

В. Є. Ведь, д.техн.н., професор, Є. В. Краснокутський, к.техн.н., доцент,
К. О. Горбунов, к.техн.н., професор, А. М. Миронов, к.техн.н., доцент,
М. В. Ільченко, к.техн.н., доцент, Ю. А. Селіхов, к.техн.н., професор

СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БЛОКУ КАТАЛІТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІЗ ШАРОМ КАТАЛІЗАТОРА НА ПОВЕРХНІ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МЕДІАТОРІВ

Національний Технічний Університет «Харківський Політехнічний Інститут»

Вступ

Промислові газові викиди та газові викиди автотранспорту є основними забруднювачами навколишнього середовища. Актуальним методом очищення газових викидів є каталітична конверсія. Але композиція та конструкції каталітичних нейтралізаторів вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання потребують подальшого вдосконалення. Це пов'язано з недоліками промислових методів отримання механічно міцних і термічно стійких каталізаторів та їх носіїв для каталітичних нейтралізаторів, а також із тим, що існуючі методи розрахунку та проектування каталітичних нейтралізаторів базуються на наближених і спрощених підходах, які розглядають каталітичну конверсію з позицій хімічної кінетики або з позицій закону масообміну.

Дослідний моторний стенд

Технічні характеристики стендового двигуна ВАЗ-21081і. Двигун ВАЗ-21081і у штатному виконанні є чотиритактним, бензиновим, карбюраторним з робочим об'ємом 1100 см³, ступенем стиснення 9.0. Номінальна потужність двигуна 40 кВт при частоті обертання колінчатого валу 5600 хв⁻¹. Максимальний обертовий момент 77.9 Н·м при $n = 3400$ хв⁻¹. Як паливо використовується бензин А-95.

Експериментальні дослідження конверсії газових викидів двигуна ВАЗ-21081і було проведено на базі дослідного моторного стенду кафедри двигунів внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Моторний стенд оснащено навантажувальним пристроєм, системою подачі палива, системи випуску відпрацьованих газів із каталітичним перетворювачем, водяною та повітряною системами охолодження, органів управління та вимірювальною апаратурою. Загальний вигляд стенду із встановленим двигуном ВАЗ-21081і наведено на рис. 1.

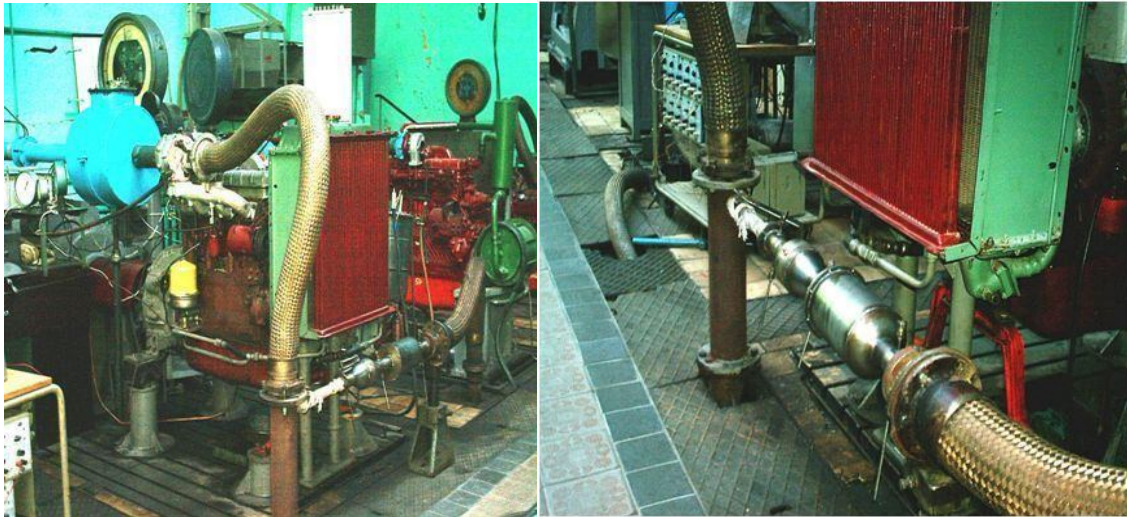


Рисунок 1 – Загальний вигляд моторного дослідного стенду кафедри «Двигуни внутрішнього згорання» НТУ «ХП»

Технічні характеристики моторного стенду. Апаратура стенду представлена наступними засобами контрольно-виміральної техніки:

- датчиком фаз на шків розподільного валу у головці блоку циліндра;
- датчиком розходу повітря BOSCH;
- широкосмуговим датчиком детонації;
- датчиком швидкості;
- датчиком кисню BOSCH LHS-25;
- контролером «январь-7.2» (2111-1411020-82);
- багатоканальним цифровим пристроєм вимірювання температур відпрацьованих газів до і після нейтралізатора, оснащеним термопарами градування ТХА;
- водним U-подібним манометром для вимірювання гідравлічного опору в системі нейтралізації газів;
- динамометром для вимірювання обертового моменту на вихідному валу;
- частотоміром для вимірювання частоти обертання колінчатого валу;
- газоаналізатором «Инфракар» 5М-2.02.

Технічні характеристики промислового та розробленого каталітичних нейтралізаторів. Розроблений дослідний зразок каталітичного нейтралізатора має наступні характеристики каталітичної насадки: довжина 130 мм; діаметр 100 мм; об'єм 1 дм³; площа поверхні 3.87 м². Ескіз блоку каталітичного нейтралізатора та його загальний вигляд представлені на рис. 2 і рис. 3 відповідно. Вхідний патрубок каталітичного нейтралізатора оснащено діафрагмою-розсікачем, яка рівномірно розподіляє потік газу радіальним перерізом.

Також розроблений каталітичний перетворювач оснащено шаром теплоізоляції, розташованої між стінками двох коаксіальних циліндрів, виконаних із фольги Н80Х20. Це запобігає втратам тепла із реакційного простору нейтралізатора до навколишнього середовища як через теплопровідність корпусу, так і через теплове випромінювання, і приводить до вирівнювання теплового поля та рівномірності використання всієї поверхні каталітичного перетворювача у процесі знешкодження газових викидів.

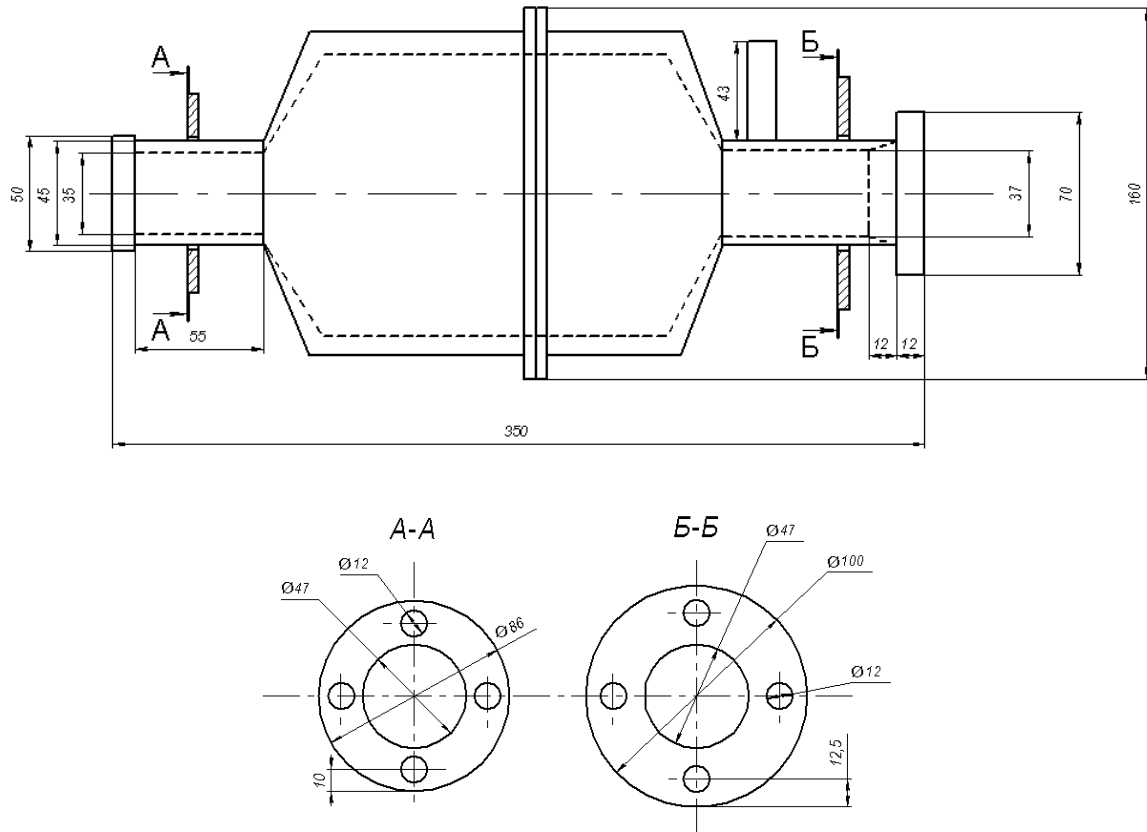


Рисунок 2 – Ескіз блоку каталітичного нейтралізатора та його фланцевих з'єднань



Рисунок 3 - Зовнішній вигляд розробленого блоку каталітичного нейтралізатора



Рисунок 4 - Зовнішній вигляд каталітичного нейтралізатора Bosal 099-886

Для оцінки експлуатаційних характеристик створеного нейтралізатора було придбано новий промисловий автомобільний каталітичний нейтралізатор Bosal 099-886 (рис. 4).

Каталітичний нейтралізатор Bosal 099-886 на відміну від розробленого каталітичного нейтралізатора має суттєві конструктивні недоліки: квадратний переріз робочого об'єму блоку, неперфорований носій каталізатора, конструкція блоку не передбачає теплоізоляцію та засобів рівномірного розподілу газового потоку перерізом нейтралізатора. Іншим недоліком, який суттєво збільшує вартість каталітичного нейтралізатора Bosal 099-886, є використання у ньому як каталізатора платино-родієвого покриття.

Квадратний переріз робочого об'єму блоку обумовлює те, що відпрацьовані гази, які входять до блоку через патрубок круглого перерізу, нерівномірно розподіляються об'ємом робочого блоку, причому найменша кількість газів надходить до кутових зон квадратного перерізу блоку. З іншого боку, саме кутові зони мають найбільшу питому поверхню щодо навколишнього середовища, завдяки чому в них спостерігається збільшений тепловідвід, зниження температури газового потоку, зменшення швидкості конверсії викидних газів та збільшення відкладень сажі на поверхні каталітичного перетворювача та його дезактивація. Все це ускладнюється відсутністю теплоізоляції каталітичного нейтралізатора Bosal 099-886.

Неперфорований носій шару каталізатора, що застосовується у каталітичному нейтралізаторі Bosal 099-886, має суттєві вади у порівнянні з розробленим металевим носієм сітчастої структури: відсутність пор унеможливорює радіальне перемішування газових викидів у поперечному напрямку каталітичної насадки, що погіршує вирівнювання поля температур у блоці нейтралізатора та зменшує ефективність використання поверхні каталізатора.

Програма та методика випробувань каталітичних нейтралізаторів

Відповідно до розробленої програми підготовки до випробувань дослідні зразки каталітичних нейтралізаторів, виготовлених у відповідності із запропонованими методиками [1–4], встановлювалися у випускний тракт газових викидів двигуна внутрішнього згорання та оснащувалися системою вимірювання температур газів, їх якісного та кількісного складу.

Основна програма проведення експериментальних досліджень передбачала дослідження ступеня очищення газових викидів для різних режимів роботи двигуна внутрішнього згорання з іскровим запаленням. Було досліджено навантажувальні характеристики ефективності очищення газових викидів для усталених режимів.

Час роботи двигуна на кожному режимі випробувань визначався тривалістю реєстрації робочих параметрів двигуна та нейтралізатора і становив не менше п'яти хвилин після досягнення їх стабільної роботи. Після завершення вимірювання відбувався перехід на наступний режим. Результати досліджень зведено до табл. 1.

Обробка результатів досліджень

Проведення експериментальних досліджень на кожному режимі роботи двигуна дозволило отримати дані, які представлено у графічній формі у вигляді залежностей початкового (до каталітичного нейтралізатора) та залишкового (після нього) вмісту

вуглеводнів та карбон (II) оксиду від потужності, що розвиває двигун при різних частотах обертання колінчатого валу.

Аналіз рис. 5–6 та рис. 9–10 показує, що збільшення навантаження на колінчастому валу приводить до збільшення вмісту як карбон (II) оксиду, так і вуглеводнів у відпрацьованих газах. Це, на перший погляд, суперечить тому факту, що збільшення навантаження супроводжується зростанням коефіцієнту надлишку повітря і, відтак, має спостерігатися зворотний процес. Проте збільшення навантаження вимагає підвищення витрат палива і повітря на одиницю часу роботи двигуна (рис. 15–16). Це приводить до зменшення часу перебування паливно-повітряної суміші у циліндрах двигуна і, відтак, до зменшення ступеня перетворення палива у карбон (IV) оксид [5, 6].

Таблиця 1 - Навантажувальні характеристики двигуна ВАЗ-21081і та відповідні їм параметри очищення газових викидів нейтралізаторами

Частота обертання колінчатого валу n , хв^{-1}	Потужність N , кВт	Коефіцієнт надлишку повітря α .	Вміст CO до нейтралізатора, об. %	Вміст CO після нейтралізатора, об. %	Вміст СН до нейтралізатора, ppm	Вміст СН після нейтралізатора, ppm
Експериментальний нейтралізатор кафедри ІТПА НТУ "Харківський Політехнічний Інститут"						
3620	28.03	1.035	1.02	0.18	164	28
3592	21.30	1.049	0.89	0.07	138	20
3598	13.93	1.019	0.75	0.02	126	20
3607	7.25	0.970	0.70	0.04	104	28
3853	0.57	0.916	0.62	0.04	48	20
2505	18.04	1.008	0.66	0.00	155	24
2490	15.01	1.009	0.56	0.00	140	30
2500	12.50	0.994	0.60	0.00	146	24
2495	5.01	0.954	0.56	0.00	122	56
2600	0.38	0.883	0.62	0.00	70	40
Bosal 099-886						
3596	27.77	1.030	0.75	0.19	182	62
3596	21.15	1.038	0.70	0.18	142	50
3603	14.27	0.994	0.70	0.11	142	48
3603	7.56	0.970	0.65	0.05	118	40
3783	0.56	0.885	0.58	0.04	64	20
2520	17.53	1.006	0.64	0.07	148	50
2527	14.99	1.018	0.54	0.05	136	50
2523	12.61	0.998	0.70	0.07	144	52
2486	4.65	0.943	0.70	0.01	140	58
2527	0.37	0.867	0.61	0.00	82	42

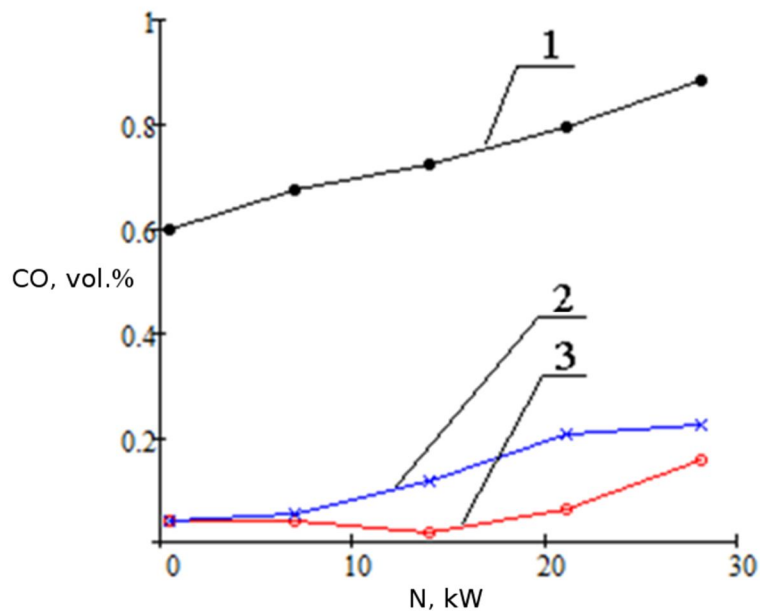


Рисунок 5 – Вміст CO, об.%, у відпрацьованих газах двигуна ВАЗ-21081і до очищення (1), після конверсії: у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) та у розробленому нейтралізаторі (3) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчатого валу $n=3600 \text{ хв}^{-1}$

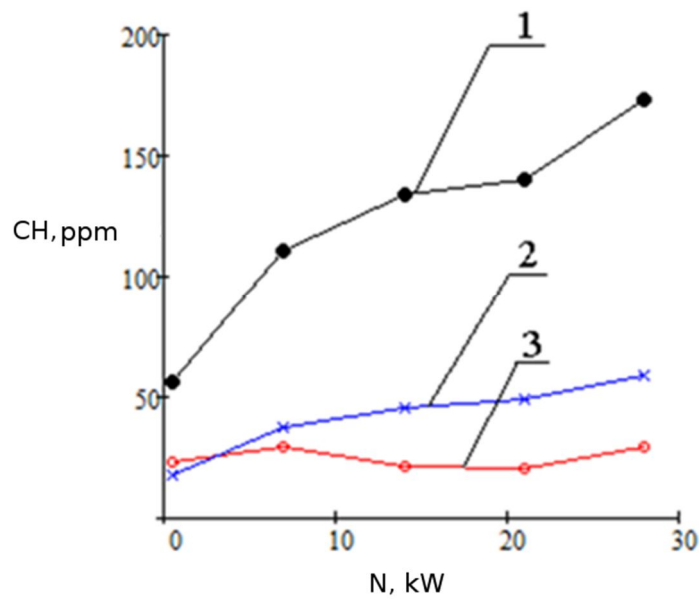


Рисунок 6 - Вміст CH, об.%, у відпрацьованих газах двигуна ВАЗ-21081і до очищення (1), після конверсії: у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) та у розробленому нейтралізаторі (3) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчатого валу $n=3600 \text{ хв}^{-1}$

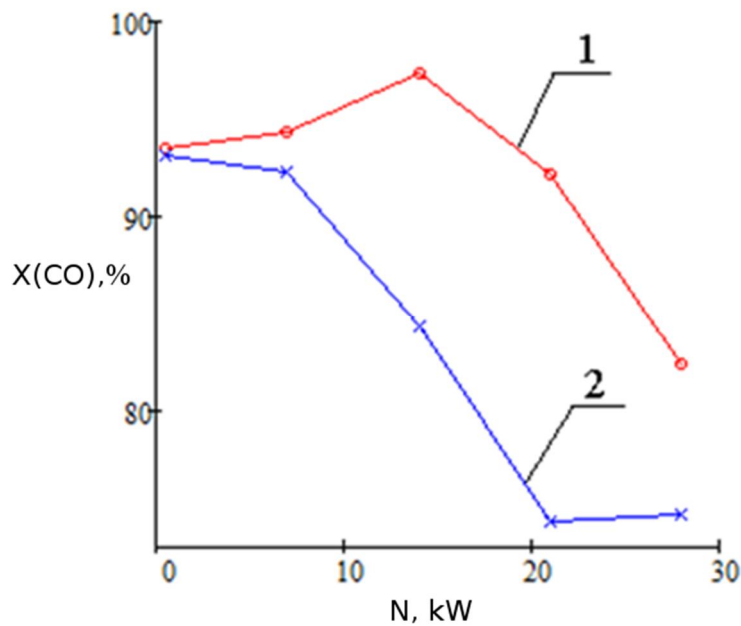


Рисунок 7 - Ступінь конверсії CO, %, після конверсії: у розробленому нейтралізаторі (1) та у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчатого валу $n=3600 \text{ хв}^{-1}$

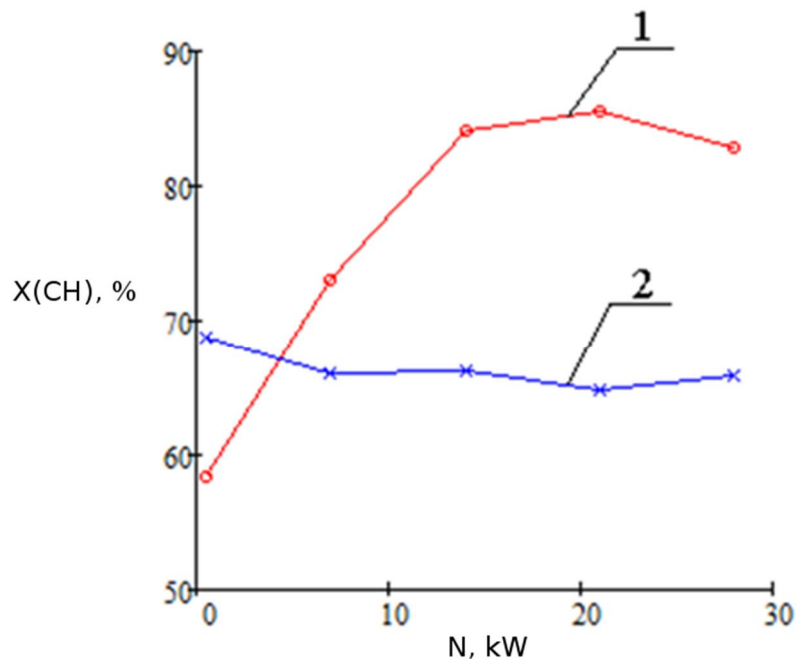


Рисунок 8 - Ступінь конверсії CH, %, після конверсії: у розробленому нейтралізаторі (1) та у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчатого валу $n=3600 \text{ хв}^{-1}$

Підвищення витрат палива і повітря на одиницю часу роботи двигуна при збільшенні навантаження приводить до збільшення температури та швидкості потоку відпрацьованих газів (рис. 13–14) [7]. Такі умови приводять до кумулятивного

збільшення спостережуваного значення коефіцієнту масовіддачі у відповідності до запропонованої математичної моделі конверсії газових викидів [8, 9]. Все це дозволяє припустити, що збільшення навантаження має сприяти очищенню газових викидів як від карбон (II) оксиду, так і вуглеводнів. Проте отримані дані залежності ступеня перетворення карбон (II) оксиду та вуглеводнів від навантаження на двигун при частоті обертання колінчастого валу $n=3600 \text{ хв}^{-1}$ (рис. 7–8) виявили екстремум залежності, який можна пояснити наступним чином. З одного боку підвищення навантаження на двигун приводить до збільшення швидкості потоку відпрацьованих газів і до збільшення спостережуваного коефіцієнту масовіддачі. Проте для кожного значення температури потоку відпрацьованих газів існує верхня межа спостережуваного значення поверхневих констант швидкостей перетворення карбон (II) оксиду і вуглеводнів у карбон (IV) оксид. Значення цієї межі обумовлюється питомою поверхнею контакту фаз та поверхневою концентрацією каталітично активних сполук на поверхні носія. При досягненні потоком відпрацьованих газів певної критичної швидкості спостережуване значення коефіцієнту масовіддачі стає рівним значенню спостережуваного значення поверхневої константи швидкості перетворення газових викидів у карбон (IV) оксид. Подальше підвищення швидкості потоку відпрацьованих газів приводить до переходу процесу знешкодження газових викидів із області зовнішньої дифузії у область поверхневої хімічної кінетики і, відтак, до зменшення ступеня очищення відпрацьованих газів.

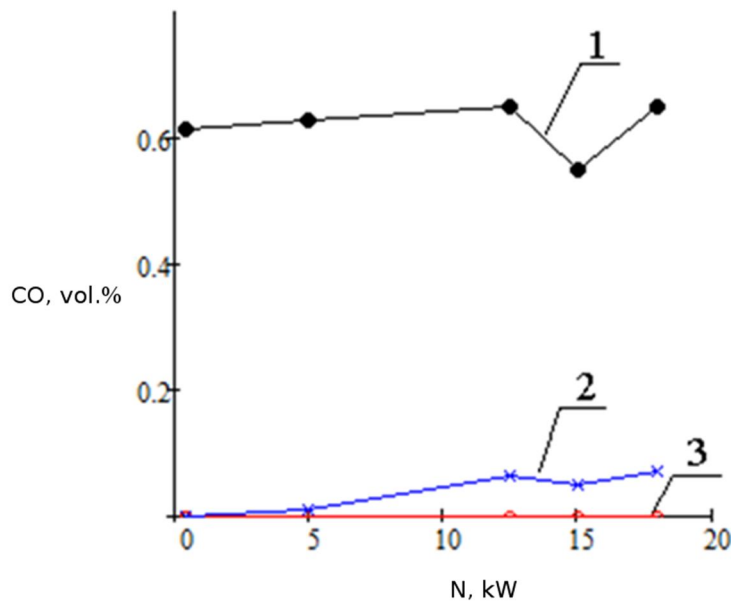


Рисунок 9 – Вміст CO, об.%, у відпрацьованих газах двигуна ВА3-21081і до очищення (1), після конверсії: у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) та у розробленому нейтралізаторі (3) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчастого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$

Екстремум залежності ступеня перетворення від потужності двигуна при частоті обертання колінчастого валу $n=3600 \text{ хв}^{-1}$ спостерігається при потужності 15 кВт для карбон (II) оксиду та 20 кВт для вуглеводнів (рис. 7, 8). Зміщення екстремуму функції ступеня конверсії в область більш високих потужностей визначається як збільшенням геометричних розмірів блоку каталітичного перетворювача, так і вмістом каталітично активних сполук на поверхні носія.

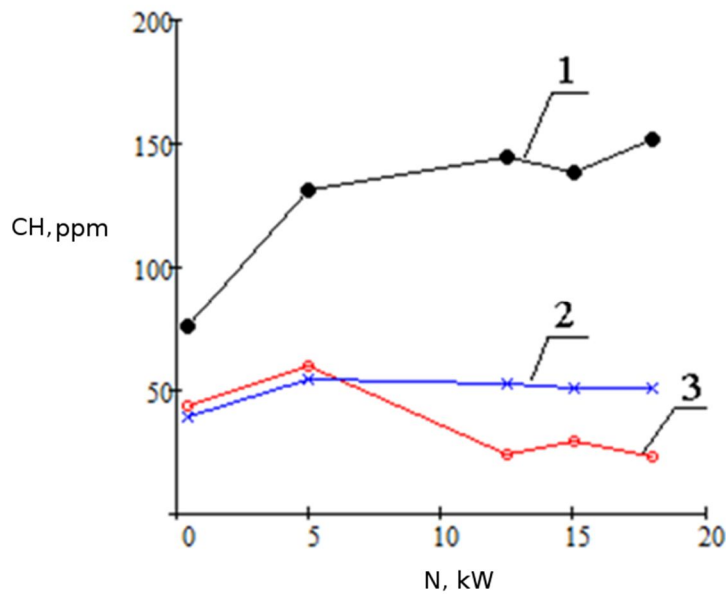


Рисунок 10 – Вміст СН, об.%, у відпрацьованих газах двигуна ВАЗ-21081і до очищення (1), після конверсії: у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) та у розробленому нейтралізаторі (3) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчатого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$

Підвищення питомої поверхні носія каталізатора для досягнення мети зміщення екстремуму в область більш високих потужностей двигуна не є доцільним, оскільки приведе до збільшення гідравлічного опору блоку каталітичного перетворювача потоку відпрацьованих газів та, як наслідок, до зменшення коефіцієнту корисної дії двигуна.

Цілкові інший характер впливу потужності двигуна на ступінь конверсії газових викидів спостерігається у випадку проведення випробувань при частоті обертання колінчастого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$. В усьому діапазоні варіювання потужності двигуна, крім точки, яка відповідає потужності 15 кВт, спостерігається ріст ступеня перетворення вуглеводнів у карбон (IV) оксид (рис. 12), що відповідає розроблені математичній моделі процесу конверсії газових викидів. «Аномальне» зменшення ступеня перетворення вуглеводнів у точці, яка відповідає потужності 15 кВт при частоті обертання колінчастого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$, пов'язано з тим, що при даній потужності двигуна спостерігається локальне підвищення коефіцієнту надлишку повітря (табл. 1) і зменшення вмісту вуглеводнів, що поступають із відпрацьованими газами у блок каталітичного перетворювача.

Також окремо слід відзначити факт стовідсоткової конверсії карбон (II) оксиду в усьому діапазоні варіювання потужності двигуна при частоті обертання колінчастого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$ навіть за умов, коли коефіцієнт надлишку повітря набуває значень, менших одиниці (рис. 11 та табл. 1). Така особливість перебігу гетерогенно-каталітичного процесу конверсії відпрацьованих газів може мати місце лише за умови, якщо константа швидкості перетворення карбон (II) оксиду на карбон (IV) оксид значно переважає константу швидкості перетворення вуглеводнів на карбон (II) оксид, що цілком збігається із отриманими даними щодо кінетичного механізму знешкодження газових викидів [10].

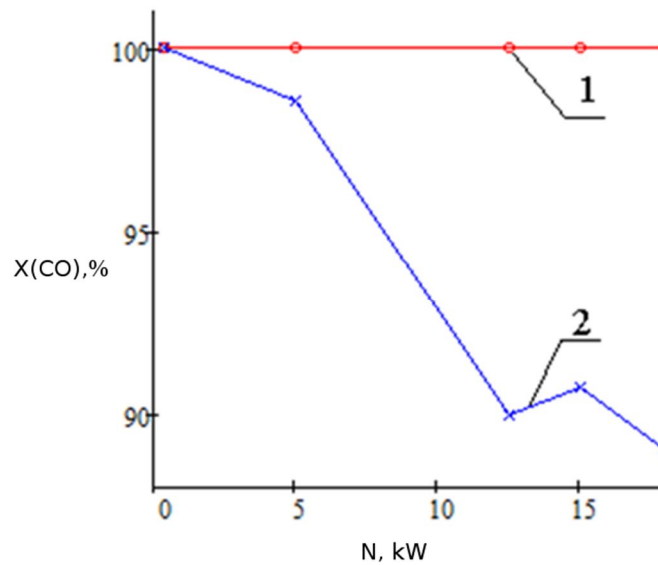


Рисунок 11 – Ступінь конверсії CO, %, після конверсії: у розробленому нейтралізаторі (1) та у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчатого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$

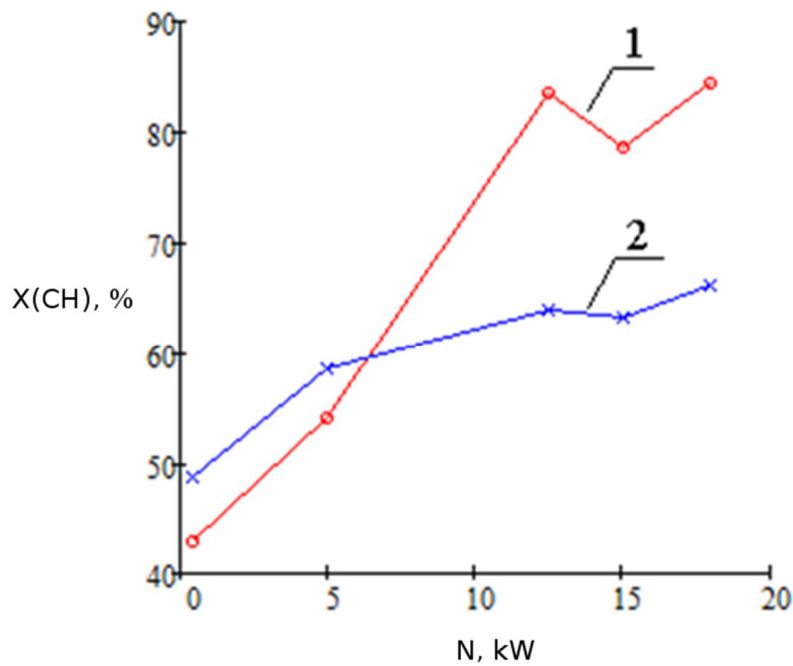


Рисунок 12 – Ступінь конверсії CH, %, після конверсії: у розробленому нейтралізаторі (1) та у нейтралізаторі Bosal 099-886 (2) в залежності від потужності двигуна при частоті обертів колінчатого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$

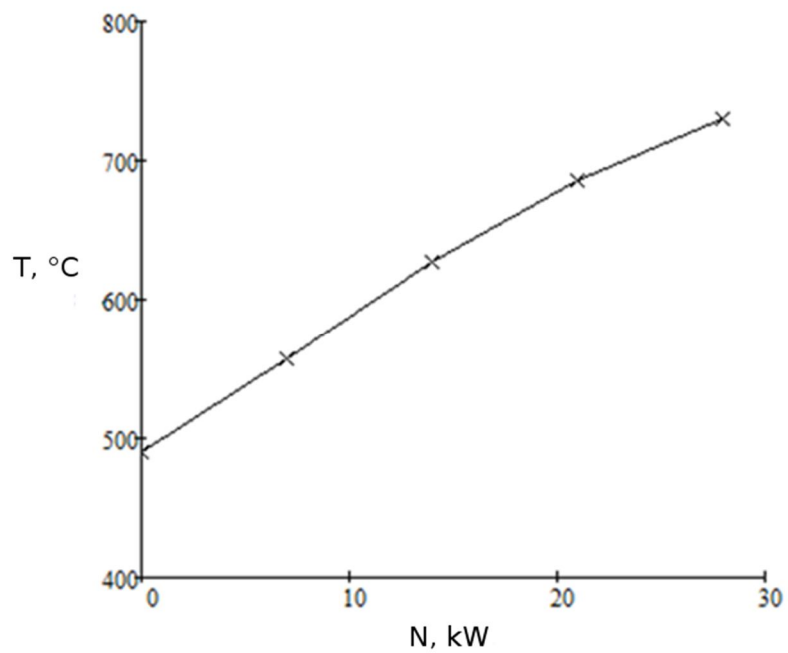


Рисунок 13 - Температура відпрацьованих газів двигуна ВАЗ-21081і при частоті обертання колінчастого валу $n = 3600 \text{ хв}^{-1}$

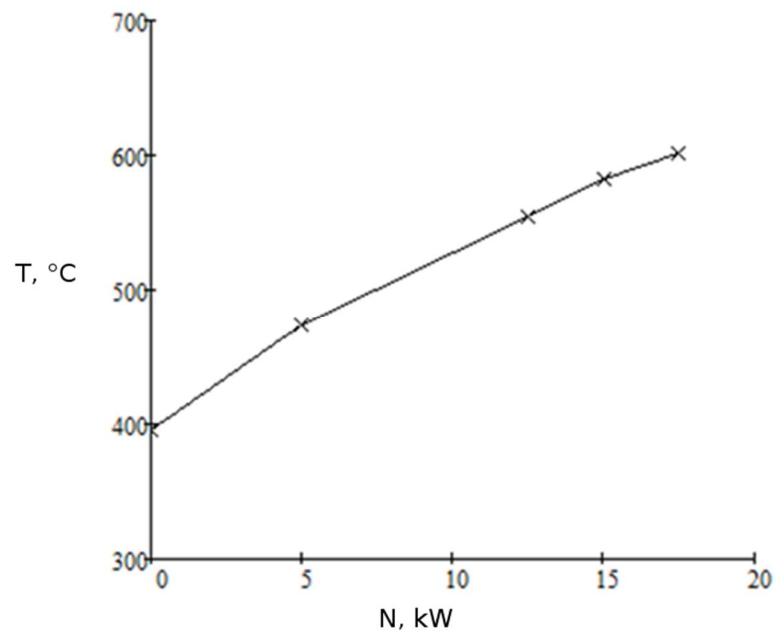


Рисунок 14 - Температура відпрацьованих газів двигуна ВАЗ-21081і при частоті обертання колінчастого валу $n = 2500 \text{ хв}^{-1}$

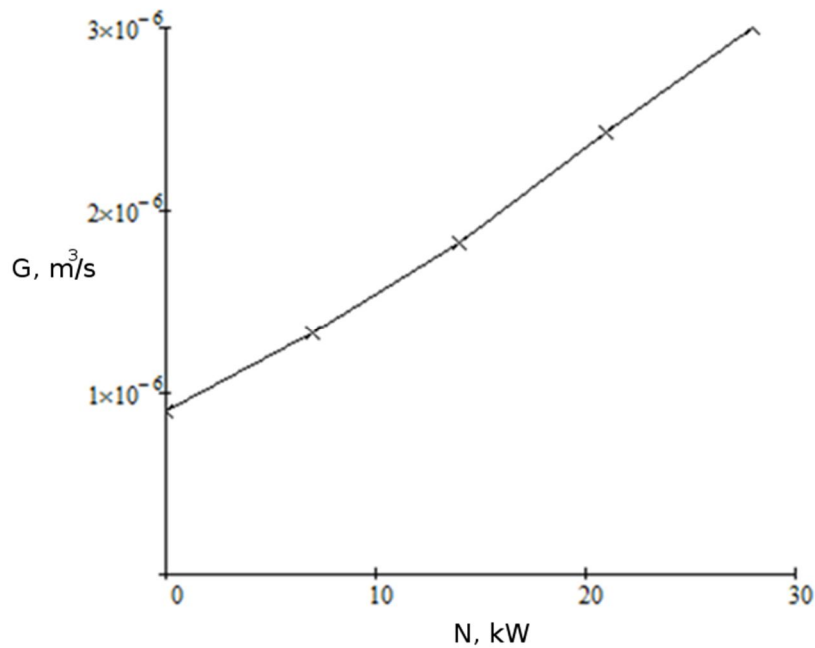


Рисунок 15 – Витрати палива на годину при частоті обертання колінчастого валу $n=3600 \text{ хв}^{-1}$ двигуна VAZ-21081i

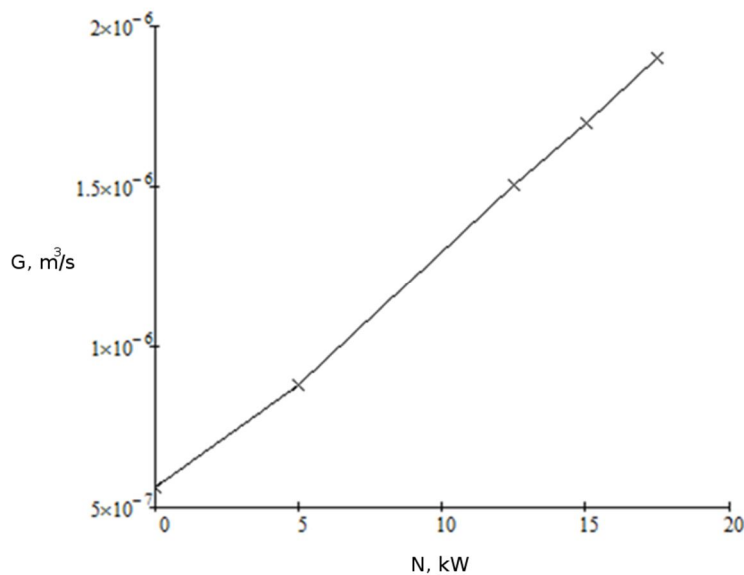


Рисунок 16 – Витрати палива на годину при частоті обертання колінчастого валу $n=2500 \text{ хв}^{-1}$ двигуна VAZ-21081i

Результати порівняльних випробувань проведених на кафедрі ДВЗ НТУ «ХП» виготовленого за розробленою методикою експериментального каталітичного нейтралізатора газових викидів і промислового автомобільного каталітичного нейтралізатора Bosal 099-886, які представлені на рис. 5–12, свідчать про значно більший ступінь очищення газових викидів експериментальним каталітичним нейтралізатором як для вуглеводнів, так і для карбон (II) оксиду, у всьому діапазоні досліджених робочих режимів двигуна VAZ-21081i.

Раніше нами було показано ефективність каталітичного нейтралізатора, створеного за розробленою нами технологією [11] для нейтралізації газових викидів сміттєпереробного комплексу [12].

Висновки

Запропонована технологія створення каталітичного нейтралізатора може бути використана не тільки для очищення вихлопних газів двигунів внутрішнього згоряння, але й для відпрацьованих газів теплоенергетичних установок і очисних споруд.

Проведено порівняльні випробування нейтралізації вихлопних газів двигуна ВАЗ-21081 і оксиду вуглецю (II) і вуглеводнів для розробленого каталітичного нейтралізатора та промислового каталітичного нейтралізатора Bosal 099-886.

Доведено значно вищу ефективність розробленого каталітичного нейтралізатора вихлопних газів оксиду вуглецю (II) і вуглеводнів порівняно з промисловим аналогом Bosal 099-886.

Показано, що встановлення розробленого каталітичного нейтралізатора у випускний тракт двигуна внутрішнього згоряння не впливає на роботу двигуна ВАЗ-21081.

Література

1. Krasnokutskiy E., Ved V., Suigenbayeva A., Saipov A., Mussabekov A., Ponomarenko H., Ved H., 2019, Catalyst Coatings Carriers Based on Boron-Silicon Glass Crystalline Compositions, Chemical Engineering Transactions, 76, 841–846. DOI:10.3303/CET1976141.
2. Krasnokutskiy E.V., Makhanov B.B., Ved' V.E., Satayev M.I., Ponomarenko A.V., Saipov A.A., 2016, Universal multi-functional secondary catalyst carriers for purification of gas emission of thermal power equipments, Chemical Engineering Transactions, 52, 277–282 DOI:10.3303/CET1652047.
3. Krasnokutskiy E.V., Ved V.E., Tovazhnyanskyy L.L., Ved H.V., 2017, Catalyst coatings carriers based on aluminumsilicon glass crystalline compositions, Chemical Engineering Transactions, 61, 397–402 DOI:10.3303/CET1761064.
4. Krasnokutskiy Ye., Ved V., Kuznetsova M., 2015. Modelling of Effective Thickness of the Catalyst Support Porous Layer. CAPE Forum, 2015. Computer Aided Process Engineering. Book of Abstracts, 27–29 April 2015. The University of Paderborn. Paderborn, 71.
5. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. (2007) Автомобільні двигуни. Київ. 476 р.
6. Канило П.М. (2013) Автотранспорт. Топливно-екологічні проблеми і перспективи: Харків. 272 с.
7. Корогодский В.А., Обозный С.В., Степанко В.Г. (2005) Оценка показателей рабочих процессов двигателя с искровым зажиганием и непосредственным впрыскиванием углеводородных топлив различного состава. Двигатели внутреннего сгорания. № 1: С. 21–25.
8. Товажнянский Л.Л., Краснокутский Е.В., Ведь В.Е. (2012) Кинетика процесса конверсии вредных газовых выбросов двигателей внутреннего сгорания. Математические методы в технике и технологиях ММТТ-25. Сборник трудов. Т.2: С. 135–138.

9. Eugeny V. Krasnokutskii, Leonid L. Tovazhnyansky, Valeriy E. Ved', Vadim A. Koshchii (2012). Modeling of Conversion Process of Harmful Exhaust Gases of Internal Combustion Engines. Computer Aided Process Engineering. Book of Abstracts: P. 36.
10. Krasnokutskii E.V., Ved V.E. (2013) Substantiating Reaction Mechanism of Thermocatalytic Benzene Conversion. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 47. № 1: PP. 60–65. DOI: 10.1134/S004057951301003X.
11. Ведь В.Е., Краснокутский Е.В. (2010). Перспективы создания каталитических преобразователей на металловолоконистых носителях. Сотрудничество для решения проблемы отходов: С. 79–81.
12. Tovazhnyansky L.L., Ved' V.E., Koshchii V.A., Rovenskii A.I., Meshalkin V.P., Krasnokutskii E.V. (2011) Effectiveness of Operation of Sewerage System of Mobile Complex of Thermocatalytic Waste Treatment. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 45. №. 6: PP. 838–841. DOI: 10.1134/S0040579511060169.

Bibliography (transliterated)

1. Krasnokutskiy E., Ved V., Suigenbayeva A., Saipov A., Mussabekov A., Ponomarenko H., Ved H., 2019, Catalyst Coatings Carriers Based on Boron-Silicon Glass Crystalline Compositions, Chemical Engineering Transactions, 76, 841–846. DOI:10.3303/CET1976141.
2. Krasnokutskiy E.V., Makhanov B.B., Ved' V.E., Satayev M.I., Ponomarenko A.V., Saipov A.A., 2016, Universal multi-functional secondary catalyst carriers for purification of gas emission of thermal power equipments, Chemical Engineering Transactions, 52, 277–282 DOI:10.3303/CET1652047.
3. Krasnokutskiy E.V., Ved V.E., Tovazhnyansky L.L., Ved H.V., 2017, Catalyst coatings carriers based on aluminiumsilicon glass crystalline compositions, Chemical Engineering Transactions, 61, 397–402 DOI:10.3303/CET1761064.
4. Krasnokutskiy Ye., Ved V., Kuznetsova M., 2015. Modelling of Effective Thickness of the Catalyst Support Porous Layer. CAPE Forum, 2015. Computer Aided Process Engineering. Book of Abstracts, 27–29 April 2015. The University of Paderborn. Paderborn, 71.
5. Abramchuk F.I., Gutarevich Yu.F., Dolganov K.E., Timchenko I.I. (2007) Avtomobilni dviguni. Kiyiv. 476 p.
6. Kanilo P.M. (2013) Avtotransport. Toplivno-ekologicheskie problemy i perspektivy: Harkov. 272 p.
7. Korogodskiy V.A., Oboznyi S.V., Stepanko V.G. (2005) Otsenka pokazateley rabochih protsessov dvigatelya s iskrovyim zazhiganiem i neposredstvennyim vpryiskivaniem uglevodородnyih topliv razlichnogo sostava. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. # 1: P. 21–25.
8. Tovazhnyanskiy L.L., Krasnokutskiy E.V., Ved V.E. (2012) Kinetika protsessa konversii vrednyih gazovyih vyibrosov dvigateley vnutrennego sgoraniya. Matematicheskie metody v tehnikе i tehnologiyah MMTT-25. Sbornik trudov. T.2: P. 135–138.
9. Eugeny V. Krasnokutskii, Leonid L. Tovazhnyansky, Valeriy E. Ved', Vadim A. Koshchii (2012). Modeling of Conversion Process of Harmful Exhaust Gases of Internal Combustion Engines. Computer Aided Process Engineering. Book of Abstracts: P. 36.
10. Krasnokutskii E.V., Ved V.E. (2013) Substantiating Reaction Mechanism of Thermocatalytic Benzene Conversion. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 47. # 1: PP. 60–65. DOI: 10.1134/S004057951301003X.

11. Ved V.E., Krasnokutskiy E.V. (2010). Perspektivnyi sozdaniya kataliticheskikh preobrazovateley na metallovoloknistyih nositelyah. Sotrudnichestvo dlya resheniya problemyi othodov: P. 79–81.

12. Tovazhnyanskyy L.L., Ved' V.E., Koshchii V.A., Rovenskii A.I., Meshalkin V.P., Krasnokutskii E.V. (2011) Effectiveness of Operation of Sewerage System of Mobile Complex of Thermocatalytic Waste Treatment. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 45. №. 6: PP. 838–841. DOI: 10.1134/S0040579511060169.

УДК 544.4:66.021.3

В. Є. Ведь, д.техн.н., професор, Є. В. Краснокутський, к.техн.н., доцент,
К. О. Горбунов, к.техн.н., професор, А. М. Миронов, к.техн.н., доцент,
М. В. Ільченко, к.техн.н., доцент, Ю. А. Селіхов, к.техн.н., професор

СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БЛОКУ КАТАЛІТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІЗ ШАРОМ КАТАЛІЗАТОРА НА ПОВЕРХНІ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МЕДІАТОРІВ

Стаття розглядає проблеми промислових газових викидів та викидів автотранспорту як основних джерел забруднення навколишнього середовища. Увага у статті акцентується на важливості каталітичної конверсії як сучасного методу очищення газових викидів, але вказується на потребу у подальшому удосконаленні конструкцій каталітичних нейтралізаторів. Автори вказують на недоліки у виготовленні механічно міцних і термічно стійких каталізаторів та їхніх носіїв, а також на обмеженості існуючих методів розрахунку та проектування. У статті експериментально показано підходи до збільшення ефективності каталітичної конверсії газових викидів, а також наведено порівняльний аналіз ефективності розробленого каталітичного перетворювача та його промислового аналога.

Стаття презентує експериментальні дослідження на моторному стенді з використанням двигуна ВАЗ-21081і, подає технічні характеристики та інструменти контрольно-вимірювальної техніки. Розглядається розроблений каталітичний нейтралізатор, його конструкція та характеристики. Ключова увага у статті приділяється програмі та методиці випробувань каталітичних нейтралізаторів та обробці результатів: включаючи систему вимірювання температур, швидкості та складу вихідних газів.

У експериментальних дослідженнях аналізується вплив навантаження на двигун внутрішнього згорання на температуру та швидкість потоку відпрацьованих газів. Аналіз результатів експериментів показує, що збільшення навантаження на двигун призводить до підвищення температури та швидкості потоку відпрацьованих газів. Авторами використовується математичну модель конверсії газових викидів, розроблена у попередніх роботах, та експериментально доводиться, що збільшення навантаження на двигун сприяє ефективнішому очищенню газів від карбон (II) оксиду та вуглеводнів. Виявлено екстремум залежності ступеня конверсії карбон (II) оксиду та вуглеводнів від потужності двигуна, де збільшення навантаження призводить до

зменшення ступеня очищення газів. Порівняльні випробування свідчать про високу ефективність експериментального каталітичного нейтралізатора порівняно з промисловим аналогом.

Ключові слова: газові викиди, каталітична конверсія, хімічна кінетика, масовіддача, каталітичний перетворювач, конверсію карбон (II) оксиду, конверсія вуглеводнів.

В. Е. Ведь, д.техн.н., профессор, Е. В. Краснокутский, к.техн.н., доцент,
К. А. Горбунов, к.техн.н., профессор, А. Н. Миронов, к.техн.н., доцент,
М. В., Ильченко к.техн.н., доцент, Ю. А. Селихов, к.техн.н., профессор

СТЕНДОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЛОКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СО СЛОЕМ КАТАЛИЗАТОРА НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МЕДИАТОРОВ

Статья рассматривает проблемы промышленных газовых и автотранспортных выбросов как основных источников загрязнения окружающей среды. Внимание в статье акцентируется на важности каталитической конверсии как современного метода очистки газовых выбросов, но указывается на необходимость дальнейшего усовершенствования конструкций каталитических нейтралізаторов. Авторы указывают на недостатки в изготовлении механически прочных и термически устойчивых катализаторов и их носителей, а также ограниченности существующих методов расчета и проектирования. В статье экспериментально показаны подходы к увеличению эффективности каталитической конверсии газовых выбросов, а также представлен сравнительный анализ эффективности разработанного каталитического преобразователя и его промышленного аналога.

Статья представляет экспериментальные исследования на моторном стенде с использованием двигателя ВАЗ-21081і, представляет технические характеристики и инструменты контрольно-измерительной техники. Рассматривается разработанный каталитический нейтралізатор, его конструкция и свойства. Ключевое внимание в статье уделяется программе и методике испытаний каталитических нейтралізаторов и обработке результатов: включая систему измерения тестатуры, скорости и состава исходных газов.

В экспериментальных исследованиях анализируется влияние нагрузки на двигатель внутреннего сгорания на температуру и скорость потока отходящего газа. Анализ результатов экспериментов показывает, что увеличение нагрузки на двигатель приводит к повышению температуры и скорости потока дымовых газов. Авторами используется математическая модель конверсии газовых выбросов, разработанная в предыдущих работах, и экспериментально доказывается, что увеличение нагрузки на двигатель способствует более эффективной очистке газов от карбон (II) оксида и углеводородов. Выявлен экстремум зависимости степени конверсии карбон (II) оксида и углеводородов от мощности двигателя, где увеличение нагрузки приводит к уменьшению степени очистки газов. Сравнительные испытания свидетельствуют о высокой эффективности экспериментального каталитического нейтралізатора по

сравнению с промышленным аналогом.

Ключевые слова: газовые выбросы, каталитическая конверсия, химическая кинетика, массоотдача, каталитический преобразователь, конверсию карбон (II) оксида, конверсия углеводородов.

V. E. Ved, E. V. Krasnokutskii, K. O. Gorbunov, A. M. Myronov, M. V. Ilchenko,
Yu. A. Selikhov

BENCH TESTS OF A CATALYTIC CONVERTER UNIT WITH A CATALYST LAYER ON THE SURFACE OF GLASS-CRYSTAL MEDIATORS

The article examines the problems of industrial gas emissions and vehicle emissions as the main sources of environmental pollution. The article focuses on the importance of catalytic conversion as a modern method of cleaning gas emissions, but points to the need for further improvement of catalytic converter designs. The authors point out the shortcomings in the production of mechanically strong and thermally stable catalysts and their carriers, as well as the limitations of existing calculation and design methods. The article experimentally shows approaches to increasing the efficiency of catalytic conversion of gas emissions, and also provides a comparative analysis of the efficiency of the developed catalytic converter and its industrial analogue.

The article presents experimental research on the motor stand using the VAZ-21081i engine, presents technical characteristics and tools of control and measurement equipment. The developed catalytic converter, its design and characteristics are considered. Key attention in the article is given to the program and methodology of testing catalytic converters and processing the results: including the system for measuring temperatures, velocity and composition of the outgoing gases.

In experimental studies, the influence of the load on the internal combustion engine on the temperature and speed of the flow of exhaust gases is analyzed. The analysis of the results of the experiments shows that an increase in the load on the engine leads to an increase in the temperature and speed of the flow of exhaust gases. The authors use the mathematical model of the conversion of gas emissions, developed in previous works, and experimentally prove that increasing the load on the engine contributes to more efficient purification of gases from carbon (II) oxide and hydrocarbons. The extremum of the dependence of the degree of conversion of carbon (II) oxide and hydrocarbons on engine power was revealed, where an increase in load leads to a decrease in the degree of gas purification. Comparative tests show the high efficiency of the experimental catalytic converter compared to the industrial analogue.

Keywords: gas emissions, catalytic conversion, chemical kinetics, mass transfer, catalytic converter, carbon (II) oxide conversion, hydrocarbon conversion.