

ШЛЯХИ РЕГЕНЕРАЦІЇ МОДУЛЬНОГО ФТЧ ДИЗЕЛЯ З НАСИПКОЮ З ПРИРОДНОГО ЦЕОЛІТУ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

О.М. Кондратенко, С.О. Вамболь

Національний університет цивільного захисту України
вул. Чернишевська, 94, 61023, м. Харків, Україна. E-mail: sergvambol@gmail.com

О.П. Строков, В.П. Мараховський

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
вул. Пожарського 2/10, 61046, м. Харків, Україна. E-mail: kharkivjanyn@i.ua

У роботі на основі аналізу інформації зі спеціалізованих науково-технічних літературних джерел наведено результати вибору можливих способів та засобів реалізації (систем та пристроїв) регенерації розробленого у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України фільтра твердих частинок (ФТЧ) дизеля з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах. Регенерація – це періодичний процес відновлення функціональних якостей ФТЧ шляхом очищення їх фільтруючого елементу (ФЕ) від накопичених у процесі його роботи твердих частинок (ТЧ). За результатами аналізу запропоновані можливі варіанти реалізації процесів регенерації I і II роду для розробленого ФТЧ. Оцінено значення експлуатаційних параметрів цих процесів. Виявлено аспекти техногенно-екологічної та пожежної і вибухової безпеки застосування ФТЧ ПМаш.

Ключові слова: екологічна безпека, поллютанти, фільтр твердих частинок, енергетичні установки, двигуни внутрішнього згоряння, норми токсичності, відпрацьовані гази.

ПУТИ РЕГЕНЕРАЦИИ МОДУЛЬНОГО ФТЧ ДИЗЕЛЯ С НАСЫПКОЙ ИЗ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТА

А.Н. Кондратенко, С.А. Вамболь

Национальный университет гражданской защиты Украины
ул. Чернышевская, 94, 61023, г. Харьков, Украина. E-mail: sergvambol@gmail.com

А.П. Строков, В.П. Мараховский

Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины
ул. Пожарского 2/10, 61046, г. Харьков, Украина, E-mail: kharkivjanyn@i.ua

В работе проведены на основе анализа информации из специализированных научно-технических литературных источников проведены результаты выбора возможных способов и средств их реализации (систем и устройств) регенерации разработанного в отделе поршневых энергоустановок Института проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины фильтра твердых частиц (ФТЧ) дизеля с насыпкой из природного цеолита в сетчатых кассетах. Регенерація – это периодический процесс восстановления функциональных свойств ФТЧ путем очистки их фильтрующего элемента (ФЭ) от накопленных в процессе его работы твердых частиц (ТЧ). По результатам анализа предложены возможные варианты реализации процессов регенерации I и II рода для разработанного ФТЧ. Оценены значения эксплуатационных параметров этих процессов. Вывявлены аспекты техногенно-экологический, пожарной и взрывной безопасности применения ФТЧ ИПМаш.

Ключевые слова: экологическая безопасность, поллютанты, фильтр твердых частиц, энергетические установки, двигатели внутреннего сгорания, нормы токсичности, отработавшие газы.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Створення ефективного, технологічного і надійного *фільтра твердих частинок* (ФТЧ) для *відпрацьованих газів* (ВГ) дизельних *двигунів внутрішнього згоряння* (ДВЗ) є актуальною задачею, що постає перед спеціалістами у сферах двигунобудування та експлуатації *автотранспортних засобів* (АТЗ) і *спеціальної техніки* (СТ). Потреба у періодичному очищенні ФЕ від накопичених ТЧ – *регенерації* (процесу відновлення функціональних якостей ФТЧ) – принципово неперекорна і є невід'ємною частиною життєвого циклу ФТЧ будь-якої конструкції [1, 2]. Через особливу небезпеку деяких компонентів *твердих частинок* (ТЧ) пильної уваги заслуговує не лише процес очищення потоку ВГ від ТЧ, а й процеси очищення *фільтруючого елементу* (ФЕ) ФТЧ від накопичених у ньому ТЧ і знешкодження самих ТЧ. Це зумовлює безсумнівний

науково-практичний інтерес таких досліджень, особливо для ФТЧ нових конструкцій.

У відділі поршневих енергоустановок (ПЕУ) Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України (ІПМаш НАНУ) розроблено ФТЧ з ФЕ, що складається з однакових модулів, кожен з яких містить два типи деталей (кожух – 2 шт., сітчаста касета з насипкою з природного цеоліту (ПЦ) – 4 шт.), що виготовлені з недорогих і недефіцитних матеріалів вітчизняного виробництва (сталевий листовий нержавіючий прокат, сталеві нержавіюча тканина сітка та насипний середньофракційний ПЦ) та не містить каталітичних покриттів [3]. Конструкцію ФТЧ можна віднести до нетрадиційних [1, 2].

Метою дослідження є виявлення можливих способів регенерації I і II роду для ФТЧ ПМаш, а

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

також засобів їх реалізації. Об'єктом дослідження є способи і засоби регенерації I і II роду для ФТЧ ПМаш. Задачами дослідження є наступні.

1) Вибір способів і засобів процесу регенерації I і II роду для ФТЧ ПМаш з врахуванням його особливостей конструкції та моделі експлуатації.

2) Виявлення аспектів екологічної та пожежної безпеки застосування ФТЧ ПМаш.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Регенерація фтч дизеля з насипкою з ПЦ у сітчастих касетах. У дослідженні [1] показано, що процес регенерації слід класифікувати в першу чергу за ознакою того, від якої фракції ТЧ в цьому процесі відбувається очищення ФЕ – окислюваних чи неокислюваних. Відповідно до цього можна виділити регенерацію I і II роду.

З описаних у [2] і [3] найближчих аналогів ФТЧ ПМаш, *бортовою системою регенерації* (БСР) оснащений тільки один – це ФТЧ фірми Ecopix, призначений для модернізації дизелів АТЗ, що знаходяться в експлуатації [4]. Це система термодаталітичної регенерації, що містить *електронний блок керування* (ЕБК), *камеру згоряння* (КЗ) в корпусі ФТЧ і систему подачі палива у неї. Регенерація I роду ФТЧ фірми DCL (другого аналога ФТЧ ПМаш) [5], що має аналогічне першому призначення, також здійснюється термодаталітичним способом, але поза бортом АТЗ на спеціальному стенді, на час якої на АТЗ встановлюється новий ФЕ. ФТЧ системи очищення рециркульованих ВГ фірми Engelhart (третьої аналог ФТЧ ПМаш) регенерується термічним способом (оскільки не має каталітичного покриття) також поза бортом АТЗ при черговому *технічному обслуговуванні* (ТО) [6].

ФТЧ ПМаш має конструкцію, що дозволяє здійснити регенерацію I роду будь-яким із способів, описаних у дослідженні [1] за винятком каталітичних, оскільки не має каталітичного покриття, а каталітичними властивостями насипки з ПЦ, що міститься в його конструкції, можна знехтувати.

Регенерація II роду для нього може бути здійснена зміною насипки з ПЦ, а також промиванням сітчастих касет і порожнин модулів струменем води під високим тиском, або ж повною заміною сітчастих касет, заповнених насипкою з ПЦ (завдяки їх високій технологічності і малій собівартості, а також розбірних конструкції ФЕ [2, 3]). Отримана суспензія ТЧ у воді має бути відфільтрована, отриманий фільтрат має бути випарований (осушений), отриманий сухий концентрат ТЧ має бути спалений у сталому режимі (наприклад, у топці міні-котельні чи заводу зі спалювання твердих побутових відходів).

Регенерація I роду для розробленого ФТЧ може бути побудована на використанні вже наявної матеріальної бази модернізованого АТЗ (система подачі палива з ЕБК) та/або включення ФТЧ у повний комплекс очищення ВГ дизеля і постановкою безпосередньо перед ним каталітичного окислювача *продуктів неповного згоряння палива і моторного масла* (ПНЗП) (з метою ініціалізації дифузного горіння збагачених паливом ВГ) або оксидів азоту (з метою окислення ТЧ в ньому за допомогою діоксиду азоту). У разі використання ФТЧ ПМаш для зниження

викиду ТЧ з ВГ модернізованого дизеля, що знаходиться в експлуатації, без зменшення викидів інших нормованих політантів ВГ, тобто без розробки і установки на АТЗ каталітичного доокислювача ПНСТ і *каталітичного поглинача оксидів азоту* (КПНО_x), регенерація I роду для нього може здійснюватися одним з таких способів [2]:

– повністю на борту АТЗ – при розробці або виборі з наявних у виробництві елементів системи термічної регенерації, розробці її схеми та встановленні її на АТЗ з дизелем конкретної моделі;

– повністю поза бортом АТЗ – при розробці або виборі з наявних у виробництві пристроїв для автоматичної термічної регенерації в умовах централізованої експлуатації та обслуговування АТЗ;

– з частковим розміщенням елементів системи термічної регенерації на борту АТЗ – при розміщенні виконавчих пристроїв системи регенерації на борту АТЗ в складі корпусу ФТЧ повністю або частково і розміщенні джерел енергії, необхідної для здійснення процесу, поза бортом АТЗ на території підприємства, яке здійснює його експлуатацію та ТО або за місцем його зберігання.

Перший спосіб дозволяє створити повністю автономну систему зниження викиду ТЧ з ВГ дизеля, однак вимагає значного подорожчання, ускладнення системи, а також збільшення її масогабаритних показників. Для другого способу переваги і недоліки першого взаємно протилежні. Третій спосіб – комбінований і дозволяє, за певних умов, обійтися мінімально можливими подорожчанням та ускладненням конструкції системи очищення ВГ від ТЧ при мінімальному ж зниженні автономності та універсальності АТЗ як такого. Найважливішими з цих умов є використання універсальних і загальнодоступних джерел енергії – електрична і/або моторне паливо.

З принципів роботи відомих на сьогоднішній день систем термічної регенерації ФТЧ [1], що знаходяться в експлуатації, в якості придатних для реалізації даного способу регенерації I роду можна виділити наступні [2].

1. Підвищення температури ВГ на вході в ФТЧ за рахунок впорскування палива в них та ініціалізації його дифузного окислення залишковим киснем у ВГ за допомогою електрогідравлічних форсунок універсальної конструкції (див. рис. 1), керованих ЕБК і встановлених в КЗ корпусу ФТЧ. При цьому резервуар з паливом, паливні фільтри і паливний насос, сам ЕБК і його контрольно-вимірювальні прилади можуть знаходитися поза бортом АТЗ і, будучи зібраними у єдиний агрегат, використовуватися для обслуговування декількох АТЗ за місцем розміщення експлуатуючої організації або на *автозаправній станції* (АЗС). На борту АТЗ в складі корпусу ФТЧ при цьому повинна розміщуватися КЗ, паливна форсунка та ініціатор горіння: свічка розжарювання, каталітична сітка, каталітичний доокислювач ПНЗП або свічка запалювання. Сама ж паливна форсунка також може знаходитися поза бортом АТЗ, при цьому на борту АТЗ потрібна лише наявність КЗ з місцями установки універсальної форсунки та ініціатора окислення, заглушеними спеціальними пробками під час експлуатації.

Роботка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

2. Підвищення температури і реакційної (окислювальної) здатності ВГ на вході у ФТЧ за рахунок генерування низькотемпературної плазми з ВГ спеціальним пристроєм – *плазмотроном*. При цьому можливе використання малогабаритних енергоефективних плазмотронів, які вимагають для своєї роботи підведення газу-плазмоносія та електроенергії.

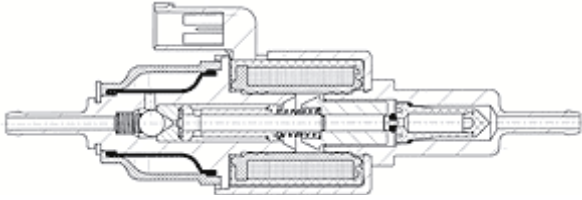
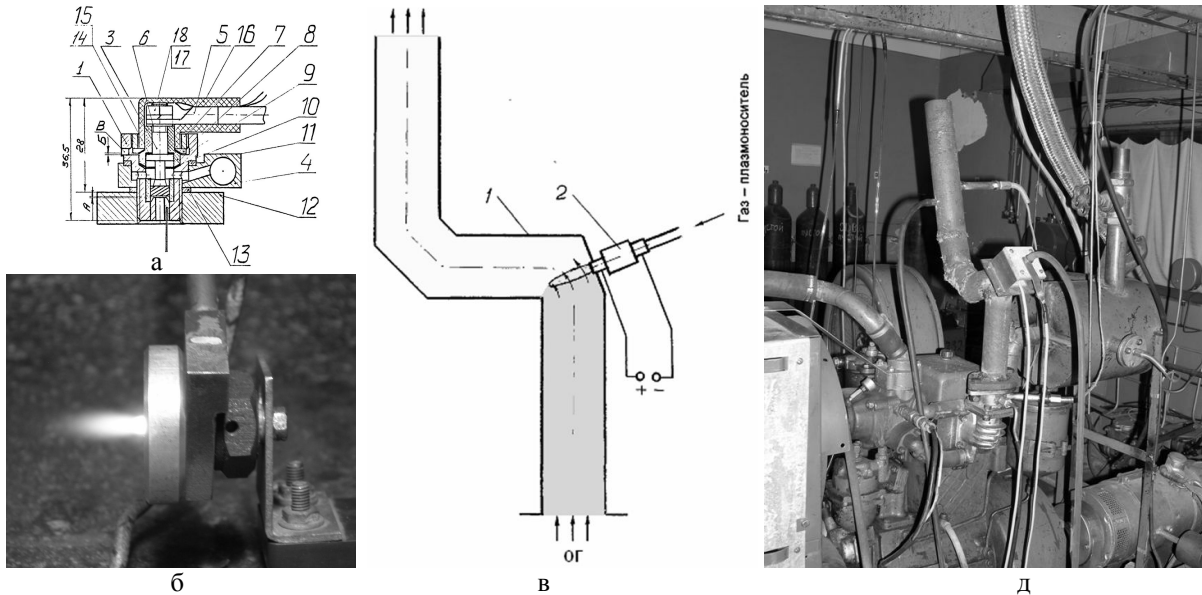


Рисунок 1 – Паливна форсунка системи регенерації ФТЧ фірми Bosch [2]

Аналіз способів і пристроїв для плазмової нейтралізації ВГ ДВЗ в роботах [7] і [8] свідчить, що бі-

льшість технічних рішень базується на обробці усього потоку ВГ низькотемпературної плазмою; також іноді використовується добавка іонізованого вторинного повітря і обробка потоку ВГ плазменно-паливними струменями. В якості газу-плазмоносія, згідно з даними дослідження [8], раціонально використовувати самі ВГ. Конструкція, зовнішній вигляд і спосіб установки такого плазмотрона представлені на рис. 2.

- До недоліків способу слід віднести наступні:
 - відносно велике енергоспоживання плазмотрона за його високої продуктивності;
 - необхідність у використанні системи подачі газу-плазмоносія;
 - використання у якості газу-плазмоносія повітря чи кисню призводить до різкого збільшення емісії дизелем оксидів азоту.



а – ескіз плазмотрона; б – зовнішній вид працюючого плазмотрона; в – схема установки плазмотрона у випускній системі моторному стенді; д – зовнішній вид моторного стенду з встановленим плазмотроном
Рисунок 2 – Плазмотрон та місце його установки на моторному стенді відділу ПЕУ ІПМаш НАНУ [7]

Дослідження [7] також показало, що:

- плазмова нейтралізація дозволяє знизити вміст у ВГ ПНЗП на 70 %, ТЧ – на 25 %;
- спільне використання низькотемпературної плазми з каталізаторами при нейтралізації ВГ є перспективним технічним рішенням, яке дозволяє істотно підвищити ефективність методу. Так, процес нейтралізації ВГ значно поліпшується, якщо каталітично активна речовина введена в структуру електрода плазмотрону;
- для транспортних двигунів доцільно об'єднати плазмовий нейтралізатор ВГ з глушником шуму системи випуску ВГ.

При використанні плазмотрона, представленого на рис. 2, тільки для регенерації ФТЧ, його ефективності окислення ТЧ при споживаній ним потужності 5 кВт, за попередньою оцінкою, достатньо, щоб завершити процес регенерації ФТЧ ІПМаш, що накопичив до 60 г ТЧ, за 30 хв.

При цьому, як і у випадку використання паливних форсунок і КЗ, для регенерації ФТЧ, на борту АТЗ може перебувати сам плазмотрон і штуцер відбору газу-плазмоносія, а джерело електроенергії і блок живлення плазмотрона може знаходитися поза бортом АТЗ у складі єдиного універсального агрегату, придатного для обслуговування декількох АТЗ. Можливий також перенесення самого плазмотрона з борту АТЗ в агрегат і постановка на його місце установки спеціальних пробок. Для АТЗ, що зберігаються і обслуговуються власниками самостійно, можлива установка плазмотрона і блоку його живлення на борт АТЗ, а живлення системи регенерації здійснювати від побутової електромережі напругою 220 В.

3. Підвищення температури ВГ до порогу самовільного займання ТЧ у ФЕ шляхом нагрівання потоку ВГ вбудованими електронагріваючих елементами на вході в корпус ФТЧ, або ж підведенням електричної напруги до самого ФЕ (виготовленому із сталі-

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

вого прокату і сталевий тканій сітки [2]).

При цьому, як і в попередньому випадку, як самі нагрівальні елементи, так і блок живлення системи регенерації можуть встановлюватися як на борту АТЗ, так і поза ним. Джерело електроенергії – побутова електромережа напругою 220 В. При установці нагрівальних елементів поза АТЗ доцільно нагрівати ними не ВГ, а повітря з *навколишнього середовища* (НС), подаючи його в спеціальний штуцер корпусу ФТЧ. Сам пристрій подачі нагрітого до 650 °С повітря може бути аналогом промислового фена, і споживати при цьому до 4 кВт·год електроенергії.

4. Вплив на потік ВГ і ТЧ в ньому НВЧ-випромінювача з метою підвищення температури ВГ до порогу самозаймання ТЧ, або для деструкції і знешкодження ПНЗП (в основному вуглеводнів), що входять до складу ТЧ (адсорбовані на сажових ядрах) і являють собою основну частину окислених фракцій ТЧ [9]. Варіанти розміщення самого НВЧ-випромінювача і його джерела енергії такі самі, що і для попередніх пунктів.

Ескіз розробленого ФТЧ, який реалізує описані способи регенерації I роду, представлений на рис. 3.

Сам процес, реалізований будь-яким з вищеписаних способів, може проводитися при роботі дизеля на режимі холостого ходу з максимальною частотою обертання колінчастого валу, як і на режимі з максимальними масовими витратами і температурою ВГ при нульовій ефективній потужності дизеля [2].

Тривалість процесу, за попередніми оцінками, не повинна перевищувати 30 хв. [2].

У будь-якому з вищеписаних варіантів реалізації системи регенерації, демонтаж ФТЧ з випускної системи дизеля і ФЕ з самого ФТЧ не потрібно [2].

Періодичність необхідності здійснення регенерації I роду для розробленого ФТЧ визначається тими ж вимогами, що і для ФТЧ будь-якого іншого типу – рівнями створюваних заповненням ФТЧ *гідравлічного опору* (ГО) і перепаду температур ВГ у випускній системі дизеля. Ця величина також визначається питомою сажомісткістю ФТЧ (у грамах ТЧ на 1 дм³ об'єму ФЕ), яка змінюється в ході експлуатації під впливом причин, що викликають необхідність проведення регенерації II роду.

Розроблений ФТЧ відрізняється модульною конструкцією [3], що дозволяє вибирати найкращий варіант співвідношення масогабаритних показників ФЕ (компонування на конкретному АТЗ), його ГО (і середньоексплуатаційними витратами палива) і вартістю – з одного боку, і його сажомісткістю, періодом роботи до регенерації I роду (міжрегенеративним періодом), середньоексплуатаційними витратами енергії на її проведення і собівартістю всієї системи очищення ВГ від ТЧ (залежить від моделі експлуатації АТЗ) – з іншого.

У дослідженні [3] і [10] проведені оцінки кількості модулів ФЕ для дизеля 2Ч10,5/12 [11] з робочим об'ємом 2,0 дм³ (не менш за 30 – 50 шт.); середньоексплуатаційного викиду ТЧ дизелем (до 1,23 г/(кВт × год)), ефективності очищення розробленим ФЕ його ВГ від ТЧ і його ГО в залежності від різних режимних і конструктивних параметрів дизеля і часу його роботи на стаціонарному режимі з максимальним

викидом ТЧ (більше за 63 %); збільшення у зв'язку з цим середньоексплуатаційного питомої ефективної витрати палива (не більше за 4,35 %).

Вимоги до рівня ГО випускної системи дизеля 2Ч10,5/12 (до 10 кПа) і періоду між ГО (до 250 мотогодин) [11] обмежують сажомісткість і тривалість міжрегенеративного періоду для розробленого ФТЧ, встановленого на *моторний випробувальний стенд* (МВС) лабораторії відділу ПЕУ ІПМаш НАНУ [10]. Питома сажомісткість ФЕ з об'ємом, рівним робочому об'єму дизеля (близько 2 дм³), імовірно, становить близько 30 г/дм³ [2, 3].

ГО діючого макету ФЕ, що містить 40 % модулів від необхідної кількості, збільшується на 1,6 кПа на 1 годину роботи дизеля на режимі максимального крутного моменту (характеризується максимальним масовим викидом ТЧ). Враховуючи ці дані, можна припустити, що міжрегенеративний період (період роботи ФТЧ між регенераціями I роду) може становити близько 12,5 годин роботи на режимі максимального крутного моменту і близько 40 годин для 13-режимного випробувального циклу [2, 3].

Аспекти екологічної безпеки використання ФТЧ ІПМаш, що має нетрадиційну конструкцію [13]. Їх зумовлено наступними чинниками.

1) Особливості якісного і кількісного складу ВГ дизелів як джерела забруднення навколишнього середовища. У них основними поллютантами є ТЧ і оксиди азоту, а до їх появи призводять антагоністичні фактори. На ТЧ у ВГ припадає до 20–45 % приведеної токсичності, оскільки вони містять канцерогенні і мутагенні ПАУ.

2) Абсолютна величина масового викиду ТЧ з ВГ дизеля, що визначається моделлю експлуатації дизеля певної конструкції і призначення та його конкретними показниками екологічності та продуктивності. Для автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 на МВС відділу ПЕУ ІПМаш НАНУ вона складає за 13-режимним випробувальним циклом 1,233 г/(кВт·год).

3) Ефективністю роботи ФТЧ, тобто частиною вилучених з потоку ВГ і знешкоджених ТЧ із загального обсягу їх масового викиду дизелем. Слід враховувати також зміну цієї робочої характеристики ФТЧ у залежності від режимних, конструктивних, регульованих та інших параметрів дизеля. Для ФТЧ ІПМаш вона складає 63 % за 13-режимним випробувальним циклом.

4) Особливостями організації та перебігу процесів регенерації ФТЧ. При цьому слід враховувати принципову різницю між процесами регенерації I і II роду. Для ФТЧ ІПМаш ці способи є предметом цього дослідження і описані вище. Регенерація I і II роду для цього ФТЧ шляхом механічного очищення сітчастих касет промивкою водою і зміни насипки з ПЦ вимагає утилізації продуктів такого процесу. Утилізація передбачає фільтрування води, осушення фільтрату і відпал його з забрудненою насипкою у печі міні-котельні. Інші способи регенерації I роду не вимагають особливих заходів із забезпечення екологічної безпеки, оскільки поллютанти у складі ТЧ окислюються до нешкідливих речовин у ході самого процесу.

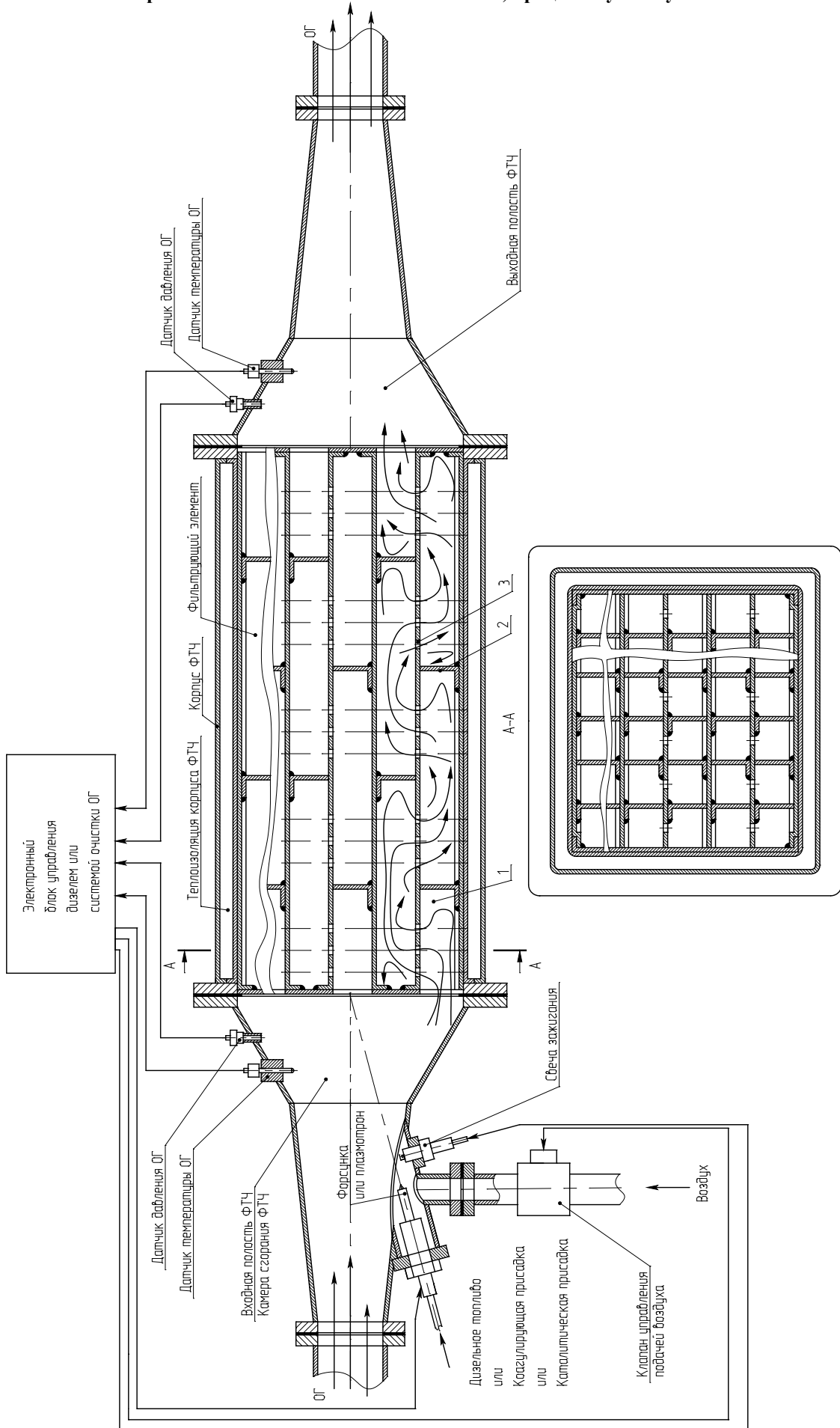


Рис. 3. ФТЧ ПМаш і його система регенерації [2]

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

Аспекти пожежо- і вибухобезпеки використання ФТЧ ПМаш. Вони полягають у наступному [2, 10].

1) ФТЧ ПМаш можливо і раціонально застосувати для АТЗ і СТ, що перебувають у експлуатації Державною службою з надзвичайних ситуацій України (ДСНСУ) і не оснащені засобами зниження токсичності їх ВГ з моменту випуску.

2) Особливо доцільне використання ФТЧ ПМаш для очищення ВГ АТЗ і СТ, що працюють в умовах обмеженого повітрообміну та місцях скупчення людей чи тварин. Це будівельні, складські, шахтні машини, маневрові тепловози, міський транспорт, судна у акваторіях портів, АТЗ у природоохоронних та рекреаційних територіях, військова техніка.

3) Різноманітність способів і методів регенерації ФТЧ ПМаш зумовлює можливість його застосування для АТЗ і СТ, до яких висувують особливі вимоги до пожежо- та вибухобезпеки. Це АТЗ і СТ, зайняті на роботах у приміщеннях, заповнених гримучими сумішами. Прикладами таких сумішей є: суміш повітря з парами *паливно-мастильних матеріалів* (ПММ); суміш повітря з горючими газами; аерозоль з повітря і пилом горючих речовин (тобто це АТЗ і СТ, що працюють у шахтах, на аеродромах, автозаправних станціях, сховищах ПММ, складах сипкої продукції – цукру, вугілля та ін.).

4) Здатність ФТЧ ПМаш, до іскрогасіння сприяє також можливості його застосування для сільськогосподарської техніки в умовах збору, первинної переробки та зберігання врожаю [12].

5) Гуртовий і централізований спосіб зберігання та технічного обслуговування вищенаведених видів АТЗ і СТ сприяє можливості застосування ФТЧ ПМаш із притаманними їм способами і засобами здійснення процесів регенерації I і II роду.

ВИСНОВКИ. За результатами аналізу спеціалізованої науково-технічної літератури обрані і описані можливі способи здійснення процесів регенерації I і II роду ФТЧ нової нетрадиційної модульної конструкції, розробленого у відділі ПЕУ ПМаш НАНУ.

Запропоновано схему БСР I роду, що здійснює очищення ФЕ розробленого ФТЧ від окислюваних фракцій ТЧ. Схема дозволяє здійснити цей процес за допомогою принципово різних наборів засобів реалізації вищеописаних способів.

Регенерація II роду, тобто очищення ФЕ від неокислюваних фракцій ТЧ, для розробленого ФТЧ здійснюється поза бортом АТЗ зміною насипки з ПЦ і промиванням сітчастих касет і кожухів з подальшим випалюванням ТЧ в насипці.

Оцінені експлуатаційні параметри процесу регенерації I роду. Міжрегенеративний період становить 12,5 год. на режимі максимального крутного моменту та близько 40 год. для 13-режимного циклу. Поріг протитиску (ГО) ФТЧ для дизеля 2Ч10,5/12 складає 10 кПа. Тривалість процесу регенерації I роду складає не більше 30 хв. Енерговитрати цього процесу складають 5 кВт.

Виявлено аспекти техногенно-екологічної та пожежної і вибухової безпеки застосування ФТЧ ПМаш у процесі експлуатації у його можливих сферах застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кондратенко А.Н. Регенерация фильтров твердых частиц дизелей / А.Н. Кондратенко, А.П. Строков, С.А. Вамболь, В.М. Семикин // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – № 1. – С. 89 – 95.

2. Кондратенко А.Н. Регенерация фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита / А.Н. Кондратенко, А.П. Строков, С.А. Вамболь, А.Н. Авраменко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – № 2. – С. 76 – 81.

3. Кондратенко О.М. Зниження викиду твердих частинок транспортних дизелів, що перебувають в експлуатації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки» / О.М. Кондратенко. – Харків, 2013. – 20 с.

4. Пат. № 7655194 В2 США, Catalyst Substrate Support / John P. Muter; DCL International Inc. – № 11/037811; заявл. 18.01.2005; опубл. 20.07.2006. – 5 с.

5. Boshart Engineering. Econix Next Generation® DPF-A [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://econixdpf.com>.

6. Пат. 6301887 В1 США, МПК F 02 В 33/34. Low pressure EGR system for diesel engines / Alexander Gorel, John Lawrence; Calabrese Engelhart Corporation (NJ, США). – № 09/580534; заявл. 26.06.2000; опубл. 16.10.2001. – 17 с.

7. Шеховцов Ю.И. Исследование термokatалитической регенерации сажевого фильтра дизелей / Ю.И. Шеховцов, Л.С. Заиграев // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – №2. – С. 57 – 59.

8. Разработка научных основ плазменных и электрофизических технологий повышения эффективности и снижения токсичности двигателей внутреннего сгорания при использовании традиционного топлива, водорода и других видов альтернативных топлив. Отчет о НИР / ИПМаш НАНУ; рук. А. Левтеров. – Харьков, 2005. – 319 с. – № ГР 0101U 003588.

9. Канило П.М. Автотранспорт. Топливо-экологические проблемы и перспективы: монография / П.М.Канило – Харьков: изд-во ХНАДУ, 2013. – 270 с.

10. Вамболь С.О. Стендові випробування автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 за стандартизованими циклами для визначення ефективності роботи ФТЧ / С.О. Вамболь, О.П. Строков, О.М. Кондратенко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2014. – № 10 (1053). – С. 11 – 18.

11. Дизели с воздушным охлаждением Владимирского тракторного завода / В.В. Эфрос [и др.]. – М.: Машиностроение, 1976 – 277 с.

12. Кондратенко А.Н. Использование ФТЧ дизелей в качестве искрогасителей выпускной системы автотранспортного средства / А.Н. Кондратенко // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (22 – 23 мая 2014 г., Гомель, Респ. Беларусь). – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2014. – С. 221 – 222.

13. Кондратенко О.М. Аналіз діючих ФТЧ нетрадиційної конструкції на відповідність сучасним нормам екологічних показників / О.М. Кондратенко, С.О. Вамболь, О.П. Строков // Наук. журнал "Екологічна безпека". – 2014. – № 1 (17). – С. 25 – 30.

WAYS OF REGENERATION OF MODULAR DPF WITH BULK NATURAL ZEOLITE AS A MEANS OF INCREASING OF ECOLOGICAL SAFETY OF EXPLOITATION OF TRANSPORT

O. Kondratenko, S. Vambol

National University of Civil Defense of Ukraine

vul. Chernyshevska, 94, Kharkiv, 61023, Ukraine. E-mail: sergvambol@gmail.com

O. Stokov, V. Marakhovsky

A.N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine

(IPMash of NAS of Ukraine)

vul. Pozharskogo, 2/10, Kharkiv, 61046, Ukraine, E-mail: kharkivjanyn@i.ua

Present paper describes a results of information from specialized scientific and technical literature and a results of selection of possible ways and implementing them equipment (devices and systems) of regeneration for diesel particulate matter filter (DPF) with natural bulk zeolite in stainless steel woven mesh cassettes, which developed in Piston Plants Department of A.N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine. Regeneration – is a periodic process of restoring the functional properties of the DPF by cleaning their filter element (FE) from the oxidisable or non-oxidisable fractions of particulate matters (PM), which accumulated during operation of diesel. According to the analysis proposed possible variants of realization of regeneration processes 1st and 2nd kind for the developed DPF. Estimated values of operational parameters of these processes. Identified aspects of man-caused environmental, fire and explosion safety of application of the DPF IPMash.

Keywords: exhaust gases, toxicity, particulate matter, diesel engine, diesel particulate filter, soot.

REFERENCES

- Kondratenko A.N. Regeneracija fil'trov tverdyh chastic dizelej / A.N. Kondratenko, A.P. Stokov, S.A. Vambol', V.M. Semikin // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2014. – № 1. – S. 89 – 95.
- Kondratenko A.N. Regeneracija fil'tra tverdyh chastic dizelja s nasypkoy iz prirodnoho ceolita / A.N. Kondratenko, A.P. Stokov, S.A. Vambol', A.N. Avramenko // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2014. – № 2. – S. 76 – 81.
- Kondratenko O.M. Znyzhennja vykydu tverdyh chastynek transportnyh dyzeliv, shho perebuvajut' v eksploatacii': avtoref. dys. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk: spec 05.05.03 «Dvyguny ta energetychni ustanovky» / O.M. Kondratenko. – Kharkiv, 2013. – 20 s.
- Pat. № 7655194 B2 SShA, Catalyst Substrate Support / John P. Muter; DCL International Inc. – № 11/037811; zajavl. 18.01.05; opubl. 20.07.06. – 6 s.
- Boshart Engineering. Econix Next Generation® DPF-A [Electronic resource]. – Mode of access: <http://econixdpf.com>.
- Pat. 6301887 B1 SShA, МПК F 02 B 33/34. Low pressure EGR system for diesel engines / Alexander Gorrel, John Lawrence; Calabrese Engelhart Corporation (NJ, США). – № 09/580534; zajavl. 26.06.2000; opubl. 16.10.2001. – 17 p.
- Shehovcov Ju.I. Issledovanie termokataliticheskoy regeneracii sazhevoho fil'tra dizelej / Ju.I. Shehovcov, L.S. Zaigraev // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2004. – №2. – S. 57 – 59.
- Razrabotka nauchnyh osnov plazmennyh i elektrofizicheskikh tehnologij povyshenija effektivnosti i snizhenija toksichnosti dvigatelej vnutrennego sgoranija pri ispol'zovanii tradicionnogo topliva, vodoroda i drugih vidov al'ternativnyh topliv. Otchet o NIR / IPMash NANU; ruk. A. Levterov. – Khar'kov, 2005. – 319 s. – № GR 0101U003588.
- Kanilo P.M. Avtotransport. Toplivno-ekologicheskie problemy i perspektivy: monografija / P.M. Kanilo –Har'kov: izd-vo HNADU, 2013.– 270 s.
- Vambol' S.O. Stendovi vyprobuvannja avtotraktorного dyzelja 2Ch10,5/12 za standartyzovanymy cyklamy dlja vyznachennja efektyvnosti roboty FTCh / S.O. Vambol', O.P. Stokov, O.M. Kondratenko // Visnyk Nacional'nogo tehnicnogo universytetu "HPI". Serija: Avtomobile- ta traktorobuduvannja. – 2014. – № 10 (1053). – S. 11 – 18.
- Dizeli s vozdušnym ohlazhdeniem Vladimirskogo traktorного zavoda / V.V. Jefros [i dr.]. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 277 s.
- Kondratenko A.N. Ispol'zovanie FTCh dizelej v kachestve iskrogasitelej vypusknnoj sistemy avtotransportного sredstva / A.N. Kondratenko // Chrezvyčajnye situacii: teorija, praktika, innovacii: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (22 – 23 maja 2014 g., Gomeľ, Resp. Belarus'). – Gomeľ: GGTU im. P.O. Suhogo, 2014. – S. 221 – 222.
- Kondratenko O.M. Analiz dijuchyh FTCh netradycijnoi' konstrukcii' na vidpovidnist' suchasnym normam ekologichnyh pokaznykiv / O.M. Kondratenko, S.O. Vambol', O.P. Stokov // Nauk. zhurnal "Ekologichna bezpeka". – 2014. – № 1 (17). – S. 25 – 30.