

Ю.Ф. Гутаревич, д.т.н.
Ю.В. Гаркуша, аспір.
Л.П. Мержисівська, к.т.н.

Національний транспортний університет

ВПЛИВ ДОБАВКИ ЗАКИСУ АЗОТУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА В РЕЖИМАХ ПОВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Наведено результати впливу добавок закису азоту на екологічні показники двигуна з іскровим запалюванням.

Вступ. Бензинові двигуни є основними джерелами енергії легкових автомобілів. Однією з основних вимог до цих двигунів є забезпечення високих динамічних властивостей автомобілів, що досягається високими енергетичними показниками двигуна. Відомо декілька напрямів підвищення енергетичних показників бензинових двигунів. Одним з найпоширеніших є збагачення бензоповітряної суміші в режимах повних навантажень. Відомо, що робота бензинового двигуна на збагаченій суміші супроводжується такими недоліками, як перевитрата бензину, підвищення викидів продуктів неповного згорання з відпрацьованими газами, невисока ефективність каталітичних нейтралізаторів. Одним з напрямів зменшення цих недоліків є додавання в режимах повних навантажень до повітряного заряду закису азоту, який має вміст кисню, вищий, ніж у повітрі, і забезпечує, при незмінній подачі бензину, перехід від збагаченої до стехіометричної суміші.

Огляд публікацій. В опублікованих раніше статтях [1–4] показано, що добавкою закису азоту можна одночасно покращити енергетичні показники та паливну економічність бензинового двигуна в режимах повних навантажень.

Метою роботи є оцінка екологічних показників бензинового двигуна за добавки закису азоту до повітряного заряду в режимах повних навантажень.

Основна частина. Розв'язання задачі. Дослідження проведено в лабораторії випробовувань двигунів Національного транспортного університету. Об'єктом експериментальних досліджень був карбюраторний двигун ВАЗ-2103. Особливістю цього двигуна з серійним карбюратором за зовнішньою швидкісною характеристикою є те, що збагачення паливopовітряної суміші, необхідне для отримання максимальних енергетичних показників, має місце не в усіх швидкісних режимах. Суміш збагачується в діапазоні частот обертання $n = 2300\text{--}3800 \text{ хв.}^{-1}$, тобто при частотах, що найбільш використовуються в умовах експлуатації [2].

Добавкою закису азоту до повітря суміш в усіх режимах, де коефіцієнт надміру повітря був менший за одиницю ($\alpha < 1,0$), збіднювалася до рівня стехіометричного складу.

Енергетичні показники, витрату бензину та концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах вимірювали при коефіцієнтах надміру повітря, що забезпечувала стандартна система живлення, та при додаванні закису азоту до повітря ($\alpha = 1,0$).

Перехід від збагаченої суміші до стехіометричної при додаванні закису азоту сприяє зростанню крутного моменту M_k , в середньому на 7,42 %, в усьому діапазоні частот обертання, за яких додавався закис азоту. При незмінній подачі бензину це спричиняє зменшення питомої ефективної витрати.

Для оцінки екологічних показників двигуна з добавкою закису азоту до повітряного заряду і без неї та при застосуванні нейтралізації відпрацьованих газів у випускнy системy двигуна було встановлено каталітичний нейтралізатор «Lindo Gobex» Type 120.101212PP, який серійно встановлюється на автомобілях ВАЗ разом з іншими аналогічними моделями. Відбір відпрацьованих газів для газоаналізуючих приладів здійснювався до нейтралізатора та після нього. Концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах вимірювалися в економайзерному режимі, при повному відкритті дросельної заслінки.

Під час випробовувань заміряні концентрації шкідливих речовин, та для об'єктивності експериментальних досліджень визначена зміна коефіцієнта надміру повітря при повному відкритті дросельної заслінки (рис. 1). Закис азоту додавався до повітря в режимах, де коефіцієнт надміру повітря був менший за 1,0. Таким чином, склад суміші збіднювався до рівня стехіометричного, при якому, як відомо, ефективність процесу нейтралізації каталітичного нейтралізатора максимальна.

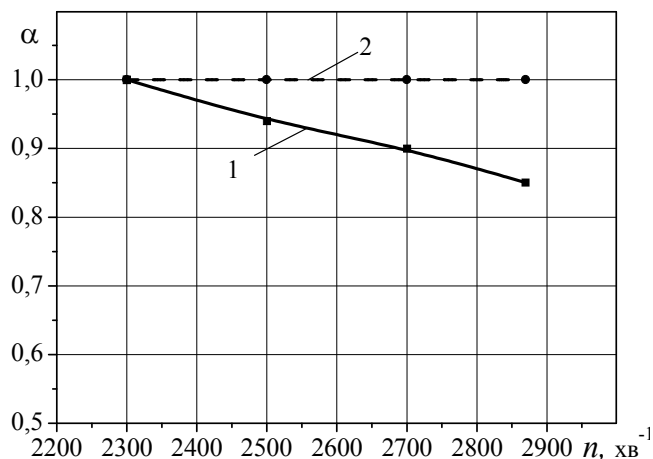


Рис. 1. Зміна коефіцієнта надміру повітря при визначенні екологічних показників:
1 – серійна система; 2 – з добавкою закису азоту до повітря

Ефективність процесу нейтралізації шкідливих речовин у відпрацьованих газах визначали за відомою формулою:

$$E = \frac{K_{\text{вх}} - \hat{E}_{\text{вх}}}{\hat{E}_{\text{вх}}} \cdot 100 \% , \tag{1}$$

де $K_{\text{вх}}$ – концентрація шкідливої речовини на вході в нейтралізатор; $K_{\text{вих}}$ – концентрація шкідливої речовини на виході з нейтралізатора.

Отримані в експериментальних дослідженнях залежності концентрацій шкідливих речовин від частоти обертання показано на рисунку 2.

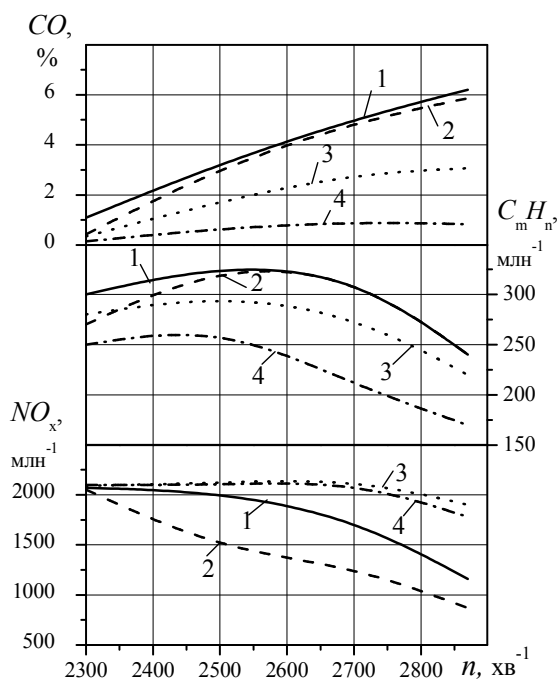


Рис. 2. Концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигуна ВАЗ-2103 в режимі повних навантажень: 1 – перед нейтралізатором при роботі зі стандартною системою живлення; 2 – після нейтралізатора при роботі зі стандартною системою живлення; 3 – перед нейтралізатором з добавкою закису азоту; 4 – після нейтралізатора з добавкою закису азоту

Концентрації оксиду вуглецю CO , заміряні при добавці закису азоту, як до так і після нейтралізатора зменшуються в середньому на 47,6 % (лінія 3) та на 82 % (лінія 4) відповідно. Концентрація CO після нейтралізатора при роботі без добавки N_2O (лінія 2) нижча від концентрації, заміряної до нейтралізатора

(лінія 1), в середньому на 18,4 %. Це пояснюється низькою ефективністю нейтралізатора під час роботи на паливоповітряних сумішах, відмінних від стехіометричного складу. Ефективність нейтралізатора при добавці закису азоту значно зростає, в середньому на 67,6 %.

Концентрації вуглеводнів C_mH_n при додаванні N_2O , заміряні до нейтралізатора (лінія 3), порівняно з концентраціями вуглеводнів, заміряними без додавання закису азоту (лінія 1), зменшуються в середньому на 10 %. Концентрації, заміряні після нейтралізатора з додаванням закису азоту (лінія 4) і без закису азоту (лінія 2), відповідно, зменшуються в середньому на 27,2 %. Ефективність роботи нейтралізатора при додаванні закису азоту зростає і становить 19,2 %. Без додавання закису азоту ефективність нейтралізатора становить близько 2,5 %. Низька ефективність нейтралізатора пояснюється роботою двигуна на збагачених паливоповітряних сумішах.

Концентрації оксидів азоту, навпаки, зростають при додаванні N_2O (лінія 3, 4) та майже не змінюються незалежно від місця проведення заміру — до чи після нейтралізатора. В результаті того, що при роботі без добавки закису азоту ефективність нейтралізатора вища, концентрації оксидів азоту, заміряні до нейтралізатора при додаванні закису азоту (лінія 3), порівняно з концентраціями, заміряними до нейтралізатора при стандартній системі живлення (лінія 1), в середньому на 30 % вищі. Концентрації оксидів азоту з добавкою закису азоту, заміряні після нейтралізатора (лінія 4), порівняно з концентраціями без добавки закису, заміряними після нейтралізатора (лінія 2), в середньому вищі на 71,7 %. Ефективність нейтралізатора стосовно викидів оксидів азоту при додаванні закису азоту дуже низька, в середньому 2,7 %. При роботі без добавки N_2O ефективність нейтралізатора зростає до 20,4 %. Такі зміни залежностей оксидів азоту пов'язані зі зростанням концентрації кисню у свіжому заряді та з високою температурою відпрацьованих газів під час роботи на сумішах, близьких до стехіометричних, забезпечених додаванням N_2O .

Відомо, що концентрації шкідливих речовин не є об'єктивним показником забруднення довкілля. Таким показником є масові викиди шкідливих речовин, величина яких також залежить від об'єму відпрацьованих газів або витрати бензину й повітря.

Для розрахунків масових викидів шкідливих речовин скористалися залежностями, отриманими в [5]:

$$G_i = r_i \cdot \mu_i (0,1385 + 0,3404 \cdot \alpha) \cdot G_n \cdot 10^{-2}, \quad (2)$$

де G_i – маса i -ої шкідливої речовини, кг/год.; r_i – концентрація i -ої шкідливої речовини, %; μ_i – молекулярна маса цієї речовини, кг/кмоль; G_n – годинна витрата палива, кг/год.

Розрахунки проведено для режиму повного навантаження з частотою обертання колінчастого вала $n = 2700 \text{ хв}^{-1}$. В цьому режимі за подачі в циліндри бензоповітряної суміші без добавки закису азоту експериментально встановлено: коефіцієнт надміру повітря $\alpha = 0,9$; годинна витрата бензину $G_n = 9,01 \text{ кг/год}$. Заміряні концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах становлять: $CO = 5,03 \%$; $C_mH_n = 320 \text{ млн.}^{-1}$; $NO_x = 1770 \text{ млн.}^{-1}$, розраховані за наведеною залежністю масові викиди ($\mu_{CO} = 28$; $\mu_{C_mH_n} = 86$ (за C_6H_{14}); $\mu_{NO_x} = 46$ (за NO_2)) становлять: $G_{CO} = 5,41 \text{ кг/год.}$; $G_{C_mH_n} = 0,105 \text{ кг/год.}$; $G_{NO_x} = 0,314 \text{ кг/год.}$

Для збіднення суміші з $\alpha = 0,9$ до $\alpha = 1,0$ необхідно в повітря добавити закис азоту в кількості, яка б забезпечила об'ємну частку закису азоту в суміші з повітрям $r_{N_2O} \approx 10 \%$.

Заміряні в процесі експерименту концентрації шкідливих речовин при додаванні закису азоту до повітря для отримання стехіометричної суміші становлять: $CO = 2,85 \%$; $C_mH_n = 280 \text{ млн.}^{-1}$; $NO_x = 2160 \text{ млн.}^{-1}$. Розраховані масові викиди становлять: $G_{CO} = 3,3 \text{ кг/год.}$; $G_{C_mH_n} = 0,098 \text{ кг/год.}$; $G_{NO_x} = 0,41 \text{ кг/год.}$

Таким чином додавання закису азоту до повітря дозволяє отримати стехіометричний склад суміші, приводить до зниження викидів CO і C_mH_n в 1,64 та 1,07 раза відповідно. Разом з тим, це збільшує викиди оксидів азоту в 1,3 раза.

З урахуванням зміни енергетичних показників питомі викиди шкідливих речовин становлять:

– на збагаченій суміші: $g_{CO} = 182 \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$; $g_{C_mH_n} = 3,54 \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$; $g_{NO_x} = 10,5 \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$;

– на стехіометричній суміші: $g_{CO} = 105,95 \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$; $g_{C_mH_n} = 3,16 \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$; $g_{NO_x} = 13,12 \text{ г/кВт}\cdot\text{год.}$

Таким чином, зниження викидів CO становить 1,72 раза, викидів C_mH_n – 1,12 раза та зростання викидів NO_x – в 1,24 раза.

Як і очікувалося, застосування нейтралізатора, який розрахований на зниження, в першу чергу, продуктів неповного згорання за роботи двигуна на збагаченій суміші, практично не спричинило зниження CO і C_mH_n , оскільки у випускній системі при даному складі суміші відсутнє окисне середовище. Разом з тим, наявність відновлювального середовища дозволила знизити викиди оксидів азоту в 1,37 раза.

За роботи на стехіометричній суміші, що утворилася в результаті додавання закису азоту до повітря, ефективність нейтралізатора стосовно зменшення CO і C_mH_n значно зростає. Питомі викиди CO після нейтралізатора змінилися в 2,93 раза, C_mH_n — в 1,37 раза. Разом з тим, питомі викиди NO_x зменшилися лише в 1,03 раза.

В цілому, зниження питомих масових викидів шкідливих речовин при встановленні окисного нейтралізатора та збідненні суміші добавкою закису азоту становить: за викидами CO – 4,9 раза, за C_mH_n – 1,54 раза. Питомі масові викиди NO_x зросли в 1,66 раза.

Висновки. Таким чином, можна стверджувати, що перехід на стехіометричні суміші, забезпечений добавкою N_2O до повітряного заряду, поліпшує роботу каталітичного нейтралізатора окисного типу стосовно зниження викидів з відпрацьованими газами продуктів неповного згоряння.

При застосуванні трикомпонентного нейтралізатора з урахуванням його ефективності очікувані викиди шкідливих речовин становитимуть:

– за збагаченої суміші: $g_{CO} = 175,3$ г/кВт · год.; $g_{C_mH_n} = 3,35$ г/кВт · год.; $g_{NO_x} = 1,97$ г/кВт · год.;

– за роботи на стехіометричній суміші: $g_{CO} = 16,48$ г/кВт · год.; $g_{C_mH_n} = 0,9$ г/кВт · год.; $g_{NO_x} = 2,49$ г/кВт · год.

Можна очікувати зниження викидів продуктів неповного згоряння при переході зі збагаченої паливоповітряної суміші до стехіометричної з добавкою закису азоту до повітря: за CO – в 10,6 раза, за C_mH_n – в 3,7 раза, проте можна очікувати зростання NO_x в 1,26 раза.

Питомі сумарні масові викиди шкідливих речовин, зведені до CO , в цьому випадку становитимуть:

– за збагаченої суміші: $g_{\Sigma CO} = 266,84$ г/кВт · год.;

– за стехіометричної суміші: $g_{\Sigma CO} = 121,66$ г/кВт · год.

Таким чином додаванням закису азоту до повітряного заряду й отриманням стехіометричного складу паливоповітряної суміші у випадку застосування трикомпонентного каталітичного нейтралізатора можна зменшити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигуна в режимі повних навантажень в 2,2 раза.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гутаревич Ю.Ф. Покращення показників роботи двигуна з іскровим запалюванням шляхом хімічного наддуву / Ю.Ф. Гутаревич, Ю.В. Гаркуша, А.М. Приходько // Автошляховик України : Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру ТАСУ. – 2006. – Вип. 9. – С. 44–46.
2. Гаркуша Ю.В. Вплив добавки кисневмісного газу N_2O на роботу двигуна з іскровим запалюванням / Ю.Гаркуша // Вісник НТУ. – Ч. 2. – 2007. – № 15. – С. 38–40.
3. Гутаревич Ю.Ф. Покращення індикаторних показників бензинового двигуна добавкою закису азоту до повітря / Ю.Ф. Гутаревич, Ю.В. Гаркуша, Л.П. Мержисєвська // Вісник НТУ. – 2008. – № 16. – С. 50–53.
4. Гутаревич Ю.Ф. Обґрунтування можливості одночасного поліпшення енергетичних показників та паливної економічності бензинових двигунів додаванням закису азоту до повітряного заряду / Ю.Ф. Гутаревич, Ю.В. Гаркуша, Л.П. Мержисєвська // Вісник НТУ. – 2009. – № 18. – С. 10–16.
5. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях / Ю.Ф. Гутаревич. – К. : Вища школа, 1991. – 179 с.

ГУТАРЕВИЧ Юрій Феодосійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- екологічність двигунів внутрішнього згоряння;
- біопалива.

ГАРКУША Юхим Володимирович – аспірант кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- робочі процеси ДВВ;
- біопалива.

МЕРЖИСЄВСЬКА Любов Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- двигуни внутрішнього згоряння;
- біопалива.

Подано 24.05.2010

Гутаревич Ю.Ф., Гаркуша Ю.В., Мержівська Л.П. Вплив добавки закиси азоту до повітряного заряду на екологічні показники бензинового двигуна в режимах повних навантажень

Гутаревич Ю.Ф., Гаркуша Ю.В., Мержівська Л.П. Влияние добавки закиси азота к воздушному заряду на экологические показатели бензинового двигателя на режимах полных нагрузок

УДК 621.43.068

Влияние добавки закиси азота к воздушному заряду на экологические показатели бензинового двигателя на режимах полных нагрузок / Ю.Ф. Гутаревич, Ю.В. Гаркуша, Л.П. Мержівська

Приведены результаты влияния добавок закиси азота на экологические показатели двигателя с искровым зажиганием.

УДК 621.43.068

Влияние добавки закиси азота к воздушному заряду на экологические показатели бензинового двигателя на режимах полных нагрузок / Ю.Ф. Гутаревич, Ю.В. Гаркуша, Л.П. Мержівська

The resulted results of influence of additions of nitrous oxide are on the ecological indexes of engine with spark zapalyuvannyam.