

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 – КМР. 385 “С” 2021.03.01. 003 ПЗ

**ВЕРЖАНСЬКИЙ КОСТЯНТИН
ВАЛЕНТИНОВИЧ**

2021 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.3:629.3.05

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
менеджменту імені М.П. Момотенка

(назва кафедри)

В. Братішко

(підпис)

Роговський І.Л.

(ПІБ)

“ ” 2021 р.

(підпис)

“ ” 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів дизелів автомобілів в АПК

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма: «Автомобільний транспорт»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор

В.Д. Войтюк

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

Кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Тітова Л. Л.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Бержанський Костянтин Валентинович

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка
доц. тех. наук, с.н.с. Роговський І.Л.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ІПБ)
2021 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Вержанському Костянтину Валентиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма: «Автомобільний транспорт»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Удосконалення каталітичних нейтралізаторів
відпрацьованих газів дизелів-автомобілів в АПК

затверджена наказом ректора НУБіП України від "01" березня 2021 р. №385

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10.11.2021 року
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи каталітичні нейтралізатори автомобілів
АПК, аналіз відпрацьованих газів, математична модель, проведення експерименту, прилади
вимірювання

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стану аналіз питання. Мета дослідження.
2. Теоретичне дослідження каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів дизелів автомобілів в АПК
3. Експериментальні дослідження. Методика проведення.

Перелік графічного матеріалу (за потреби) _____

Дата видачі завдання " _____ " 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Тітова Л. Л.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Вержанський К. В.
(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

ВСТУП 5.....	
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
1.1. Вплив автомобілів агропромислового комплексу на екологію.....	
1.1.1. Забруднення середовища дизельними двигунами. Вплив на довкілля.....	
1.1.2. Екологічні параметри відремонтованої техніки.....	
1.2. Міжнародне нормативне регулювання проблеми забруднення повітря.....	
1.3. Аналіз систем зниження токсичності газів, що відпрацювали.....	
1.3.1. Класифікація систем очищення відпрацьованих газів.....	
1.3.2. Порівняльна характеристика систем очищення відпрацьованих газів.....	
1.4. Технічні характеристики каталітичних нейтралізаторів.....	
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
2.1. Визначення питомої поверхні шарів.....	53
2.1.1. Оцінка мікропористості.....	56
2.1.2. Оцінка розподілу мезопор.....	58
2.2. Каталітичні властивості.....	
2.2.1. Каталітичні покриття на основі оксидів металів.....	
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
3.1. Загальна схема проведення досліджень.....	
3.2. Програма проведення досліджень.....	
3.3. Методика проведення експлуатаційних випробувань.....	
3.4. Методика вимірювань димності відпрацьованих газів дизельних двигунів.....	
РОЗДІЛ 4. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
4.1. Дослідження керамічного блоку - носія.....	
4.2. Нанесення проміжного шару. Дослідження проміжного сполучного шару.....	
4.3. Нанесення первинного шару. Дослідження поверхні з нанесеним шаром.....	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ВСТУП

Починаючи з 90-х років 20 століття кількість автотранспорту невідомо зростає. За попередніми розрахунками, налічується понад 30 млн. одиниць автотранспорту в Україні, і щорічно кількість техніки збільшується [10]. Це призводить до збільшення забруднюючих речовин, що потрапляють до навколишнього середовища, у кількості понад 16,6 млн.т. [7]. Забруднюються ґрунтові покриви, атмосфера, гідросфера, відбувається акумуляція забруднюючих елементів у біосфері. Наукові розробки багато в чому сприяють зниженню ступеня забруднення середовища. Важливе технологічне використання вже існуючих наукових розробок. Першорядним завданням є розробка засобів та методів зниження забруднення навколишнього середовища, а саме спрямованих досліджень у галузі каталітичної нейтралізації відпрацьованих газів, збільшення доступності даної технології шляхом зниження вартості, до складу вихлопних газів входять близько 280 різних сполук оксиди азоту, сірки, монооксиди вуглецю та інші. Ці сполуки мають високу хімічну активність. Дані хімічні речовини під впливом природних чинників перетворюються, входять у реакції, розпадаються, цим утворюючи нові сполуки. Такі процеси призводять до порушення балансу хімічних елементів в екосистемах сучасних антропогенних ландшафтів (як міських, і сільськогосподарських) [89]. Дизельні двигуни, в порівнянні з бензиновими, викидають разом з відпрацьованими газами більше частинок сажі, тому мають підвищений показник димності через велику кількість твердих частинок. Відпрацьовані гази містять більше ароматичних вуглеводнів, органічних сполук - альдегідів, оксидів азоту [26]. При тривалій роботі в задимлених приміщеннях можливий розвиток алергічних реакцій, порушення метаболізму, що призводять до різних видів захворювань, у тому числі онкологічних [60,67]. Сучасні стандарти потребують розробки технологій, спрямованих на зниження негативного впливу на екологію бензинових та дизельних двигунів, посилюються вимоги до чистоти вихлопних газів. Значних успіхів досягнуто у сфері очищення газів. Це зумовлено вдосконаленням технологій виготовлення

та конструкції двигунів та застосування каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів [106]. Сучасне виробництво нейтралізаторів досягає колосальних розмірів: щорічний випуск сягає 10 млн одиниць. Багато зарубіжних заводів-виробників в даний час відразу обладнують вихлопні системи машини каталітичними нейтралізаторами [86]. Технології каталізаторів незмінно вдосконалюються і спрямовані на повне очищення газів, що відпрацьовали. Токсичні речовини (монооксид вуглецю, оксиди азоту, оксиди сірки) в процесі каталізу переходять у менш небезпечні (водень, вода, вуглекислий газ). За таку довгу історію розробка каталітичних нейтралізаторів призвела до величезної різноманітності видів каталізаторів, що відрізняються конструкцією, хімічним складом [7].

Згідно зі статистичними даними [10, 16] в Україні на початок поточного десятиліття, при обліку технічних засобів у суб'єктах господарювання, є машини:

- без урахування автомобільної техніки, на якій обладнано землерийну, меліоративну тощо, обладнання, автотракторний парк становив 13,3 тисяч одиниць;

- комбайнів (зернозбиральних, кукурудзозбиральних, картоплезбиральних, кормозбиральних, льонозбиральних) 125,8 тисяч одиниць; іншої техніки (бурякозбиральних машин, дощувальних та поливальних машин, розкидачів твердих мінеральних добрив, машин для внесення в ґрунт твердих та рідких органічних добрив) 12,3 тисяч одиниць.

Важливо відзначити, що автотракторний парк Українського агропромислового комплексу має у своєму складі машини, випущені понад 30 років тому. Звичайно, такі агрегати у своїй базовій комплекції не мають засобів очищення газів, що відпрацьовали. Виходом із такої ситуації є застосування каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів дизельних двигунів [10]. У

дизельних двигунах відремонтованої автомобілів в АПК неминуче спостерігається зміна робочих процесів проти номінальними значеннями. Змінюється і співвідношення забруднюючих речовин, що викидаються. А саме

знижується викид оксидів азоту, тоді як викиди вуглеводневих сполук та оксиду вуглецю збільшуються.

Дослідження оптимальних рішень проблеми забруднення середовища відпрацьованими газами відремонтованою дизельною технікою дозволили зробити висновок про те, що актуальне застосування у вихлопній системі відремонтованої автомобілів в АПК безплатинових каталітичних нейтралізаторів газів, що відпрацьовали, особливо в умовах роботи в закритих приміщеннях. Існує безліч нейтралізаторів, адаптованих для різних видів техніки, що застосовуються в різних умовах роботи. Актуальне використання безплатинових каталітичних нейтралізаторів для дизельних двигунів у закритих приміщеннях, таких як теплиці, ангари, сховища та інші. Так як у цьому випадку забруднення повітря робочих приміщень посилюється відсутністю достатньої циркуляції повітря [5, 21, 24].

В умовах обмеженого повітрообміну в закритих приміщеннях, забруднення повітря спричиняє значні втрати в уржайності сільськогосподарських культур (до 30%), знижує продуктивність рослинних угруповань, знижує якісні показники тваринницької продукції, які позначаються на продукцію подальшої переробки м'ясо-молочної сировини.

Негативний вплив виявляється і на організм людини, що погіршуються умови праці. Численні дослідження каталітичних композицій на основі платини, тому що платинові сполуки мають високу каталітичну активність. Але вони мають високу ціну, тому не такі доступні для власників відремонтованої автомобільної техніки. Тому актуальними є розробки безплатинових каталітично активних складів на основі оксидів металів [15]. Поліпшення екологічних характеристик відремонтованих дизельних двигунів за умови застосування каталітичних нейтралізаторів, в даний час.

При аналізі методів і способів очищення газів, що відпрацьовали, автомобілі АПК техніки в умовах закритих приміщень спостерігається тенденція застосування каталітичних нейтралізаторів закордонного виробництва, в каталітичній основі яких використовуються метали платинової

групи. Більш того, пропонувані засоби очищення часто малоефективні в умовах обмеженого повітрообміну.

Предметом дослідження є залежність ступеня очищення відпрацьованих газів дизельних двигунів від збільшення питомої поверхні керамічних блоків каталітичного нейтралізатора.

Об'єкт дослідження - процес очищення відпрацьованих газів дизельного двигуна, в ході хімічних реакцій протікають у каталітичних нейтралізаторах відпрацьованих газів, встановлених на відремонтованих автомобілів АПК.

Методика дослідження. Поставлені завдання вирішено шляхом застосування методів емпіричного пізнання, теоретичного аналізу та синтезу, математичної статистики, математичного моделювання, спостереження. Обробка результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики. Теоретичні дослідження, спрямовані на розгляд дизельного двигуна як джерела забруднення навколишнього середовища, дозволили висунути робочу гіпотезу: поліпшення екологічних показників відремонтованих двигунів можливе при використанні каталітичних нейтралізаторів вихлопних газів.

Наукова новизна полягає в тому що:

- на підставі результатів раніше проведених досліджень, розроблено методику безплатинового каталітичного нейтралізатора; отримана керамічна поверхня, з нанесеними шарами беміту, що характеризується розвинутою внутрішньою структурою та безліччю пір малих розмірів.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Вплив автомобілів в АПК на екологію

1.1.1. Забруднення середовища дизельними двигунами. Вплив на довкілля.

Збільшення екологічної безпеки аграрно-промислового комплексу є пріоритетним завданням для України. Це обумовлюється переходом країни на Європейські екологічні стандарти, що встановлюються для викидів шкідливих речовин із автотранспортними засобами, що відпрацювали газами. Ці стандарти безпосередньо стосуються сільськогосподарських машин та агрегатів. Так як сільське господарство - це одна з провідних галузей сучасної України, то нормування і, найголовніше, вжиття заходів щодо зниження токсичності газів, що відпрацювали, автотранспортних засобів впроваджується повсюдно. Це завдання вимагає глибокої екологічної оцінки забруднення шкідливими речовинами, що викидаються в атмосферне повітря разом із відпрацьованими газами (ВГ) сільськогосподарських машин. Основними машинами сільському господарстві є трактори та комбайни [7, 15, 17].

Автомобільна техніка забруднює повітряне середовище в першу чергу вихлопами газів, що відпрацювали, що містять велику кількість твердих частинок - сажі. Крім вихлопів відбувається забруднення картерними газами та випаровування паливно-мастильних матеріалів та палива [20].

Відпрацьовані гази (вихлопні гази) є кінцевим продуктом всього циклу перетворення в процесі роботи палива. Ці гази є кінцевими продуктами реакцій хімічного окислення і неповного горіння. Оскільки паливо є вуглеводневою сполукою, продукти її неповного згорання є токсичними за своєю природою. Висока концентрація вихлопних газів у густонаселених містах є основною причиною утворення смогів. Тривале проживання районах з перевищенням допустимих концентрацій токсичних речовин призводить до розвитку великої кількості захворювань людини. Гази, що відпрацювали, є єдиною причиною смерті від отруєння в замкнутому просторі [20].

Картерні гази викидаються в атмосферу значно менших кількостях, порівняно з вихлопними газами. Частка картерних газів у забрудненні повітря

вбирається у 0,3%. Але основні забруднюючі речовини – оксиди азоту та альдегіди [93].

Великий негативний внесок у забруднення вносять випаровування палива та випаровування паливно-мастильних матеріалів, що використовуються в процесі роботи техніки. Вони можуть досягати 12% загального викиду токсичних речовин [2-6].

Керуючись статистичними даними в агропромисловому комплексі України зайнято понад 219 тисяч одиниць техніки (комбайни, трактори, автомобілі та інша техніка). В останні роки різко погіршилася екологічна ситуація та технічна безпека. Причина ситуації погіршення технічного стану наявної автомобільної техніки [6].

Ротація працюючих машин відбувається не вчасно і не регулярно. В експлуатації знаходяться машини, які давно відпрацювали свій ресурс, і природно не відповідають справжнім екологічним вимогам. Ситуація посилюється неякісним паливом. Відповідно до проведених досліджень дизельною технікою викидається до 3,5 млн. тонн токсичних речовин. Найбільший відсоток забруднень посідає такі сполуки як, CO, NO_x, CH, SO₂, сажа, сполуки свинцю [7,70,153].

Ступінь забруднення повітря від дизельних двигунів варіюється від концентрації у відпрацьованих газах токсичних компонентів. У таблиці 1.1 представлений склад основних забруднюючих речовин, що у відпрацьованих газах, та його концентрація.

Таблиця 1.1

Склад забруднюючих речовин у відпрацьованих газах

Компоненти ВГ									
Концентрація ВГ дизеля	Азот N ₂	Кисень O ₂	Діоксид вуглецю CO ₂	Оксид азоту NO	Діоксид азоту NO ₂	Оксид вуглецю CO	Вуглеводні CH _x	Бенз(а)пірен C ₂₀ H ₁₂	Альдегіди RCHO
	74-78%	2,0-18%	1,0-12%	0,0040,5%	0,00013-0,013%	0,0050,4%	0,009-0,3%	0,05-1,0 мкг/м ³	0,00010,002%

Гази дизельного двигуна, що відпрацювали, у своєму складі мають ще

воду в пароподібному стані, сажу, оксиди сірки (SO_x).

Варто зазначити, що зниження викидів сажі дизельних машин досягається шляхом використання фільтрів. Найбільш ефективні в цьому фільтри керамічні пористі, зважаючи на тривалий термін служби, високий рівень очищення газів від сажі, простоту виготовлення. Ці керамічні блоки використовуються в каталітичних нейтралізаторах, тим самим знешкоджуючи вихлопні газы і уловлюючи викиди сажі [2,24].

Якісний та кількісний склад забруднюючих речовин дизельних двигунів значно відрізняється від забруднювачів бензинових двигунів. Поширена думка, що дизельні двигуни дещо екологічніші за бензинові, але викиди від обох типів двигунів можна порівняти. Переважна більшість бензинових чи дизельних двигунів залежить від типу території, від її господарсько-економічної діяльності.

Концентрація забруднюючих речовин залежить від режиму роботи дизельного двигуна, так само від дорожнього покриття та від рельєфу місцевості роботи. Наприклад, при режимі роботи гальмування-прискорення викиди вуглецю оксиду зростають до 8 разів. А найменші викиди оксиду вуглецю спостерігаються при рівномірному русі у швидкісному режимі 60 км/год.

Концентрації основних забруднюючих речовин, що входять до складу відпрацьованих газів дизельного двигуна, залежно від режиму роботи представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Концентрація забруднюючих речовин залежно від режиму роботи

Режим роботи двигуна	Оксид вуглецю, %		Оксиди азоту, мг/л
	за обсягом	Вуглеводні, мг/л	
Холостий хід	4-12	2-6	-
Примусовий холостий перебіг	2-4	8-12	-
Середні навантаження	0-1	0,8-1,5	2,5-4,0
Повні навантаження	2	0,7-0,8	4-8

Важливим показником є співвідношення повітря-паливо. Цей показник

впливає, наприклад, на концентрацію оксидів азоту у газах, що відпрацювали (найбільші викиди при співвідношенні 16:1) [17].

Ступінь забруднення залежить від якості палива, технічного стану техніки, природно-кліматичних характеристик місцевості, рельєфу, типу ґрунту.

У таблиці 1.3 наведено порівняльні показники викидів основних токсичних речовин бензинового та дизельного двигуна.

Таблиця 1.3

Порівняльні показники викидів бензинового та дизельного двигуна

Речовина	Двигун	
	Карбюраторний	Дизельний
Оксиди вуглецю, мкг/м ³	0,5-12,0	0,01-0,5
Оксиди азоту, мкг/м ³	0,005-0,8	0,002-0,5
Вуглеводні, мкг/м ³	0,2-0,3	0,009-0,5
Бенз(а)пірен, мкг/м ³	До 20	До 10

Як видно з даних таблиці, концентрація речовин у викидах дизельних двигунів менша ніж концентрація аналогічних речовин у бензинових двигунах.

Але дизельні двигуни відрізняються підвищеним сажетворенням. Тверді частинки сажі є продуктами неповного згоряння палива.

Виділення сажі особливо небезпечно з тієї причини, що на поверхні її частинок накопичуються небезпечніші забруднювачі. Наприклад, бенз(а)пірен – небезпечний канцероген. У західних країнах та в Україні, у зв'язку з цим, приділяється особлива увага кількісним показникам викидів сажі від дизельних двигунів. Приймаються міжнародні стандарти та нормативно-правові акти на державному рівні. Внаслідок більшої екологічності та економічності в порівнянні з бензиновими двигунами, все більше автомобілів, у тому числі легкових, випускаються на базі дизельних двигунів [2, 12, 28].

Вихлопні гази дизельних двигунів небезпечні ще й тим, що накопичуються у приземному шарі атмосфери. Ці гази, перебуваючи біля

самого ґрунту, позначаються на стані біосистем ґрунту, рослинного, тваринного світу, впливають і на людину. На відміну від високих стаціонарних джерел, які розсіюються у верхньому шарі тропосфери (на висоті десятків метрів), гази від автотранспорту практично не розсіюються, а тільки перемішуються біля приземного шару атмосфери. Гази накопичуються в шарі висоти людського зростання і за високих концентрацій знижують загальне самопочуття. А при тривалому впливі, особливо в умовах закритих приміщень з обмеженим повітрообміном, призводять до тяжких наслідків для здоров'я людини загалом.

Зниження негативного впливу відпрацьованих газів відремонтованих дизельних двигунів можливо декількома способами. Насамперед, це методи на технологічний процес роботи дизельного двигуна, наприклад, застосування присадок. У другу чергу застосовуються методи очищення вихлопних газів, що вже утворилися в процесі роботи двигуна, тобто використання різного роду фільтрів-сажеуловлювачів. Ці заходи сприяють збільшенню екологічної безпеки роботи дизельних двигунів [29].

Найнебезпечнішими речовинами у викидах відпрацьованих газів дизелів є оксиди азоту (NO_x), чадний газ, або оксид вуглецю (CO), різні вуглеводні (C_xH_y), наприклад бенз(а)пірен. Небезпечними речовинами, що забруднюють, є оксиди азоту. Його токсичність близько 10 разів вище чадного газу, або оксиду вуглецю [8,28].

При недостатньому надходженні кисню для окислення в камері згорання CO в CO_2 , гази, що відпрацьовали, потрапляє велика кількість CO , або чадного газу. Такі процеси відбуваються в двигуні при недостатньо відрегульованій системі подачі повітря або при низьких температурних режимах роботи двигуна.

Чадний газ - отруйний газ, що не має запаху. Отруєння чадним газом призводить до серйозних наслідків для живих істот, аж до смертельного результату. На даний момент відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання є основним антропогенним джерелом надходження у навколишнє середовище.

До складу атмосферного повітря входить азот як постійний компонент. Це інертний газ і за нормальних умов не надає негативного впливу організм тварин. Однак деякі сполуки азоту активні та досить токсичні.

Оксиди азоту – речовини, що належать до третього класу небезпеки.

Оксид азоту (NO) сильнодіюча отруйна сполука, має наркозну дію, вражає центральну нервову систему, пов'язує гемоглобін, тим самим викликає ураження кровоносної системи організму. Оксид азоту (NO₂) менш токсичний, але не менш небезпечний, здатний викликати токсичний набряк легень за рахунок пригнічення аеробного окислення в тканинах легені. Такий процес починається при концентрації оксиду повітря більше 0,05 мг/л [40].

Випари палива включають до свого складу різні вуглеводні. Це токсичні речовини, що мають наркотичну дію на організм тварини, у тому числі й людини. Вуглеводні токсичні навіть у малих концентраціях та при короткому часовому проміжку впливу. Викликає головний біль, запаморочення. При тривалому впливі та за високої концентрації (більше 600 мг/м³) викликає наркотичне отруєння організму, що супроводжується сильними головними болями, неприємними відчуттями у верхніх дихальних шляхах, що супроводжуються сильним кашлем [8].

Токсичними властивостями володіють альдегіди, внаслідок тривалого впливу вражають слизові оболонки очей, викликаючи сильне подразнення, подразнюють дихальні шляхи, викликаючи кашель. При систематичному перебуванні в умовах підвищеної концентрації альдегідів у повітрі викликають порушення сну, втрату апетиту, головний біль та запаморочення, загальне ослаблення організму [14].

При використанні палива з вмістом сірки з газами, що відпрацьовали, викидається двоокис сірки (SO₂). Газ має сильний неприємний запах, викликає подразнення слизових оболонок очей, верхніх дихальних шляхів. Токсичний вже при незначних концентраціях повітря (20...30 мг/м³).

Великою небезпекою є високий вміст у відпрацьованих газах свинцю та його сполук. Сполуки свинцю при попаданні в організм вражають центральну

нервову систему, викликає хвороби дихальної системи, виникають збої в роботі сечостатевої системи, ці збої особливо позначаються на репродуктивних функціях.

Синтез гемоглобіну порушується при дії сполук свинцю. Відмінною особливістю цих сполук є та обставина, що вони акумулюються в приземному шарі (на висоті від 0 до 1,1,5 метра), тому становлять велику небезпеку для дітей раннього віку, оскільки зростання дітей відповідає товщині шару з'єднання свинцю, що накопичується. У містах біля великих автомагістралей завищено концентрацію свинцю до 10 000 разів (на відміну від природного фону вмісту свинцю та його сполук в атмосферному повітрі) [17].

1.2. Екологічні параметри відремонтованої техніки

У процесі експлуатації автомобілів в АПК відбувається зміна параметрів технологічного стану машин. Ці зміни неминуче спрямовані у бік погіршення. При інтенсивній роботі машин, з часом, знижується потужність, а, отже, і продуктивність і змінюються показники паливної витрати та економічності палива. Під час проведення ремонту технічних засобів відновлюються функціональні показники якості роботи техніки. Здійснюється регулювання параметрів технічної безпеки машини, наприклад надійність та ефективність рульового управління, налагодження гальмівної системи, справність систем подачі палива, налагодження роботи двигуна, ходової частини, зовнішніх світлових приладів. У процесі ремонту техніки відновлення технічних параметрів безпосередньо з зміною показників екологічної безпеки дизеля. Ремонтні роботи знижують токсичні викиди у відпрацьованих газах, рівень шуму та вібрації в процесі роботи машини, вміст чадного газу в зоні роботи, витіку паливно-мастильних матеріалів та інші параметри. Необхідно відзначити, що екологічні та технічні показники відремонтованих двигунів відрізняються від цих показників нових двигунів. Машини в процесі експлуатації та далі після ремонту мають знижені технічні та екологічні параметри [21, 22]. що екологічні та технічні показники відремонтованих

двигунів відрізняються від цих показників нових двигунів. Машини в процесі експлуатації та далі після ремонту мають знижені технічні та екологічні параметри, що екологічні та технічні показники відремонтованих двигунів відрізняються від цих показників нових двигунів.

До відремонтованих машин пред'являються такі екологічні вимоги: не допускається витік рідин (палива, трансмісійної та моторної олії, електроліту, мастила, охолоджуючої рідини та інших технічних рідин) через шланги, з'єднувальні трубопроводи, прокладки сальники та інші елементи; для досягнення нормативного питомого тиску на ґрунтовий покрив повинен бути відрегульований тиск повітря в шинах коліс та натяг гусениць машин. Показник димності дизельного двигуна необхідно привести у відповідність до нормативних значень. Димність двигуна є критерієм оцінки якості проведеного ремонту та технічного обслуговування, цей показник необхідно контролювати під час підготовки машини до сезонних польових робіт та до щорічного державного технічного огляду.

Капітальний ремонт дизельних машин потрібно проводити на ремонтних заводах. Контроль димності проводиться на етапі приймально-здавальних випробувань. Для відремонтованих машин, що працюють в умовах обмеженого повітрообміну, контролю підлягають показники викидів чадного газу (CO), вуглеводневих сполук (CH), оксидів азоту (NOx).

Показники викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів та сільськогосподарських машин, що перебувають в експлуатації, не повинні бути більшими за норми зазначені в ГОСТі [34], які представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Показники викидів забруднювачів у відпрацьованих газах експлуатованих дизельних двигунів

Найменування шкідливих речовин	Питомі викиди, г/(кВт-год), при повітрообміні	
	Необмеженому	Обмеженому
Оксиди азоту	18,0	9,0

Оксид вуглецю (II)	14,0	5,6
Вуглеводні	4,5	2,2

При проведенні випробувань допускається застосування пристроїв нейтралізації, допалювання або очищення газів, що відпрацювали, з пристроями рециркуляції газового потоку, або впливають на технічні процеси в двигуні, допускається застосування присадок і добавок до палива. Питомі викиди відремонтованої автомобілів в АПК контролюються нормативними документами і повинні перевищувати зазначених у яких значень [34].

Характеристики викидів газів, що відпрацювали, дизельного двигуна, що пройшов капітальний ремонт, наочно представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Показники викидів забруднюючих речовин у відпрацьованих газах капітально відремонтованих дизельних двигунів

Найменування шкідливих речовин	Питомі викиди, г/(кВт-год), при повітрообміні	
	необмеженому	обмеженому
Оксиди азоту	18,0	9,0
Оксид вуглецю (II)	10,0	4,0
Вуглеводні	3,0	1,5

З таблиць видно, що до якісних показників газів, що викидаються, для капітально відремонтованих двигунів вимоги посилюються в порівнянні з експлуатованими двигунами приблизно в 1,5 рази по вуглеводням і оксиду вуглецю. Звісно, що викиди немінучі. Їх концентрація збільшується при несправностях та зносі деталей двигуна, системи живлення, вихлопної системи машини. Збільшуються викиди газів, що відпрацювали при підвищенні сірчистості пально-мастильних матеріалів [5].

Особливу токсичність мають несправні дизелі під час роботи без прогріву на холостому ході, без навантаження і малих оборотах. При проведенні технічного обслуговування та ремонту автомобілів в АПК та окремих агрегатів,

при забезпеченні потрібних режимів роботи значно знижується кількість канцерогенів, що викидаються, з відпрацьованими газами двигуна. Токсичність газів, що відпрацьовали, знижується при поліпшенні технічних характеристик деталей, механізмів і систем машини, досягаючи норми для відремонтованих машин.

Спостерігається збільшення терміну експлуатації відремонтованої техніки, дедалі частіше цей термін досягає критичних позначок. Велике зношування машин і агрегатів, за об'єктивними оцінками становить приблизно 70% [18].

В останні роки спостерігається тенденція до досить різкого зниження обсягу робіт у плані технічного сервісу та капітального ремонту автомобілів в АПК в деяких регіонах. Зазначається недостатній контроль з боку суб'єктів господарювання технічного стану машин та їх екологічних параметрів, тобто контроль токсичності двигунів у процесі їх експлуатації. Робота машини при несправності систем (наприклад, подачі палива або вихлопної системи) можуть збільшити викиди токсичних компонентів у відпрацьованих газах у кілька разів. Зниження якості та несвоєчасність технічного обслуговування та ремонту техніки відзначається у невеликих сільськогосподарських організаціях, кустарний та некваліфікований ремонт проводиться і в окремих фермерських господарствах. При такому ремонті недостатній, або зовсім відсутній.

Зміна технологічних характеристик роботи дизельного двигуна – процес неминучий. Зміни відбуваються одразу після початку експлуатації сільськогосподарської машини. Спочатку процеси протікають приблизно пропорційно процесу напрацювання техніки, а потім значно прискорюються. Технологічні характеристики відновлюються у процесі кожного наступного регламентного технічного обслуговування та при здійсненні поточного ремонту, проте повніше відбувається налагодження технічних показників при здійсненні капітального ремонту. Оцінюючи екологічних та економічних показників запропоновано приймати період від введення в експлуатацію дизеля до капітального ремонту. Цей період є базовим при оцінці паливної

економічності та рівнем концентрації токсичних компонентів у відпрацьованих газах. У кожному наступному міжремонтному періоді спостерігається тенденція зниження паливної економічності та підвищення рівня забруднення повітряного середовища. Хоча капітальний ремонт і покращує дані показники, проте не повертає їх до первісного значення. Важливо брати до уваги пряму залежність показників екологічності та економічності дизельного двигуна від процесу напрацювання та загального технічного стану агрегатів та складових частин автомобіля.

Ремонт проводиться у ремонтних майстернях фермерських господарств, у спеціалізованих цехах відновлення та ремонту машин, агрегатів, деталей, у сервісних підприємствах суб'єктів або їх об'єднань. Процеси ремонту автомобілів в АПК в Україні відбуваються, в більшості випадків, без належного технологічного та екологічного контролю з огляду на відсутність або недостатності кваліфікації обслуговуючого персоналу. Ремонт машин проводиться механіками-машиністами, ремонтниками. Варто відзначити, що при старінні техніки працездатність та ефективність роботи сильно знижується. У малих господарствах проводиться ремонт машин безпосередньо працівниками та механіками, цей ремонт значно відрізняється технічними характеристиками ремонту машин, виробленого в спеціалізованих сервісних центрах. Звичайно, у малих господарствах екологічні параметри відремонтованої техніки враховуються в останню чергу, більша увага приділяється технічним характеристикам. У такій ситуації зниження викидів забруднюючих речовин із вихлопними газами дизеля є наслідком усунення технічних несправностей двигуна для збільшення часу працездатності відремонтованих автомобілів.

При здійсненні ремонту машин на станціях технічного обслуговування та у спеціалізованих цехах відновлення та ремонту агрегатів якість ремонту вища.

Однак не всі організації мають сучасне ремонтне та діагностичне обладнання, засоби контролю технічних та екологічних показників відремонтованих агрегатів. Кваліфікація персоналу іноді не відповідає ремонтним роботам. За

таких обставин екологічні показники мало враховуються, та й технічні характеристики не відповідають.

Усе це пояснюється такими причинами. По-перше, в чинному законодавстві відсутні положення, які б призводили до ефективного стимулювання експлуатації економічних та екологічних дизельних двигунів.

По-друге, недостатнє фінансування та державна підтримка малих господарств, спрямоване на заміну застарілого морально та фізично автотракторного парку.

По-третє, сильною невідповідністю наявних об'єктів інфраструктури технічного обслуговування та ремонту автомобільного парку сучасним

вимогам. Дуже часто придбана нова сільськогосподарська техніка під час закінчення терміну післяпродажного сервісного обслуговування обслуговується в ремонтних майстернях, які не оснащені сучасним обладнанням. По-четверте, недостатнім стимулюванням підвищення культури експлуатації автомобільного парку.

Так звана екологічна культура відсутня, тому сільському господарстві частка забруднення повітря від дизельних двигунів залишається постійною, динаміка зниження забруднень практично відсутня. У сучасному сільському

господарстві відсутні будь-які дієві стимули, спрямовані на підвищення культури експлуатації відремонтованої працюючої техніки, зокрема автомобілів вітчизняного виробництва.

Низький рівень технічного стану застосовуваної техніки спричиняє величезні перевитрати пально-мастильних матеріалів, втрат нафтопродуктів, забруднення ґрунтового покриву та водних об'єктів та підвищення кількості викидів продуктів згоряння в атмосферу. Ці процеси посилюють несприятливу екологічну обстановку у сільськогосподарських районах, що призводить до зниження врожайності сільськогосподарських угідь, зменшення площі лісів, зниження продуктивності тваринницьких господарств. Збільшується кількість та тяжкість професійних захворювань людей.

При недостатньому контролі технічного стану відремонтованих автомобілів загалом складається ситуація дефіциту паливно-енергетичних

ресурсів, що збільшується. Необхідне повсюдне впровадження контролю екологічних показників та якості технічних даних відремонтованої техніки та відновлення їх до нормативних значень характеристик дизельних двигунів автомобілів, що працюють на основі дизеля.

1.3. Міжнародне нормативне регулювання проблеми забруднення повітря автомобілями АПК

Проблема регулювання викидів забруднюючих речовин автотранспортних засобів розглядається на міжнародному рівні. Країни Європи, Азії та США розробили та успішно застосовують стандарти, що регламентують кількості забруднюючих речовин у відпрацьованих газах бензинових та дизельних двигунів.

У існує стандарт Tier (набуття чинності 1994-1997 р.), який регламентує викиди забруднюючих речовин відпрацьованих газів від двигунів всіх транспортних засобів.

Європейські країни звернули увагу на проблему забруднень значно раніше, на відміну від України. Економічна місія ООН ухвалила стандарт Euro, спрямований на зниження кількості забруднень ще 1992 року. З тих пір стандарт Euro переглядається. Нові вимоги стандарту з кожним разом більш і більше посилює вимоги до кількості і якості відпрацьованих газів, що викидаються автотранспортом. В Україні ці вимоги стандарту Euro запроваджуються із затримкою, проти країнами Європи [25].

У країнах Європи для автомобільного транспорту розроблено та набув чинності стандарт Euro, а для двигунів позашляхової техніки (для машин, кар'єрної, дорожньої, будівельної техніки, машин спеціального призначення та дизельних генераторів) прийнятий до дії стандарт Stage.

Важлива та обставина, що стандарт якості відпрацьованих газів Tier поширюється на двигуни морських суден, при тому що стандарт Stage ці двигуни не регламентує. Тобто, в європейських країнах для двигунів морських суден немає обмежень у кількості забруднюючих речовин, що викидаються з відпрацьованими газами.

Стандарт Tier поширюється попри всі групи дизельних двигунів (на двигуни різних потужностей). Стандарт Stage обмежує викиди лише дизельні двигуни з потужністю від 56 кВт до 560 кВт. Таким чином, дизельні двигуни малої потужності не регламентуються цим стандартом.

Американський стандарт Tier 4 final та європейський стандарт Stage IV відповідають один одному. У таблиці 1.6 подано дані про допустимі викиди забруднюючих речовин для дизельної техніки.

Таблиця 1.6 - Показники допустимого вмісту забруднюючих речовин відповідно до стандартів Tier 4 final і Stage IV

Найменування речовин	Допустима кількість (г/кВт/год)
Оксид азоту (NO _x)	0,4
Вуглеводні (CH)	0,19
Оксид вуглецю (CO)	3,5
Зважені речовини (PM)	0,02; 0,025*

ПРИМІТКА: * - для стандарту Tier - 0,02 г/кВт/год, для стандарту Stage - 0,025 г/кВт/год

Країни Азії застосовують усі три екологічні стандарти. Стандарт Tier використовується для дизельних двигунів малої потужності. Стандарти Euro і Stage застосовуються, але у великих містах, де рівень забруднення набагато вищий, прийняті суворіші екологічні вимоги до вихлопних газів двигунів.

Японія розробила норми викидів для газів, що відпрацювали, які є загальнонаціональними. Дані стандарти не ґрунтуються на європейських та американських стандартах, але за показниками вони мало від них відрізняються.

В Україні стандарт Euro поширюється на бензинові та дизельні двигуни автомобілів. Для позашляхової дизельної техніки, у тому числі і для дизельних сільськогосподарських машин, діють стандарти ISO-2005.

Таблиця 1.7
Показники допустимого вмісту забруднюючих речовин відповідно до ISO-2005

Найменування речовин	Допустима кількість (г/кВт/год)		
Оксид азоту * NO _x	9,2	9,2	9,2
Вуглеводні СН	1,3	1,3	1,3
Оксид вуглецю СО	5	5	6,5
Зважені речовини РМ	0,54	0,70	0,85
	P > 130	75 < P < 130	37 < P < 75
	Корисна потужність P, кВт		

ПРИМІТКА: * - для двигунів, випущених серійно до введення в дію цього стандарту (тобто до 1999 року).

Сумарна кількість токсичних речовин, що викидаються сільськогосподарськими машинами, практично в 5 разів перевищує кількість забруднювачів, що викидаються, від теплових електростанцій, а також у 3 рази перевищує викиди від різних промислових виробництв. Працюючи дизельного двигуна забруднюючі речовини повільно розсіюються, оскільки сільгоспмашина класифікується як джерело малої висоти. Підвищена концентрація відпрацьованих газів відзначається на незначній відстані від діючого дизельного двигуна. В умовах закритого ґрунту, при розсіюванні викидів деяка їх частина осідає у ґрунтового та рослинного покриві, відбувається процес накопичення забруднювачів, тим самим скорочуючи врожайність сільськогосподарських рослин до 25%, та знижує якість продукції. Крім безпосереднього впливу на ґрунт, забруднювачі вилиті безпосередньо на людину. Наприклад, бенз(а)пірен дуже токсичний. Його концентрація у відпрацьованих газах зростає зі збільшенням навантаження на двигун, що знаходиться в межах 10...50 мкг/м³ [25,43].

Нормування концентрацій антропогенних викидів суттєво знижує навантаження на навколишнє природне середовище. Необхідне інтенсивне впровадження та жорсткий контроль вже існуючих екологічних стандартів,

розробка нових шляхів зниження забруднень від дизельних двигунів в агропромисловому комплексі.

1.3. Аналіз систем зниження токсичності відпрацьованих газів

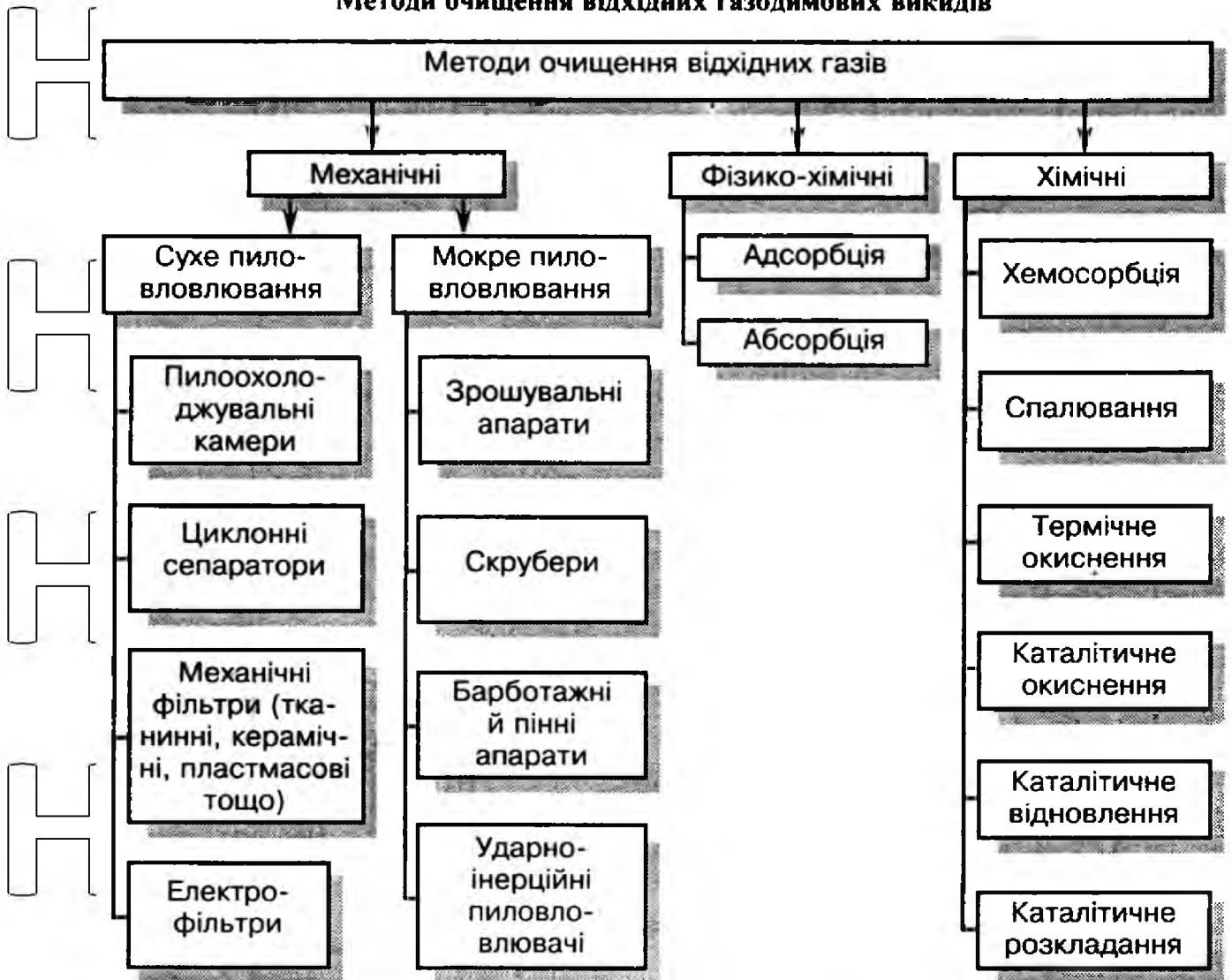
1.3.1. Класифікація систем очищення відпрацьованих газів

Агропромисловий комплекс, сукупність з промисловістю, транспортом та іншими видами діяльності людства змінює стан навколишнього природного середовища.

Господарські розробки людини безпосередньо впливають на природне середовище, цей вплив переважно негативний. Машини, застосовувані людиною господарювання, впливають, як пряме, і непряме, попри всі елементи природного середовища [14].

Розробляються методи, впроваджуються технології, створені задля зниження негативного на природу. Детальніше зупинитися на основних системах очищення дизельних двигунів з відпрацьованими газами [7, 24], представлених на рис. 1.1.

Методи очищення відхідних газодимових викидів



НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

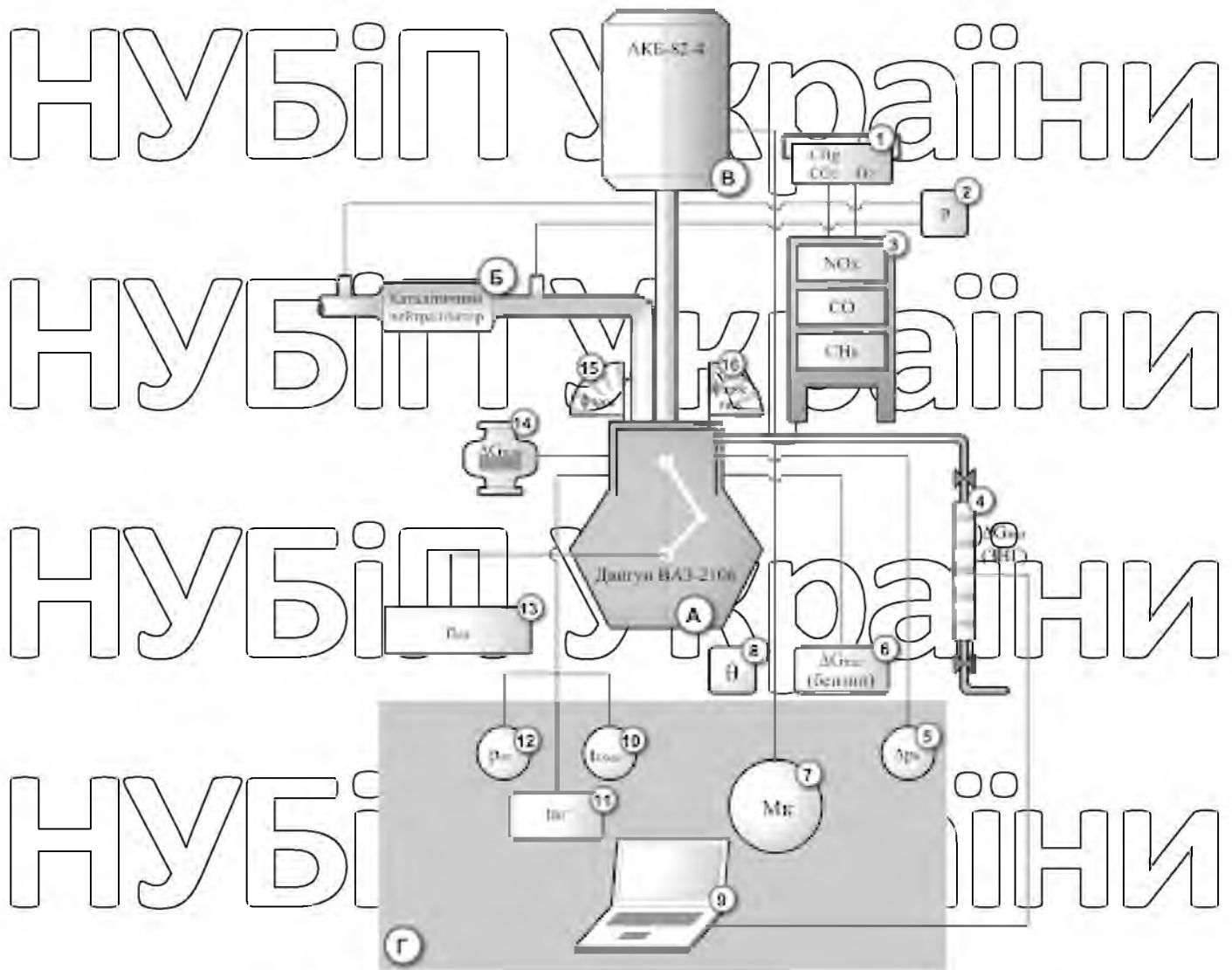


Рис. 1.1- Основні види систем очищення відпрацьованих газів

В даний час у багатьох країнах проводяться випробування різних конструкцій фільтра сажі. Впровадження заходів, що забезпечують виконання жорстких норм щодо токсичності та димності відпрацьованих газів необхідно, насамперед, на тракторах, автотранспорту, що працюють у місцях з обмеженим повітрообміном [9].

1.3.2. Порівняльна характеристика систем очищення відпрацьованих газів

Більшість фільтрів в основі своєї конструкції мають керамічні пористі фільтри, що мають стільникову структуру осередків. Фільтри складаються з безпосередньо керамічного блоку, палика, що виконує функції системи регенерації сажі, системою управління, та деякими іншими складовими. Комплектація яких залежить від модифікації та фірми виробника сажевого фільтра [17].

У металевий корпус фільтра вміщений блок стільникової структури. Цей блок є конструкцією, що складається з великої кількості вузьких каналів, які тягнуться вздовж всього керамічного блоку. Між собою канали мають розділові стінки, у вигляді дрібної структури. Ці канали по чергово закриті на початку блоку, або наприкінці блоку, тобто із боку входу вихлопних газів, або з боку виходу газів. Газ, що відпрацювали, при вході в такий блок, фільтруючись через розділові стінки, осаджує частинки сажі на поверхні дрібнокомірчастих стінок. Далі частинки сажі накопичуються у фільтрі, оскільки половина каналів закриті з боку виходу газу. Відпрацьований газ безперешкодно виходить із сажевого фільтра через пори та відкриті канали. Весь цей процес є процесом фільтрації сажі у відпрацьованих газах дизельних двигунів [68].

Після процесу фільтрації сажі настає процес регенерації сажі. На стінках керамічного стільникового блоку осідає більша кількість частинок сажі. Але найнебезпечніші для людини частинки малого розміру (від 0,1 до 1 мкм) проходять крізь канали керамічного фільтра. Частина таких частинок становить 5% від загальної кількості сажових викидів у газах, що відпрацювали.

У процесі експлуатації, сажові фільтри необхідно очищати від сажі, що накопичилася в них, так як фільтр, що забився, знижує потужність двигуна.

Запускається процес регенерації сажі. У фільтрах різних модифікацій цей процес реалізований по-різному [16].

Розроблено фільтри з нанесеним на стінки керамічного стільникового блоку каталітичним складом. Ці блоки розміщуються в місці, де температурні показники відпрацьованих газів досягають максимуму, відразу за випускним колектором, найближче до двигуна [45].

Очищення від сажі у фільтрі такого типу відбувається аналогічно з очищенням в сажевому фільтрі, але відрізняється тим, що каталітичний склад, що є на стінках керамічної матриці, вступає в хімічну реакцію з незгорілим оксидом вуглецю та вуглеводнями, приводячи до каталітичного окислення цих забруднювачів.

Вихлопні гази дизелів завжди містять велику кількість кизню. При

високій температурі вихлопних газів 573 К (близько 300 °С) і більше, при будь-якій конструкції нейтралізаторів є хімічні умови для реакцій каталітичного окиснення чадного газу, вуглеводнів та альдегідів. Залежно від конструктивних рішень та складу каталітичного шару нейтралізатора, його ефективність коливається в межах 70...90% [104,159,161].

Особлива конструкція є у рідинних нейтралізаторах. Принцип очищення газів, що відпрацювали, полягає в проходженні газового потоку через рідкий склад нейтралізатора, іноді в ролі нейтралізуючої рідини виступає вода. Такий тип очищення застосовується для дизельних самохідних вагонів, локомотивів, великих дизельних установках.

Вода в рідинному нейтралізаторі досягає температури близько 313 К (близько 40 °С). Такий температурний режим сприятливий для поглинання газів (SO_2 , CO_2 , формальдегиду).

Однак при підвищенні температури води до 363 К (90°С) спостерігається погіршення поглинання газів. Це зниження компенсується збільшенням поглинання парів рідких та твердих речовин їх подальшим розчиненням. Підвищення температури до 373 (100°С) запускає процеси перегонки з паром, що заважають утримування розчинених і осаджених речовин.

У вихлопній системі дизеля є умови для коагуляції частинок сажі, розмір яких збільшується у випускному тракті до 0,1...10 мкм.

У зв'язку з розчиненням та хімічним зв'язуванням компонентів, віднесення частинок рідини, що нейтралізує, зменшує ефективність роботи апарату.

Оскільки в процесі роботи застосовувані в рідинних нейтралізаторах розчини насичуються токсичними компонентами, ефективність очищення протягом робочої зміни знижується. Заповнений водою рідинний нейтралізатор інтенсивно (на 50.100%) поглинає сажу та бенз(а)пірен, але не вловлює CO , C_xH_y .

Розвивається напрямок відновлення NO_x селективно одержуваним синтез-газом ($\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2$), а переважно - воднем. А європейська автомобільна

спільнота, а за ними КамАЗ та МАЗ, прийняли програму розвитку «технології SCR» - селективного відновлення NOx введенням у ВГ парів сечовини або її аналога, засновану на позитивних результатах застосування аміаку ще в 70-х роках.

Недоліком застосування синтез-газу - деяка пожежна небезпека полум'яних його генераторів, а аміачний напрямок «SCR» проблематичний через його отруйність. Однак у аміаку є нешкідливий замітник - рідина «AdBlue» з витратою близько 6% від витрати дизпалива, яка до того ж зменшує витрату палива на 30%. Передбачалося, що система «SCR» дозволить задовольняти екологічні вимоги «Євро-5».

Рідкісні нейтралізатори мають ряд істотних недоліків:

1. Достатньо велика вага та габаритні розміри;
2. Дані нейтралізатори не очищають від окису вуглецю;
3. Постійна необхідність змінювати каталітичний розчин (раз на зміну);
4. Необхідність очищати внутрішні поверхні нейтралізатора від сажі (раз на два тижні);
5. Неможливість застосування при негативних температурах середовища через замерзання розчину та ін.

Але навіть при всіх перелічених мінусах застосування рідинних нейтралізаторів виправдовується у вибухонебезпечних шахтах, де необхідне примусове охолодження газів, що відпрацьовали, а рідинні нейтралізатори одночасно виконують функції холодильників [30,53].

Також є нейтралізатори факельні, або полум'яні. Принцип їх роботи ґрунтується на здатності деяких забруднюючих сполук (окису вуглецю (CO), альдегідів (R-COH), вуглеводнів (C_xH_y), що входять до складу відпрацьованих газів дизельних двигунів, окислюватися при високих температурах і надлишку кисню до простих як вода (H₂O) та вуглекислий газ (CO₂). Температурні режими таких реакцій окислення перебувають у межах 823...973 К (550°C...700°C). Тому факельні нейтралізатори оснащені спеціалізованим осередком полум'я, проходячи крізь яке компоненти газів, що відпрацьовали,

частково або повністю нейтралізуються.

Однак є великий недолік цього виду нейтралізаторів - не здатність очищення відпрацьованих газів від оксидів азоту. І головне те, що їх не застосовують у закритих приміщеннях через небезпеку займання. Внаслідок цих причин факельні нейтралізатори практично не застосовуються у сільському господарстві.

Особливу увагу приділимо без полум'яним нейтралізаторам. Відмінна риса їх полягає в тому, що каталітичне окиснення токсичних компонентів відбувається не в рідкому середовищі, і не при проходженні газів через полум'яні пальники, а на стінках нейтралізатора, на які завдані каталітичного складу [13,27].

У цій галузі велося досить багато розробок, спрямованих на пошук оптимального за складом каталітичного покриття. Найбільш поширений у цій якості хімічний елемент - платина [11]. В даний час її наносять тонким шаром на пористу керамічну або гофровану металеву основу. Каталітичні нейтралізатори на основі платини ефективно очищають гази, що відпрацьовали.

Однак при виробленні ресурсу нейтралізатора потрібна його заміна. Висока ціна такого нейтралізатора обумовлюється наявністю у його складі дорогого металу - платини. Тому заміну таких нейтралізаторів доцільно замінити регенерацією, тобто відновленням. У деяких методиках регенерації пропонується спосіб простого промивання водою.

Оптимальним за своїми технічними та економічними характеристиками вважається каталітичний нейтралізатор, в основі якого знаходиться носій блочного типу, а каталітична основа не містить метали платинової групи [39]. Внаслідок застосування компактної внутрішньої матриці, найчастіше кераміки, каталітичні нейтралізатори цього типу мають менші габаритні розміри, за рахунок великої питомої поверхні.

Такого ефекту досягли завдяки величезній кількості поперечних каналів малого перерізу, які у свою чергу мають пори в розділових стінках. Велика площа сприяє ефективнішому протіканню хімічних реакцій на стінках

керамічного блоку.

При такій компактності очищення газів, що відпрацьовали, досягає 50... 95% найбільш небезпечних забруднюючих речовин, таких як окис вуглецю, оксиди азоту і вуглеводнів. Розвинена питома поверхня дозволяє значно знизити тривалість розігріву пристрою, що очищає, при холодних пусках.

Ефективне знешкодження забруднювачів у відпрацьованих газах, що на сучасному рівні розробляються, можливе тільки при застосуванні блочного безплатинового металооксидного каталітичного нейтралізатора [19].

Очищення газів у безплатинових металооксидних нейтралізаторах протікає за тим самим принципом, що очищення газів у платинових нейтралізаторах. Проте платинові нейтралізатори менш ефективні щодо очищення вихлопних газів від оксидів азоту, тоді як металооксидні здатні до знешкодження оксидів азоту.

У таких нейтралізаторах спочатку відбувається очищення газового потоку від наявних частинок сажі, яка акумулюється на елементі, що фільтрує. Потім відбувається процес каталітичного окислення токсичних сполук, а потім процеси відновлення, або розкладання сполук азоту [67,85,99]. Здатність до розкладання оксидів азоту – явна перевага цього типу очищення.

Позитивні та негативні аспекти при використанні різних модифікацій сажових фільтрів та каталітичних нейтралізаторів для більшої наочності зведені до таблиці 1.8 [4].

Таблиця 1.8

Порівняльні характеристики пристроїв очищення відпрацьованих газів дизельних двигунів

Характеристика	Системи очищення відпрацьованих газів					
	Сажеві фільтри		Нейтралізатори відпрацьованих газів			
	Керамічний фільтр сажі	Сажовий фільтр з каталітичним покриттям	Рідкісні нейтралізатори	Каталітичні (без полум'яні) нейтралізатори	Полум'яні (факельні) нейтралізатори	
	- фільтрація та регенерація	- фільтр уловлює сажу, каталізатор	- застосування виправдане	алюмінієво-платинові	металооксидні	- стійке

	сажі; -Ефективний для великих частинок сажі.	на стінках матриці сприяє окисленню вогневоднів, що не згоріли, і чадного газу.	вибухонебезпечних шахтах, де необхідне примусове охолодження ВГ; і поглинає сажу та бенз(а)пірен.	- ефективне очищення ВГ; - розроблено простий спосіб регенерації.	- здатні до розкладання оксидів азоту; не містять шкідливих металів; - менша вартість.	допалювання незгорілих компонентів ВГ
Недоліки	- не затримує частки малого розміру; - накопичення сажі знижує потужність двигуна; потрібне систематичне чищення фільтра або його заміна.	- велика вага та габарити; - нечутливий до окису вуглецю; - часта зміна реагенту (раз на зміну); - необхідність частого очищення внутрішніх стінок апарату від сажі (раз на 2 тижні); - неможливість застосування при негативних температурах.	- після напрацювання 250-500 мотогодин ефективність знижується; - малочутливий до окислів азоту; - висока вартість.	- необхідно збільшення адгезії блоку та шарів а так само шарів між собою; - потрібна детальна розробка нових підкладок та нейтралізуючих складів.	Висока ефективність очищення ОГ (деяких компонентів до 100%).	- мінімальна температура для реакції окислення 550-700 °С; - не знешкоджує окису азоту; - ймовірність займання.

Висока вартість металів платинової групи та їх низька чутливість до азотовмісних сполук не сприяє загальному застосуванню алюмінієво-платинових каталізаторів. Перспективними можуть бути оксидні композиції на основі Сг, Мн, Іє, Со, N1, Сі, 2п, РВ, Ва, Та та Се. Їхня розробка, зважаючи на те, що вони у своєму складі не містять шкідливих металів, економічно вигідна.

Відчутно знижується вартість нейтралізатора. В умовах сучасної екологічної та економічної кризи ведеться наукова розробка хімічних оксидних композицій, що відповідає сучасним вимогам екологічних стандартів [66].

Однак недостатньо вивчені склади каталітичних покриттів. Каталітична активність безпосередньо залежить від якості нанесення та хімічного складу

шару. Покриття можуть бути занадто тонкими, тоді поверхня є недостатньо розвиненою для високоефективного очищення газових викидів, або нерівномірним, у такому випадку утворюються тріщини в процесі термічного впливу. Це є причиною часткового обсіпання каталітичного покриття у процесі експлуатації каталітичних нейтралізаторів. Необхідне проведення досліджень у плані виявлення температурних параметрів нанесення шарів, послідовності стадій високотемпературної обробки послідовності стадій нанесення та закріплення шарів.

Незважаючи на описані проблеми, головною перевагою каталітичного безплатинового металооксидного нейтралізатора є відсутність у складі каталітичного шару металів платинової групи, або присутність їх в дуже малих концентраціях. Такий хімічний склад каталітичного шару знижує вартість нейтралізатора. Внаслідок цього розробки металооксидних нейтралізаторів є дуже перспективними.

1.4. Технічні характеристики каталітичних нейтралізаторів

1.4.1. Керамічні блоки як основа

На основі літературних і патентних джерел можна зробити висновок про те, що все більше типів і модифікацій нейтралізаторів відпрацьованих газів виготовляються із застосуванням блокового носія [6].

Блоки носії мають різну конфігурацію, залежно від модифікації нейтралізатора. У більшості випадків блоки є керамічні пористі конструкції.

Кордіерит, або мулліт - поширені матеріали, що використовуються при виготовленні матричних блоків [12].

При виготовленні керамічних блоків застосовуються додаткові заходи збільшення їх внутрішньої площі. Це необхідно з тієї причини, що після випалу кераміки у стінках, що розділяють наскрізні канали між собою, відсутні дрібні пори (мікропори).

Наявність мікропор необхідна процесів проходження газового потоку, збільшення площі внутрішньої поверхні. Для утворення пір та збільшення площі на стінки керамічного блоку наносять додаткові шари, які утворюють

вогнетривкі плівки (використовуються оксиди алюмінію, цинку, магнію, іноді берилію або хрому) [46, 47].

Збільшення внутрішньої поверхні необхідне найбільш ефективного протікання процесів каталітичного знешкодження забруднювачів. Після нанесення шару, що розвиває внутрішню поверхню, на керамічний блок безпосередньо наноситься каталітичний склад.

Більшість виробників нейтралізаторів використовують каталітичні склади на основі металів платинової групи: родій, паладій та платину.

Каталітичні нейтралізатори на основі оксидів металів знаходять все більше застосування, у цій галузі ведуться ефективні розробки, спостерігається активне впровадження у широке користування даних нейтралізаторів [105].

1.4.2. Каталітичні склади на основі металів платинової групи

Розробки в галузі очищення газів, що відпрацювали, каталізом ведуться вже кілька десятків років. За цей час виявлено велику кількість різних складів каталітичних покриттів та покриттів, що збільшують питому поверхню [19].

Наприклад, запропонований спосіб нанесення на керамічний блок гідроксиду алюмінію. Блоковий носій перед нанесенням необхідно прожарити при температурі близько 1273 К (1000°C). Тут виникла необхідність наявності металевого алюмінію і гідроксиду калію в розчині. Після цього необхідно добиватися термічної стабілізації оксиду алюмінію, запровадженням додаткових речовин. Далі відбувається процес нанесення каталітичного шару (одного або декількох, залежно від хімічних складів шарів, що наносяться).

Цей спосіб має низку явних недоліків. По-перше, цей процес займає багато часу, тому що блок після кожного нанесеного шару повинен піддаватися сушінню. По-друге, багатостадійність процесу, складність технологій стабілізації шарів. По-третє, цей процес формування шарів на носії не підходить для керамічних стільникових блоків. Формування деяких шарів відбувається за наявності гідроксиду калію. А тривале перебування керамічного виробу, наприклад, з кордіериту, з подальшим підвищенням температури, в такому розчині сприяє руйнуванню кераміки. Спочатку відбувається

набухання, а при збільшенні температури розтріскування, що призводить до неможливості подальшого використання керамічного блоку-носія [11].

Інший спосіб формування шарів ґрунтується на багаторазовій обробці блоку оксидом алюмінію, що знаходиться в диспергованому вигляді у складі суспензій. Супутньою хімічною речовиною тут пропонується використовувати оксид церію, який є кінцевою речовиною при реакціях, що відбуваються в процесі просочування порошкоподібного оксиду алюмінію розчинами церію солями. Блокові носії у запропонованому способі теж піддаються розжаренню.

Потім наноситься каталітичний шар – метали платинової групи, причому пропонується використовувати кілька металів (платина, родій). Кожен метал пропонується наносити у водяному розчині. Кожен наносити окремо і після кожного нанесення, природно, піддавати сушінню блок [11]. Тут є такі недоліки: нанесення декількох різних шарів, що містять різні метали, суттєво ускладнюють технологічний процес. Але головна вада запропонованого способу полягає в тому, що зчеплення шару оксиду алюмінію з блоковим носієм дуже низьке. При такому зчепленні каталітичний нейтралізатор має малий ресурс роботи, оскільки відбувається процес відшарування шарів стінок керамічного блоку.

Запропоновано ще спосіб нанесення шарів на керамічний стільниковий блок: пропонується збільшувати питому поверхню шляхом нанесення оксиду алюмінію з використанням стабілізуючих компонентів. Для більшого ефекту пропонується проводити процедуру нанесення проміжного шару кілька разів, керамічний блок піддавати сушінню після кожного нанесення шару. Потім наносити каталітичний прошарок [34].

Запропоновано спосіб нанесення шарів не на стільниковий блок, а на блок гофрованого металу. Його попередньо прожарюють, потім обробляють суспензією оксиду алюмінію та азотнокислого церію. Процес обробки є нанесенням суспензії в потоці повітря, при високій температурі, протягом тривалого часу (до 15 годин). Далі гофрований блок піддається сушінню. Далі розчин розчину каталітичного металу платинової групи, одного або декількох.

У запропонованому способі розроблено чітке співвідношення речовин в суспензії, що дозволяє за одне нанесення осадити на поверхні блоку до 14% оксиду алюмінію як проміжний шар. Цей спосіб багатостадійний і потребує витрат енергії. Недоліком такого способу є технічна складність нанесення суспензії проміжного шару та тривалість цього нанесення, особливо якщо процес нанесення оксиду алюмінію необхідно повторити. Процес нанесення шарів значно ускладнений порівняно з іншими запропонованими способами, призводить до незначного збільшення каталітичної активності [19].

Вище перераховані деякі, найбільш типові способи. Головною перевагою каталітичним нейтралізаторам на основі платини є їхня висока каталітична активність. Можна зробити висновок про недоліки, які притаманні каталітичним нейтралізаторам, в основі яких застосовуються метали платинової групи. Особливу увагу варто звернути на ту обставину, що ці нейтралізатори можна застосувати з паливом високої якості, неприпустимо застосування палива добавками сірки, свинцю, заліза. При попаданні на поверхню каталітичного покриття горючих речовин понад розраункові кількості, можливо, їх інтенсивне горіння, що призводить до порушення механічної структури первинного носія та виведення нейтралізатора з ладу. Крім того, платинові нейтралізатори дорогі. Тому ведуться пошуки створення ефективних безплатинових каталізаторів на основі сполук міді, марганцю, нікелю, хрому, кобальту тощо.

Незважаючи на велику кількість розробок у сфері металооксидних каталітичних нейтралізаторів, велика кількість машин обладнана каталітичними нейтралізаторами, які мають у своєму складі метали платинової групи. Такі нейтралізатори застосовуються для очищення газів, що відпрацювали, вже тривалий час. Історія їх застосування відрізняється вже десятками років. Природно, що за тривалий проміжок часу спостерігалось вплив на довкілля. Антропогенна міграція елементів відбувалася у процесі експлуатації нейтралізаторів. Підвищена концентрація металів платинової групи відзначається в осадових відкладеннях річок та дорожнього ґрунту [30, 58].

Винесення частинок з каталітичних нейтралізаторів цілком очікуване явище, оскільки в процесі роботи каталітичні шари піддаються впливу високих температур, впливу інтенсивного газового потоку, а також механічному руйнуванню [25]. Вплив платини на живі організми вивчено меншою мірою, порівняно з іншими важкими металами [57]. Але за наявними даними, тривала дія металів платинової групи на організм людини призводить до серйозних ускладнень здоров'я. Існує синдром під назвою платиноз, що протікає у супроводі хвороб шкіри, бронхіальною астмою та іншими серйозними нездужаннями. Тривалий вплив солей металів платинової групи порушує вироблення гемоглобіну крові [60].

Цілі та завдання дослідження

Аналіз питання, проведений виходячи з вивчення літературних джерел, дозволив зробити висновки:

1. Зниження викидів токсичних речовин позитивно вплине на санітарно-гігієнічні умови роботи в приміщеннях з обмеженим повітрообміном, в умовах відкритого простору знизить забруднення сажовими частинками та шкідливими газами, що позитивно позначиться на врожайності сільськогосподарських культур..

2. Проблема забруднення повітря регулюється Міжнародними нормативними документами. Ступінь забруднення повітря залежить від технічних властивостей відремонтованих автомобілів. Висвітлено основні забруднювачі від дизельних двигунів, їх вплив на навколишнє природне середовище.

3. Проведення робіт, спрямованих на розробку системи очищення дизельних відпрацьованих газів, ґрунтується на проведеному аналізі вже наявних способів очищення газів від двигунів різного типу дизельної техніки, що працює в різних умовах праці. Проведено порівняння способів очищення, у тому числі каталітичної.

Проаналізовано основні складові каталітичних нейтралізаторів.

блоки-основи (керамічні, чи металеві);

основні шари, що наносяться на блоки (первинні шари, каталітичні шари).

Матеріали виготовлення блоків та хімічних шарів різні та залежать від методики виготовлення каталітичних нейтралізаторів. Виявлено ефективність блоків з кераміки, так як висока питома поверхня стінок керамічних блоків зумовлює велику корисну площу, де відбуваються реакції каталітичного знешкодження забруднюючих речовин, що входять до складу газового потоку. Внутрішню площу блоку – основи збільшують завдяки нанесенню так званого первинного шару або шару підкладки.

4. Перспективними та актуальними є розробки, спрямовані на застосування каталітичних хімічних складів, що не мають у складі металів платинової групи. Реакції каталітичної нейтралізації оксидів азоту та вуглецю протікають при взаємодії з металооксидними сполуками.

На підставі вищевикладеного, метою роботи є покращення екологічних характеристик відремонтованих дизельних двигунів шляхом розробки та застосування безплатинових каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів з обґрунтуванням технічних характеристик.

Досягнення поставленої мети вимагає виконання наступних завдань:

- провести аналіз забруднень навколишнього середовища автомобілів АПК в умовах закритих приміщень;
- провести аналіз систем зниження токсичності газів, що відпрацьовали, розглянути різні типи пристроїв очищення вихлопних газів, враховуючи особливості кожного типу або виду очищення;
- обґрунтувати безплатинове каталітично активне покриття для керамічних блоків;
- виявити економічну ефективність від застосування каталітичних нейтралізаторів у суб'єктах господарювання

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Зі збільшенням кількості транспорту у світі немигуче зростає й рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу. Сьогодні екологія потерпає від різних забруднювачів і чинників, які негативно впливають на екологічний стан довкілля.

З метою забезпечення конкурентоспроможності транспортного засобу виробники дедалі більше оснащують їх двигунами з великим ККД. Як зауважують дослідники заходів, спрямованих на покращення екологічного стану довкілля, для всіх країн світу актуальні екологічні проблеми, пов'язані з використанням традиційного дизельного пального в двигунах автомобільних засобів. «Сьогодні в багатьох країнах світу прийняті жорсткі екологічні вимоги ЄВРО щодо викидів шкідливих речовин від транспортних засобів в атмосферу.

У результаті з 1993 року по 1999 рік кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів за кордоном знизилась приблизно в 3 рази, а разом за останні 40 років вміст токсичних компонентів зменшився на 70 %. Уже зараз багато закордонних автобудівних фірм працюють над вирішенням проблеми нульового рівня токсичності відпрацьованих газів. Їхній досвід

показує, що досягти цього можна тільки у випадку використання альтернативного до нафтового виду пального. Тому практично всі перспективні екологічно чисті автомобілі проектується із споживанням альтернативних видів пального». Україна також бере участь у покращенні екологічного стану довкілля, бореться із забрудненням навколишнього середовища, запроваджуючи законопроекти, що регламентують норми шкідливих викидів в атмосферу для транспорту з різними типами двигунів, зокрема, з дизельними.

2.1 Пропозиції щодо зниження токсичності

У зв'язку із запровадженням усе більш жорстких екологічних норм виробникам автотранспорту та палива доводиться застосовувати різноманітні технології, системи і агрегати для зниження викидів дизелями шкідливих речовин. Умовно можна поділити їх на дві підгрупи:

1) технології, пов'язані з установленням на існуючий двигун додаткового обладнання з метою зниження шкідливих викидів у навколишнє середовище;

2) заходи щодо зниження токсичності пального шляхом введення в його склад різних компонентів (насамперед біологічного походження).

Видається необхідним більш детальний аналіз названих підгруп заходів зі зниження токсичності дизелів.

2.1 Доболаднання двигуна додатковими конструкціями

Сьогодні задля досягнення відповідності жорстким вимогам екологічності сучасні двигуни переобладнують різними шляхами, зокрема, оптимізують їхню конструкцію, удосконалюють систему управління, паливну апаратуру, а також установлюють додаткові підсистеми зниження токсичності вихлопних газів. Крім того, необхідно застосовувати відповідне пальне.

До додаткових конструкцій, що дозволяють знизити рівень вихлопів дизельного двигуна, належать насамперед система рециркуляції ВГ EGR (Exhaust Gas Recirculation), система селективної (вибіркової) каталітичної нейтралізації ВГ відновлення із застосуванням реагенту (мочевини) SCR (Selective Catalyst Reduction), сажовий фільтр DPF (Diesel Particulate Filter), турбокомпресор зі змінною геометрією VGT (Variable Geometry Turbine), акумуляторна система паливopодачі HPCR (High-Pressure Common Rail) характеризується підвищеним тиском впорскування палива від 120 МПа (перше покоління) до 220 МПа (четверте покоління), інтеркулер радіатора типу «повітря-повітря» (забезпечує проміжне охолодження повітря), а також технології вдосконалення процесу згоряння за рахунок розроблення ефективніших камер згоряння, використання спеціальної моторної оливи, нові ущільнення клапанів тощо.

На графіку нижче продемонстровано ефект від впровадження підсистем зниження токсичності на відповідні параметри викидів [9].

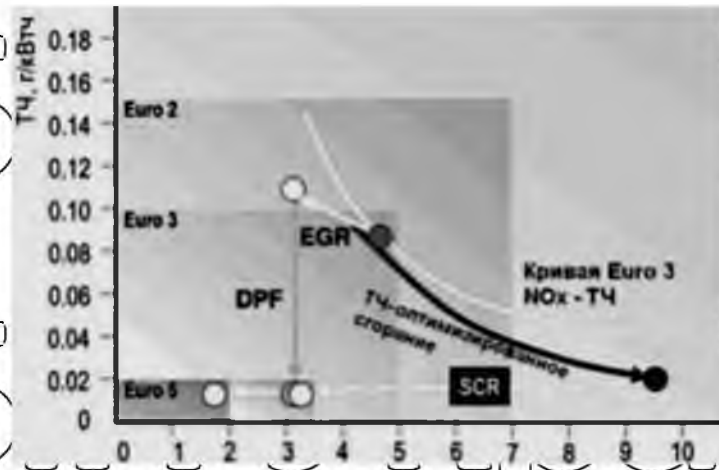


Рис 2.1. Ефект від впровадження підсистем зниження токсичності на різні параметри викидів: NOx – оксиди азоту, ТЧ – тверді часточки (у т. ч. сажа).

Завдяки конструкції турбокомпресора зі змінною геометрією та акумуляторної системи паливоподачі знижується витрата пального, що призводить у свою чергу до зменшення токсичних викидів в атмосферу.

У транспортних засобах, обладнаних системою турбонаддуву здебільшого використовують також радіатор інтеркулера – який охолоджує повітря до 50–60°C, підвищуючи тим самим його якісні характеристики.

Повітря краще наповнює циліндри, а отже, збільшує потужність двигуна.

Відзначимо, що зниження температури повітря лише на 10°C дозволяє збільшити потужність на 3%. Крім того, за використання інтеркулера процес згорання пальної суміші відбувається більш ефективно, супроводжуючись економією палива, а разом з тим і суттєвим зниженням шкідливих викидів в атмосферу. До речі, загальна ефективність від установа інтеркулера може

сягати 20% збільшення потужності силового агрегату [9]. Для вловлювання часточок сажі, що утворюються під час роботи системи рециркуляції ВГ, рекомендується застосовувати сажовий фільтр, функції якого полягають у вловлюванні та спалюванні твердих часток із вихлопних газів.

Найчастіше до складу сажового фільтра входить датчик перепадів тиску, необхідний для контролю за наповненістю фільтра. Показання датчика дозволяють установити момент необхідної регенерації фільтра шляхом його

нагрівання до температури близько 700°C , унаслідок чого тверді часточки, що потрапили до його каналів, вигоряють, утворюючи газоподібні оксиди вуглецю.

Для досягнення стандартів Євро-5 широко застосовується система вибіркової каталітичної нейтралізації, що передбачає використання спеціального не пахучого розчину AdBlue на основі дистильованої води і мочевини високого ступеня счищення, який упрскується у вихлопні гази перед тим, як вони проходять каталітичний нейтралізатор.

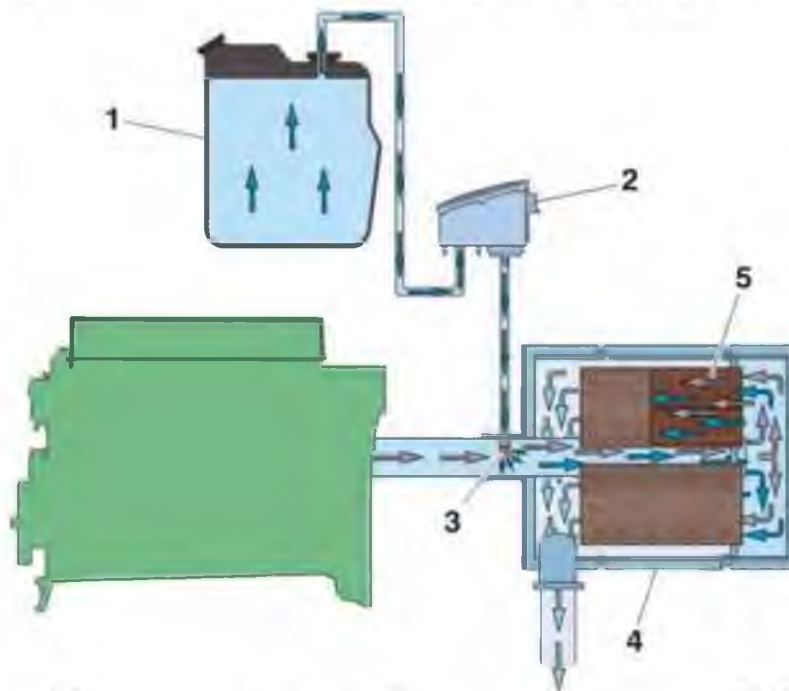


Рис. 2.2. Система вибіркової каталітичної нейтралізації в дії:

- 1 – бак AdBlue; 2 – насосний блок; 3 – блок дозування; 4 – пульт; 5 – каталітичний нейтралізатор SCR

2.2 Особливості застосування різних типів пального

Удосконалення систем із зменшення токсичності ВГ ще не дає гарантії того, що їхня токсичність відповідатиме встановленим нормам. Для отримання високих результатів щодо зниження токсичності ВГ потрібно паралельно підвищувати якість пального. Не менш поширеним типом нетоксичного пального є біодизель, який характеризується низкою позитивних факторів, зокрема так званою «біологічною нешкідливістю», нижчим рівнем викидів CO_2 , високим цетановим числом, малим вмістом сірки, добрими

змащувальними характеристиками тощо. За даними, які є в нашому розпорядженні, країни Європи, використовуючи суміш біодизельного та нафтового пального, до мінімуму знизили викиди токсичних речовин. Так, із застосуванням екологічних норм «Євро-2», «Євро-3», «Євро-4» та «Євро-5» суміш біодизельного пального і нафтового дизельного пального у співвідношенні 20:80 (20% біопального і 80% нафтового пального) дає можливість знизити викиди шкідливих речовин транспортних засобів приблизно на 20% [2]. Сьогодні для дотримання екологічних норм «Євро» біодизельне паливо пропонують змішувати з нафтодизельним паливом у різних співвідношеннях. При цьому викиди шкідливих речовин зростають прямо пропорційно до вмісту біопального. Так, при співвідношенні 30% біопального до 70% нафтодизельного палива викид шкідливих речовин може зменшитися на 30%, а при співвідношенні 50:50 – у середньому на 50%. Уважаємо, що біодизельне паливо є найбільш придатним для застосування на території України, урахувавши економічну та екологічну ситуацію, у якій перебуває наша держава.

Зауважимо, що використання палива підвищеної якості «Євро-4» та «Євро-5» технікою, що не відповідає цим вимогам із токсичності ВГ, призводить лише до витрат на виробництво даних палив, а не до зниження токсичності відпрацьованих газів. А ефективне вирішення проблем екології можливе лише за комплексного вирішення питання у нерозривному ланцюзі «автомобіль – паливо».

2.2.1. Переваги та недоліки застосування біодизелю сумісно з однією чи кількома системами зниження токсичності

Із введенням «Євро-2» і «Євро-3» широкого застосування отримала система рециркуляції ВГ, яка дозволила знизити рівень шкідливих викидів до норм, регламентованих названими стандартами. Попри свою поширеність та ефективність система рециркуляції ВГ має й низку недоліків, пов'язаних насамперед із забрудненням впускного колектора, каналів рециркуляції та клапанів сажею, яка міститься у вихлопних газах. Із часом забруднений клапан

блокується й припиняє виконувати свої функції. Це призводить до порушення складу паливно-повітряної суміші і, як наслідок, утрати потужності та підвищенню димності вихлопу. Звичайного промивання клапана часто

недостатньо – для вирішення ситуації необхідна його заміна. Автовласник має два варіанти розв'язання проблеми неможливої регенерації сажевого фільтра:

його заміна або повне видалення. Оскільки сажевий фільтр коштує дорого, автовласники надають перевагу його видаленню із подальшою перепрошивкою блока управління [2]. З огляду на перераховане вище більш економічно

обгрунтованою і не менш ефективною видається технологія очищення ВГ

завдяки **системі вибіркової каталітичної нейтралізації** із застосуванням

мочевини, що є продуктом, синтезованим з аміаку і вуглекислого газу.

Насамперед така система є актуальною та оптимальною в галузі сільського господарства, оскільки мочевина знайшла там широке розповсюдження.

Зокрема, мочевина широко застосовується в сільському господарстві як

добриво. Використовують сечовину також у промисловості, де з неї синтезують

смоли для виготовлення деревно-волокнистих плит в меблевому виробництві.

Нарешті, мочевина застосовується для очищення промислових вихлопів

підприємств, теплових електростанцій, котелень і сміттєспалювальних заводів.

Обсяги щорічного виробництва мочевини у світі досягають 100 млн тонн. Крім

того, система вибіркової каталітичної нейтралізації якнайбільше підходить для

роботи саме з дизельними двигунами, оскільки у двигунах цього типу більш

ефективне згоряння пального в поєднанні з очищенням ВГ забезпечує значне

зниження викидів оксидів азоту й твердих часток. Здійснене вдосконалення

дизельних двигунів, таким чином, дозволило додатково підвищити

ефективність згоряння пального. Електронний блок управління двигуна

здійснює обчислення оптимальної кількості впорскування розчину AdBlue

залежно від навантаження й обертів двигуна [6]. Наявність системи вибіркової

каталітичної нейтралізації дозволяє досягти норм Євро-4 без використання

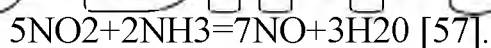
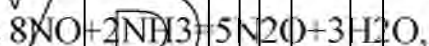
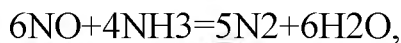
технології рециркуляції. Крім того, її сумісне застосування з іншими системами

зниження токсичності дозволяє досягти норм Євро-5 і Євро-6. Розчин AdBlue в

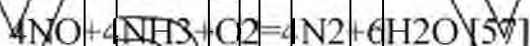
розпиленому стані впорскується у ВГ перед їх проникненням у каталітичний нейтралізатор. Під впливом високої температури в системі випуску розчин AdBlue розпадається на аміак та вуглекислоту. Активним елементом є аміак – найважливіший компонент хімічного процесу, що відбувається в каталітичному нейтралізаторі. Після реакції в каталізаторі оксиди азоту розкладаються, і на виході ми отримуємо нешкідливий азотний газ та водяні пари. Відзначимо, що хімічна реакція відбувається при температурах понад 200°C.

Регулювання об'ємів упорскування здійснює система EMS (система управління двигуном), що забезпечує оптимальне зниження викидів при будь-яких режимах роботи [6].

Розчин AdBlue майже не вступає в реакцію з киснем, що міститься в нітрозних газах, реагуючи насамперед із NOx, у результаті чого відбуваються такі екзотермічні реакції:



Присутність у ВГ кисню сприяє каталітичному відновленню: реакції прискорюються, процес відбувається таким чином:



SCR reaction

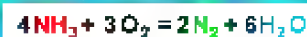
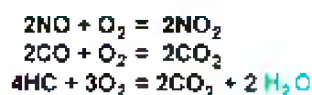
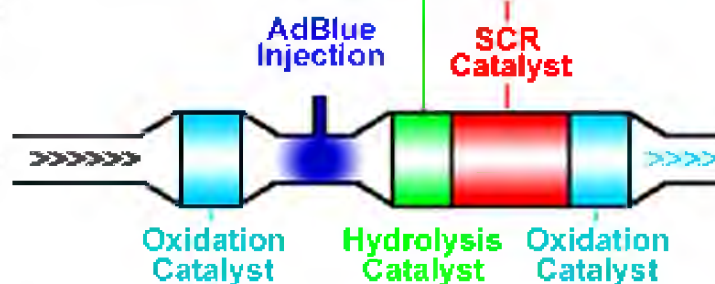
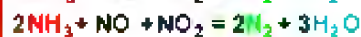


Рис. 2.3 – Реакції, що відбуваються під час застосування системи вибіркової каталітичної нейтралізації.

Нейтралізатор NOx працює при температурі близько 180°C і використовує Adblue як відновлювач. Мочевина подається електричним насосом у форсунку дозування, де вона використовується в пропорції приблизно 1:20 (1 частина Adblue до 20 частин пального). Залежно від навантаження на двигун ця пропорція може збільшуватися або зменшуватися. Перед входом у каталізатор SCR впорскується Adblue, яка розкладається на CO₂ та аміак. Каталізатор розщеплює NOx та аміак на азот і воду, причому зниження вмісту NOx може сягати 80–90%.

На вході та виході з нейтралізатора встановлено датчики контролю температури ВГ. Контроль за ефективністю роботи каталізатора здійснюється за допомогою датчика концентрації оксидів азоту на виході з нейтралізатора.

Система обладнана блоком дозування реагенту, який здійснює постачання мочевины до випускної системи. До складу цього блоку входять насос, елементи дозування та фільтрації. Для рівномірного розподілу мочевины в потоці ВГ використовують мікшер. У баку мочевины встановлено датчик рівня реагенту з умонтованим датчиком температури. Впорскування суміші Adblue розпочинається при досягненні каталізатором робочої температури за умови, що при низькій температурі докільня забезпечується достатня кількість рідкої мочевины. Впорскування мочевины починається за малого об'єму потоку ВГ (т. зв. холостий хід), а також за наднизької температури ВГ.

Система SCR може бути представлена двома модифікаціями:

– з електричним клапаном регулювання охолодження (більш рання модифікація);

– без електричного клапана регулювання охолодження (більш пізня модифікація). Більш якісною та повноцінною вважається система з наявним

клапаном регулювання охолодження. На рисунку 3.2 представлено основні компоненти такої системи із зазначенням належних до неї трубопроводів.

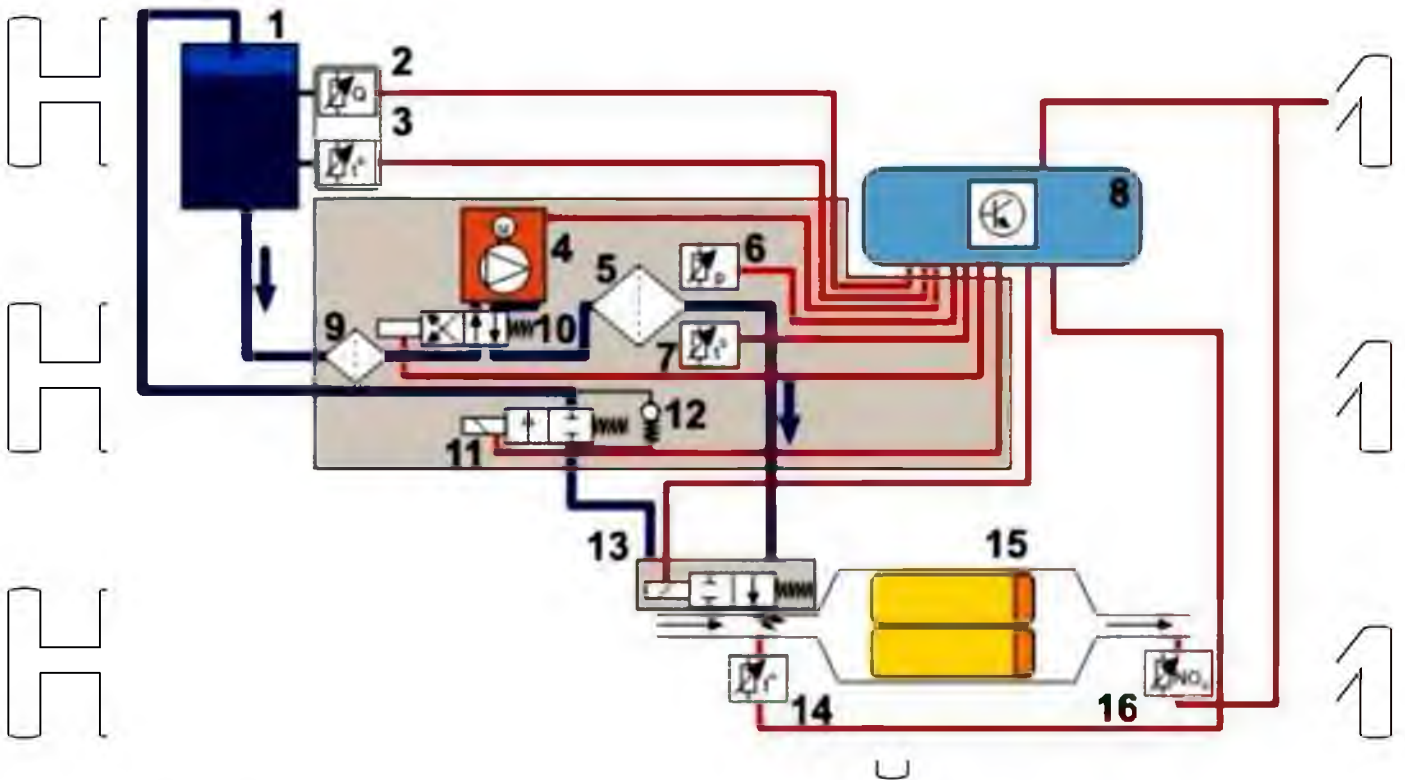


Рис.2.4 Принципова схема системи з електричним клапаном регулювання охолодження: 1 – бак AdBlue; 2 – датчик рівня розчину в баку AdBlue; 3 – датчик температури в баку AdBlue; 4 – насос постачання розчину AdBlue; 5 – фільтр розчину AdBlue; 6 – датчик тиску розчину AdBlue; 7 – датчик температури розчину AdBlue; 8 – блок управління MID233 системою дозування AdBlue; 9 – фільтр; 10 – гідророзподільник; 11 – електричний клапан регулювання охолодження; 12 – зворотній клапан; 13 – блок дозування; 14 – датчик температури ВГ; 15 – каталітичний нейтралізатор; 16 – датчик оксидів азоту NOx (застосовується лише для OBD – бортового діагностування).

Електронні датчики необхідні для контролю рівня розчину, його температури, кількості викидів ВГ тощо. У разі несправності або невідповідності названих показників норми датчики повідомляють водія про виникнення проблеми.

Відповідно до кількості AdBlue, що впорскується у ВГ, кінцева суміш викидів буде більш або менш токсичною. Так, для досягнення норм «Євро-4» обсяг внесення розчину AdBlue становить 3-4% обсягу палива, а для досягнення вимог «Євро-5» – приблизно 5-7%. При цьому керування системою

відбувається за допомогою електроніки, що контролює токсичність ВГ, їхню температуру, режим роботи двигуна, обчислюючи для цього потрібну кількість реагенту. Датчик оксидів азоту NO_x (16) заміряє їхній вміст у ВГ. Якщо припустимий рівень токсичності не забезпечується, на приборній панелі загоряється сигнальна лампа, а в блоку управління двигуном реєструється код несправності. Оскільки розчин AdBlue чутливий до температури, необхідним є постійний контроль за температурними показниками роботи системи. Цю функцію виконує спеціальний датчик (14).

При застосування системи вибіркової каталітичної нейтралізації необхідно зважати на деякі особливості реагенту AdBlue, пов'язані з його природним походженням. Зокрема, розчин має відносно високу температуру замерзання, що дорівнює -11°C при стандартній долі мочевини в 32,5%. Будь-яке відхилення від такої концентрації призводить до збільшення температури замерзання. Виправити ситуацію й уникнути замерзання реагенту допоможе підігрів системи постачання мочевини.

Цей процес може здійснюватися по-різному, як самостійними нагрівальними елементами, так і за допомогою системи охолодження транспортного засобу (у цьому разі застосовується клапан підігріву бака).

Здебільшого транспортні засоби, оснащені системою SCR, мають у своїй будові електричний термоелемент, який і здійснює підігрів реагенту за низької температури навколишнього середовища: поки випускний каталізатор прогрівається до робочої температури, рідина в баку розморожується та поступає в каталізатор. Зокрема, бак часто оснащений нагрівальним контуром, по якому проходить охолоджувальна рідина з двигуна. Крім того, шланги між баком і насосним блоком оснащені електропідігрівом, а муфти шлангів – теплоізоляцією [6].

Зауважимо, що слід бути обережними під час самостійного прогрівання бака з реагентом, оскільки за високих температур (близько 70°C – 80°C)

AdBlue розпадається, утворюючи аміак, що може призвести до появи неприємного запаху [6].

Крім того, з метою попередження ушкоджень через розширення рідини під час її замерзання відбувається опорожнення системи AdBlue після вимкнення запалення. При вимкненні двигуна насос подачі AdBlue зупиняється, унаслідок чого тиск реагенту падає. Блок управління закриває клапани охолодження та дозування й відкриває зворотній клапан. Гідророзподільвач знеструмлюється й перемикається на переток. Після цього вмикається насос, який опорожнює систему постачання AdBlue, закачуючи реагент у бак <http://tahografs.com/adblue/kak-rabotaet-sistema-scradblue/>.

Відзначимо й економічність використання розчину AdBlue, яка полягає в тому, що витрата реагенту варіюється залежно від моделі двигуна, але для забезпечення норм Євро-4 в середньому становить близько 4% від витрати дизельного пального [6]. Витрата AdBlue змінюється також залежно від умов руху [34].

Серед позитивних якостей реагенту можна назвати і його пожежобезпечність і нетоксичність. Незважаючи на це, під час роботи з AdBlue необхідно дотримуватись вимог техніки безпеки, застосовуючи гумові або латексні рукавички, оскільки за тривалого контакту можливі опіки шкірних покривів. Крім того, слід уникати виливань реагенту на підлогу чи ґрунт, оскільки поверхня розчину швидко стає слизькою, а отже, може бути причиною травмувань [6].

Розчин AdBlue має й інші хімічні особливості. Зокрема, він має властивість кристалізуватися на металевих поверхнях, спричиняючи появу на них корозії, тому слід уникати потрапляння названої рідини на деталі транспортного засобу. Зробити це буває досить важко, оскільки реагент має високу здатність до просочування. Крім того, рідина дуже чутлива до таких металів, як цинк, алюміній, мідь, чавун і латунь [6].

2.3. Визначення питомої поверхні шарів

Ізотерми адсорбції, отримані на зразку твердого тіла, дозволяють знайти ємність його моношару, використовувану при визначенні його питомої поверхні S_{sp} .

Місткість моношару - це величина кількості адсорбату, яка з'являється в повністю заповненому шарі товщиною в 1 молекулу (моношару) на поверхні одиничної маси (1г) твердого тіла. Лінійний вид адсорбції шару каталітичного складу як порошку представлений рис. 2.1.

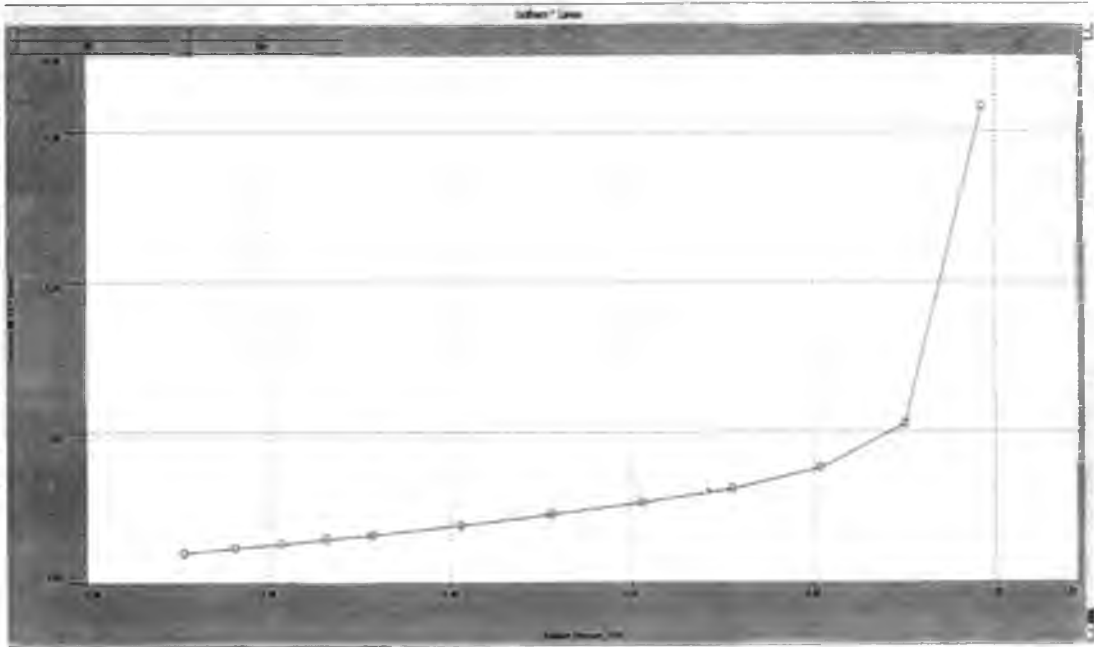


Рис. 2.5 Ізотерма адсорбції зразка порошку каталізатора

На осі X показано відносний тиск, який знаходиться в межах від 0 до 1.

При $x=0$, вимірювальна осередок не має азоту, що заповнює. При $x=1$, у комірці 760 мм Hg, тобто осередок заповнений тільки їм.

З ємності моношару a_{∞} , вираженої в молях у розрахунку на грам адсорбенту, питома поверхня як поверхня 1 г твердого тіла $S_{гр}$ обчислюється

[3,4]:

$$S_{гр} = a_{\infty} \omega N_A \quad (2.1)$$

де ω - середня площа, займана молекулою адсорбату в заповненому моношару,

N_A - число Авогадро.

Можливість отримання величини ємності моношару з ізотерми адсорбції дає теорія адсорбції Брунауера - Еммета - Теллера (теорія BET). Виведені рівняння, рівняння BET призводить до визначення питомої поверхні з ізотерми адсорбції [3,4].

В основі методу вимірювання питомої поверхні лежить поширення ізотерми адсорбції на полімолекулярну адсорбцію. Вважається, що першого шару випарна швидкість дорівнює швидкості конденсації і що теплота адсорбції залежить від ступеня заповнення.

Для наступних шарів вважається, що швидкість адсорбції пропорційна вільній частці попереднього шару, а швидкість десорбції пропорційна покритій шаром частці поверхні.

Теплота адсорбції, крім першого, приймається рівною теплоті конденсації газу, що адсорбується. Підсумовування для довільної кількості шарів дає остаточне рівняння у такому вигляді [49]:

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1)P}{V_m C P_0} \quad (2.2)$$

де V - об'єм адсорбованого газу при тиску P ;

V - Обсяг адсорбованого газу в моношарі;

P_0 - тиск насиченої пари при температурі досвіду;

C - константа, пов'язана з теплотами адсорбції та конденсації газу:

$$C = e^{(q_1 - q_L) / RT} \quad (2.3)$$

де q_1 - теплота адсорбції в першому шарі;

q_L - теплота адсорбції в інших шарах, що дорівнює теплоті конденсації.

Чим більша ця величина, тим більше опукла ізотерма в початковій ділянці, і тим точніше можна визначити питому поверхню.

Якщо залежність простежується, залежність $P/V(P_0 - P)$ від P/P_0 повинна мати вигляд прямої лінії. За нахилом цієї прямої і відрізка, що відсікається нею на осі ординат, визначаються величини V_m і C .

Численні дані з адсорбції описуються рівнянням БЕТ в інтервалі відносних тисків P/P_0 від 0,05 до 0,3; цей проміжок зазвичай використовують для розрахунку питомої поверхні. При великих тисках збільшуються відхилення, пов'язані з капілярною конденсацією або особливостями полімолекулярної адсорбції в порах.

Згідно з вищенаведеним рівнянням, нахил прямої S дорівнює $(C-1)/V_m C$, а відрізок $I = 1/V_m C$.

$$S + 1 = \frac{1}{V_m C} [(C - 1) + 1] = \frac{1}{V_m} \quad (2.4)$$

З величини V_m можна розрахувати питому поверхню каталізатора, якщо відома середня площа, яку займає одна молекула [14].

$$S = \frac{1}{V_m} - 1 = \frac{1}{0,4} - 1 = 1,5 \text{ м}^2$$

Щодо оксидного каталізатора завдяки нанесеному шару із суспензії беміту константа C досить велика, що дозволяє зробити висновок, що питома поверхня буде

$$S = \frac{1}{V_m} - 1 = \frac{1}{0,4} - 1 = 1,5 \text{ м}^2$$

Оцінка мікропористості

Адсорбція в мікропорах описується ізотермою I типу, характерною наявністю майже горизонтальної полиці.

Ізотерма може підходити до осі $p/p_0 = 1$ або мати поблизу неї явний підйом. Ізотерми цього типу описують адсорбцію на твердих тілах, приготованих відповідним чином. Такі ізотерми отримані для оксидів алюмінію та олова та інших.

Згідно з сучасними уявленнями про механізм процесу адсорбції в мікропорах відбувається не поверхневе покриття пор, а заповнення об'єму. Відповідно до цих уявлень величина адсорбції в точці, близької до насичення є мірою об'єму мікропор. Після перерозподілу обсяг рідини, скориставшись щільністю рідкого адсорбтиву, її можна описувати як обсяг мікропор [3, 4].

Однак мікропористі тіла часто мають велику зовнішню поверхню (мезопористість) і це змінює форму ізотерм.

Науковцем Дубініним М.М. була розроблена теорія адсорбції в мікропорах, що базується на механізмі об'ємного заповнення пір. Даними авторами було виведено рівняння, що описує ізотерму адсорбції для мікропористих тіл, що має вигляд кривої з насиченням.

$$a = \frac{W_0}{V_{\text{max}}} e^{-B(\lg \frac{P_0}{P})^2} \quad (2.5)$$

$$\ln a = \ln \frac{W_0}{V_{\text{max}}} - B(\lg \frac{P_0}{P})^2 \quad (2.6)$$

Об'єм одного молячи окису гідроксиду алюмінію - $49,2 \text{ см}^3/\text{моль}$.

Сумарний об'єм мікропор – $66,4 \text{ см}^3$.

Молекулярна маса і мольний обсяг після нанесення шару, що підстиляє, з рідкого скла і шару підкладки, що складається з водної суспензії беміту, змінюються, внаслідок чого сумарний обсяг мезопор збільшується після обробки. Цей показник значно відрізняється від значення без нанесених шарів.

2.5. Каталітичні властивості

Найбільш суттєвою характеристикою будь-якого каталізатора є його активність у певному каталітичному процесі.

Мірою каталітичної активності може бути швидкість протікання реакції в досліджуваному напрямку у присутності каталізатора [18].

$$\frac{dG_{\Pi}}{vdt} = k\Delta C \text{ или } -\frac{dG_{\text{II}}}{vdt} = k\Delta C \quad (2.8)$$

Оцінюючи активності контактних мас обчислюють швидкість реакції по відношенню до одиниць об'єму контакту.

Енергія активації каталітичної реакції значно менша, ніж некаталітичної. Зниження пояснюється тим, що при каталізі реакція проходить новим шляхом, що складається з елементарних хімічних реакцій, енергія активації яких E_2, E_3 значно нижча, ніж енергія активації E_1 некаталітичної реакції.

Для досліджуваного каталізатора енергія активації буде знижена внаслідок нанесення додаткових шарів підкладки та константа швидкості реакції збільшиться. Внаслідок нанесення додаткових шарів на керамічну основу з підкладкою спостерігається покращення каталітичних властивостей, таких як активність, селективність. Це відбувається внаслідок підвищення константи швидкості перетворення через високі енергії активації, а також підвищених вмісту реагентів у порах.

Селективністю називають відношення даної швидкості реакції до загальної швидкості всіх реакцій, що протікають в даному каталізаторі за тих же умов за участю реагентів.

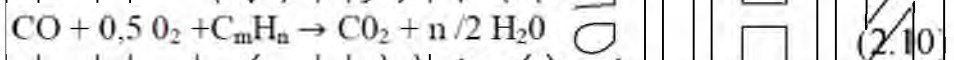
$$C = r / \sum r_i \quad (2.9)$$

Однією з основних показників протікання хімічної реакції є ступінь перетворення (конверсія). Ця характеристика визначає частку (%) утвориться продукту реакції щодо вихідної речовини. У технологічних та практичних роботах часто застосовують поняття «вихід». Так називають кількість цільового продукту, що утворюється в результаті всієї суми операцій по відношенню до кількості реагенту, що надходить. Найчастіше $E = X/C$ менше 100%.

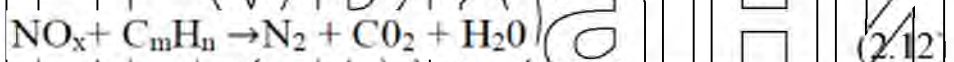
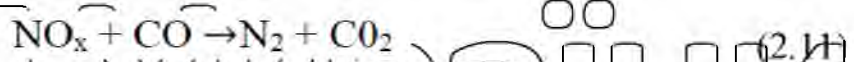
2.2.1. Каталітичні покриття на основі оксидів металів

У металооксидних каталітичних нейтралізаторах, окрім процесів збільшення питомої поверхні та пористості, важливо оптимально розробити каталітично активні шари. У процесі очищення газового потоку відбуваються реакції каталітичного окиснення (допалювання) та відновлення токсичних продуктів горіння палива з утворенням екологічно безпечних речовин CO_2 та H_2O .

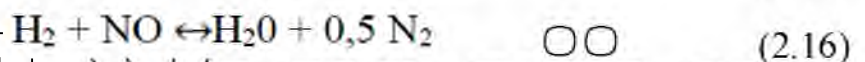
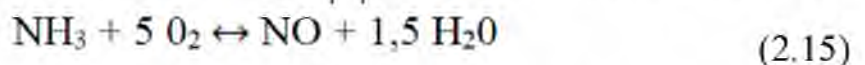
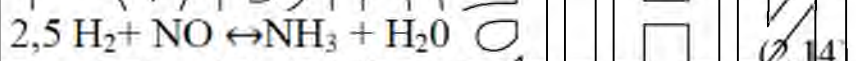
Схематично реакції каталітичного окиснення CO можна зобразити:



Відновлення азоту з токсичних оксидів схематично можна зобразити у реакціях:



Проте, в процесі каталітичних реакцій



Продукти таких реакцій (аміак), звичайно, небажані в процесі знешкодження потоку газів, але за достатньої кількості кисню в системі

очищення продуктами реакції є вода та вуглекислий газ.

Каталітичні реакції у процесі нейтралізації мають різні механізми знешкодження токсичних компонентів. Виходячи з цього виділяються такі типи реакцій у процесі нейтралізації газів:

а) окислювальні - реакції, в яких переважно протікають процеси окислення вуглеводнів та окису вуглецю;

б) відновлювальні - реакції, у яких відбуваються процеси відновлення окису азоту.

Однак, залежно від кисню, що надходить у процесі реакцій хімічних речовин, каталітичні нейтралізатори можуть бути як окислювальними, так і відновними. Тобто, в каталітичному нейтралізаторі одночасно можливі процеси окислення CO та $CxHy$ та відновлення $NxOy$. Ефективність каталітичної очистки відпрацьованих газів у разі залежить від хімічного складу каталітичних сполук, температурного режиму, характеру газового потоку.

Розробляючи металооксидну основу для каталітичних нейтралізаторів, необхідно враховувати, що оксиди металів знижують каталітичну активність при температурі 523 - 623 K (250-350°C) у наступному ряду:

$Pt (Pd) > MnO_2 > V_2O_5 > Cu_2O > Fe_2O_3 > Cr_2O_3 > Co_2O_3 > MoO_3 > NiO > > WO_3 >$

$Ag_2O > ZnO > Be_2O_3 > Al_2O_3 > SiO_2 > PbO > >$

Однак, щодо реакцій відновлення оксидів азоту, каталітична активність оксидів металів інша:

$Cu_2O > CoO > Mn_2O_3 > NiO > MgO > CaO > CeO_2 > Al_2O_3 > ZnO > TiO_2 > > Fe_2O_3$

$> Ga_2O_3$

Температура початку каталітичного розкладання N_2O починається від 773 K (близько 500°C) для оксидів міді та кобальту (Cu_2O і CoO), зростає для оксиду титану (TiO_2) до 1123-1173 K (близько 850-900°) [44].

Виходячи з низки каталітичної активності оксидів металів стосовно оксиду азоту, проведено дослідження з розробки металооксидної каталітичної системи. Оксиди міді та кобальту (Cu_2O і CoO) виявляють найбільшу каталітичну активність, температурний режим реакцій знаходиться в діапазоні

робочих температур дизельного двигуна. Основні критерії розробок даної каталітичної системи є: ефективність реакцій окислення CO та C_xH_y та відновлення N_xO_y у присутності кисню.

Приймається до уваги пряма залежність активності хімічних реакцій та складу хімічних елементів у каталітичній основі. Виявлено ефективність очищення газового потоку складним оксидом кобальту та міді (Cu_2O і CoO) з додаванням оксиду титану (TiO_2).

Оксид виходить у лабораторних умовах. Вже в маточному розчині відбувається формування необхідних параметрів кристалічних ґрат.

Нанесення каталітичного складу на основі оксиду титану із золю дозволить отримати на поверхні блокових носіїв рівномірну плівку, в структуру якої включені атоми металів, відповідальних в активність в окислювальних та відновлювальних процесах. Було доведено, що системи, отримані золь-гель-методом, виявляють більш високу каталітичну активність порівняно з аналогічними системами, отриманими методами просочення та співосадження.

Цим методом можна з високою точністю варіювати кількість компонентів, що вводяться, фазовий склад і дисперсність каталітично активних форм металів.

Каталітичних композицій методом алкосинтезу є основою методики нанесення каталітичних покриттів на керамічні блоки.

Природа солей металів, що вносяться, їх концентрація в розчині, кратність нанесення шарів і режими температурного впливу, є основними технологічними факторами при розробці та нанесенні каталітично активного шару.

2.6. Адгезія суспензії до основи

Адгезія - це явище на поверхні тіл, що полягає у появі механічного зв'язку при дотику поверхонь двох різних тіл (фаз). Причиною цього є тяжіння молекул, що з'являються, що стосуються фаз або їх хімічна взаємодія. Дане явище (адгезія) є основою утворення надійного контакту між твердим тілом - субстратом і агентом прилипання - адгезивом, які в свою чергу є основними

частинами адгезійної сполуки.

Кількісною характеристикою явища адгезії вважається робота адгезії W_a - величина, необхідна для забезпечення оборотного ізотермічного дроблення двох наведених в контакт фаз щодо площі одиничного перерізу. Цю величину можна знайти наступним чином [1]:

$$W_a = wN \quad (2.17)$$

Де W_a - середня енергія одиниці зв'язку, що забезпечує адгезію;

N - число зв'язків на одиницю площі контакту.

Число N визначається площею реального контакту між взаємодіючими тілами, яка залежить від властивостей адгезиву та субстрату, енергетичних властивостей поверхонь, шорсткості. Поверхні основи, параметрів формування адгезійної сполуки, теплових та механічних властивостей тіл та інше.

Адгезія - процес, що характеризується оборотною термодинамічною роботою адгезії, величину якої завжди можна визначити досвідченим шляхом

$$[W_a] = \text{Дж/м}^2 \quad (2.18)$$

W_a - робота адгезії.

$$[\tau_o] = \text{Н/м}^2, \quad (2.19)$$

Ця величина визначається хіміко-фізичними характеристиками контактуючих поверхонь (включаючи їх структуру), вона інваріантна щодо методу вимірювання та не залежить від умов формування сполуки.

Таким чином, навіть розмірність τ залежить від методу її визначення та від виду зусилля, що викликає руйнування адгезійної сполуки. Значними побічних процесів, на які витрачається зовнішнє зусилля, вважаються:

- деформація основи через неодноразове від'єднання від поверхні;
- розрив механічного зачеплення адгезиву та субстрату, яке виникає через шорсткість поверхні.

Слід зазначити, що адгезійна міцність - статистична величина, яка однозначно визначається випадковим розміщенням дефектів лежить на поверхні розділу. Внаслідок цього значення цієї величини дуже чутливі до розміру зразків [1].

Таким чином, робота адгезії відповідає адгезійної міцності тільки в тому випадку, коли вона знаходиться у стійких умовах, тобто при деформації зі швидкістю, що прагне нуля.

Розглянемо перший етап виготовлення каталізатора.

Оскільки міцність адгезійної сполуки привносить визначальний внесок у забезпечення міцності, необхідно розглянути фактори, що визначають її величину.

1. Енергія зв'язків, що діють через поверхню розділу, базується на хімічній природі тіл, а також існуванням на поверхнях функціональних груп, які здатні до хімічної взаємодії, а також ступенем конверсії груп адгезиву та субстрату, підвищення якої не завжди призводить до збільшення через зміну механічних властивостей.

Враховуючи даний фактор, технологічна схема виготовлення блоку включає сушіння сформованої керамічної заготовки в сушильній шафі до досягнення постійної вихідної маси з подальшим нагріванням в муфельній печі і остиганням на повітрі. Описана попередня обробка є ефективним способом збільшення. Збільшується кількість полярних груп на його поверхні, здатних якщо не до хімічної взаємодії, то взаємодії з полімерним адгезивом за рахунок недисперсійних міжмолекулярних сил тяжіння. За цим же принципом друга заготовка поміщається також у піч при температурі вище за скло, а саме 823-873 К (550-600°C).

2. Кількість зв'язків, що утворюються на кордоні внаслідок хімічних реакцій, дії міжмолекулярних сил чи дифузії залежить від площі контакту тіл. Особливо важливу роль у повноті реалізації площі реального контакту показують закономірності змочування рідким адгезивом поверхонь основи та їхньою термодинамічною сумісністю.

3. Дефектність межі розділу є наслідком, як і змочування поверхні основи рідким адгезивом, виникнення залишкових напруг межі розділу. При достатньому змочуванні рідкий адгезив обволікає поверхню субстрату, забезпечуючи тим самим повний контакт компонентів з'єднання. При

подальшому охолодженні з'єднання від температури затвердіння до контрольованої температури внаслідок відмінності механічних та теплових характеристик виникають внутрішні напруження.

З урахуванням даного фактора друга заготівля після занурення в підготовлений розчин підлягає просушуванню при кімнатній температурі. У процесі затвердіння термореактивних сполучних формується тривимірна сітка, у міру збільшення густоти якої підвищується міцність та жорсткість полімеру. Відповідно, при охолодженні системи після затвердіння збільшуються термічні та усадкові напруги на межі розділу.

4. Морфологічно-структурна організація та склад фаз поверхні розділу диктує механізми появи та розвитку дефектів. У процесі об'ємного затвердіння та поблизу межі розділу формується гетерогенна структура основи. Присутність диспергованих частинок з механічними властивостями, що відрізняються від властивостей основи, призводить до зміни механізму руйнування сполуки через зміну процесу зростання та розвитку дефектів. Якщо фаза включення пластична, на закінченні тріщини виникає пластична деформація, яка уповільнює процес руйнування та сприяє зростанню ударної в'язкості та тріщиностійкості.

З урахуванням даного фактора водний лужний розчин силікатів натрію $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ та (або) калію $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ є ефективним сполучним, яке регулює адгезійну міцність.

Таке модифікування дозволяє зменшити залишкові напруги на межі розділу, покращити змочування сполучних поверхні кераміки та регулювати механізм руйнування приповерхневих шарів суспензій. Крім того, модифікація дозволяє розширити діапазон їх фізико-механічних характеристик для одержання матеріалів із необхідними властивостями [1].

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ

ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Загальна схема проведення досліджень

1. Огляд літератури та виявлення проблеми.

Проведення досліджень передбачає вивчення наявних запатентованих розробок у сфері очищення відпрацьованих газів як вітчизняних, і зарубіжних. Цей етап робіт включає проведення аналізу способів виготовлення, принципів очищення, далі вивчення хімічних складів шарів саме каталітичних нейтралізаторів на основі оксидів металів, а так само на основі металів платинової групи. Для порівняння ефективності, економічності та екологічності проводиться виявлення основних переваг, недоліків обох типів каталітичних способів очищення газів.

2. Розробка програми та методики проведення дослідження.

Виконання досліджень з удосконалення роботи відремонтованих дизельних двигунів ґрунтується на поетапному плануванні проведення наукових досліджень, які включають:

- основні роботи з розробки хімічних складів шарів, способах нанесення і черговості їх нанесення;
- лабораторні дослідження керамічних основ, отриманих шарів, їх загальна ефективність у каталітичному очищенні відпрацьованих газів;
- експериментальні випробування.

3. Вивчення керамічних блоків

На цьому етапі виявляється найбільш відповідні за фізико-механічними властивостями стільникові основи. Проводиться дослідження фазового, хімічного складу, вивчається порова структура блоків-основ, розподіл пір за розмірами.

4. Розробка проміжного шару.

З проведених, першому етапі порівнянь наявних розробок, визначено основні недоробки каталітичних нейтралізаторів. Термін експлуатації знижується за рахунок педілу шарів у процесі інтенсивної роботи, ще

призводить до подальшої непридатності нейтралізатора. Для усунення цієї проблеми вводиться додатковий шар, який наноситься безпосередньо на керамічну блокову основу. Проводиться виявлення найбільш ефективного хімічного складу шару, концентрації хімічних речовин, способу нанесення та закріплення проміжного шару.

5. Розробка шару підкладки.

Виготовлення каталітичного нейтралізатора, в основі якого знаходиться стільниковий керамічний блок, передбачає проведення спрямованих на максимальне збільшення питомої поверхні основи. Це необхідно для підвищення швидкості та ефективності очищення газового потоку.

Для збільшення поверхні наноситься шар підкладки. На цьому етапі наукових робіт ведуться дослідження найбільш прийнятних для цієї функції хімічного складу шару, що наноситься, ведеться дослідження відповідних режимів нанесення шару, дослідження режимів сушіння і закріплення шару.

Виявляється кратність нанесення цього шару.

6. Розробка каталітичного шару.

Розробка хімічного складу каталітично активного шару ґрунтується на найбільшій ефективності реакцій, збільшення швидкості перебігу реакцій в умовах потоку газу, в умовах високих температур. Каталітичний шар розробляється з урахуванням оксидів металів. На даному етапі виявляються найбільш сприятливі режими нанесення шару, його сушіння та закріплення.

Експериментальна перевірка одержаних блоків на тракторі.

На даному етапі робіт отримані дослідні зразки каталітичних нейтралізаторів газів, що відпрацювали, піддається випробуванням в умовах роботи автомобілів.

7. Використання.

Етап впровадження наукової роботи передбачає роботу готових дослідних зразків каталітичних нейтралізаторів у сторонніх організаціях, що діють. Обов'язкова умова при впровадженні - застосування нейтралізаторів в умовах закритих приміщень або приміщень з обмеженим повітрообміном та

штучною вентиляцією повітря.

Застосування дослідних зразків має бути на дизельних двигунах автомобілів.

1.2. Програма проведення досліджень

З метою визначення доцільності використання безплатинового каталітичного нейтралізатора на відремонтованій автотракторній техніці та підвищення ефективності каталітичного очищення відпрацьованих газів дизельних двигунів у плані вдосконалення технології черговості пошарового нанесення хімічних складів передбачається виконання наступних етапів робіт.

1. Дослідження складу та структури керамічного блоку.

Для проведення досліджень використовувалися блоки різних геометричних та фізичних параметрів. Найбільш прийнятними для магістерської роботи були керамічні блоки з кількістю осередків 200 осередків – геометричні характеристики 77*100 мм, 400 осередків, автомобільні стільникові блоки розміром 100*100 мм.

Дослідження фазового складу керамічного блоку проводилося на рентгенівському дифрактометрі XRD-600. Вивчення порової структури та проведення аналізу розподілу мікропор здійснювалося на аналізаторі питомої поверхні Autosorb-1

2. Нанесення покриттів на керамічний блок.

На керамічний стільниковий блок послідовно, один за одним, наносяться різні шари. Послідовність нанесення шарів чітко регламентована. Блок покривається первинним шаром, необхідним збільшення внутрішньої поверхні блоку. Чим більша площа поверхні, тим ефективніше відбуваються каталітичні реакції нейтралізації забруднюючих речовин у відпрацьованих газах дизельних двигунів. Каталітичний шар наноситься на первинний прошарок.

Для продовження терміну взаємодії шарів було запропоновано застосовувати проміжний шар зв'язування основних шарів. Як сполучний шар був використаний склад, заснований на рідкому склі.

Нанесення проміжного шару.

Адгезійні здібності рідкого скла є оптимальними для використання як закріплення шарів. Рідким склом є силікат натрію у водному лужному розчині (хімічна формула $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$), а як і силікат кальцію у водному лужному розчині (хімічна формула $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$).

Удосконалення методики поетапного нанесення шарів на керамічний блок відбувається за рахунок введення проміжного сполучного шару. Для зручності застосування шар рідкого скла наноситься перед шаром беміту.

Проміжний шар наноситься на керамічний блок, після чого блок висушується і прожарюється. Поверх цього шару наноситься шар нанокристалічної підкладки. Запропоновано застосовувати водний розчин рідкого скла. Співвідношення вода/клей впливає на порову структуру, на питому поверхню [38].

Шар рідкого скла запропоновано запровадити як проміжний перед шарами первинного покриття. Завдяки такому прийому збільшується адгезійні здібності як керамічної поверхні та первинного шару, так і первинного шару та каталітичного складу.

Однак, при введенні додатково шару важливо, щоб порова структура поверхні не змінювалася в бік і зменшення кількості пір, а також зміни їх радіусу. Для дослідження кількісних та якісних показників пористості отриманих зразків проводилося дослідження керамічного блоку на аналізаторі питомої поверхні.

Нанесення первинного шару.

У процесі літературного огляду проведено дослідження технологічних параметрів наноструктурних підкладок, а саме складу та концентрації суспензії для формування первинного шару та режиму термічного впливу в процесі нанесення. Визначено вплив цих процесів на функціональні характеристики підкладок [5, 6].

Нанесення даного шару відбувається у кілька етапів. Спочатку керамічну основу просушують у сушильній шафі, або прожарюють в муфельній печі до видалення води з пор і стінок каналів. Вода акумулюється в них із

навколишнього повітря. Просушування проводиться до досягнення вихідної та постійної маси. Після цього просушений керамічний блок на короткий проміжок часу, близько 7 секунд, поміщається у підготовлену водну суспензію.

За рахунок високих адгезійних властивостей суспензії та пористої поверхні керамічного носія процес проникнення в глибину часу здійснюється практично миттєво. По завершенні цього процесу для видалення надлишку суспензії

беміту керамічний блок залишають на повітрі на 5-10 хвилин. Весь процес занурення блоку має сенс повторити кілька разів, для рівномірного та стійкого розподілу шару по поверхні каналів блоку. По завершенню нанесення шарів

керамічний блок поміщається в муфельну печі і прожарюється протягом 120...150 хвилин при температурі 873 К (600°C).

Нанесення каталітичного шару.

Нанесення каталітичного складу проводять після нанесення на керамічний блок шару беміту або шару підкладки. Нанесення первинного шару збільшує внутрішню площу керамічного блоку-носія, сприяє оптимальному та більш ефективному перебігу каталітичних реакцій нейтралізації токсичних сполук відпрацьованих газів.

Ведуться розробки каталітичного складу, в основі якого з'єднання оксидів кобальту та міді з додаванням оксиду титану. Ці оксиди нанесені як плівки на блокові носії. Вони здійснюють каталітичне окиснення чадного газу (CO) і вуглеводнів, а також виробляють каталітичне відновлення оксиду азоту (NO) в умовах насичення киснем [19,20].

Особливу увагу приділено складу каталітичної суміші. Виявлено, що ефективно очищають відпрацьовані гази від чадного газу та вуглеводнів, відновлення оксидів азоту, каталітичний склад, в основі якого знаходяться оксиди кобальту та міді з додаванням оксиду титану (TiO₂). Каталітичне покриття формується на поверхні керамічного стільникового блоку, який попередньо нанесений шар, що збільшує внутрішню поверхню, а так само збільшує міцність зчеплення кераміки і каталітичного шару.

Нанесення шарів відбувається методом занурення в розчин, що

складається з оксидів металів, з подальшим осадженням на поверхні блокового носія. За такого процесу металооксидна плівка осаджується на першому шарі. Далі проводиться сушіння блоку в печі муфельної.

Операція нанесення каталітичного шару повторюється кілька разів, після кожного проводиться сушіння. Таким чином формується каталітичне покриття.

Сушіння в муфельній печі забезпечує рівномірний розподіл каталітичного шару за рахунок так званого термоудару (приміщення керамічного блоку в умови високої температури, до 773 K (500°C), при дії близько 10...15 хвилин).

Спосіб формування каталітичної плівки багато в чому впливає здатність до окислення оксидів у складі газового потоку. Досвідченим шляхом виявлено, що при нанесенні каталітично активних компонентів у сукупності каталітична активність шару більша, ніж при нанесенні каталітично активних оксидів один за одним по черзі.

3.2. Методика дослідження питомої поверхні вихідного субстрату, підкладок та пористої структури покриттів

Для вимірювання питомої поверхні та пористості керамічного блоку-носія, розміру пор субстрату та питомої поверхні підкладок застосовувався аналізатор питомої поверхні AUTOSORB – 1 показаний на рис. 3.1.



Рис. 3.1 Аналізатор питомої поверхні AUTOSORB – 1,

Принцип роботи приладу полягає у вимірі кількості сорбованого або десорбованого газу з поверхні твердого тіла об'ємним статичним методом.

Аналіз проводиться шляхом введення або відкачування газів адсорбату з

комірки, що містить твердий адсорбент, що знаходиться при температурі близької температури кипіння адсорбату. Як адсорбат використовують газоподібний азот. Адсорбція або десорбція проводиться до моменту встановлення рівноважного тиску. Кількість адсорбованого газу - це різниця між кількістю введеного і газу, що залишився. Прилад дозволяє проводити вимірювання розподілу за обсягом, площею та розміром пір в діапазоні розмірів пір від 4 до 500 нм, аналіз питомої поверхні від $0,1 \text{ м}^2/\text{г}$.

Зразок досліджуваного матеріалу поміщається у попередньо зважену комірку і ставиться на станцію дегазації. Прилад дозволяє проводити дегазацію в діапазоні 373,15...573,15 К (100...300 °С). Повітря в осередку відкачується вакуумним насосом. Показник завершеності процесу дегазації (протягом 60 секунд середня швидкість натікання тиску має бути не більше 50 мкм. рт. ст/хв.) Далі в комірку подається газ до атмосферного тиску. Осередок знімається зі станції дегазації і зважується, розраховується маса чистого зразка (що не містить фізично пов'язаної вологи), яка заноситься в програму як вихідні дані.

Далі осередок зважується і ставиться на станцію для аналізу та запускається аналіз. Спочатку в осередку створюється вакуум, після чого для вимірювання вільного об'єму подається гелій. Гелій не адсорбується на поверхні, тому не дає похибки у вимірі об'єму. Потім комірка із зразком опускається в рідкий азот, і прилад починає вимірювання у першій точці. У комірку подається газоподібний азот до досягнення заданого тиску в точці, що вимірюється, при цьому його кількість вимірюється. За рахунок адсорбції тиск у комірці зменшується до рівноважного, після чого подається нова порція газу до досягнення заданого тиску. Цей процес повторюється доти, доки тиск практично не перестає падати, після чого починається вимір у наступній точці. Аналогічним чином відбувається вимір десорбції.

3.4. Методика мікроскопічних досліджень поверхні первинного прошарку.

Тунельна мікроскопія

Мікроскопічне дослідження проводилося на сканувальному зондовому

мікроскопі Solver Next фірми NT – MDT. Принцип роботи ґрунтується на атомно-силової мікроскопії, що дозволяє проводити топографічні дослідження поверхонь. Досліджувалась поверхня каналів блоку нейтралізатора після нанесення шару, що збільшує площу поверхні-стінок, що розділяють канали всередині блоку. Також проводилося дослідження керамічної поверхні до нанесення складу. Управління мікроскопом повністю комп'ютеризовано. Для його роботи застосовується програма Nova PQ, розроблена NT – MDT. На рис. 3.2 зображений мікроскоп, що застосовується.



Рис. 3.2 Скануючий зондний мікроскоп Solver Next

На досліджених зразках первинного шару визначалося розмірність пір, розподіл пір. При проведенні сканування поверхні застосовувалися зонди, які використовуються для атомно-силової мікроскопії. Дані зонди включають мікрочіп з металу, розміщений в головці вимірювання. Зонд також має кантилевер, що складається з кремнію. Зонд оснащений дзеркальним покриттям. Це застосовується для реєстрації відхилень кантилевера при взаємодії з досліджуваною поверхнею, оскільки відхилення реєструються та відтворюються лазерною системою. Діод здійснює реєстрацію відхилень променів у лазерній системі. Сигнали від діода призводить до деформації п'єзоелементів.

Проводились мікроскопічні дослідження порошкоподібних зразків складу первинного шару. Дане дослідження проводилося з метою вивчення розмірності частинок, що застосовується в каталітичному нейтралізаторі бензину. Так як розмірність частинок безпосередньо впливає на структуру та будову поверхні первинного шару, що збільшує внутрішню поверхню каналів у

керамічному блоці.

Вимір розмірів частинок проводився на інвертованому мікроскопі

Olympus GX5, зовнішню будову якого представлено рис. 3.3.



Рис. 3.3 - Інвертований мікроскоп Olympus GX5

Ця модель мікроскопа дає високу кратність зображення, збільшення до 1000 крат. Зразки порошків досліджувалися у відбитому світлі. Оптична

система орієнтована на нескінченність, що забезпечує отримання чітких

контрастних зображень. Мікроскоп має фото- та відеовихід, що дозволило

встановити цифровий фотоапарат для отримання зображень, їх оцифрування та аналізу.

Програмне забезпечення мікроскопа дозволяє проводити статистичну обробку результатів. Завдяки Olympus GX5 були виявлені розміри частинок, у

тому числі і нанорозмірні частинки та їх конгломератів [64].

3.5. Методика дослідження хімічного складу керамічного блоку

Дослідження фазового складу порошків, покриттів, керамічного блоку

носія застосовувався рентгенівський дифрактометр XRD-6000 Shimadzu (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4. Рентгенівський дифрактометр XRD-6000

Принцип роботи дифрактометра заснований на роботі двох рентгенівських трубок (Cu і Cr на аноді), а також п'ятьма змонтованими на гоніометрі пристроями.

Для достовірного якісного та кількісного фазового складу зразка, що вивчається, даний прилад має спеціалізовану комп'ютерну програму, розроблену з урахуванням специфіки роботи приладу із рентгенівським випромінюванням.

Програмне забезпечення засноване на вимірі інтенсивності рентгенівського випромінювання, що відображається досліджуваним матеріалом.

Програма здійснює реєстрацію інтенсивності випромінювання у вигляді спектра. У програмному забезпеченні дифрактометра закладена велика інформація досліджених раніше спектрів, складена як бібліотеки стандартних спектрів. Відповідно до якої, програма встановлює відповідність отриманого у процесі дослідження спектра зі спектрами, що є в даних бібліотеки.

Проводиться ідентифікація основного компонента хімічної сполуки матеріалу, що вивчається, а так само виявляються наявні домішки і проводиться якісна їх ідентифікація.

У процесі роботи дифрактометра є можливість дослідження зразків під різними кутами (від декількох градусів, до 90 градусів).

Різноманітно так само і швидкість повороту гоніометра: 1 - 45 градусів за хвилину, з різною дискретністю кроків повороту.

Необхідно відзначити, що для дослідження зразок необхідно привести до порошкоподібного стану. При цьому висуваються такі вимоги до порошкоподібних матеріалів: по-перше, порошки повинні бути однорідними та гомогенними; по-друге, має бути повна відсутність виділення газів [64].

1.3. Методика проведення експлуатаційних випробувань

Для дослідної перевірки каталітичного нейтралізатора, що розробляється, проводилися експлуатаційні випробування. Їхня мета - визначення ступеня

ефективності очищення потоку відпрацьованих газів в умовах тривалої роботи автомобільної одиниці.

Експлуатаційні випробування проводили на автомобілі Scania-R580 CB 6x4 R580 . Здійснювалися вимірювання хімічного складу відпрацьованих газів дизельних двигунів, встановленими каталітичними нейтралізаторами. Для порівняння отриманих результатів проводилися вимірювання складу газів під час роботи техніки зі штатним глушником. Аналіз газів проводився у літній період.

Марка дизельного палива, у якому проводилися випробування: Л (літнє), згідно з ГОСТ [32]. Каталітичні нейтралізатори встановлювалися на техніку, що працює 8 годин на день при п'ятиденному робочому тижні. Досвідчені нейтралізатори встановлювалися на техніку, що пройшла капітальний ремонт. Особливу увагу приділено роботі трактора у закритих приміщеннях (склади, теплиці, сховища тощо).

Під час проведення експлуатаційних випробувань здійснювався хімічний аналіз газів, що відпрацьовали. Контролю підлягали:

- 1) Рівень димності (зміст сажі) у відпрацьованих газах. Під час проведення аналізу газу застосовувався стандартний димомір «Мета -01 МП 0.1»;
- 2) Кількісні показники у відпрацьованих газах чадного газу, оксидів азоту, вуглеводнів. Якісний та кількісний склад визначався приладом «ОПТОГАЗ – 500.1 П» для дизельних двигунів.

Вимірювання проводяться згідно з нормативною документацією [35,36]. Аналіз проводився згідно з розробленими для кожного приладу методиками проведення аналізу газів.

Випробування в рамках програми впровадження проводилися протягом чотирьох років у режимі штатної експлуатації машин. Щорічно проводилося триразове вимірювання показників складу газів, що відпрацьовали. Динаміка змін ефективності очищення газів, що відпрацьовали каталітичним нейтралізатором фіксувалася в таблиці вимірювань.

Вимірювання димності відпрацьованих газів дизельного двигуна проводилося за ГОСТом [33] приладом портативний димомір «Мета-01 МП 0 І». Прилад показує результати вимірів в одиницях коефіцієнта поглинання (натурального показника ослаблення) та одиницях коефіцієнта ослаблення (%).

При вимірі цього показника необхідно дотримання наступних показників (таблиця 3.1, 3.2):

Таблиця 3.1
Умови навколишнього середовища, необхідні для експлуатації приладу

Показник	Одиниці виміру	Значення показника
1. Температура повітря	°C	від -20 до +60*
2. Відносна вологість при $t = 30 \text{ } ^\circ\text{C}^{**}$	%	не більше 95
3. Атмосферний тиск	кПа	84,0-106,7

ПРИМІТКА: * - від -20 до +50 - для блоку приладів, від -35 до +60 - для оптичного датчика; ** - за більш низьких температур без конденсації вологи.

Таблиця 3.2
Параметри аналізованого газу

Показник	Одиниці виміру	Значення показника
1. Температура газу	°C	від 30 до 200
2. Тиск відпрацьованих газів	кПа	не більше 1,95

Результати вимірювань подаються в одиницях коефіцієнта ослаблення (%) та в одиницях натурального показника ослаблення (коефіцієнта поглинання) (m^{-1}) [63]. Технічні характеристики приладу представлені у таблиці 3.3.

Принцип роботи приладу заснований на вимірюванні величини поглинання світлового потоку та температури аналізованого газу в мірному об'єкті та перетворенні аналітичних сигналів до одиниць натурального показника ослаблення світлового потоку згідно з виразом (3.1).

$$K = \frac{273+t}{373-L} \cdot \ln T \quad (3.1)$$

$$K = -2,3 \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

(3.2)

Таблиця 3.3

Технічні характеристики приладу

Показник	Одиниці виміру	Значення показника
1. Діапазон виміру димності: - в одиницях натурального показника ослаблення - в одиницях коефіцієнта ослаблення	$M^{-1}\%$	0,00- / 0-100.0
2. Межа допустимої абсолютної похибки при коефіцієнті поглинання	M^{-1} M^{-1}	Не більше $\pm 0,05$ 1,6-1,8
3. Час одного виміру	з	Не більше 5

Співвідношення одиниць вимірювання димності K і N і масової концентрації сажі у відпрацьованих газах наведено в таблицях. Вимірювання димності проводилося у режимі вільного прискорення згідно з інструкцією експлуатації приладу [63]. Значення димності при вільному прискоренні розраховують як середнє арифметичне результатів чотирьох останніх вимірів.

Таблиця 3.4

Умови навколишнього середовища, які необхідні при експлуатації приладу

Показник	Одиниці виміру	Значення показника
1. Температура повітря	$^{\circ}C$	від +5 до +40
2. Відносна вологість повітря*	%	не більше 95
3. Атмосферний тиск	кПа	84,0-106,7

ПРИМІТКА: * - Без конденсації вологи.

Межа допустимої додаткової похибки від зміни температури навколишнього повітря (у частках від основної похибки, що допускається, на кожні $10^{\circ}C$ відхилення від номінального значення температури $20^{\circ}C$ в діапазоні від плюс 5 до плюс $40^{\circ}C$) 0,5 частки від основної похибки.

РОЗДІЛ 4. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження керамічного блоку - носія

Основним елементом каталітичного нейтралізатора є несучий блок. У виробництві застосовується блоки з кераміки або металу. Для дисертаційного дослідження розроблено методику нанесення первинного шару, що розвиває поверхню несучого блоку, а потім і каталітичного шару на фільтр з кераміки, що має стільникову структуру. Керамічні стільникові блоки використовуються для проведення досліджень у галузі розробок безплатинових каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів для відремонтованих дизельних двигунів. Нейтралізатори широко застосовують у сільськогосподарському виробництві, особливо у закритих приміщеннях (складах, теплицях).

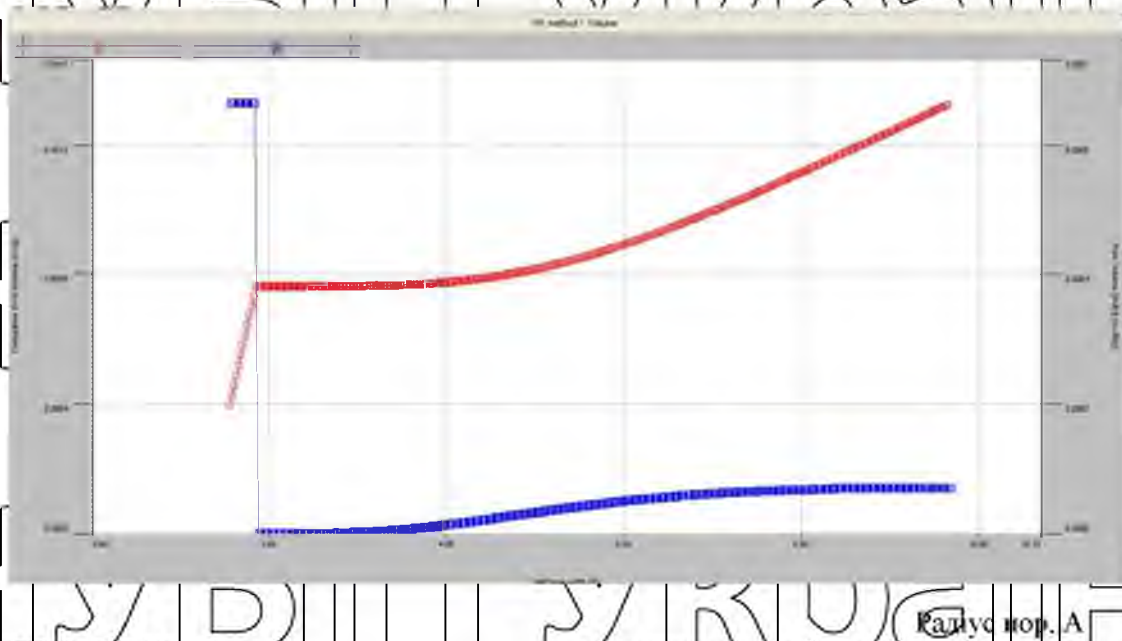
Для проведення досліджень використовувалися блоки різних геометричних та фізичних параметрів. Найбільш прийнятними для наукової роботи були керамічні блоки з кількістю осередків 200 осередків - геометричні характеристики 77x100 мм, 400 осередків, автомобільні стільникові блоки розміром 100x100 мм. У процесі проходження газового потоку через фільтр, що має каталітичне покриття, частинки сажі всіх розмірів затримуються на внутрішній поверхні керамічного блоку. Нанесений на стінки каналів керамічного блоку шар каталітичного складу призводить до реакції окислення вуглеводнів, що не згоріли, і чадного газу [73].

Виходячи з отриманих результатів, оптимальним є введення як проміжний шар водну 20% суспензію силікатного клею. При даній концентрації подальше нанесення шару беміту і прожарювання в печі муфельної призводить до збільшення питомої поверхні. Максимальна питома поверхня досліджуваного зразка становила 6,3 м²/г. При прожарюванні печі при температурі від 873 К (близько 600 °С).

Шар рідкого скла введений як проміжний. Його нанесли на керамічний блок перед шарами первинного покриття. Завдяки такому прийому збільшується адгезійні здібності як керамічної поверхні та первинного шару,

так і первинного шару та каталітичного складу.

Однак, при введенні додатково шару важливо, щоб порова структура поверхні не змінювалася в бік і зменшення кількості пор, а також зміни їх радіусу. Для дослідження кількісних та якісних показників пористості отриманих зразків проводилося дослідження керамічного блоку на аналізаторі питомої поверхні.



ПРИМІТКА. червона крива - крива зміни сумарного обсягу пор у зразку, синя крива - крива зміни обсягу пір по радіусу.

Рис. 4.1 Розподіл мікропор у проміжному шарі до 2 нм

Пористість керамічного блоку змінилася, обсяг пір становив 1,323 см³/г, найбільший радіус пір залишається стабільним у межах 9,237 А (0,9237 нм), але питома поверхня збільшилася до 1,428 м²/г.

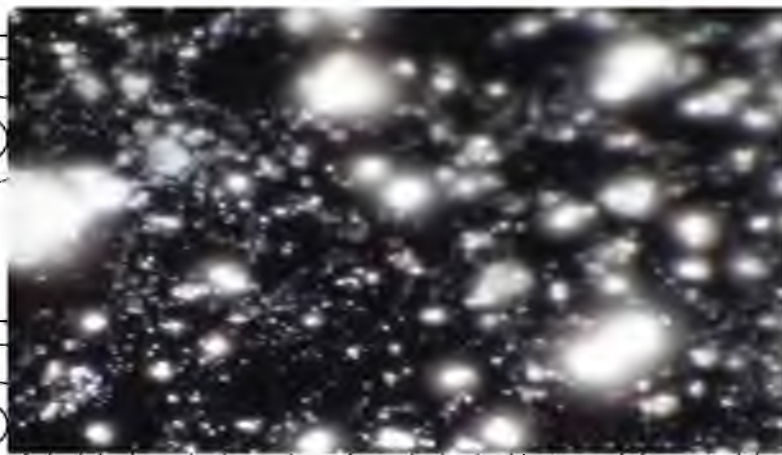


Рис. 4.2 Мікроструктура беміту об'єктивом 100х, світле поле

4.2. Експлуатаційні випробування

Проводилися випробування безкоштовного каталітичного нейтралізатора безпосередньо на автотракторній техніці. В рамках випробувань проводилися вимірювання газових викидів, визначення робочих параметрів нейтралізатора.

Експлуатаційні випробування проводилися на базі п'яти організацій, які впровадили розроблені безплатинові нейтралізатори газів, що відпрацювали.

Незважаючи на те, що безплатинові каталітичні нейтралізатори застосовувалися на дизельній техніці, що працює в приміщеннях з обмеженим

повітрообміном, випробування проводилися на відкритому повітрі, тобто в умовах інтенсивного повітрообміну, оскільки це вимога техніки безпеки.

Атестація технічного стану дизельного двигуна та контрольно-вимірювальних приладів здійснювалася відповідно до нормативних вимог.

Димність газів, що відпрацювали, і викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами вимірювалися відповідно до нормативно-технічної документації [33]. Технічні показники параметрів роботи двигунів перебували у межах норми під час проведення всіх експериментів [3].

Виробництвом каталітичних нейтралізаторів в Україні займаються невеликий відсоток підприємств, є понад 5 великих зарубіжних компаній - постачальників каталізаторів до України. Ціни на вироблені каталітичні нейтралізатори варіюються від 3340,00 гривень, до 11770 грн., залежно від модифікації.

Розраховано економію при використанні каталітичних нейтралізаторів у суб'єктах господарювання. Проводиться розрахунок економії коштів під час встановлення каталітичних нейтралізаторів, розроблених у цій роботі, з устатковкою аналогічних механізмів інших організацій.

При встановленні металооксидних каталітичних нейтралізаторів в автопарку в 100 автомобілів одноразова економія складе 75880 гривень.

Також має сенс розглянути економічну ефективність застосування нейтралізаторів для сільськогосподарської техніки з погляду зниження плати за забруднення повітряного басейну. Ця міра спрямована на відшкодування

екологічних збитків від викиду в повітряну сферу забруднюючих речовин від антропогенних джерел [44].

Розроблено методику розрахунків, за якою можна обчислити питому плату. У цій методиці плата за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря обчислюється як добуток усередненої маси річної витрати палива дизельного двигуна на питому плату за викиди забруднюючих речовин газів, що відпрацювали при використанні 1-ї тонни палива.

Дані про кількість витраченого палива на рік визначаються залежно від типу та виду автотранспорту, при врахуванні прогнозованих умов роботи, місцевості, типі дорожнього покриття під час експлуатації.

$$P_3 = G_T \cdot U_{II} \cdot T_H \cdot D_{p.g.} \cdot 10^{-2} \quad (6.1)$$

Формула (6.1), згідно з методикою, є основною при розрахунку плати за забруднення. Але достовірного розрахунку цю формулу перетворюють з урахуванням всіх чинників. У кінцевому вигляді формула (6.1) застосовується для обчислення показника річного економічного ефекту від зниження кількості забруднюючих речовин та показника економічної шкоди, одержаної в результаті збільшення витрат палива, за рахунок підвищення протитиску на випуску.

Річний економічний ефект від зниження кількості забруднюючих речовин у випускному тракті.

Але за розрахунків необхідно враховувати важливу обставину. Установка у випускному тракті автомобіля в АПК - Scania-R580 CB 6x4 R580 каталітичного нейтралізатора певною мірою призводить до збільшення витрат палива під час експлуатації дизеля. Збільшення витрати палива обумовлюється перепадом тиску газового потоку.

Розрахунки виробляються за умов, що одиниця автомобіля Scania-R580 CB 6x4 R580 працює протягом 246 робочих днів на рік, за тривалості робочого дня 8 годин. При встановленій платі за викиди забруднювачів з газами, що відпрацювали, 21,0 грн за м³ на рік. Питома витрата палива за максимальної потужності для автомобіля Scania-R580 CB 6x4 R580 становить 14,52 кг/год.

При такій витраті палива масовий викид газів, що відпрацьовані при випуску з двигуна внутрішнього згоряння на вході в нейтралізатор склав 626,5 кг/год, а масовий викид відпрацьованих газів на виході з нейтралізатора склав 582,6 кг/год. Тиск газового потоку на вході в нейтралізатор становив $41,7 \cdot 10^3$ Па.

Тоді як тиск газового потоку на виході з нейтралізатора було $40,6 \cdot 10^3$ Па [105]. Дані отримані внаслідок теоритичних розрахунків.

Відповідно до формули (6.1) здійснимо розрахунок плати за забруднення:

$$Пз = 14,54 \text{ кг / год} \cdot 21,00 \text{ грн / м}^3 \cdot 8 \text{ год.} \cdot 246 \text{ роб.д} \cdot 10^{-2} = 6009,09 \text{ грн.}$$

Тобто для одного технічного засобу, не оснащеного розробленим засобом очищення газів, під час роботи протягом року при 8 годинному робочому дні екологічні платежі за забруднення повітря становитимуть 6009,09 гривень на рік.

Виходячи з наведених розрахунків, можна зробити висновок про економічну доцільність розробки та подальшого впровадження у виробництво, а також у суб'єкти господарювання даного каталітичного нейтралізатора. Також необхідно відзначити позитивний ефект у плані природоохоронних заходів. Застосування цієї технології сприяє збільшенню загального сприятливого фону навколишнього атмосферного повітря під час роботи техніки у приміщеннях з обмеженою циркуляцією.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. При роботі дизельного двигуна в умовах закритих приміщень найбільшу небезпеку становлять такі забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферу: оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), завислі речовини (сажа), вуглеводні (C_xH_y). В умовах закритого ґрунту, при тривалій роботі забруднення осідають на ґрунтовому та рослинному покриві, погіршують умови праці. Що призводить до накопичення забруднювачів у продукції тваринництва, знижує якість м'ясо-молочної сировини, до 30% знижує врожайність тепличних культур.

2. Розроблено та використовуються різні види каталітичних нейтралізаторів. Високу ефективність очищення газів, що відпрацювали (до 90%), досягають нейтралізатори, що мають у своїй основі елементи платинової групи. При цьому їх недолік полягає у високій чутливості до сірковмісного шару, різких перепадів температур, в деяких випадках відбувається обсіпання шарів, що наносяться в процесі експлуатації. Ці фактори суттєво знижують термін експлуатації системи очищення. Також екологами відзначено тенденцію збільшення антропогенної міграції хімічного елемента платини, що тягне до погіршення здоров'я людей. Металооксидні системи очищення знаходяться на стадії інтенсивної розробки та впровадження в експлуатацію. Недоліки в тому, що ступінь очищення газів, що відпрацювали, нижчий ніж у платинових.

3. Розраховано, що для одного технічного засобу, не оснащеного розробленим засобом очищення газів, під час роботи протягом року при 8 годинному робочому дні екологічні платежі за забруднення повітря становитимуть 6009,09 гривень на рік.

4. Виходячи з наведених розрахунків, можна зробити висновок про економічну доцільність розробки та подальшого впровадження у виробництво, а також у суб'єкти господарювання даного каталітичного нейтралізатора.

Також необхідно відзначити позитивний ефект у плані природоохоронних заходів. Застосування цієї технології сприяє збільшенню загального сприятливого фону навколишнього атмосферного повітря під час роботи

техніки у приміщеннях з обмеженою циркуляцією.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдєєв, В.В. Адгезія та її роль у забезпеченні міцності полімерних композитів: [навчальний посібник для студентів за фахом "Композиційні наноматеріали"] [Електронний ресурс]/В.В. Авдєєв [і ін.]. - Москва, 2010. URL: <http://netess.ru/3metodichki/1150810-1-moskovskiygosudarstvenniy-universitet-imeni-mvlomonosova-nauchno-obrazovatelniy-centrnanoteknologiyam-himicheskij-fakult.php#1>
2. Автомобільний довідник: [Пер. з англ.]. - М.: Вид-во «За кермом», 2000. - 896 с.
3. Адамова, Л. В. Навчально-методичний комплекс дисципліни "Процеси поверхні розділу фаз" [Електронний ресурс] / Л. У. Адамова; Федір. агенція з освіти, Урал. держ. ун-т ім. А. М. Горького, ІОНЦ "Нанотехнології та перспективні матеріали" [та ін.]. - Електрон. дано. (3,2 Мб). - Єкатеринбург: [б. в.], 2007. URL: <http://hdl.handle.net/10995/1313>
4. Адамова, Л. В. Навчально-методичний комплекс дисципліни "Сорбційний метод дослідження пористої структури наноматеріалів та питомої поверхні нанорозмірних систем" [Електронний ресурс]/Л.В. Адамова, А. П. Сафронов; Федір. агенція з освіти, Урал. держ. ун-т ім. А. М. Горького, ІОНЦ "Нанотехнології та перспективні матеріали" [та ін.]. - Електрон. дано. (10,9 Мб). - Єкатеринбург: [б. в.], 2008. URL: <http://hdl.handle.net/10995/1472>
5. Адамович, Б. А. Каталітичні нейтралізатори відпрацьованих газів та Екологічна безпека АТС // Автомобільна промисловість. - 2005. - № 1. - С. 9-11.
6. Аксьонов, І. Л. Транспорт та охорона навколишнього середовища / І. Л. Аксьонов. - М.: Транспорт, 2016. - 896 с.
7. Александрова, Т. Д. Нормування антропогенно-техногенних навантажень на краєвид. Стан проблеми. Можливості та обмеження // Сер. Географія. - 2015. - № 1. - С. 46-54.
8. Амбарцумян, В. В. Екологічна безпека автомобільного транспорту / В. В. Амбарцумян, В. Б. Чоєов. 2019. - 208 с.

9. Амельченко, В. А. Зниження токсичних викидів дизелів сільськогосподарської техніки під час експлуатації шляхом удосконалення очищення газів, що відпрацювали : дис. ... канд. техн. наук / Амельченко В'ячеслав Олександрович. - Саратов, 2017. - 180 с.

10. Ахметов, Л. А. Екологічні аспекти автотранспорту / Л. А. Ахметов, В. І. Єрохов, А. І. Багдасаров. - Ташкент: Мехмат, 2018. - 170 с.

11. Батлер, Дж. Платина 2011 / Дж. Батлер. - М.: Johnson Matthey, 2011. - 24 с.

12. Белов С. В. Пористі проникні матеріали: довідник / С. В. Белов [та ін]. - М.: Металургія, 2017. - 335 с.

13. Білоцерковсій, С. В. Автомобільні глушники: сучасні вимоги, тенденції розвитку, методи розрахунку та випробувань [електронний ресурс] / С. В. Білоцерківський, В. С. Тольський // Електронний журнал "Технічна акустика". - 2001. - URL: <http://www.ejta.org/ru/tolskiy> (дата звернення: 21.11.2014).

14. Белюченко, І. С. Антропогенна екологія / І. С. Белюченко. - Краснодар: КДАУ, 2015. - 178 с.

15. Бетехін, А. Г. Курс мінералогії: [навчальний посібник] / А. Г. Бетехін; під нав. ред. Б. І Пирогова, Б. Б. Шкурського. - М.: КДУ. - 374 с. : іл., табл.

16. Божко, А. В. Зниження шкідливих викидів дизельних двигунів мобільних енергетичних засобів за рахунок застосування фільтра-нейтралізатора газів, що відпрацювали : дис. ... канд. техн. наук / Божко Артем Вікторович. - Воронеж, 2017. - 151 с.

17. Бондаренко, Є. В. Дорожньо-транспортна екологія: [навчальний посібник] / Є. В. Бондаренко, за ред. А. А. Цирура. - Оренбург: ГОУ ОДУ, 2004. - 113 с.

18. Боресков Г. К. Гетерогенний каталіз. - М.: Наука, 1986. - 304 с.

19. Булаєв, В. Г. Гідродинаміка стільникових каталізаторів відпрацювали газів // Екологія промисловості Росії. - 2013. - № 2. - С. 17 - 19.

20. Вагнер, В. А. Робочі процеси дизелів: [навчальний посібник] / В. А. Вагнер [та ін], за ред. В. А. Вагнер, Н. А. Івашенко. - Барнаул: вид-во ХІІІ, 2015. - 183 с.

21. Варнаков, В. В. Технічний сервіс машин сільськогосподарського призначення / В. В. Варнаков [та ін.] - М.: Колос, 2003. - 253 с.

22. Виноградов, О.В. Вплив показників якості автомобільного бензину та дизельного палива на стан навколишнього середовища. / О.В. Виноградов, А.С. Кареліна // Стаття у відкритому архіві № 28244, Місце депонування Науковий журнал «Молодий учений», дата депонування 05.04.2016.

23. Газоаналізатори "ОПТОГАЗ-500". Інструкція з експлуатації. ІРМБ.4133П.030. РЕ. 2011 року.

24. Гапонов, В. Л. Сучасні методи зниження шкідливих викидів з випрацьованими газами автотранспорту / В. П. Гапонов [та ін] // Технології техносферної безпеки. - 2008. - № 6. - С. 8.

25. Гатауллін, Н. А. Двигуни, що відповідають Євро-1 // Вантажівка. - 2016. - № 5. - С. 30-31.

26. Гетьманець, Г. В. Соціально-екологічні проблеми автотранспорту: [Довідковий посібник] / Г. В. Гетьманець, В. А. Діханов. - М.: АСПОД, 2003. - 328 с.

27. Гієва, С. А. Зниження шкідливих викидів при експлуатації автотракторних дизелів шляхом застосування сажевого фільтра : дис. ... канд. техн. наук / Гієвий Сергій Олександрович. - Саратов, 2003. - 184 с.

28. Говрущенко, Н. В. Економія палива та зниження токсичності на автомобільному транспорті / Н. В. Говрущенко. - М.: Транспорт, 2010. - 35 с.

29. Головчук, А. Ф. Зниження димності дизелів // Автомобільний транспорт. - 2014. - № 11. - С. 35-36.

30. ГОСТ 23734-98. Трактори промислові. Методи випробувань. введ. 2000-07-01. - М.: ИПК Вид-во стандартів, 2009. - 19 с.

31. ГОСТ 7057-2001. Сільськогосподарські трактори. Методи випробувань. - Натомість ГОСТ 7057-81; введ. 2003-01-01. - Мінськ : ИПК Вид-во стандартів, 2013. - 11 с.

32. ГОСТ 305-2013. Паливо дизельне. Технічні умови. - Натомість ГОСТ 305-82; введ. 2015-01-01. - М.: Стандартінформ, 2014. - 12 с.

33. ГОСТ 17.2.2.02-98. Охрана природы. атмосфера. Нормы та методи визначення димності відпрацьованих газів дизелів, тракторів та самохідні сільськогосподарські машини. - Натомість ГОСТ 17.2.2.02-86; введ. 1999-06-30. - М.: ИПК Издательство стандартів, 2004. - 13 с.

34. ГОСТ 17.2.2.05-97. Охрана природы. атмосфера. Нормы та методи визначення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизелів, тракторів та самохідних сільськогосподарських машин. - Натомість ГОСТ 17.2.2.05-86; введ. 1999-06-30. - Мінськ: Міждержавна рада з стандартизації, метрології та сертифікації, 2004. - 9 с.

35. ГОСТ Р 52160-2003. Автомобілі із дизелями. Димність відпрацьованих газів. Нормы та методи вимірювань. Вимоги безпеки, введ. 2005-01-01. - М.: Стандартінформ, 2007. - 15 с.

36. ГОСТ Р 51998-2002. Дизелі автомобільних транспортних засобів. Загальні технічні умови; введ. 2004-01-01. - М.: ИПК Издательство стандартів, 2003. - 6 с.

37. ГОСТ Р 17.2.2.07-2000. Охрана природы. атмосфера. Поршневі двигуни внутрішнього згорання для малогабаритних тракторів та засобів малої механізації. Нормы та методи вимірювання викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами та димності відпрацьованих газів; введ. 2001-06-30. - М.: Изд-во стандартів, 2004. - 13 с.

38. ГОСТ 13078-81. Скло натрієве рідке. Технічні умови. - Натомість ГОСТ 13078-67; введ. 1982-01-01. - М.: Стандартінформ, 2005. - 15 с.

39. Колчин, А. В. Методика оценки экономической эффективности при обеспечении безопасности тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин / А. В. Колчин, Е. М. Филиппова, И. Б. Ивлева ; под ред. В. И. Черноиванова. - М. : ГОСНИТИ, 2007. - 52 с.

40. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов / О.В.

Крылов - М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. - 679 с.: ил.

41. Кудряшова, Е. Ю. Фазовый состав и удельная поверхность блока-носителя в каталитическом нейтрализаторе отработавших газов / Е. Ю.

Кудряшова, В. Н. Колокольников, Р. Ю. Соловьев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2013. – Т. 5. – № 3. – С. 57-60.

42. Кудряшова, Е. Ю. Исследование керамического блока-носителя в каталитическом нейтрализаторе отработавших газов / Е. Ю. Кудряшова, В. Н.

Колокольников, Р. Ю. Соловьев // Машинно-технологическая станция. – 2013. – № 1. – С. 33-36.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України