

УДК 621.43.056
UDC 621.43.056

ПРОГРІВ КАТАЛІТИЧНОГО НЕЙТРАЛІЗАТОРА ПІСЛЯ ЗАПУСКУ ХОЛОДНОГО ДВИГУНА І ЙОГО ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Кухтик Н.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

CATALYTIC CONVERTER WARMING UP AFTER A COLD START AND ITS IMPACT ON THE EFFICIENCY OF HARMFUL SUBSTANCE NEUTRALIZATION

Kukhtyk N.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПРОГРЕВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА ПОСЛЕ ПУСКА ХОЛОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Кухтик Н.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Сучасні бензинові двигуни повинні відповідати жорстким екологічним стандартам, які вже впроваджені в Європі і які також впроваджує Україна. З 2016 року Україна підтвердила своє прагнення підтримувати стандарти Євро-5. Але і попередні вимоги стандартів Євро-3 та Євро-4 встановлюють низький рівень викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Забезпечення цих вимог можливе тільки завдяки використанню додаткового обладнання (нейтралізаторів) у системі випуску відпрацьованих газів (ВГ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Європі та США ведуться роботи, в основному, з пошуку ефективних матеріалів, що замінять коштовні платину, паладій, родій в блоках каталітичних нейтралізаторів. Більшої інформації відносно ефективності роботи нейтралізатора за різних температур відпрацьованих газів виробники не надають.

Дослідженнями щодо пошуку нових технічних рішень при розробці нових нейтралізаторів займалися відомі вчені, а саме: Каменев В.Ф., Фомін В.М., Папкін Б.А., Соловійов С.О., Орлик С.М., Сініцин В.А. [1-3].

Мета дослідження. Визначення температурного режиму як двигуна так і каталітичного нейтралізатора, за якого можлива ефективна робота щодо зменшення викидів забруднюючих речовин. Визначення мінімальних і максимальних меж (за температурою) окислювальних реакцій із зменшенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Результати дослідження. Викиди забруднюючих речовин автомобільними двигунами тісно пов'язані з особливістю протікання робочих процесів в циліндрах двигуна, а особливо процесів згоряння. Процес згоряння характеризується як швидкоплинна реакція окислення вуглеводнів, що проходить певну низку хімічних перетворень. Повнота перетворень вуглеводнів в двооксид вуглецю CO_2 та пари води H_2O залежить від складу робочої суміші, швидкості реакції і від часу, що виділяється в реальному робочому циклі, на здійснення реакції. Із збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигунів цей час суттєво зменшується і складає близько 0,003 с.

За такий короткий період, навіть досконала система, не в змозі забезпечити повне окислення вуглеводнів.

Саме це спонукало автовиробників до використання систем нейтралізації забруднюючих речовин відпрацьованих газів двигунів.

За характером основної реакції, видалення забруднюючих речовин, нейтралізатори можуть бути окислювальними, відновлювальними і трикомпонентними чи біфункціональними.

В каталітичних нейтралізаторах реакції перетворення шкідливих компонентів відпрацьованих газів двигуна здійснюються протіканням безполум'яних процесів окислення і відновлення в присутності каталізатора. Каталізатори – це речовини, які самі не приймають участі в термохімічних реакціях, але, послаблюючи молекулярні зв'язки в газах, забезпечують протікання реакцій за нижчих температур [1].

За відсутності каталітичних нейтралізаторів повне перетворення оксиду вуглецю і незгорівших вуглеводнів відбувається в діапазоні температур від 700 до 850°C при умові надлишку кисню. Нейтралізувати оксиди азоту при цьому неможливо, оскільки обов'язковою умовою їх відновлення є відсутність вільного кисню [2].

Одним з недоліків каталітичних нейтралізаторів є суттєва залежність ефективності роботи нейтралізатора від його температури.

Каталітичний процес нейтралізації продуктів згоряння протікає, як правило, за температури вище 300°C за малого часу контакту, що пов'язано з великими швидкостями потоку відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння.

Блочні сотові носії і каталізатори випускають відомі світові фірми, а саме: «Corning», «Engelhard» (США), «Siemens», «Degussa», «BASF» (Німеччина), «NGK» (Японія), «Holdor Topsøe» (Данія), «Bosal» (Бельгія) та інші.

На ефективність нейтралізатора великий вплив чинять конструкція і матеріал носія каталізатора, та матеріали, які використовують в якості напиленого активного шару нейтралізатора.

Хімікам відомо безліч каталізаторів – мідь, хром, нікель, паладій, родій. Але самою стійкою до впливу сірчистих сполук, які утворюються при згорянні наявної в бензині сірки, виявилася платина. На частку каталізаторів доводиться до 60% собівартості всього нейтралізатора.

В багатьох випадках, носієм в нейтралізаторі слугує спецкераміка – моноліт з безліччю поздовжніх сот-осередків, на які нанесена спеціальна шорстка підкладка. При цьому вага благородних металів, нанесених на підкладку, становить всього 2–3 грами.

На сьогоднішній день виробники каталітичних нейтралізаторів та автовиробники віддають перевагу в конструкції нейтралізаторів металевим стільникам. Це дозволяє збільшити площу робочої поверхні, отримати менший протитиск, прискорити розігрів каталітичного нейтралізатора до робочої температури і, головне, розширити температурний діапазон до 1000–1050°C. Прикладом можуть слугувати каталітичні нейтралізатори Metalit. Стільники цих нейтралізаторів зроблені з тонкостінного (товщиною 0,04 мм, а не 0,15 мм як у кераміки) листа хромалюмінієвої сталі, для кращої адгезії каталітичного шару легованої рідкоземельним металом ітрієм [3]. Такий нейтралізатор витримує пікові температури до 1300°C.

Зазвичай, в якості каталізаторів напилюють платину і родій у співвідношенні 5:1. В останній час замість платини використовують паладій [1].

Ефективна робота каталітичного нейтралізатора відповідає достатньо вузькому діапазону зміни значень коефіцієнта надміру повітря $\alpha = 0,995 \dots 1,005$ (рис. 1) і оцінюється коефіцієнтом ефективності перетворень речовин

$$K = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де C_1 – концентрація компонента ВГ на вході в нейтралізатор;

C_2 – концентрація компонента ВГ на виході з нейтралізатора.

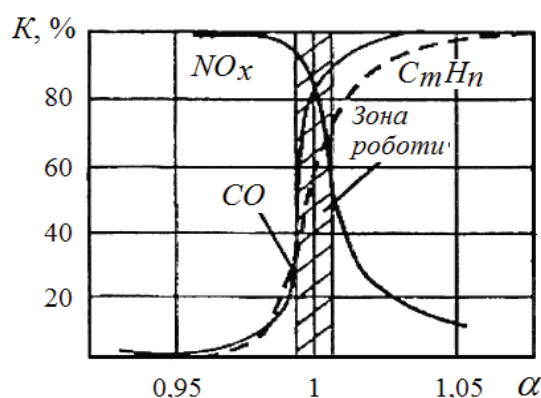


Рисунок 1 – Характеристика ефективності нейтралізатора [1]

За відхилення складу суміші від оптимального (заштрихована зона роботи), ефективність перетворення одразу всіх трьох компонентів суттєво знижується. За збіднення суміші більше $\alpha = 1,005$ ефективність окислювальних реакцій збільшується, а відновлення NO_x знижується до

10%. За збагачення суміші ($\alpha < 0,995$) ефективність відновлення оксидів азоту збільшується, а ефективність окислення CO і C_mH_n знижується до 0%.

Крім цього, ефективність роботи нейтралізатора суттєво залежить від температури розігріву активного елемента. Показовим виступає показник мінімальної температури нейтралізатора, за якої ефективність перетворення оксиду вуглецю CO сягає 50%. Значення цієї температури залежить від багатьох факторів, але в першу чергу від матеріалів нейтралізатора і технології виготовлення нейтралізатора.

Усреднюючи інформацію про різноманітні нейтралізатори можна стверджувати, що за температури активного елемента $50^\circ C$ окислення CO в CO_2 забезпечується тільки на 25%. За більш високої температури (близько $300^\circ C$) перетворення складає вже 90%.

Приблизно така ж тенденція спостерігається і відносно вуглеводнів C_mH_n , але при цьому температури 25% перетворень складає $200^\circ C$ і 90% перетворень $450^\circ C$.

В автомобільних двигунах температура відпрацьованих газів за різних режимів роботи та різних навантажень також суттєво відрізняється.

Приблизно можна характеризувати роботу двигуна наступними температурами відпрацьованих газів. В двигуні з іскровим запалюванням в режимі активного холостого ходу температура становить $285\text{--}315^\circ C$, в режимі середніх навантажень – $530\text{--}600^\circ C$, за повних навантажень – $750\text{--}800^\circ C$. Більш точно можна встановити температури відпрацьованих газів для кожного конкретного двигуна тільки в ході додаткових стендових випробувань двигуна.

Разом з тим, необхідно відзначити, що дані діапазони температур приведені для вже прогрітого двигуна, а після запуску двигуна діапазони температур інші. За холодного запуску двигуна, навіть в теплу пору року, вихід на робочі режими каталітичного нейтралізатора відбувається за $100\text{--}120$ секунд (рис. 2) [4].

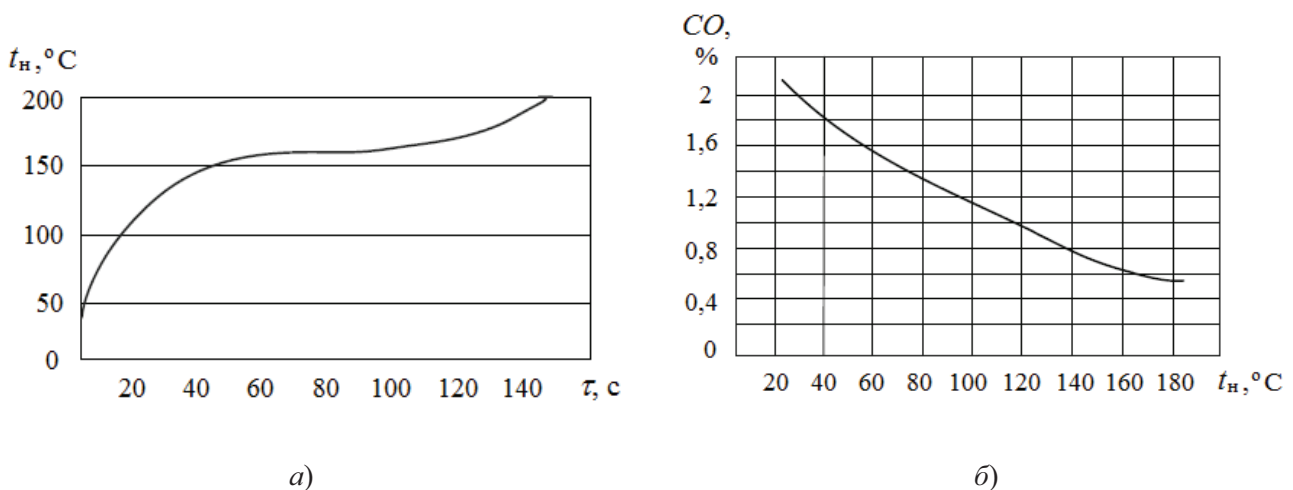


Рисунок 2 – Залежність температури нагрівання каталізатора t від часу (а) та зниження концентрації CO від температури (б) [4]

Характеристики різних каталітичних нейтралізаторів відрізняються в залежності від використаних матеріалів та технологій виготовлення.

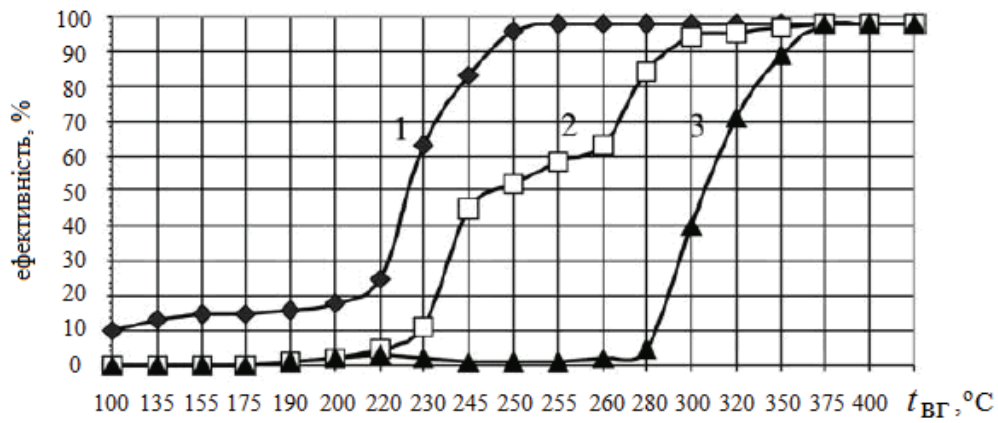
В дослідженнях науковців Інституту фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України приведені порівняльні характеристики нейтралізаторів різних виробників. Вони показують суттєві відмінності температур ефективної роботи (рис. 3).

З рисунка можна визначити, що 60% ефективності по CO різні нейтралізатори можуть досягти за температур $230, 255$ та $310^\circ C$, тобто температура відрізняється на $80^\circ C$.

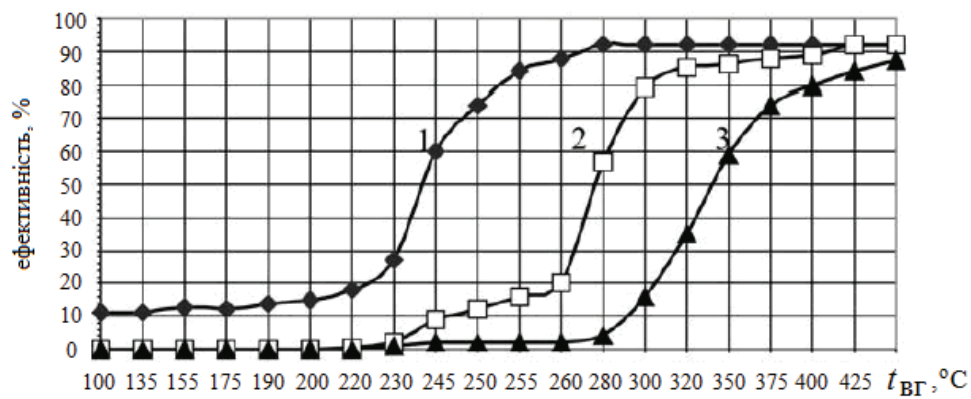
Температура 60% ефективності нейтралізації C_mH_n становить відповідно $245, 280$ та $350^\circ C$.

Подібні результати приведені і в дослідженнях ГОСНІТІ [5]. Порівняння п'яти каталітичних нейтралізаторів показане на рис. 4.

Порівняння графіків ефективності нейтралізаторів показує, що нейтралізатори ГОСНІТІ, ІМЕТ РАН, «Енгельгард» за температури до $240^\circ C$ вже можуть забезпечувати до 95% перетворення оксиду вуглецю CO у вуглекислий газ CO_2 .



a)



б)

Рисунок 3 – Ефективність процесу очистки газів від CO (а) і C_mH_n (б) на катализаторах: 1 – ІФХ НАН України; 2 – Walker (Німеччина); 3 – Linda Gobex (Польща) [2]

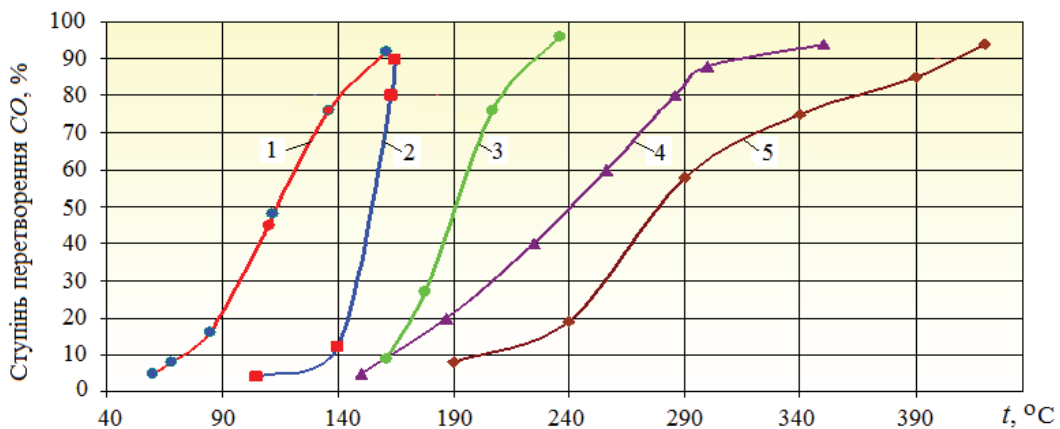


Рисунок 4 – Порівняльні характеристики ефективності каталітичних покриттів для нейтралізації відпрацьованих газів ДВЗ:

- 1 – оксидний катализатор з підкладкою з нанокристалічного беміта (ГОСНІТІ); 2 – платинове ІМЕТ РАН (Росія); 3 – платинове «Енгельгард» (США); 4 – платинове «Унікат» (Швеція); 5 – платинове Уральський електрохімічний комбінат (Росія) [5]

В проаналізованих роботах не приведено чітких рекомендацій про режими доцільного прогріву для забезпечення більш швидкого включення в ефективну роботу нейтралізатора.

В роботі [6] відзначається, що один з методів, який дозволяє прискорити розігрів нейтралізатора – це підвищення температури відпрацьованих газів на впуску в нейтралізатор. При цьому зазначається, що температура ВГ залежить від низки факторів, а саме: від регулювання і режиму роботи двигуна, від місця встановлення нейтралізатора, від конфігурації випускної системи.

В роботі зазначено, що за зміни кута випередження запалювання в бік пізнього запалювання, забезпечується більша тривалість згоряння в період розширення, що призводить до зниження максимального тиску в циліндрі і підвищення температури ВГ у випускному трубопроводі.

Також зазначено підвищення температури ВГ у випускному каналі за збільшення частоти обертання колінчастого вала двигуна з 1000 до 2000 хв⁻¹, що пояснюється інтенсифікацією заряду в циліндрі і покращенням його згоряння.

Аналіз місця встановлення каталітичного нейтралізатора показав, що за зменшення відстані від випускного клапану двигуна до нейтралізатора, ефективність перетворення CO і C_mH_n може підвищитися на 5–10% [6].

В більшості приведені приклади прискореного прогріву нейтралізатора забезпечуються конструктивними засобами.

До таких конструктивних засобів можна віднести і обладнання двигунів спеціальними системами підігріву нейтралізаторів, приклад якої показано на рис. 5.

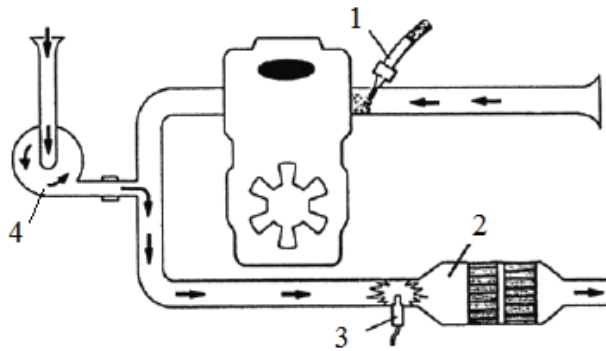


Рисунок 5 – Схема системи підігріву нейтралізатора:
1 – паливна форсунка; 2 – нейтралізатор; 3 – свічка для підпалювання суміші;
4 – насос для подачі додаткового повітря

На рис. 5 показана схема подавання додаткового повітря у випускну систему. Після запуску двигуна система керування двигуном збагачує суміш для ефективного прогріву двигуна і забезпечення стабільної роботи. При цьому відпрацьовані гази вміщують підвищену кількість оксидів вуглецю та незгорівших вуглеводнів.

Подача додаткового повітря насосом 4 може забезпечити доокислення CO та C_mH_n у випускній системі і одночасно прискорити прогрів нейтралізатора до робочої температури. Для активації процесу згоряння використовується додаткова свічка запалювання 3.

Подача додаткового повітря в залежності від початкової температури запуску двигуна може тривати до 100 секунд.

Більшість дослідників також пропонують конструктивне обладнання двигуна для зменшення викидів забруднюючих речовин в режимах запуску двигуна і холостого ходу.

Пропонується розігрів нейтралізатора НВЧ-випромінюванням, встановлення додаткових ТЕНів в контур системи охолодження, використання електрохімічних методів з введенням у канал нейтралізатора водневого реагента.

Всі ці методи можна використати в період конструювання і виготовлення автомобіля та двигуна. Після отримання автомобіля споживачем втручання в роботу систем небезпечно, хоча б втратою гарантії на автомобіль і, тому недопустиме.

Тому, основними залишаються методи покращення екологічних показників, які не потребують втручання в конструкцію двигуна і автомобіля, а забезпечують споживача чітким розумінням можливості зменшення викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин та економії при цьому палива.

Висновки. Аналіз попередніх досліджень показав, що ефективна робота каталітичного трикомпонентного нейтралізатора залежить від температури його активного шару.

Для зменшення викидів забруднюючих речовин необхідно якнайшвидше забезпечити прогрів нейтралізатора до робочої температури близько 240°C.

Не допускається перевищення критичної температури (близько 1100°C), що може вивести з ладу нейтралізатор.

Для прискорення прогріву найчастіше пропонується встановлення додаткового обладнання.

Вплив режимних параметрів роботи двигуна на оптимальність прогріву двигуна і нейтралізатора вивчений недостатньо і потребує подальших досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Папкин Б. Разработка и исследование каталитических нейтрализаторов бензиновых двигателей для автомобилей массой до 3,5 т, обеспечивающих выполнение экологических требований: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Папкин Борис Аркадьевич. –М., 2009. – 188 с.
2. Соловйов С.О. Каталітичні нейтралізатори відпрацьованих газів / Соловйов С.О., Орлик С.М. // Наука та інновації, 2005. –Т. 1. –№ 2. С. 58–72.
3. Гандзюк М.О. Проблема створення каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 134/2012. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – Вип. 134. –С. 234–237.
4. Замкнутая система управления нейтрализацией отработавших газов автомобилей / Р.И.Сольницев [та ін.] // Информационно-управляющие системы. – 2015. –№ 2. – С. 37–39.
5. Каталитические нейтрализаторы отработавших газов двигателей внутреннего сгорания / Инновационный проект ГОСНИТИ. [Электронный ресурс] // ГОСНИТИ. –Режим доступа: <http://www.gosniti.ru>.
6. Апельинский Д. Повышение эффективности нейтрализации отработавших газов бензинового двигателя на режимах холостого пуска и прогрева: дис ... канд. техн. наук: 05.04.02. / Апельинский Дмитрий Викторович. –М., 2003. –135 с.

REFERENCES

1. Papkin B. Razrabotka i isledovanie kataliticheskykh neutralizatorov benzinovih dvigateley dlya avtomobiley massoy do 3,5 t, obespechivauchih vipolnenie ekologicheskikh trebovaniy: dis. ... cand. tehn. Sciences: 05.04.02 / Papkin Boris Arkadievich. –М., 2009. – 188 P.(Rus)
2. Solovyov S.O. Katalituchni neutralizatoru vidpraciovanych gasiv / Solovyov S.O., Orluk S.M. // Nauka ta innovacii, 2005. –Т. 1. –№ 2. P. 58–72.(Ukr)
3. Gandzuk M.O. Problema stvorenya kataliticheskykh neutralizatorov vidpraciovanych gasiv // Visnyk SevNTU: zb. nauk. pr. Vip. 134/2012. Series: Mashinopriladobuduvanya ta transport. – 2012. – Vip. 134. – P. 234–237 (Ukr).
4. Zamknutaya systema upravlenya neutralizaciey otrabotavshih gazov avtomobiley / R.I.Solnicev [and other] // Informacionno-upravlyauchie systemu. – 2015. –№ 2. – P. 37–39 (Rus).
5. Kataliticheskie neutralizatoru orabotavshih gazov dvigatelei vnutrenego sgoranya / Innovacionniy proekt GOSNITI [Electronic resource] // GOSNITI. –Regim dosupu: <http://www.gosniti.ru> (Ukr).
6. Apelinsky D. Povishenie effektivnosti neutralizacii otrabotavshih gazov benzinovogo dvigatelya na regimakh holostogo puska i progreva: dis. ... cand. tehn. Sciences: 05.04.02. / Apeninsky Dmitriy Viktorovich. –М., 2003. –135 P. (Rus)

РЕФЕРАТ

Кухтик Н.О. Прогрів каталітичного нейтралізатора після запуску холодного двигуна і його вплив на ефективність нейтралізації забруднюючих речовин / Н.О. Кухтик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

Сучасні бензинові двигуни повинні відповідати жорстким екологічним стандартам, які вже впроваджені в Європі і які також впроваджує Україна. Забезпечення цих вимог можливе тільки завдяки використанню додаткового обладнання (нейтралізаторів) у системі випуску відпрацьованих газів.

Мета дослідження – визначення температурного режиму як двигуна так і каталітичного нейтралізатора, за якого можлива ефективна робота щодо зменшення викидів забруднюючих речовин. Визначення мінімальних і максимальних меж (за температурою) окислювальних реакцій із зменшенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Викиди забруднюючих речовин автомобільними двигунами тісно пов'язані з особливістю протікання робочих процесів в циліндрах двигуна, а особливо процесів згорання. Із збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигунів тривалість згорання складає близько 0,003 с, що примушує використовувати для нейтралізації забруднюючих речовин каталітичні нейтралізатори. В каталітичних нейтралізаторах реакції перетворення шкідливих компонентів відпрацьованих газів

двигуна здійснюються протіканням безполум'яних процесів окислення і відновлення в присутності каталізатора. Каталітичний процес нейтралізації продуктів згоряння протікає, як правило, за температури вище 300°C за малого часу контакту, що пов'язано з великими швидкостями потоку відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння.

Ефективність роботи нейтралізатора суттєво залежить від температури розігріву активного елемента. За холодного запуску двигуна, навіть в теплу пору року, вихід на робочі режими каталітичного нейтралізатора відбувається за 100–120 секунд.

В статті приведені порівняльні дослідження нейтралізаторів різних виробників. Вони показують суттєві відмінності температур ефективної роботи.

В проаналізованих роботах не приведено чітких рекомендацій про режими доцільного прогріву для забезпечення більш швидкого включення в ефективну роботу нейтралізатора. Для прискорення прогріву нейтралізатора більшість дослідників пропонують дообладнання спеціальними системами підігріву.

Аналіз попередніх досліджень показав, що вплив режимних параметрів роботи двигуна на оптимальність прогріву двигуна і нейтралізатора вивчений недостатньо і потребує подальших досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ПРОГРІВ НЕЙТРАЛІЗАТОРА, ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ

ABSTRACT

Kukhtyk N.O. Catalytic converter warming up after a cold start and its impact on the efficiency of harmful substance neutralization. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

Modern gasoline engines must meet strict environmental standards that have been already implemented in Europe and which are also being implemented in Ukraine. Ensuring these requirements is possible only through the use of additional equipment (converters) in the exhaust system.

The aim of the study is to determine temperature conditions of both the engine and the catalytic converter under which it is possible to reduce harmful emissions effectively. The objective is to determine the minimum and maximum limits (by temperature) of oxidation reactions with the reduction of emissions into the atmosphere.

Automobile engine emissions are closely related with the peculiarity of engine cylinder operation, especially combustion processes. With the increasing crankshaft rotating frequency the duration of combustion is about 0,003 s. To neutralize pollutants it causes catalytic converters to be used. To neutralize harmful components of exhaust gases in catalytic converters, flameless processes of oxidation and neutralization take place. The catalytic process of combustion product neutralization occurs typically at temperatures above 300°C for small contact time. It is due to the high speed of exhaust gas flow.

The efficiency of the catalytic converter substantially depends on heating temperature of the active element. For a cold engine start, even in warm weather, the catalytic converter starts its operation in 100-120 seconds.

The article presents the comparative study of converters from different manufacturers. They show significant differences in effective operation temperatures.

The analyzed papers do not suggest clear guidelines about appropriate heating modes for faster and effective converter operation. To speed up the converter warming-up, most researchers offer special heating system equipment.

The analysis of the previous studies showed that the impact of engine operational parameters on optimal heating of the engine and the converter is not studied enough and it needs further research.

KEY WORDS: EXHAUST GASES, HARMFUL SUBSTANCES, CATALYTIC CONVERTER WARMING-UP, NEUTRALIZATION EFFICIENCY

РЕФЕРАТ

Кухтик Н.А. Прогрев каталитического нейтрализатора после пуска холодного двигателя и его влияние на эффективность нейтрализации загрязняющих веществ / Н.А. Кухтик // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Современные бензиновые двигатели должны соответствовать жестким экологическим стандартам, которые уже внедрены в Европе и которые так же внедряет Украина. Обеспечение этих

требуваний можливо тільки з допомогою використання додаткового обладнання (нейтралізаторів) в системі випуску оброблених газів.

Ціль дослідження – визначення температурного режиму як двигача так і каталітичного нейтралізатора, при якому можлива ефективна робота по зменшенню викидів забруднюючих речовин. Визначення мінімальних і максимальних меж (по температурі) окислювальних реакцій по зменшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферний повітря.

Викиди забруднюючих речовин автомобільними двигачами тісно пов'язані з особливістю протікання робочих процесів в циліндрах двигача, а особливо процесів згорання. З збільшенням частоти обертання коленчатого вала двигача тривалість згорання становить близько 0,003 с, що змушує використовувати для нейтралізації забруднюючих речовин каталітичні нейтралізатори. В каталітичних нейтралізаторах реакції перетворення шкідливих оброблених газів двигача здійснюються протіканням безпалених процесів окислення і відновлення в присутності каталізатора. Каталітичний процес нейтралізації продуктів згорання протікає, як правило, при температурі вище 300°C при малому часі контакту, що пов'язано з високими швидкостями потоку оброблених газів двигачей внутрішнього згорання.

Ефективність роботи нейтралізатора суттєво залежить від температури розігріву активного елемента. При холодному запуску двигача, навіть в теплу пору року, вихід на робочий режим каталітичного нейтралізатора здійснюється за 100–120 секунд.

В статті наведені порівняльні дослідження нейтралізаторів різних виробників. Вони показують суттєві відмінності температур ефективної роботи.

В проаналізованих роботах не наведено чітких рекомендацій про режими цілеспрямованого прогріву для забезпечення більш швидкого включення в ефективну роботу нейтралізатора. Для прискорення прогріву нейтралізатора більшість дослідників пропонують використовувати додаткове обладнання спеціальними системами підігріву.

Аналіз попередніх досліджень показав, що вплив режимних параметрів роботи двигача на оптимальність прогріву двигача і нейтралізатора вивчено недостатньо і потребує подальших досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОБРОБЛЕНІ ГАЗИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ПРОГРІВ НЕЙТРАЛІЗАТОРА, ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ

АВТОР: Кухтик Наталія Олександрівна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигуни і теплотехніка», старший викладач кафедри «Екологія та безпека життєдіяльності», e-mail: natakuchtik@mail.ru, тел. (044)288 51 00, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омельяновича-Павленка, 1, к. 312.

AUTHOR: Kukhtyk Nataliya O., National Transport University, graduate student of department Engines and Heating Engineering, Senior Lecturer of Department of Ecology and Safety of Vital Functions, e-mail: natakuchtik@mail.ru, тел. (044)288 51 00, Ukraine, 01010, Kyiv, M.Omelyanovych-Pavlenko str., 1, of. 312.

АВТОР: Кухтик Наталия Александровна, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигатели и теплотехника», старший преподаватель кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», e-mail: natakuchtik@mail.ru, тел. (044)288 51 00, Украина, 01010, н. Киев, ул. М.Омельяновича-Павленка, 1, к. 312.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Пасічник В.А., доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», завідувач кафедри «Інтегровані технології машинобудування», Київ, Україна.

Матейчик В. П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, Київ, Україна.

REVIEWER:

Pasichnyk V.A., Doctor of Technical Science, Professor, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Head of Department of Integrated Mechanical Engineering, Kyiv, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Dean of Automechanical Faculty, Kyiv, Ukraine.