z vysokooktanovoiu kysnevnisnoiu dobavkoiu yak avtomobilnoho palyva*. *Avtoshliakhovyk Ukrainy*. Okr. vyp. *Visnyk Tsentralnoho naukovoho tsentru TAU*. . №. 2. S.25-27.
5. HSTU 320.00149943.015-2000. *Benzyny motorni sumishevi*. *Tekhnichni umovy (zi zminyamy №1 vid 01.11.2002 i №2 vid 25.04.2005)*. Kyiv. *Derzhnaftohazprom Ukrainy*, 2000.24 s.
6. Ustymenko V.S. (2006) *Polipshennia ekolohichnykh pokaznykiv avtomobiliv ta rozshyrennia palyvnoi bazy avtomobilnoho transportu shliakhom zastosuvannya bioetanolu* [Improving environmental performance of cars and expanding the fuel base of road transport by using bioethanol]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
7. Zakharchenko O.M. (2008) *Pokrashchennia palyvnoi ekonomichnosti ta ekolohichnykh pokaznykiv avtomobiliv ratsionalnym vykorystanniam benzyniv z dobavkoiu bioetanolu* [Improvement of fuel economy and ecological indicators of cars by rational use of gasoline with bioethanol additive]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
8. Shcherbatiuk V.B. (2013) *Pokrashchennia ekolohichnykh pokaznykiv dvyhunyv pidhrivom svizhoho zariadu pry vykorystanni benzynu z dobavkoiu bioetanolu* [Improvement of environmental indicators of engines with heating of fresh charge with the use of gasoline with the addition of bioethanol]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
9. Kulbako V.P. (2012) *Pokrashchennia ekolohichnykh pokaznykiv avtomobilia v ekspluatatsiinykh umovakh dobavkoiu bioetanolu do benzynu* [Improvement of the environmental performance of the car under operating conditions by adding bioethanol to gasoline]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
8. Kovtun H. *Alternatyvni motorni palyva* / H. Kovtun // *Visnyk NAN Ukrainy*. — 2005. — Vyp. 2. — S. 19–27.
10. Hutarevych Yu.F., Hovorun A.H., Korpach A.O., Merzhyievska L.P.(2000) *Vyznachennia sotsialno-ekonomichnykh zbytkiv, shcho nanosiatsia dovkilliu avtomobilnym transportom* // *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*. – К.: NTU.– Vyp. 4. – S. 76–80.
11. Hutarevych Yu.F., Hovorun A.H., Korpach A.O., Merzhyievska L.P. *Vyznachennia masovykh vykydiv shkidlyvykh rehovyn avtomobiliamy* // *Materiały XII konferencji międzynarodowej "Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych. Zarządzanie i marketing w motoryzacji"* SAKON'01. – Rzeszów: Politechnika Rzeszowska. – 2001. – S. 127–130.
12. Korpach A.O., Hovorun A.H., Zakharchenko O.M. (2004) *Vyznachennia masovykh vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn pry roboti dvyhuna na sumishi benzynu i etylovoho spyrtu* // *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*. – К.: NTU.– Vyp. 9. – S. 71–74.

13. Gutarevich Yu.F. (1989) Ohrana okruzhayushey sredy ot zagryazneniya vyibrosami dvigateley. – K.: Urozhay, – 220 s.

14. Vyirubov, D.N. Ivaschenko N.A., Ivin V.I. (1983) Dvigateli vnutrennego sgoraniya: teoriya porshnevnykh i kombinirovannykh dvigateley: Uchebnik dlya vuzov po spetsialnosti "Dvigateli vnutrennego sgoraniya" / i dr. / Pod red. A.S. Orlina i M.G. Kruglova. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie – 372 s.

15. Merzhyievska L.P. (1998) Pokrashchennia palyvnoi ekonomichnosti i zmeshennia shkidlyvykh vykydiv avtomobiliv ratsionalnym rehuliuivanniam benzynovykh dvyhuniv: Dys. kand. tekhn. nauk: 05.22.10. – K., – 247 s.

16. Gutarevich Yu.F. (1989) Zashchita okruzhayushey sredy ot vrednykh vyibrosav avtomobilnogo transporta: ucheb. posobie / Yu. F. Gutarevich, A. G. Govorun, A. I. Kovalev. – K.: UMK VO pri Minvuze USSR – 128 s.

РЕФЕРАТ

Добровольський О.С., Вплив добавки спирту до бензину на викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двигуна з іскровим запалюванням / О.С. Добровольський, М.П. Цюман, Н.С. Ступак, С.В. Сосіда // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021, – Вип. 3 (50).

Постійне збільшення кількості рухомого складу автомобільного транспорту призводить до підвищення об'ємів споживання палива. Оскільки запаси нафти є вичерпними, то гостро постає проблема заміни нафтового палива на альтернативні, одними з яких є спиртові палива. На сьогоднішній час дефіцит моторних палив для двигунів внутрішнього згорання вимагає їх удосконалення з метою зменшення витрати палива двигунів, а також використання одночасно із звичайними паливами на нафтовій основі спирту та різних їх сумішей.

Викиди забруднюючих речовин (ЗР) від автотранспорту становлять більше третини від загального обсягу викидів в атмосферу та більше 90% від усіх пересувних джерел. Окрім того, автомобілі є основним джерелом забруднення навколишнього природного середовища саме у місцях великого зосередження людей, що значно підсилює негативний вплив автотранспорту.

У статті розглянуто вплив добавки спирту до штатного бензину на масові викиди шкідливих речовин сучасного бензинового двигуна обладнаного системою впорскування палива із зворотнім зв'язком.

Проведено дослідження при використанні сумішей бензину і спирту різної концентрації із вмістом спирту від 0 до 36 %. Встановлено залежність навантаження на масові викиди ЗР. При використанні спиртів збільшуються концентрації кисню в паливі, що сприяє більш повному згорянню палива та зменшенню масових викидів вуглеводнів, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю. До недоліків спиртовмісних бензинів належать менша, ніж у штатного бензину, теплотворна здатність та підвищений викид оксидів азоту через наявність вільного кисню. Масові викиди ЗР зведених до оксиду вуглецю $G_{\Sigma CO}$ при використанні палив із різним вмістом спирту збільшилося незначно, що пояснюється зростанням викидів оксидів азоту.

Мета: визначення впливу вмісту спирту в сумішевому паливі на масові викиди забруднюючих речовин.

Об'єкт: екологічні показники двигуна з іскровим запалюванням при роботі на бензоспиртових сумішах.

Предмет: визначення доцільної величини вмісту спирту у паливі для поліпшення екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням.

Зроблено висновки та проаналізовано отримані результати для подальших експериментальних та розрахункових досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БЕНЗИН, СПИРТ, СУМІШЕВЕ ПАЛИВО, ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, МАСОВІ ВИКИДИ.

ABSTRACT

Dobrovolsky O.S., Tsiuman M.P., Stupak N.S., Sosida S.V. Effect of alcohol additive to gasoline on emissions of pollutants with the exhaust gas of spark ignition engine. Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 3 (50).

The constant increasing the number of motor vehicles leads to increase the fuel consumption. Because of oil reserves are exhaustive, the problem of replacing the petroleum fuel with alternative ones is actual. One of which is alcohol fuel. At present, the shortage of motor fuels for internal combustion engines requires their improvement in order to reduce fuel consumption and use the alcohol and various its blends with conventional petroleum-based fuels.

The pollutant emissions from motor vehicles are more than a third part of the total emissions to atmosphere and more than 90% of all mobile sources. In addition, motor vehicles are the main source of environmental pollution precisely in places with high concentration of people. It enhances significantly the negative impact of motor transport.

In the article it is considered the impact of alcohol additive in standard gasoline on the mass emissions of harmful substances by modern petrol engine equipped with fuel injection system with feedback.

The study of using the alcohol and gasoline fuel blends with different content of the alcohol in range from 0 to 36% has been fulfilled. Dependence of load influence on the mass emissions of pollutants is found. Oxygen concentration in fuel are increased when using the alcohols. It contributes to more complete combustion of the fuel and reduction the mass emissions of hydrocarbons, carbon monoxide and carbon dioxide. The disadvantages of the alcohol and gasoline fuel blends include less net calorific value than for conventional gasoline and increased emissions of nitrogen oxides due to free oxygen presence. The mass emissions of harmful substances equivalent to carbon monoxide $G_{\Sigma CO}$ have been slightly increased when using the alcohol and gasoline fuel blends. It is explained by increasing the nitrogen oxides emissions.

Objective: To determine the effect of alcohol content in blended fuel for mass emissions of pollutants.

Object: environmental performance of spark ignition engine powered by the alcohol and gasoline fuel blends.

Subject: determination of expedient alcohol content in the fuel to improve environmental performance of spark ignition engine.

The conclusions have been made and the obtained results have been analyzed for further experimental and theoretical studies.

KEYWORDS: GASOLINE, ALCOHOL, BLENDED FUEL, EXHAUST GAS, POLLUTANTS, MASS EMISSIONS.

РЕФЕРАТ

Добровольский А.С. Влияние добавки спирта в бензин на выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами двигателя с искровым зажиганием. / А.С. Добровольский, Н.П. Цюман, Н.С. Ступак, С.В. Сосида // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 3 (50).

Постоянное увеличение количества подвижного состава автомобильного транспорта приводит к повышению объемов потребления топлива. Поскольку запасы нефти являются исчерпывающими, то остро встает проблема замены нефтяного топлива на альтернативные, одними из которых являются спиртовые топлива. На сегодняшнее время дефицит моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания требует их совершенствования с целью уменьшения расхода топлива при максимальных мощностях двигателей, а также использования спирта и различных их смесей одновременно с обычными топливами на нефтяной основе.

Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) от автотранспорта составляют более трети от общего объема выбросов в атмосферу и более 90% от всех передвижных источников. Кроме того, автомобили являются основным источником загрязнения окружающей среды именно в местах большого сосредоточения людей, что значительно усиливает негативное влияние автотранспорта.

В статье рассмотрено влияние добавки спирта в штатный бензин на массовые выбросы отработанных газов современного бензинового двигателя оборудованного системой впрыска топлива с обратной связью.

Проведено исследование при использовании смесей бензина и спирта различной концентрации с содержанием спирта от 0 до 36%. Установлена зависимость нагрузки на массовые выбросы выхлопных газов. При использовании спиртов увеличиваются концентрации кислорода в топливе, что способствует более полному сгоранию топлива и уменьшению массовых выбросов углеводородов, оксида углерода, диоксида углерода. К недостаткам спиртосодержащих бензинов принадлежат меньшая, чем у штатного бензина, теплотворная способность и повышенный выброс оксидов азота из-за наличия свободного кислорода. Массовые выбросы выхлопных газов возведенных до оксида углерода $G_{\Sigma CO}$ при использовании топлив с различным содержанием спирта незначительно увеличились, что объясняется ростом выбросов оксидов азота.

Цель: определение влияния содержания спирта в смесевых топливах на массовые выбросы загрязняющих веществ.

Объект: экологические показатели двигателя с искровым зажиганием при работе на бензоспиртовых смесях..

Предмет: определение целесообразной величины содержания спирта в топливе для улучшения экологических показателей двигателя с искровым зажиганием.

Сделаны выводы и проанализированы полученные результаты для дальнейших лабораторных и эксплуатационных исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БЕНЗИН, СПИРТ, СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ, ОТРАБОТАННЫЕ ГАЗЫ, МАССОВЫЕ ВЫБРОСЫ.

АВТОРИ:

Добровольський Олександр Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів і теплотехніки, e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к. 303а, orcid.org/0000-0003-0048-1388.

Цюман Микола Павлович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів і теплотехніки, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.303а, orcid.org/0000-0003-2537-8010.

Ступак Наталія Сергіївна, аспірант кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, e-mail: nsstupak@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.303а, orcid.org/0000-0003-4652-4902.

Сосіда Сергій Володимирович, аспірант кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, e-mail: serhiy.sosida@gmail.com, тел. +38044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.303а, orcid.org/0000-0002-9210-2156.

AUTHOR:

Dobrovolsky Olexandr .S., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Engines and Thermal Engineering, e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovych-Pavlenko str. 1, of. 303a, orcid.org/0000-0003-0048-1388.

Tsiuman Mykola P., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Engines and Thermal Engineering, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovych-Pavlenko str. 1, of. 303a, orcid.org/0000-0003-2537-8010.

Stupak Nataliia S., National Transport University, Kyiv, Ukraine, Postgraduate of Department of Engines and Thermal Engineering, e-mail: nsstupak@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovych-Pavlenko str. 1, of. 303a, orcid.org/0000-0003-4652-4902.

Sosida Serhii V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, Postgraduate of Department of Engines and Thermal Engineering, e-mail: serhiy.sosida@gmail.com, тел. +38044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovych-Pavlenko str. 1, of. 303a, orcid.org/0000-0002-9210-2156.

АВТОРЫ:

Добровольский Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленка 1, к. 303а, , orcid.org/0000-0003-0048-1388.

Цюман Николай Павлович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленка 1, к. 303а, orcid.org/0000-0003-2537-8010.

Ступак Наталия Сергеевна, аспирант кафедры двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет, e-mail: nsstupak@ukr.net, тел. +38044 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленка 1, к. 303а, orcid.org/0000-0003-4652-4902.

Сосида Сергей Владимирович, аспирант кафедры двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет, e-mail: serhiy.sosida@gmail.com, тел. +38044 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленка 1, к. 303а, orcid.org/0000-0002-9210-2156.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінниця, Україна.

Мельниченко О.І., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWER:

Bilichenko V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University, Professor of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia, Ukraine.

Melnychenko O.I., Ph.D., Professor, National Transport University, Head of the Department of Manufacturing, Repairing and Materials Science, Kyiv, Ukraine.