

МАШИНОЗНАВСТВО

УДК 621.43.068.4

В.Ю. Балюк, аспір.

А.В. Ільченко, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

**КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ
ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ВІД ЧАСТИНОК САЖІ**

Проаналізовано існуючі пристрої для очищення відпрацьованих газів двигуна внутрішнього згорання від частинок сажі, запропоновано їх класифікацію.

Вступ. За останні десятиліття людство остаточно переконалося, що першим винуватцем забруднення атмосферного повітря – одного з основних джерел життя на нашій планеті, є автомобіль. Він, поглинаючи настільки необхідний для життя кисень, інтенсивно забруднює повітряне середовище токсичними компонентами, що завдає відчутну шкоду всьому живому й неживому.

Одним із компонентів у складі відпрацьованих газів (ВГ) дизельного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) є сажа. Сажа являє собою аморфне тіло без кристалічних решіток. У ВГ дизельного двигуна сажа складається з невизначених часток з розмірами 0,3...100 мкм [1].

Причиною утворення сажі є те, що енергетичні умови в циліндрі дизельного двигуна є недостатніми, щоб молекула палива зруйнувалася повністю. Більш легкі атоми водню дифундують у багатий киснем шар, вступають з ним у реакцію та «ізолюють» інші вуглеводневі атоми від контакту з киснем.

Вплив частинок сажі на організм людини ще неповністю досліджено, але достеменно відомо, що перебуваючи у зваженому стані, вони адсорбують на своїй поверхні найсильніші канцерогенні речовини (бенз(а)пірен). У зв'язку з цим, норми викидів сажі ВГ постійно стають жорсткішими.

Мета даної роботи. Проаналізувати відомі пристрої для очищення ВГ ДВЗ від частинок сажі, а також запропонувати їх класифікацію із зазначенням позитивних та негативних показників різних типів пристроїв, що має допомогти правильно обрати шляхи створення нових способів та пристроїв для очищення ВГ ДВЗ від сажі.

Викладення основного матеріалу. Аналіз пристроїв для очищення газів від дисперсних частинок. Другим після автотранспорту забруднювачем атмосфери є промисловість. До складу її викидів, крім сажі, також входить велика кількість інших зважених частинок – пилу. Тому було б неправильно розпочати вивчення способів і пристроїв очищення ВГ ДВЗ без аналізу пристроїв очищення промислових газів від пилу й сажі.

Перший патент на конструкцію пиловловлювача-циклона був виданий в 1880 році, а перший електрофільтр був побудований в 1906 році. Сьогодні існує та застосовується на практиці велика кількість пристроїв різної конструкції для очищення викидів, дія яких заснована на використанні різних фізичних принципів. За принципом дії дані пристрої можна розділити на чотири групи: гравітаційні, інерційні (сухі та мокрі), вловлювачі й фільтри контактної дії, електричні вловлювачі й фільтри [2]. Існує також багато різновидів «мокрих» фільтрів, в яких дисперсні забруднювачі поглинаються рідкими плівками, або відокремлюються при промиванні газів рідинами.

Гравітаційні вловлювачі діють за законами використання гравітаційних сил або сил ваги, що зумовлюють осідання з повітря дисперсних часток. На цьому принципі заснований пристрій камери пилоосідання [3].

Інерційні уловлювачі (сухі та мокрі) діють за законами використання інерційних сил, що виникають при зміні напрямку руху забрудненого повітряного або газового потоку (ГП). До таких пристроїв відносяться: циклони різноманітної конструкції, відцентрові скруббери та циклони-промивачі, струминні вловлювачі типу ротоклон і вловлювачі Вентурі [4].

Вловлювачі й фільтри контактної дії затримують дисперсні частинки при пропусненні забрудненого повітря, або газу через сухі, або змочені пористі матеріали: тканину, шар

синтетичних волокон, папір, дротяну сітку, шари зернистих матеріалів, керамічних і металевих кілець тощо [2].

Електричні вловлювачі й фільтри очищують повітря (або газ) від зважених у ньому часток (пил, туман, сажа тощо) шляхом їх іонізації при проходженні через електричне поле.

Найбільш широко використовувана апаратура для виділення механічних домішок з газів представлена на рисунку 1, де визначено області застосування типів фільтрів залежно від дисперсного складу часток, що вловлюються, та зона розмірів частинок сажі у ВГ дизельного двигуна. Необхідність у такій великій кількості типів фільтрів пояснюється різноманіттям умов використання.

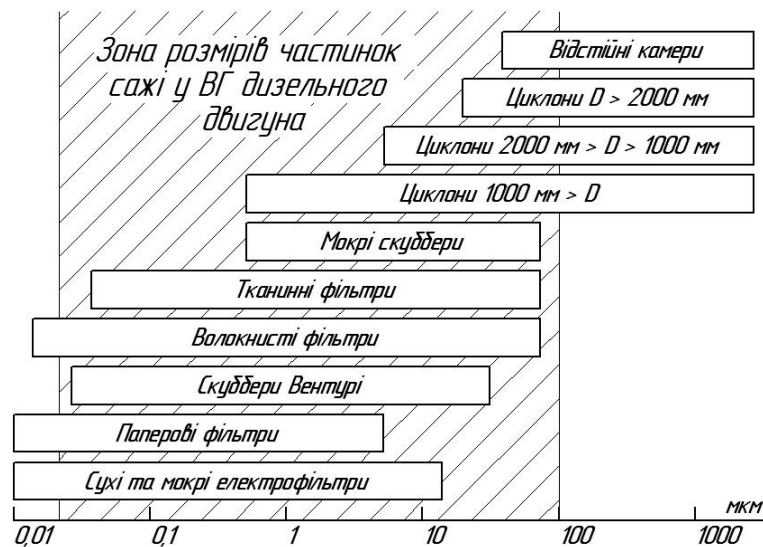


Рис. 1. Діапазон застосування різних фільтрів залежно від розміру дисперсних часток [2]

Звертає на себе увагу те, що для вловлювання високодисперсних аерозолів (розміром менше 1 мкм) використовуються в основному фільтри контактної дії. Такі пристрої вимагають періодичної заміни фільтруючого матеріалу й розраховані на малі концентрації дисперсної фази при малій швидкості фільтрації, тобто мають порівняно малу продуктивність й економічно дорогі. Головним недоліком таких фільтрів є зміна в часі продуктивності, гідравлічного опору й ефективності вловлювання. Тому не завжди є можливість з достатньою вірогідністю оцінити їхню працездатність. Крім того, слід зазначити, що існують труднощі очищення фільтруючого матеріалу від осаджених аерозольних часток, що необхідно, наприклад, в установках, призначених для контролю навколишнього середовища, з метою проведення подальших аналізів, а також складність експлуатації при вловлюванні аерозолів, що містять отруйні, радіоактивні, займисті та інші шкідливі і небезпечні речовини.

Електричні фільтри відрізняються незначним гідравлічним опором, досить високою ефективністю вловлювання й надійністю роботи. Однак для вловлювання в цих пристроях аерозольних часток розміром менш 1 мкм необхідна ретельна підготовка газів, що очищуються: попереднє (грубе) очищення, зволоження й охолодження газів, а також збільшення зважених частинок. Це в свою чергу значно ускладнює схеми очищення.

У теорії та практиці електростатичного осадження доведено, що сучасні електрофільтри не можуть забезпечити ефективність близьку до 100 %, тому що не всі дрібні частки досягають електродів-осаджувачів через малу швидкість їхнього дрейфу та турбулентності газового потоку, а великі частки легко зриваються зі стінок і несуться потоком далі. Слід зазначити, що деякі продукти мають такі фізичні властивості, що виключають можливість ефективного вловлювання їх зважених часток в електрофільтрах. Прикладом тому є активна сажа, легка за вагою, що має дуже малий питомий електричний опір.

Отже є доцільним, використовуючи підготовку газу перед електрофільтрами, забезпечити осадження укрупнених часток у більш простих та економічних апаратах, наприклад, мокрого типу. В останні роки значний розвиток у вітчизняній промисловості та за кордоном набули саме мокрі способи очищення.

Апарати мокрого очищення, що застосовуються в промисловості, мають наступні переваги.

По-перше, вони мають більш високу ефективність уловлювання дисперсних частинок у порівнянні із сухими механічними фільтрами. Деякі типи мокрих фільтрів (скруббери Вентурі) можуть бути застосовані для часткового очищення газів від високодисперсних часток.

По-друге, мокрі фільтри є більш конкурентоспроможними, ніж такі високоефективні пиловловлювачі, як волокнисті та тканинні фільтри і використовуються в тих випадках, коли останні не можуть бути використані, наприклад, при високій температурі і підвищеній вологості газів, при небезпеці загоряння і вибуху газів, що очищуються, або частинок, що вловлюються.

По-третє, фільтри мокрого очищення газів одночасно зі зваженими частинками можуть уловлювати пароподібні й газоподібні компоненти.

Недоліками даних фільтрів є складність реалізації даного способу очищення й залучення додаткового рідинного фільтрування робочого тіла.

Є ряд випадків, де вибір пристрою для очищення визначається обсягом газу, що очищується, і техніко-економічними обґрунтуваннями. Наприклад, фільтри з тканини та електрофільтри застосовуються, як правило, у тих випадках, коли вартість матеріалу, що вловлюється, окупує витрати на їх обладнання. Також, потрібно пам'ятати, що об'єм цих фільтрів такий великий, що їхнє використання часто пов'язане з будівництвом спеціальних приміщень.

Аналіз відомих винаходів і патентів по очищенню ВГ ДВЗ від частинок сажі. Екологічна безпека – це властивість автомобіля знижувати негативні наслідки впливу його експлуатації на учасників руху й навколишнє середовище. Вона спрямована на зниження токсичності ВГ, зменшення шуму, зниження радіоперешкод при русі автомобіля.

Незважаючи на численні спроби замінити ДВЗ будь-яким іншим, що не виділяє токсичні речовини, альтернативи йому немає дотепер. А якщо принципово новий двигун і з'явиться, то переналагодження виробництва для його багатосерійного випуску вимагатимуть величезних капіталовкладень, і відбудеться це далеко не відразу. Разом з тим, на даний час людство підійшло до тієї межі, коли без екологічно чистого автомобіля просто не обійтися. І вихід поки вбачається один – потрібно, якщо не повністю виключити, то хоча б звести до мінімуму шкідливі викиди ДВЗ.

У зв'язку з цим ведуться численні розробки різноманітних фільтрів, каталізаторів та допалювачів ВГ ДВЗ, які мають максимально поліпшити показники екологічної безпеки автомобіля. Незважаючи на значну кількість розробок і патентів у даній області техніки, автотранспорт, як і раніше, далекий від екологічної досконалості та вносить до 70 % сумарного токсичного забруднення повітря міст планети. Варто зазначити, що більшість способів і пристроїв очищення ВГ, що використовуються на автотранспорті, є аналогічними способам і пристроям очищення промислових газів. Відрізняються вони від останніх переважно меншими розмірами й спрямованістю фільтрації.

Всі відомі винаходи у вигляді способів і пристроїв екологічного очищення ВГ ДВЗ можна розділити на внутрішні (безпосередньо в самому ДВЗ) і зовнішні (очищення ВГ, у випускному тракці ДВЗ) [5]. Внутрішні способи очищення досягаються шляхом зміни конструкції двигуна та пов'язані з оптимізацією робочого процесу. До даних способів відносяться оптимізація форми впускних та випускних каналів, що створюють направлений рух повітря в камері згоряння; підвищення тиску впорскування, наприклад, за допомогою насос-форсунок; оптимізація камери згоряння, наприклад, за рахунок зменшення «шкідливих» об'ємів та форми виїмки у поршні. Застосування даних способів впливає на викиди сажі двигуном як вторинна дія, оскільки вони розраховані переважно для оптимізації показників роботи самого двигуна.

Спосіб очищення шляхом механічного сепарування. Відомі способи й пристрої механічного сепарування твердих і рідких домішок ВГ, характерних для дизельного транспорту, шляхом обертання потоку ВГ, з наступним нагромадженням сажі та оливи в спеціальних бункерах із систематичним видаленням. Прикладом даного способу може бути пристрій для очищення ВГ ДВЗ, який зображено на рисунку 2 [6].

Пристрій для очищення ВГ ДВЗ шляхом механічного сепарування працює наступним чином. Ротору 4, встановленому на осі 5, надається обертальний рух. Обертання ротора 4 за рахунок сил аеродинамічного тертя надає газу в корпусі 1 обертально-поступальний рух, спрямований убік обертання ротора 4 і від впускного патрубка 2 до випускного 3. Таким чином, усередині корпусу 1 формується досить стійкий газовий потік, що засмоктує ВГ з

вихлопного колектора ДВЗ у нижню частину корпусу 1, а потім – у зазор між ротором 4 і вставкою 6, що встановлена всередині корпусу 1. Стрілками 15 показано напрямок вертикального руху газів. У зазорі під дією відцентрових сил, зумовлених обертальною складовою загального руху газів, тверді й рідкі частки, що містяться у ВГ, переміщуються до вставки 6 й осідають на ній, як показано стрілками 16. Очищені в такий спосіб ВГ через випускний патрубок 3 викидаються в атмосферу. Вставка 6 виконана знімною й при досягненні певного ступеня забруднення замінюється на нову. Сильфон 7 служить для сполучення пристрою з вихлопними колекторами ДВЗ різних типів.

Недоліками даного способу є складність реалізації, значні енерговитрати і великі витрати матеріалів, оскільки об'єм сажі, що сепарується, є досить великий через її низьку густину. Термічне розкладання сажі економічно недоцільне й призводить до збільшення обсягу окису вуглецю.

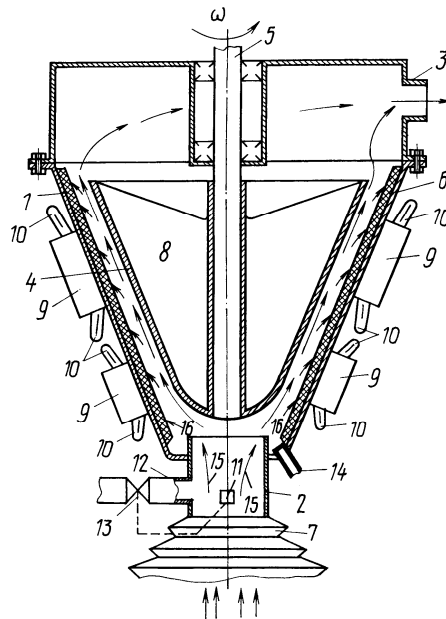


Рис. 2. Пристрій для очищення ВГ ДВЗ з наступним нагромадженням сажі та оливи:
 1 – корпус; 2 – впускний патрубок; 3 – випускний патрубок; 4 – ротор; 5 – вісь;
 6 – вставка; 7 – сильфон; 8 – ребро жорсткості; 9 – магнітодроти; 10 – багатозфазна обмотка; 11 – датчик тиску; 12 – трубопровід для відводу; 13 – регулятор витрат повітря;
 14 – дренажна трубка; 15 – шлях руху газів; 16 – шлях руху домішок

Спосіб плазмового допалювання. Відомі плазмові способи й пристрої допалювання ВГ, шляхом пропущення їх через факел низькотемпературної плазми. Прикладом даного способу може бути пристрій, зображений на рисунку 3 [7].

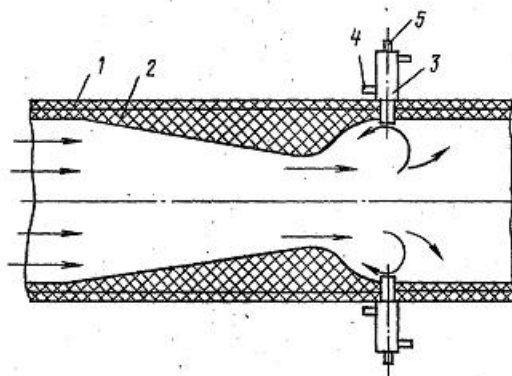


Рис. 3. Плазмовий допалювач ВГ:
 1 – камера допалювання; 2 – ділянка у вигляді труби Вентури з термостійкого матеріалу;
 3 – канал для підводу повітря; 4 – паливна форсунка; 5 – електрод

Даний пристрій реалізує плазмовий спосіб очищення наступним чином. Потік ВГ, проходить ділянку 2, при цьому його швидкість зростає за рахунок зменшення прохідного перерізу. За ділянкою 2 відбувається зрив потоку і його турбулізація. Турбулізовані ВГ попадають в струмінь низькотемпературної повітряної плазми, що генерується електродами 5, у цю ж ділянку додатково подається паливо через форсунки 4. Низькотемпературна повітряна плазма й паливо в результаті реакції між собою є генераторами активних часток, що, змішуючись із турбулізованими ВГ, приводять до активізації горіння продуктів неповного згорання ВГ, у тому числі й частинок сажі.

Реакції, що відбуваються в ході змішування низькотемпературної повітряної плазми з додатковим паливом, спричиняють утворення зрівноважених концентрацій атомів і радикалів, а також великої кількості продуктів неповного перетворення вуглеводнів. Наявність таких частинок у зоні хімічних реакцій дозволяє різко інтенсифікувати процес нейтралізації ВГ.

Недоліками даного способу є значні енерговитрати через використання додаткового палива, несприятливі температурні режими вихлопної труби внаслідок розжарювання плазмою. Крім того, зростає обсяг окислювача, що призводить до збільшення об'ємів ВГ.

Електрофільтрування. Відомі способи й пристрої електрофільтрування ВГ ДВЗ [8] шляхом впливу електричним полем на електрзаряджені частки (тверді та рідкі) ВГ з їхнім електростатичним осадженням на спеціальні електроди з наступним систематичним видаленням осаду. Даний спосіб є основою пристрою зображеного на рисунку 4.

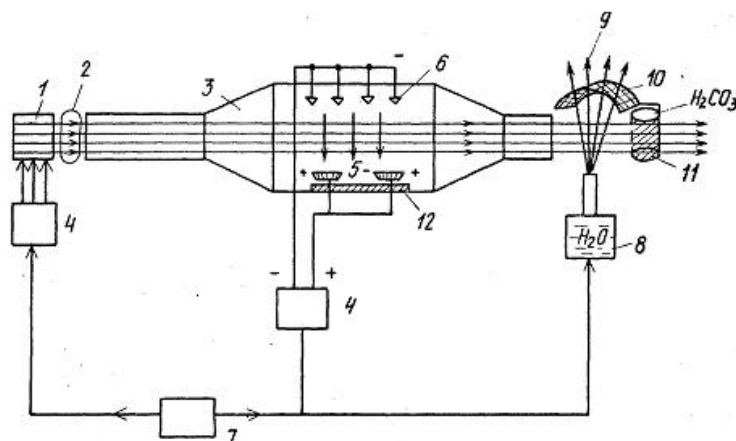


Рис. 4. Пристрій для електрофільтрування ВГ ДВЗ:

1 – ДВЗ; 2 – ВГ; 3 – камера; 4 – блок тиристорного запалювання; 5 та 6 – електроди;
7 – генератор; 8 – впорскувач аерозолі; 9 – аерозоль; 10 – пластина; 11 – відстійна ємність;
12 – сітка.

Очищення ВГ у пристрої здійснюється таким чином: ВГ 2 від двигуна 1 надходять у камеру 3, у якій від електродів 5 й 6 обробляються електричними імпульсами високої напруги від блоку 4 тиристорного запалювання, а потім і водяним аерозолем 9 від впорскувача 8. Обробку ВГ 2 електричними імпульсами й подачу в них водяної аерозолі здійснюють із частотою запалювання паливної суміші у двигуні 1. Шпаруватість (від рос. «скважность») обробки ВГ 2 електричними імпульсами регулюють задаючим генератором 7. Вологу з розчиненими в ній домішками конденсують на пластині 10 і збирають у відстійній ємності 11, сажу збирають на сітці 12 поблизу електродів 5 та 6 і систематично видаляють, а очищені ВГ випускають у навколишнє середовище.

Недоліками способу є низька надійність через труднощі забезпечення надійної електроізоляції різноіменно заряджених пластин електрофільтра в умовах осаджування сажі та кіптяви на внутрішній поверхні пластин і високих температур, а також значне додаткове використання електричної енергії.

Відомі також способи очищення ВГ від сажі шляхом її електротермічного розкладання. Однак даний спосіб є енерговитратним і неприйнятний для автотранспорту через низьку потужність його електрогенератора.

Комбіновані системи очищення. Особливої уваги вимагають комбіновані системи очищення ВГ ДВЗ. Прикладом такої системи може слугувати пристрій, що комбінує в собі сажовий каталітичний фільтр, каталітичний блок відновлення оксидів азоту та каталітичний блок окислювання оксиду вуглецю й вуглеводнів [9]. На рисунку 5 зображені поздовжній і поперечний розрізи даного пристрою.

Особливу увагу конструкція пристрою привертає тим, що на внутрішню поверхню корпусу й у сажових фільтрах грубого та тонкого очищення, а також на поверхні каталітичного блоку відновлення оксидів азоту й каталітичного блоку окислювання оксиду вуглецю й вуглеводнів нанесено каталізатори, які виконані на основі складного оксиду $Cu_xCo^{2+}_yCo^{3+}_{2y}Sr_zZr_{0,5z}Ti_{1-(0,5x+2y+z)}O_2$.

Робота даного пристрою здійснюється таким чином. ВГ ДВЗ надходять по трубі вхідного патрубку 2. Ударяючись о внутрішню поверхню торця 5 корпусу 1, і змінивши напрямок руху, газовий потік надходить через перфоровану ділянку 6 труби вхідного патрубку 2, каталітичний сажовий фільтр 8 грубого очищення й отвори в перфорованій перегородці 7 у внутрішній простір корпусу 1, де розташовані оболонки 10. При цьому великі й середні частинки сажі затримуються каталітичним сажовим фільтром грубого очищення 8, де відбувається їхнє каталітичне окислювання.

При русі газового потоку усередині порожнини 11 внаслідок зміни напрямку потоку й зіткнення газів із каталізатором на кремнеземній тканині 4, нанесеній на внутрішню поверхню корпусу 1, частинки сажі осідають на каталізаторі й каталітично окислюються до оксидів вуглецю.

Ще раз змінивши напрямок руху, газовий потік проходить через каталітичний сажовий фільтр 12 тонкого очищення, що завершує очищення газів від частинок сажі, після чого він проходить через пористий каталітичний блок 13 – відновлення оксидів азоту, а потім і через пористий каталітичний блок 14 – окислювання оксиду вуглецю й вуглеводнів. Після цього газовий потік проходить через вогнегасний фільтр 15, що виключає проскакування полум'я й забезпечує пожежну безпеку пристрою, надходить у резонаторну камеру 16, у якій за рахунок розширення газів знижується температура й швидкість газового потоку. Резонаторна камера 16 у сукупності з іншими елементами пристрою забезпечує зниження акустичних коливань газового потоку, що через вихідний патрубок 3 викидається в атмосферу.

Варто відзначити, що кількість оболонок 10 в конструкції може змінюватись в залежності від об'єму ВГ ДВЗ.

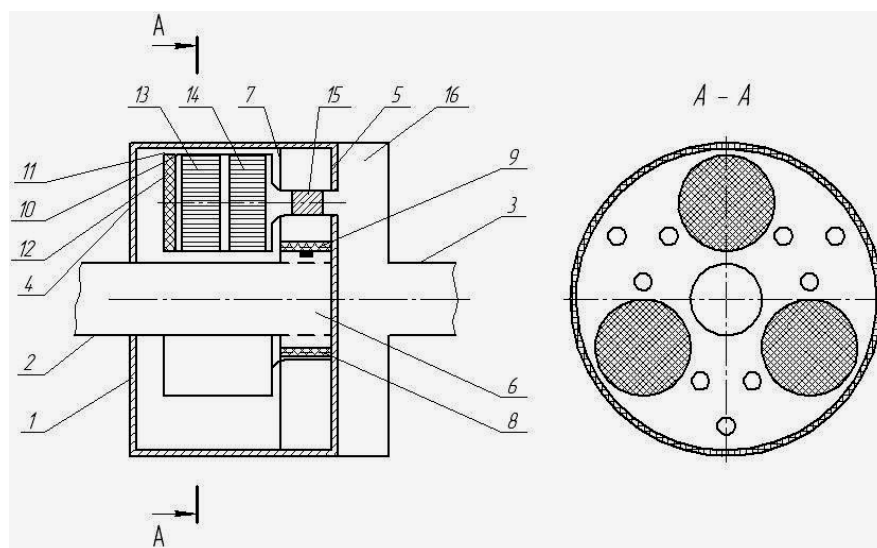


Рис. 5. Комбінований пристрій очищення ВГ ДВЗ:

- 1 – корпус; 2 – вхідний патрубок; 3 – вихідний патрубок; 4 – кремнеземна тканина;
 5 – торець; 6 – перфорована ділянка; 7 – перфорована перегородка; 8 – сажовий фільтр грубого очищення; 9 – електронагрівальний елемент; 10 – оболонка; 11 – порожнина;
 12 – сажовий фільтр тонкого очищення; 13 – каталітичний блок відновлення оксидів азоту; 14 – каталітичний блок окислювання оксиду вуглецю й вуглеводнів; 15 – вогнегасний фільтр; 16 – резонаторна камера

При запуску холодного двигуна, при роботі двигуна в умовах негативних температур, а також для регенерації каталітичних елементів пристрою для очищення ВГ ДВЗ передбачене включення електронагрівального елемента 9, встановленого всередині сажового фільтра грубого очищення 8. Після виходу двигуна на оптимальний тепловий режим або завершення циклу регенерації каталітичних елементів електронагрівальний елемент 9 вимикають.

Незважаючи на численні позитивні показники даного пристрою, він все-таки не ідеальний. Адже показники питомих викидів сажі, ресурс роботи, інші покращення й оптимізація пристрою все ще можливі. Саме через великий потенціал даного пристрою й гарні показники його роботи фільтр був взятий за прототип для досліджень на кафедрі «Автомобілів і механіки технічних систем» Житомирського державного технологічного університету. Очікується, що подальше його вдосконалення дозволить не лише поліпшити показники фільтрування ВГ ДВЗ від частинок сажі, але й збільшити ресурс і показники роботи окисно-відновлювальних каталізаторів, оскільки вони будуть менш забруднені вказаними частинками під час роботи.

Варто відзначити, що дана розробка може використовуватися і на інших пристроях очищення ВГ ДВЗ від частинок сажі з механічним способом очищення.

Класифікація пристроїв для очищення ВГ ДВЗ від частинок сажі. На основі аналізу пристроїв для очищення ВГ ДВЗ від частинок сажі була створена їх класифікація з відображенням позитивних та негативних властивостей (рис. 6). Її повна версія виглядає таким чином:

1. За місцем розташування:

а) внутрішні:

- за способом очищення (*дані методи орієнтовані на оптимізацію показників роботи самого двигуна, що в свою чергу призводить до поліпшення показників викидів токсичних газів*):

- оптимізація форми впускних та випускних каналів, що створюють направлений рух повітря в камері згоряння;
- підвищення тиску впорскування, наприклад, за допомогою насос-форсунок;
- оптимізація камери згоряння, наприклад, за рахунок зменшення «шкідливих» об'ємів та форми виїмки у поршні.

б) зовнішні:

- за способом очищення:

- механічного очищення, які за дією на частинки сажі поділяються на:

- інерційні уловлювачі (*переваги: гарні показники вловлювання сажі, можливість вловлювання рідких домішок ВГ; недоліки: складність конструкції, велика металоємність, великі енерговитрати, складність відновлення працездатності*);
- фільтри контактної дії (*переваги: гарні показники вловлювання сажі, вловлювання часток сажі малого розміру; недоліки: мала продуктивність, малий термін служби фільтруючого елемента, зміна в часі продуктивності, гідравлічного опору й ефективності*);

- хімічного допалювання (*переваги: малі енерговитрати; недоліки: висока вартість матеріалів, малий термін служби, можливість роботи у вузькому спектрі умов*);

- плазмового допалювання (*переваги: гарні показники очищення й нейтралізації ВГ; недоліки: великі енерговитрати, використання додаткового палива, несприятливі теплові режими у вихлопній системі, зростання обсягу ВГ, складність конструкції*);

- електричного очищення (*переваги: гарні показники вловлювання сажі, малий гідравлічний опір, можливість керування інтенсивністю та шпаруватістю очищення; недоліки: потреба в попередній підготовці ВГ перед очищенням, великі енерговитрати, складність конструкції*).

2. За кількістю стадій очищення:

- а) з однією стадією (*переваги: простота конструкції, мала металоємність; недоліки: невисокі показники вловлювання сажі, малий термін служби*);

- б) з декількома стадіями (*переваги: гарні показники вловлювання сажі, великий термін служби; недоліки: складність конструкції, велика металоємність, залежність між показниками стадій*).

3. За споживанням електроенергії мережі автомобіля:
- а) підключаються до мережі автомобіля (*переваги: гарні показники вловлювання сажі, можливість контролю й керування пристроями за допомогою програмних комплексів; недоліки: великі енерговитрати, складність конструкції*);
 - б) не підключаються до мережі автомобіля (*переваги: малі енерговитрати, простота конструкції; недоліки: невисокі показники вловлювання сажі, неможливість контролю й керування пристроями за допомогою програмних комплексів*).
4. За зниженням шумності викиду ВГ:
- а) з резонаторною камерою (*переваги: зниження шумового забруднення, можливість використання певних видів фільтрації на багатоциліндровому двигуні; недоліки: збільшений гідравлічний опір, складність конструкції*);
 - б) з лабіринтовою системою (*переваги: зниження шумового забруднення, можливість використання певних видів фільтрації на багатоциліндровому двигуні, можливість поліпшення очищення ВГ за рахунок зміни напрямку руху газів; недоліки: великий гідравлічний опір, складність конструкції, велика металоємність*);
 - в) без зниження гучності (*переваги: малий гідравлічний опір, простота конструкції, мала металоємність; недоліки: відсутність зниження шумового забруднення, неможливість використання певних видів фільтрації на багатоциліндровому двигуні*).
5. За спрямованістю очищення:
- а) фільтрують тільки дисперсні частинки (*переваги: простота конструкції, мала металоємність, малий гідравлічний опір; недоліки: неповнота очищення й нейтралізації ВГ*);
 - б) виконують додаткову функцію очищення (*переваги: додаткове очищення й нейтралізація ВГ; недоліки: складність конструкції, більша металоємність, збільшений гідравлічний опір, залежність між показниками очищення окремих речовин та між стадіями очищення*); в свою чергу, за цією функцією поділяючись на такі, що:
 - фільтрують рідкі домішки (олива тощо);
 - окислюють оксид вуглецю й вуглеводні;
 - відновлюють оксиди азоту.
6. За можливістю відновлення працездатності:
- а) за можливістю очищення або заміни фільтруючого елемента (*переваги: можливість продовження терміну служби, можливість контролю стану пристрою; недоліки: складність конструкції, велика металоємність, велика трудомісткість при очищенні, зміна параметрів очищення з часом*);
 - б) з самоочищенням (*переваги: великий термін служби, відносна сталість параметрів очищення в часі; недоліки: складність конструкції, велика металоємність, збільшення об'єму ВГ*), що за способом самоочищення поділяються на:
 - допалювання часток за допомогою електропровідного нагрівального елемента;
 - допалювання з введенням додаткового палива;
 - допалювання з введенням спеціальної хімічної сполуки;
 - відновлення введенням додаткового повітря.
 - в) без можливості відновлення працездатності (*переваги: простота конструкції, мала металоємність; недоліки: малий термін служби, зміна параметрів очищення з часом*).

З аналізу пристроїв для очищення ВГ ДВЗ від сажі видно, що найкращі показники роботи мають комбіновані пристрої. Варто також підкреслити, що у «чистому» вигляді пристрої для очищення майже не існують, оскільки їх малофункціональність та відносно мала продуктивність не дають можливості досягти потрібних показників очищення. Кожний модуль такого фільтра надає йому своїх переваг та недоліків. З рисунку 6, на якому представлена структура розробленої класифікації, видно, що можливих поєднань таких модулів можна провести безліч. Тому при розробці нового пристрою для очищення ВГ ДВЗ від сажі потрібно шляхом поєднання декількох модулів, зважаючи на їх переваги та недоліки, а також можливу сумісну роботу, створити таку систему, за якої загальні показники пристрою будуть оптимальними. В даному випадку мається на увазі, що показники очищення мають бути максимально наближені до повного виключення забруднювачів при відносній простоті конструкції.

Висновки. Надзвичайно актуальним на сьогоднішній день є питання підвищення екологічної безпеки автомобіля. Для цього необхідно розробити більш ефективну систему очищення ВГ двигуна від частинок сажі.

Проведений аналіз показує, що найефективнішими пристроями для очищення ВГ є комбіновані системи з самоочищенням, а запропонована класифікація дозволяє визначити сумісність модулів таких пристроїв для створення оптимальної системи зниження токсичності ВГ.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бразовский В.В.* Исследование процессов многоступенчатой очистки // ЭФТЖ. – 2008. – Т. 3. – С. 26–34.
2. Классификация обеспыливающих устройств и характеристика их действия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://promventil.ru/klassifikaciya-obespylivayushhix-ustrojstv-i-xarakteristika-ix-dejstviya.html>
3. Строительное производство: основные термины и определения : уч. пособие / *Г.М. Бадьин, В.В. Верстов, В.Д. Лихачев, А.Ф. Юдина.* – СПб. : Изд-во АСВ; СПбГАСУ, 2006. – 276 с.
4. Сухое и мокрое пылеулавливание [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.woodtechnology.ru/oxrana-truda/proizvodstvennaya-sanitariya/suxoe-i-mokroe-pyleulavlivanie.html>
5. Сажевый фильтр с каталитическим покрытием. Устройство и принцип действия: пособие по программе самообразования. – М. : ООО «ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус», 2005. – 36 с. : ил.
6. Пат. 2023175 Российская Федерация, МПК F01N3/02, B01D45/14. Устройство для очистки отработавших газов двигателя внутреннего сгорания / *В.Д. Карминский, В.А. Соломин, Е.С. Филь, С.Ю. Калинин* ; заявитель Ростовский институт инженеров железнодорожного транспорта; патентообладатель *В.Д. Карминский, В.А. Соломин, Е.С. Филь, С.Ю. Калинин*. – № 4928455/06 ; заявл. 18.04.1991 ; опубл. 15.11.1994. – 4 с.
7. А. с. 1460368 СССР, МКИ4 F 01 J 3/08. Способ нейтрализации отработавших газов двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / *Г.Ф. Романовский, Ю.А. Шаповалов* (СССР). – № 4270109/25-06 ; заявл. 31.03.87 ; опубл. 23.02.89, Бюл. № 7. – 3 с. : ил.
8. А. с. 1404664 СССР, МКИ4 F 01 N 3/08. Способ очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания / *В.Д. Дудышев, В.И. Деженин* (СССР). – № 3926866/25-06 ; заявл. 02.07.85 ; опубл. 23.06.88, Бюл. № 23 – 2 с. : ил.
9. Пат. 2267618 Российская Федерация: МПК F01N3/033. Способ очистки отработавших газов двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / *Ю.А. Мазалов* (RU), *А.В. Меренов* (RU), *В.А. Кобец* (BY), *А.А. Илюкович* (BY) ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «НОВОТОРГ» (RU). – № 2004113388/06 ; заявл. 30.04.2004 ; опубл. 10.01.2006. – 12 с. : ил.

БАЛЮК Владислав Юрійович – аспірант кафедри автомобілів та механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- програмно-апаратні комплекси для вимірювань;
- системи автоматизованого проектування;
- підвищення показників екологічної безпеки автомобіля.

ІЛЬЧЕНКО Андрій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- екологічна безпека автомобіля;
- використання альтернативних видів енергії на транспорті.

Подано 08.11.2010

Балюк В.Ю., Ильченко А.В. Класифікація пристроїв для очищення відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння від частинок сажі.

Балюк В.Ю., Ильченко А.В. Классификация устройств для очистки отработавших газов двигателя внутреннего сгорания от частиц сажи.

Baliuk V.Yu., Ilchenko A.V. The classification of devices for cleaning exhaust gases of internal combustion engine of the soot particles.

УДК 621.43.068.4

Классификация устройств для очистки отработавших газов двигателя внутреннего сгорания от частиц сажи / В.Ю. Балюк, А.В. Ильченко

Проанализированы существующие изобретения и патенты по очистке отработавших газов двигателя внутреннего сгорания от частиц сажи, предложена их классификация.

УДК 621.43.068.4

The classification of devices for cleaning exhaust gases of internal combustion engine of the soot particles / V.Yu. Baliuk, A.V. Ilchenko

The existing inventions and patents for cleaning exhaust gases of internal combustion engine from particles of soot are analyzed, their classification is proposed.



Рис. 6. Класифікація пристроїв для очищення ВГ ДВЗ від частинок сажі