

УДК 621. 43
UDC 621. 43

ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІТИЧНОГО НЕЙТРАЛІЗАТОРА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ НА ДВИГУНІ MeM3-245

Лісовал А.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Сирота О.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Нижник М.Є., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Шуба Є.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE RESEARCH OF CATALYTIC CONVERTER OF EXHAUST FUMED FOR ENGINE MeMZ-245

Lisoval A.A., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Syrota O.V., Candidate of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine
Nyzhnyk M. Ye., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Shuba Ye.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕТРАЛИЗАТОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ MeM3-245

Лисовал А.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Сирота А.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Нижник М.Е., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Шуба Е.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. В Україні зареєстровано понад 4,5 млн. автомобілів з карбюраторними двигунами [1]. В основному це легкові автомобілі марок ВАЗ, ЗАЗ, ГАЗ і АЗЛК, які знаходяться у приватній власності і забезпечують норми викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) на рівні Євро-0. Вирішити проблему старих автомобілів та одночасно поліпшити екологічний стан атмосферного повітря можливо такими шляхами: заборонити їх експлуатацію, впровадити програму утилізації старих автомобілів або здійснити модернізацію.

Аналіз попередніх досліджень. Кафедра «Двигуни і теплотехніка» НТУ має досвід досліджень, удосконалень, модернізації систем живлення, запалювання двигунів внутрішнього згорання з іскровим запалюванням. Модернізація карбюраторного двигуна з встановленням каталітичного нейтралізатора ВГ у випускній системі – це нова задача в проблематиці «старих автомобілів», яка потребує наукових досліджень.

Метою досліджень є визначення впливу зовнішньої нейтралізації на токсичність відпрацьованих газів карбюраторного двигуна з іскровим запалюванням.

Об'єктом експериментальних досліджень був вітчизняний двигун MeM3-245 з встановленим в системі випуску трикомпонентним каталітичним нейтралізатором.

Чотиритактний двигун MeM3-245 з рідинним охолодженням має діаметр циліндра 72 мм, хід поршня 67 мм, ступінь стискання 9,5, оснащений безконтактною електронною системою запалювання і системою живлення з карбюратором емульсійного типу ДААЗ-21081. В системі випуску двигуна на відстані 240 мм від фланця випускного трубопроводу встановлено трикомпонентний каталітичний нейтралізатор моделі 2110-1206010-13, «Атекс» (м. Тольятті, Росія). Технічна характеристика трикомпонентного каталітичного нейтралізатора наведена в табл. 1.

Предмет дослідження – паливна економічність та концентрації шкідливих речовин у ВГ до і після каталітичного нейтралізатора, ефективність нейтралізації.

Методи дослідження – експериментальні, розрахунково-експериментальні.

Методика експериментальних досліджень. Для створення зовнішнього навантаження був використаний гальмівний стенд SAK-670 з номінальною потужністю 250 кВт при частоті обертання 3000 хв⁻¹. Дослідження двигуна MeM3-245 і визначення його показників проводили згідно ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний».

Під час випробовування двигуна визначали параметри: ефективний крутний момент M_k , частота обертання колінчастого вала, ефективна потужність N_e , розрідження у впускному колекторі, годинні витрати палива $G_{нал}$ і повітря $G_{пов}$, питома ефективна витрата палива g_e , кут випередження запалювання, кут відкриття дросельної заслінки, температура охолодної рідини, температура свіжого заряду, тиск оливи в системі мащення, температура ВГ, коефіцієнт надміру повітря α , концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах до і після нейтралізатора (оксидів азоту NO_x , оксиду вуглецю CO , вуглеводнів C_mH_n та двооксиду вуглецю CO_2).

Таблиця 1 – Технічна характеристика трикомпонентного каталітичного нейтралізатора

Параметр	Значення
Робочий об'єм нейтралізатора, л	1,6
Габаритні розміри, мм	370 × 125
Маса нейтралізатора, кг	3,6
Кількість дорогоцінних металів, кг/м ³	1,428
Газодинамічний опір нейтралізатора при витраті повітря 100 і 250 м ³ /год, мм вод. ст.	не перевищує 70 і 270
Співвідношення металів Pt і Rh	5 : 1
Температура досягнення 50 % ефективності з перетворенню викидів C_mH_n	не більше 285°C
Зниження концентрації шкідливих речовин у ВГ:	
за CO	98 %
за C_mH_n	98 %
за NO_x	95 %
Гарантійний термін служби, тис. км пробігу	80

Концентрації NO_x у ВГ двигуна визначили методом хімічної люмінесценції за допомогою газоаналізатора 344ХЛ01, концентрацій CO , C_mH_n (за гексаном C_6H_{14}) та CO_2 у ВГ – методом інфрачервоної спектроскопії використовували газоаналізатор МЕТА. Методика розрахунку коефіцієнта ефективності нейтралізатора детально описана в [2].

Результати досліджень. Перед проведенням експериментальних досліджень були проведені регулювання і перевірка токсичності ВГ двигуна. В режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу (890 хв⁻¹) концентрації оксиду вуглецю CO менші 2 %, вуглеводнів C_mH_n близько 200 млн⁻¹, в режимі підвищеної частоти обертання холостого ходу (2400 хв⁻¹) концентрація CO – 0,5 %, C_mH_n – 60 млн⁻¹, що засвідчило про відповідність показників двигуна вимогам ДСТУ4277:2004 «Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі».

Вплив зовнішньої нейтралізації (при встановленні каталітичного нейтралізатора в системі випуску) в режимах холостого ходу на концентрації ВГ показано на рис. 1.

Аналіз характеристик холостого ходу показав, що коефіцієнт наповнення η_v залишається практично незмінним через те, що по мірі зростання частоти обертання колінчастого вала n кут відкриття дросельної заслінки збільшується. При цьому зростають втрати на впуску. Коефіцієнт надміру повітря α по мірі зростання частоти обертання зростає. Збіднення паливо повітряної суміші від $\alpha = 0,9$ до $\alpha = 1,01$ доцільне, тому що із зростанням швидкісного режиму стабільність роботи двигуна поліпшується.

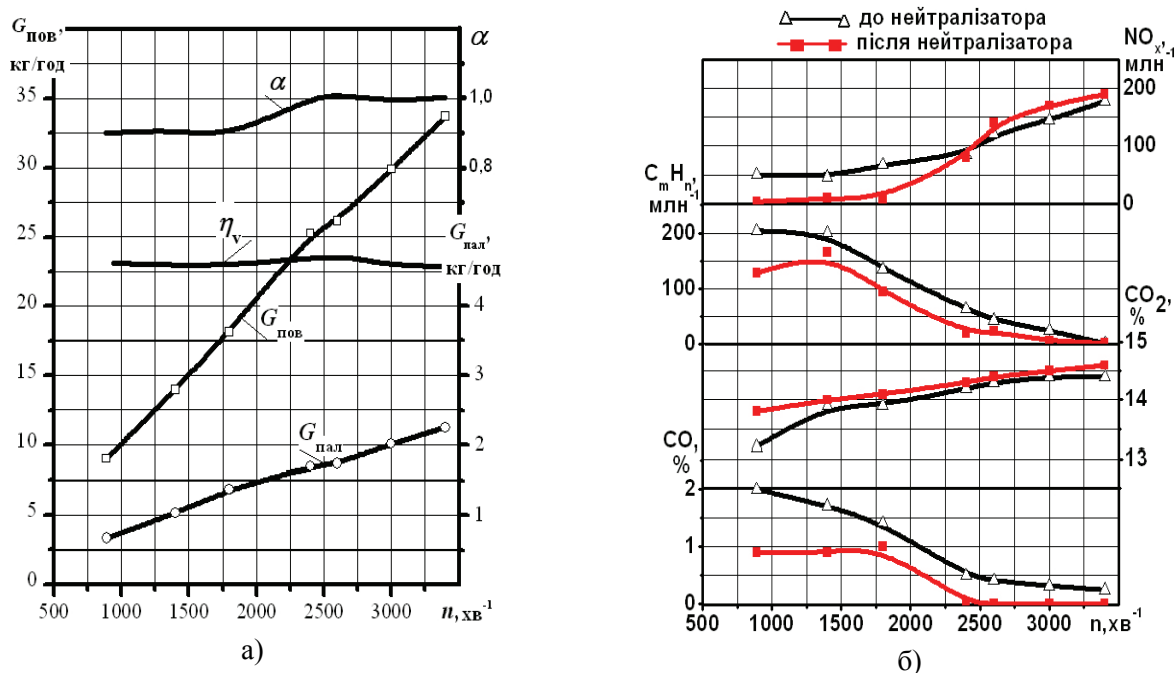


Рисунок 1 – Швидкісні характеристики MeM3-245 в режимі холостого ходу: а) показники роботи двигуна; б) концентрації шкідливих речовин ВГ

В режимі холостого ходу коефіцієнт надміру повітря змінюється в досить вузьких межах (0,9...1,01). Ці величини близькі до значень, при яких ефективність каталітичного нейтралізатора висока. В інтервалі частот обертання 900...2300 хв^{-1} , де $\alpha < 1$ спостерігається значне зниження концентрацій оксидів азоту NO_x , що пояснюється наявністю відновного середовища у випускній системі. Коефіцієнт ефективності нейтралізації NO_x знаходиться в межах 94...88 %. При високих частотах обертання 2400...3400 хв^{-1} , де α дещо більша 1,0, ефективність нейтралізації NO_x зменшується. Різниця в концентраціях NO_x до і після нейтралізатора знаходиться в межах точності замірів. По іншому змінюється ефективність нейтралізації вуглеводнів $C_m H_n$ і оксиду вуглецю CO . В зоні збагачених сумішей, коли в системі випуску наявне відновне середовище, коефіцієнт ефективності нейтралізації вуглеводнів складає 37...30 %, а для оксиду вуглецю – 55...27 %.

В зоні частот обертання холостого ходу, де суміш близька до стехіометричної ефективність нейтралізації цих речовин зростає. Коефіцієнт ефективності нейтралізації вуглеводнів $C_m H_n$ становить 68...76 %, для оксиду вуглецю CO – 100 %. Концентрації двооксиду вуглецю у ВГ після нейтралізатора зростають для всіх частот обертання холостого ходу.

В процесі експериментальних досліджень були визначені навантажувальні характеристики для частот обертання колінчастого вала двигуна 1800, 2600 та 3400 хв^{-1} [2]. Для прикладу та аналізу показників двигуна на рис. 2 показана навантажувальна характеристики та концентрації шкідливих речовин у ВГ бензинового двигуна MeM3-245 при частоті обертання 2600 хв^{-1} .

Із залежностей показаних на рис. 2 видно, що отримані закономірності характерні для карбюраторного двигуна при його регулюванні на економічний склад паливоповітряної суміші в зоні високих частот обертання. В режимах холостого ходу (2600 хв^{-1}) і малих навантажень двигун відрегульовано на, практично, стехіометричний склад паливоповітряної суміші ($\alpha \approx 1$). По мірі збільшення навантаження суміш збіднюється (коефіцієнт надміру повітря α зростає до 1,06...1,07). В зоні великих навантажень суміш поступово збагачується і при повному навантаженні коефіцієнт надміру повітря $\alpha \approx 0,9$. Закономірність зміни питомої ефективної витрати палива g_e характерна для карбюраторних двигунів з економайзером. При повних навантаженнях має місце незначне зростання питомої витрати палива, що є наслідком збагачення суміші. Залежності годинних витрат палива $G_{\text{пал}}$ і повітря $G_{\text{пов}}$, які формують вид характеристики коефіцієнта надміру повітря, типові для бензинових двигунів.

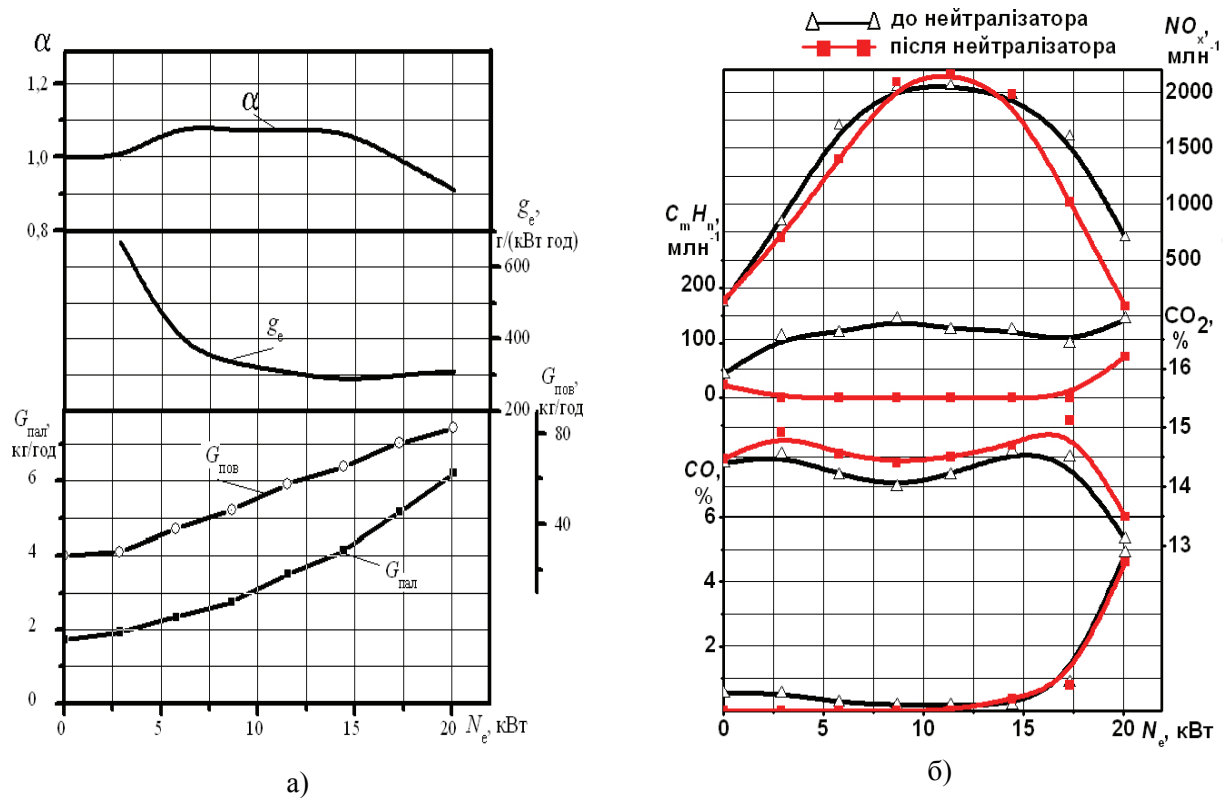


Рисунок 2 – Навантажувальні характеристики бензинового двигуна MeM3-245: а) показники роботи двигуна; б) концентрації шкідливих речовин у ВГ.

Залежність коефіцієнта надміру повітря α від навантаження в цілому визначає ефективність роботи трикомпонентного каталітичного нейтралізатора. Разом з тим на ефективність роботи нейтралізатора впливає температурний режим (температура ВГ), а отже і навантажувальний режим.

В зоні холостого ходу склад паливоповітряної суміші ($\alpha \approx 1$) є найбільш доцільним для роботи каталітичного нейтралізатора, але температура відпрацьованих газів близька до 390°C . Спричинило практично нульову ефективність нейтралізації оксидів азоту NO_x (рис. 2 б). Значно вищі коефіцієнти ефективності нейтралізатора в цьому режимі з точки зору нейтралізації вуглеводнів – 46 % та оксиду вуглецю – 100 %. При цьому концентрація двооксиду вуглецю CO_2 незначно зросла. В зоні середніх навантажень, де двигун працює на збідненій паливоповітряній суміші, і у випускній системі має місце окисне середовище ефективність нейтралізації NO_x невисока і практично знаходиться в межах точності вимірів. Окисне середовище у випускній системі сприяє підвищенню ефективності нейтралізатора щодо нейтралізації C_mH_n . Коефіцієнти ефективності нейтралізатора для C_mH_n і CO близькі до 100 %.

Робота двигуна при повному і близькому до нього навантаженнях на збагаченій паливоповітряній суміші приводить до утворення у випускній системі відновлювального середовища, що значно покращує роботу нейтралізатора стосовно нейтралізації NO_x . Коефіцієнти ефективності нейтралізатора: для NO_x – 87%, для C_mH_n – 48 %, для CO – 6%.

Висновки. Встановлено недоліки зовнішньої каталітичної нейтралізації ВГ у ДВЗ з іскровим запалюванням: збільшення гідравлічного опору випускної системи і як наслідок – погіршення наповнення циліндрів; складність системи автоматичного управління, складність технічного обслуговування; обмежений ресурс нейтралізаторів; висока вартість із-за застосування каталізаторів з благородних металів; підвищені вимоги до палива – неетильований бензин, відсутність в бензині металів і мінімальна кількість сірки.

Ефективність трикомпонентного каталітичного нейтралізатора, встановленого в системі випуску карбюраторного двигуна (зовнішня нейтралізація) залежить від складу паливоповітряної суміші, який для карбюраторного двигуна змінюється у, відносно, широкій межах. Доцільність встановлення такого нейтралізатора має бути визначена додатковими дослідженнями роботи автомобіля з таким двигуном в умовах експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Уведення екологічних норм Євро-3 – Євро-6 в Україні, аналіз структури парку автомобілів за екологічними ознаками / А. М. Редзюк., В. С. Устименко., О. А. Клименко [та ін.] // Автошляховик України. – 2011.– №4. – С. 2–7.
2. Наукові основи зовнішньої та внутрішньоциліндрової нейтралізації токсидів відпрацьованих газів транспортних поршневіх двигунів з примусовим запалюванням: звіт про НДР (проміжний) : / М-во освіти і науки України : Нац. транс-ний ун-т; кер. Гутаревич Ю.Ф. – № держреєстрації 0113U00947 С ; Інв. № 0213U008215. – К., 2013. – 65 с.

REFERENCES

1. Uvedennya ekolohichnykh norm Yevro-3 – Yevro-6 v Ukrayini, analiz struktury parku avtomobiliv za ekolohichnymy oznakamy / A. M. Redzyuk., V. S. Ustymenko., O. A. Klymenko [ta in.] // Avtoshlyakhovyk Ukrayiny. – 2011.– №4. – S. 2–7. (Ukr)
2. Naukovi osnovy zovnishn'oyi ta vnutrishn'o tsylindrovoyi neytralizatsiyi toksydiv vidprats'ovanykh haziv transportnykh porshnevykh dvyhuniv z prymusovym zapalyuvannyam: zvit pro NDR (promizhnyy) : / M-vo osvity i nauky Ukrayiny : Nats. trans-nyy un-t; ker. Hutarevych Yu.F. – № derzhreyestratsiyi 0113U00947 C ; Inv. № 0213U 008215. – K., 2013. – 65 s. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Лісовал А.А. Дослідження каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів на двигуні MeM3-245 / А.А. Лісовал, О.В. Сирота, М.Є. Нижник, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2013. – Вип. 28.

В статті описані особливості проведення експериментальних досліджень карбюраторного двигуна із зовнішньою нейтралізацією шкідливих речовин.

Метою досліджень є визначення впливу зовнішньої нейтралізації на токсичність відпрацьованих газів карбюраторного двигуна з іскровим запалюванням.

Об'єктом експериментальних досліджень був вітчизняний двигун MeM3-245 із встановленим в системі випуску трикомпонентним каталітичним нейтралізатором.

Предмет дослідження – паливна економічність та концентрації шкідливих речовин у ВГ до і після каталітичного нейтралізатора, ефективність нейтралізації.

Методи дослідження – експериментальні, розрахунково-експериментальні.

В якості нейтралізатора був досліджений трикомпонентний каталітичний нейтралізатор, який було встановлено в випускній системі двигуна MeM3-245. Детально описано схему експериментальної установки, яка дозволила визначити основні енергетичні та екологічні показники бензинового двигуна відповідно до діючих стандартів.

Перед випробуваннями двигун MeM3-245 був випробуваний та відрегульований на допустимі концентрації оксидів вуглецю та оксидів вуглеводнів в умовах експлуатації.

Експериментально визначені навантажувальні характеристики при $n = 1800, 2600, 3400 \text{ хв}^{-1}$, а також характеристики холостого ходу. Визначено ефективність нейтралізації нейтралізатора.

За результатами проведених випробувань можна стверджувати, що ефективність нейтралізації трикомпонентного нейтралізатора встановленого в системі випуску залежить від складу суміші, яка змінюється в широких межах для карбюраторному двигуні. Тому доцільність використання трикомпонентного нейтралізатора повинна бути визначена додатковими випробуваннями в умовах експлуатації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ІСКРОВЕ ЗАПАЛЮВАННЯ, ЗОВНІШНЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ, ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ.

ABSTRACT

Lisoval A.A., Syrota A.V., Nyzhnyk M.Ye., Shuba Ye.V. The research of catalytic converter of exhaust fumes for engine MeMZ-245. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28.

This article describes the features of experimental research of gasoline engine with external neutralization of hazardous substances.

The aim of this research is determination of influence of external neutralization on the toxicity of exhaust fumes from a gasoline engine with sparking ignition.

The object of experimental research is a home MeMZ-245 engine with a ternary catalytic converter installed in its exhaust system.

Purpose of the research – fuel efficiency and concentration of pollutants in exhaust fumes before and after the catalytic converter, the efficiency of neutralization.

Research methods – experimental, calculated-and-experimental.

As a neutralizer there was researched a three-component catalytic converter installed in the exhaust system of the engine MeMZ-245. An experimental was described in detail, it allowed to estimate fundamental energy and environmental indices of a gasoline engine in accordance with the applicable standards.

Before testing the engine MeMZ -245 has been tested and adjusted on permissible concentrations of carbon monoxide and oxides of hydrocarbons in operation.

Loading characteristics has been determined experimentally at $n = 1800, 2600, 3400 \text{ min}^{-1}$, and characteristics of idling, too. It has been determine the efficiency of the neutralize neutralizer.

The results of the tests can be argued that the efficiency of neutralization ternary converter installed in the exhaust system depends on the composition of the mixture, which changes widely for gasoline engines. Therefore, the feasibility of using a ternary converter should be determined by additional tests under operating conditions.

KEYWORDS: INTERNAL COMBUSTION ENGINE, SPARK IGNITION, EXTERNAL NEUTRALIZATION, EXHAUST GASES.

РЕФЕРАТ

Лисовал А.А. Исследование каталитического нейтрализатора отработавших газов на двигателе MeMZ-245 / А.А. Лисовал, А.В. Сирота, М.Е. Нижник, Е.В. Шуба // Вестник Национального транспортного университета. – К. : НТУ, 2013. – Вып. 28.

В статье описаны особенности проведения экспериментальных исследований карбюраторного двигателя с внешней нейтрализацией вредных веществ.

Целью исследований является определение влияния внешней нейтрализации дымовых газов карбюраторного двигателя с искровым зажиганием.

Объектом экспериментальных исследований был отечественный двигатель MeMZ-245 с установленным в системе выпуска трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором.

Предмет исследования – топливная экономичность и концентрации вредных веществ в ОГ до и после каталитического нейтрализатора, эффективность нейтрализации.

Методы исследования – экспериментальные, расчетно-экспериментальные.

В качестве нейтрализатора был исследован трехкомпонентный каталитический нейтрализатор, установленный в выпускной системе двигателя MeMZ -245. Подробно описана схема экспериментальной установки, которая позволила определить основные энергетические и экологические показатели бензинового двигателя в соответствии с действующими стандартами.

Перед испытаниями двигатель MeMZ-245 был испытан и отрегулирован на допустимые концентрации оксидов углерода и оксидов углеводородов в условиях эксплуатации.

Экспериментально определены нагрузочные характеристики при $n = 1800, 2600, 3400 \text{ мин}^{-1}$, а также характеристики холостого хода. Определена эффективность нейтрализации нейтрализатора.

По результатам проведенных испытаний можно утверждать, что эффективность нейтрализации трехкомпонентного нейтрализатора установленного в системе выпуска зависит от состава смеси, изменяются в широких пределах для карбюраторном двигателе. Поэтому целесообразность использования трехкомпонентного нейтрализатора должна быть определена дополнительными испытаниями в условиях эксплуатации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ИСКРОВОЕ ЗАЖИГАНИЕ, ВНЕШНЯЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ, ОТРАБОТАВШИЕ ГАЗЫ.

АВТОРИ:

Лісовал Анатолій Анатолійович, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: li-dvz@bigmir.net, тел. +380988222541, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Сирота Олександр Вадимович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів та теплотехніки, тел. +380665755553, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Нижник Максим Євгенович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: Free-time@bigmir.net, тел. +380677614117, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Шуба Євгеній Васильович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: Zhuhe90@bigmir.net, тел. +380688147423, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

AUTHORS:

Lisoval Anatolii A., Doctor of Technical Science, Associate Professor, National Transport University, Professor of the Department of engines and heat engineering, e-mail: li-dvz@bigmir.net, tel. +380988222541, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a.

Syrota Olexandr V., Ph.D. in Technical Science, National Transport University, Associate Professor of the Department of engines and heat engineering, tel. +380665755553, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a.

Nyzhnyk Maksym Ye., National Transport University, Postgraduate of the Department of engines and heating engineering, e-mail: Free-time@bigmir.net, tel. +380677614117, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a.

Shuba Yevgenii V., National Transport University, Postgraduate of the Department of engines and heating engineering, e-mail: Zhuhe90@bigmir.net, tel. +380688147423, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 Suvorova St., of. 303a .

АВТОРЫ:

Лисовал Анатолий Анатольевич, доктор технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: li-dvz@bigmir.net, тел. +380988222541, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Сирота Александр Вадимович, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: li-dvz@bigmir.net, тел. +380665755553, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Нижник Максим Евгеньевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: Free-time@bigmir.net, тел. +380677614117, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Шуба Евгений Васильевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: Zhuhe90@bigmir.net, тел. +380688147423, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, м. Київ, Україна.

Клименко Олексій Андрійович, кандидат технічних наук, заступник завідувача лабораторії дослідження палив та екології ДП «ДержавтотрансНДІпроект», м. Київ, Україна.

REVIEWERS:

Sakhno V.P., PhD, Engineering (Dr.), National Transport University, Head of the Automobile department, Kyiv, Ukraine.

Klymenko O.A., Ph.D., Deputy director of the Research laboratory of fuels and ecology SE "DerzhavtotransNDIproekt", Kyiv, Ukraine.