

**РЕГЕНЕРАЦІЯ ФІЛЬТРІВ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК ДИЗЕЛІВ ЯК АСПЕКТ
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. ЧАСТИНА 1****О. М. Кондратенко, С. О. Вамболь**Національний університет цивільного захисту України
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна. E-mail: sergvambol@gmail.com**О. П. Строков**Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
вул. Пожарського 2/10, м. Харків, 61046, Україна. E-mail: kharkivjanyn@i.ua

На основі аналізу інформації зі спеціалізованих науково-технічних літературних джерел, авторських свідоцтв і патентів більш детально розкрито зміст і сутність раніше запропонованої авторами класифікації способів і засобів реалізації процесів регенерації фільтрів твердих частинок дизелів. Наведено та проілюстровано конкретні приклади систем і пристроїв, що належать до окремих пунктів цієї класифікації. У дослідженні подано дані щодо особливостей алгоритмів функціонування таких систем на прикладі автотранспортних засобів, що знаходяться у експлуатації. Виявлено аспекти техногенно-екологічної та пожежної безпеки процесу регенерації як невід'ємного етапу життєвого циклу фільтрів твердих частинок і автотранспортних засобів, а також спеціальної техніки.

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

**РЕГЕНЕРАЦИЯ ФИЛЬТРОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ДИЗЕЛЕЙ КАК АСПЕКТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ. ЧАСТЬ 1****А. Н. Кондратенко, С. А. Вамболь**Национальный университет гражданской защиты Украины
ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, 61023, Украина. E-mail: sergvambol@gmail.com**А. П. Строков**Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины
ул. Пожарского 2/10, г. Харьков, 61046, Украина. E-mail: kharkivjanyn@i.ua

На основе анализа информации из специализированных научно-технических литературных источников, авторских свидетельств и патентов более подробно раскрыто содержание и суть ранее предложенной авторами классификации способов и средств реализации процессов регенерации фильтров твердых частиц дизелей. Приведены и проиллюстрированы конкретные примеры систем и устройств, относящихся к конкретным пунктам этой классификации. В исследовании представлены данные по вопросам особенностей алгоритмов функционирования таких систем на примерах автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации. Выявлены аспекты техногенно-экологической и пожарной безопасности процесса регенерации как неотъемлемого этапа жизненного цикла фильтров твердых частиц и автотранспортных средств, а также специальной техники.

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 згорання (ДВЗ) є актуальною задачею, що постає перед спеціалістами у сферах двигунобудування і експлуатації автотранспортних засобів (АТЗ) і спеціальної техніки, що використовується Державною службою з надзвичайних ситуацій України (ДСНСУ). Через особливу небезпеку деяких компонентів твердих частинок (ТЧ), а саме поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), адсорбованих на сажових ядрах ТЧ, вдосконалення екологічних показників дизелів не слід обмежувати лише процесом очищення їх ВГ від ТЧ. Вочевидь, пильної уваги заслуговують процеси очищення фільтруючого елементу (ФЕ) ФТЧ від накопичених у ньому ТЧ і знешкодження самих ТЧ. Потреба у періодичному очищенні ФЕ від накопичених ТЧ – регенерації (процесу відновлення функціональних якостей ФТЧ) – принципово непереможна і є невід'ємним етапом життєвого циклу ФТЧ будь-якої конструкції, як традиційної, так і нетрадиційної [1–3].

Аналіз літературних джерел. Достатньо повної

класифікації способів і засобів реалізації процесу регенерації ФТЧ в закордонній і вітчизняній спеціалізованій науково-технічній літературі [4–16] авторами не виявлено. Можна припустити, що така ситуація склалася через велике розмаїття АТЗ, що оснащені дизелями та відповідають нормам різних екологічних стандартів (наприклад, Правил ЄЕК ООН № 49 і 96 [17, 18]), і пов'язане з цим розмаїттям технічних рішень. Це проявляється на тлі обмеженості обміну актуальною і достовірною науково-технічною інформацією, пов'язаною з поняттями "об'єкт авторського права", "ноу-хау" і "комерційна таємниця". При цьому велика частина технічних рішень, представлених в патентах і авторських свідоцтвах за тематикою ФТЧ [19–35], носять декларативний характер і з різних причин важко реалізуються на практиці, а то і заздалегідь не можуть бути реалізованими. У зв'язку з вищенаведеним, дослідження фізико-хімічних явищ, що складають сутність та супроводжують процес регенерації, є актуальним та становить науково-практичний інтерес.

При цьому, виявлення, узагальнення і класифікація інформації, отриманої при аналізі спеціалізова-

них літературних джерел за тематикою регенерації ФТЧ, є невід'ємною частиною та створює передумови і базу для дослідження фізико-хімічних явищ, що становлять суть й супроводжують процес регенерації. Дослідження та моделювання цих процесів є невід'ємною частиною науково-дослідних робіт (НДР) зі створення, доведення і впровадження у виробництво та експлуатації нових, а також модернізації та вдосконалення відомих систем і пристроїв з очищення ВГ дизелів від нормованих шкідливих речовин (ШР) чи поллютантів.

Запропоновану авторами класифікацію принципово описано у роботі [3]. При її розробці проаналізовано 54 науково-технічні джерела інформації, серед яких: 14 підручників і монографій, 11 статей, два нормативно-правових акти, 19 патентів і авторських свідоцтв, контент восьми офіційних сайтів компаній-виробників очищення ВГ та/чи систем регенерації ФТЧ. Ці джерела інформації містять фундаментальний доробок вітчизняних та іноземних спеціалістів з питань екологізації ДВЗ.

Метою роботи є уточнення та деталізація виявлених, узагальнених і класифікованих даних зі спеціалізованих літературних джерел з питань способів і засобів регенерації ФТЧ та аспектів техногенно-екологічної і пожежної безпеки цих процесів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Об'єктом дослідження є способи та засоби реалізації процесу регенерації ФТЧ. Задачами дослідження є наступні:

- 1) деталізація побудованої класифікації засобів і методів реалізації процесу регенерації ФТЧ;
- 2) виявлення аспектів техногенно-екологічної і пожежної безпеки цих процесів.

У даній частині досліджено та частково відображено вирішення першої задачі.

Регенерація ФТЧ дизелів. Процес регенерації ФТЧ є складною інженерною задачею і може відбуватись різними шляхами і за різних умов, тому розробники вибирають стратегію регенерації при заданих умовах експлуатації дизеля і ФТЧ, при цьому враховуються розподіл режимів роботи дизеля, умови нестационарного теплопереносу у ФЕ, хімізм і кінетику процесу вигорання сажі (С), тобто аморфного пористого вуглецю [3–11].

Також відомо, що ТЧ містять окислювані і неокислювані фракції. До окислювальних відносять усі фракції ТЧ, які можуть бути окислені залишковим киснем у ВГ при температурі не вище 1000 °С, – це продукти неповного згорання палива (ПНЗП) і моторної оливи: незгорілі вуглеводні C_nH_m і частинки сажі С. До неокислюваних – всі інші: мінеральний абразивний пил з повітря свіжого заряду, продукти зносу деталей ДВЗ, сполуки сірки з палива, зола від згорання присадок палива та моторної оливи. Неокислюваних фракцій за масою у ТЧ істотно менше, ніж окислюваних, проте їх неможливо видалити з ФЕ будь-яким способом, на основі яких може бути побудоване функціонування бортової системи регенерації (БСР) ФТЧ АТЗ, у тому числі й термічним чи термokatалітичним [1–16]. У зв'язку з цим слід розрізняти регенерацію

ФТЧ першого і другого роду.

Класифікація способів і засобів регенерації ФТЧ. Залежно від типу фракції ТЧ, від яких має очищуватись ФЕ, можна виділити наступні види процесу регенерації [3]:

1. Регенерація ФТЧ *першого роду* – періодичний процес очищення ФТЧ від накопичених упродовж експлуатації окислюваних фракцій ТЧ, що є невід'ємною частиною життєвого циклу ФТЧ.

2. Регенерація ФТЧ *другого роду* – процес очищення ФТЧ від накопичених упродовж експлуатації неокислюваних фракцій та продуктів коксування окислюваних фракцій ТЧ. Процес вирізняється значно більшим міжрегенеративним періодом (або бути взагалі неперіодичним) та може не входити до життєвого циклу ФТЧ (бути факультативним).

Міжрегенеративний період роботи ФТЧ – це тривалість роботи ФТЧ від моменту, коли можна вважати, що його повністю незаповненим (пустим, очищеним від) ТЧ до моменту, коли можна умовно вважати (за значеннями характерних показників роботи ФТЧ чи ДВЗ), що у/для ФТЧ треба здійснити процес регенерації. Його тривалість може бути виражена в одиницях часу чи пробігу АТЗ, в одиницях кількості використаного палива чи виробленої енергії ДВЗ, в одиницях напрацювання (мотогодинах).

Запропонована авторами класифікація сучасних методів і засобів реалізації процесу регенерації ФТЧ дизелів побудована на основі цього принципу [3]. Її блок-схему приведено на рис. 1

Регенерація ФТЧ *першого роду* може здійснюватись одним з наступних шляхів.

1.1. *Очищення ФЕ на борту АТЗ* – для твердотільних ФТЧ при наявності БСР. Може бути здійснена термічним, термokatалітичним (окисленням ТЧ із підвищеною температурою ВГ) або механічним способом [1–3, 5, 10, 11, 13, 21].

1.2. *Зміна робочого тіла ФЕ* – для рідинних і паперових ФТЧ, а також для монолітних керамічних і некерамічних типів ФТЧ без БСР, з подальшим очищенням ФЕ (або його робочого тіла (РТ)) від ТЧ або утилізацією ФЕ разом із ТЧ на спеціалізованому підприємстві у ході виконання чергового технічного обслуговування (ТО) (в тому числі і щоденного) АТЗ і ДВЗ [19, 20]. При цьому застосовується термічний або механічний спосіб очищення ФЕ (див. регенерацію II роду) [3].

1.3. *Дублювання ФТЧ на борту АТЗ* і почергова термічна або термokatалітична регенерація рівноцінних або нерівноцінних між собою ФТЧ БСР, тобто цей спосіб є комбінуванням двох попередніх шляхів (шляхи 1.1 і 1.2 поперемінно для двох ФЕ) [1–3, 10–15, 30].

Очищення ФЕ на борту АТЗ може здійснюватись наступними способами.

1.1.1. Механічне очищення ФЕ БСР. Це досить рідкісне технічне рішення серед ФТЧ, що перебувають у експлуатації, яке наразі не знайшло застосування на практиці з об'єктивних причин.

До способів механічного очищення ФЕ від ТЧ слід віднести наступні [1–3, 36–38].

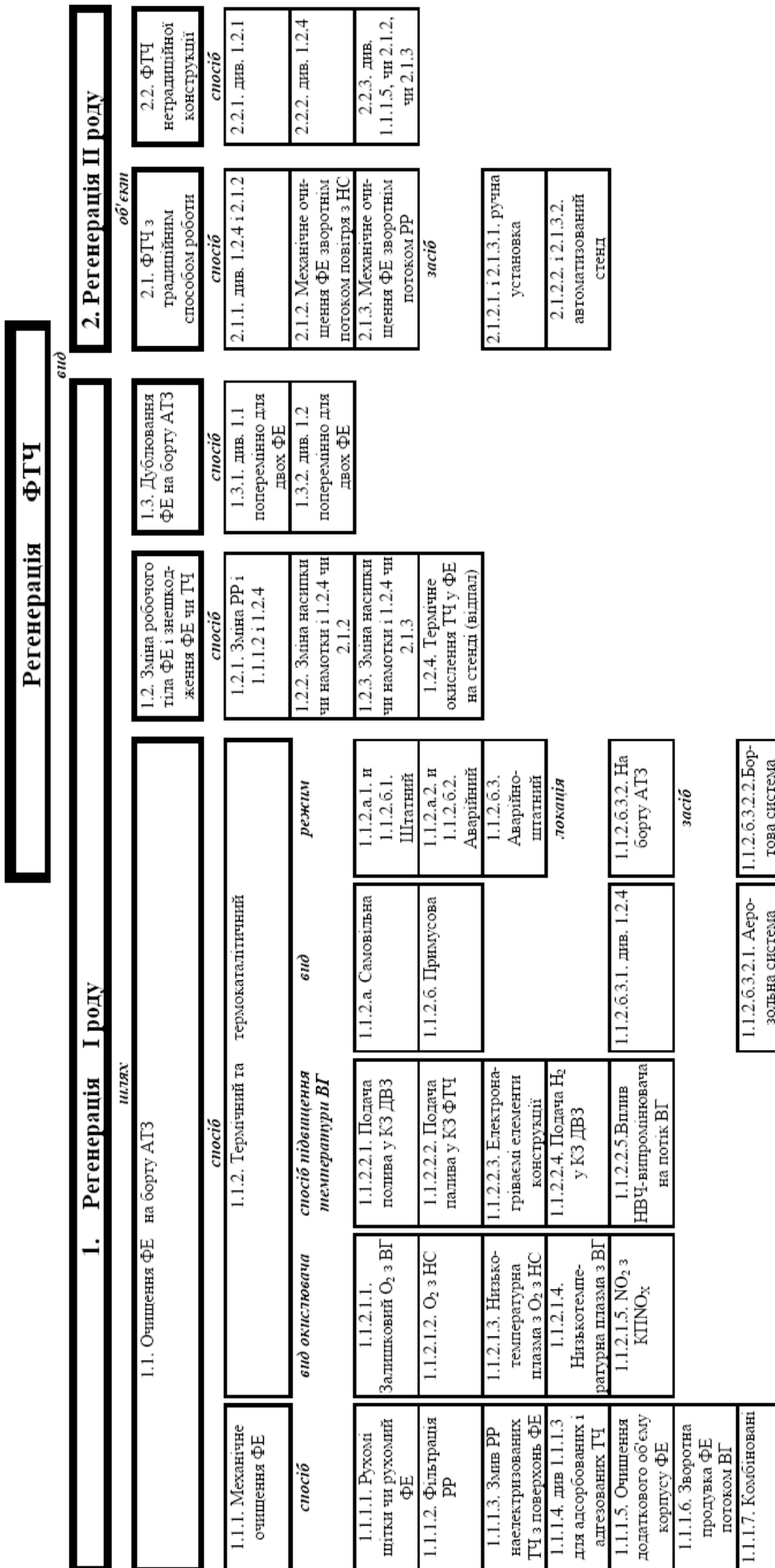


Рисунок 1 – Блок-схема класифікації способів та засобів регенерації ФТЧ

1.1.1.1. Очищення ФЕ у вигляді барабану із сітчастою поверхнею постійно обертаючимися щітками, які приводяться до руху енергією потоку ВГ за допомогою газової турбіни найпростішої конструкції [22] або ФТЧ з рухомих ФЕ, що має поздовжнє переміщення уздовж нерухомих щіток [23, 24] (рис. 2 і 3,а);

1.1.1.2. Фільтрація робочої рідини (РР) рідинного ФТЧ, працюючого за рахунок фільтрації потоку ВГ при проходженні крізь шар стаціонарної або перемішуваної РР [1–3, 10, 27, 36, 37] (рис. 3,б) або з впорскуванням туману РР в потік ВГ форсунками чи трубками Вентурі [1–3, 26, 37] (див. рис 4,а і б);

1.1.1.3. Змив РР або видалення щітками ТЧ, що осіли на поверхнях *електричного* ФЕ [26, 38] (рис. 4,а);

1.1.1.4. Змив РР або видалення щітками зі змочуваних поверхонь ФЕ адгезованих або адсорбованих на них конгломератів ТЧ, сформованих спеціальними способами і відсіювання з потоку ВГ *мультициклонними* ФТЧ (див. рис. 1,в) [28];

1.1.1.5. Накопичення ТЧ у додатковому об'ємі корпусу ФТЧ, крізь який не проходить основний потік ВГ і подальше механічне очищення цього об'єму. При цьому ТЧ коагулюють завдяки дії на потік ВГ різних фізичних чинників: введення присадок у ВГ чи паливо, звукових коливань, електромагнітного

поля, сил інерції [25] (див. рис. 3,б);

1.1.1.6. Зворотна продувка ФЕ потоком ВГ з власною газорозподільною системою у ФТЧ в поєднанні з впорскуванням туману РР [31, 32] (рис. 6,б,в) чи без нього [29] (рис. 6,а);

1.1.1.7. Комбінації з вищенаведених [25, 26, 29, 31, 32].

Очищення ФЕ на борту АТЗ термічним чи термомокаталітичним способом може здійснюватись за допомогою наступних видів окислювача:

1.1.2.1.1. Залишковим киснем у ВГ (традиційний спосіб) [1–3, 5, 10, 13, 15, 33, 35];

1.1.2.1.2. Те саме, з додатковою подачею повітря у випускний тракт дизеля [1–3, 5, 10, 13, 15, 33, 35];

1.1.2.1.3. Низькотемпературною плазмою, що генерується спеціальними пристроями (*плазмотронами*) з повітря, що спеціально подається у випускний тракт (спосіб призводить до підвищеної емісії оксидів азоту) [1–3, 34];

1.1.2.1.4. Те саме, але плазма наводиться з ВГ (спосіб відрізняється малими енерговитратами, добре поєднується з каталітичним покриттям ФЕ, дозволяє істотно знизити температуру займання сажі) [1–3, 34];

1.1.2.1.5. Діоксидом азоту NO_2 , отриманим у каталітичному доокислювачі оксидів азоту, що встановлений за потоком ВГ вище, ніж ФТЧ (так звані *постійно регенеровані ФТЧ*) [1–3, 10, 15, 35].

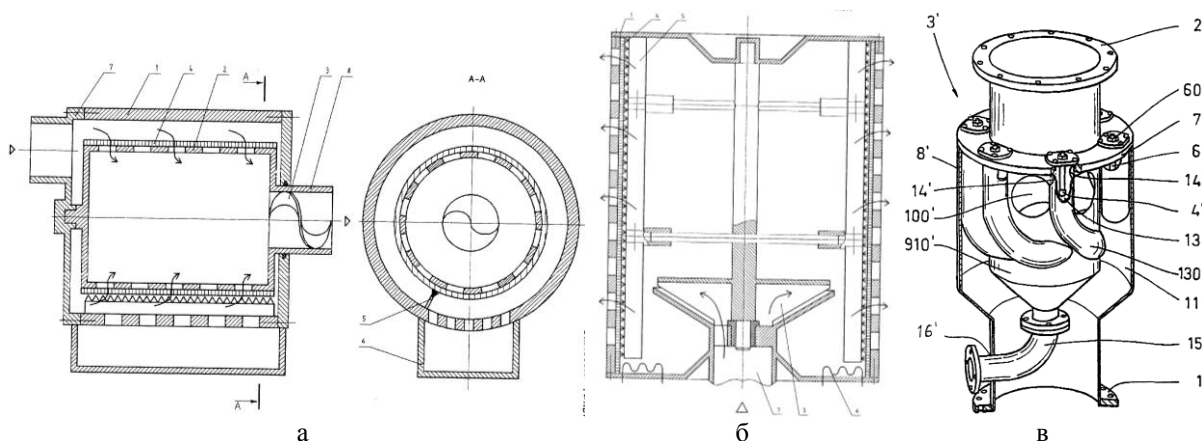


Рисунок 2 – ФТЧ з регенерацією I роду шляхом механічного очищення: сітчастого барабанного ФЕ обертовими щітками та постійним приводом від шнекової (а) та радіальної (б) турбіни [22], інерційним відсіюванням конгломератів за ТЧ у мультициклонному ФЕ (в) [28]

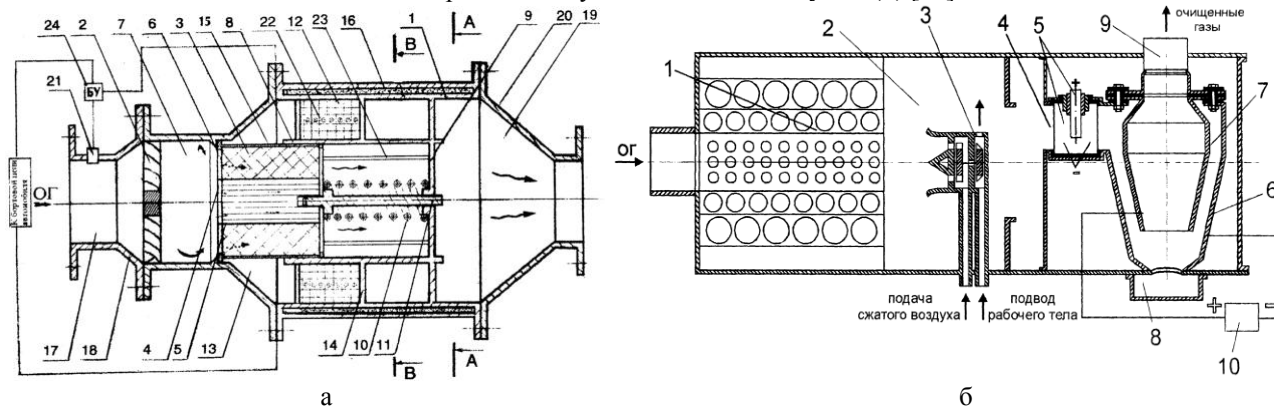


Рисунок 3 – ФТЧ з регенерацією I роду шляхом механічного очищення сітчастого барабанного ФЕ при його поступальному русі (а) [23] і ФТЧ з акустико-іонізаційно-інерційним принципом дії та регенерацією I роду механічним очищенням додаткової порожнини у корпусі (б) [25]

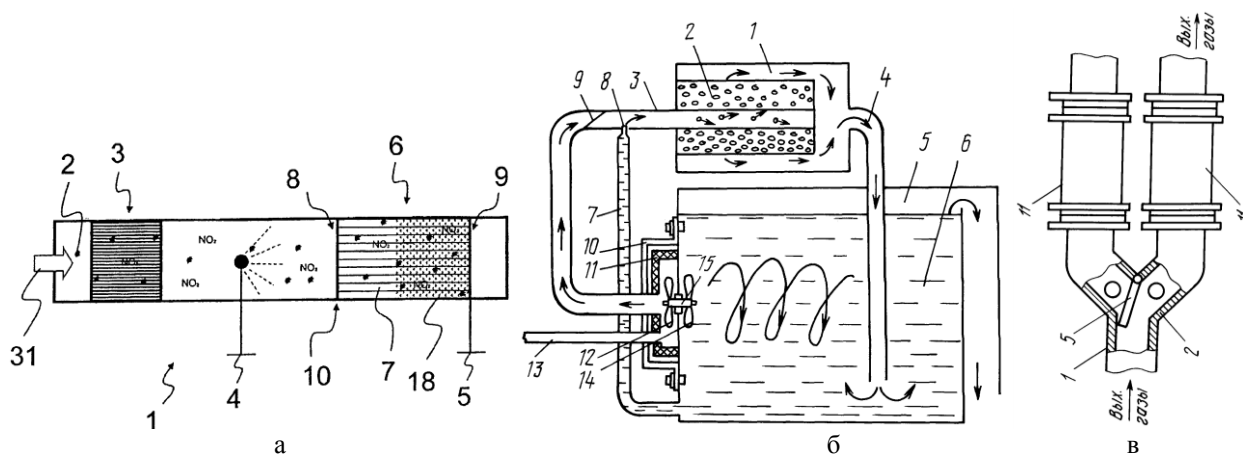


Рисунок 4 – Постійно регенований ФТЧ з окисленням конгломератів з ТЧ, сформованих у рідинному тумані, двоокисом азоту (а) [26], рідинний ФТЧ з постійним перемішуванням РР газом доцентровою турбіною (б) [27] і ФТЧ з почерговою роботою дубльованих рівноцінних ФЕ та їх почерговою термokatалітичною регенерацією I роду впливом НВЧ-випромінювача на накопичені ТЧ (в) [30]

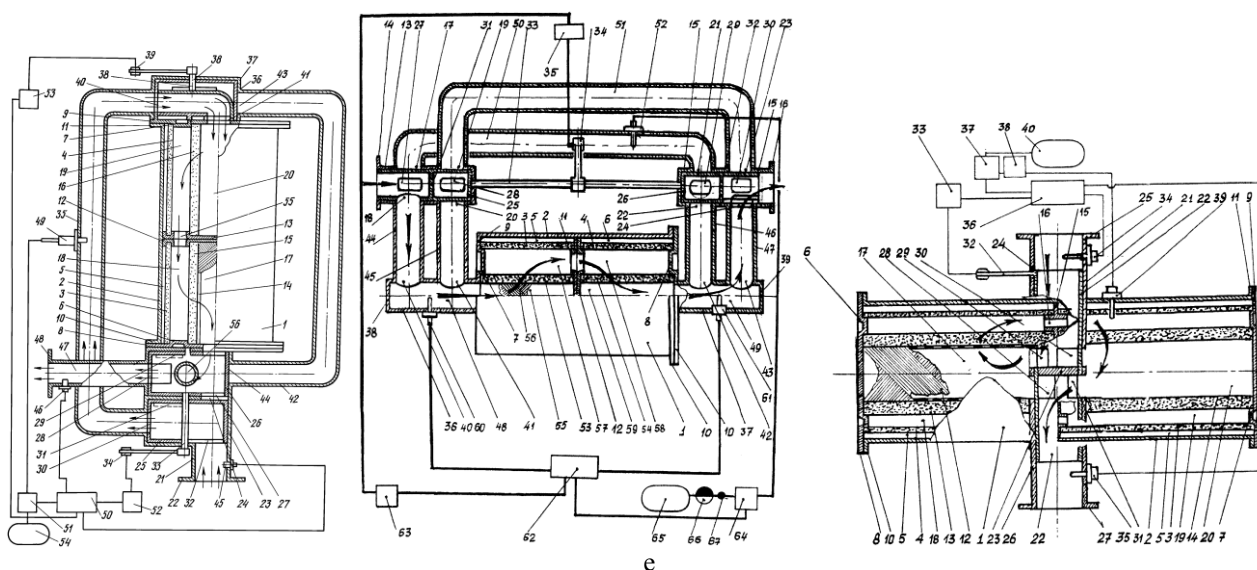


Рисунок 5 – ФТЧ з регенерацією ФЕ зворотною продуквою ВГ: без впорскування (а) та з впорскуванням туману РР (б, в); з вертикальним (а) [29], горизонтальним (б) [31] і поперековим (в) [32] розміщенням власної газорозподільної системи

ВИСНОВКИ. Таким чином, виявлено, що процеси, які складають сутність і супроводжують регенерацію ФТЧ, є не менш важливими, різноманітними та складними, ніж власне процеси очищення потоку ВГ від ТЧ. Вони чинять значний вплив на рівень екологічної безпеки експлуатації транспортних засобів.

У дослідженні більш детально розкрито зміст частини класифікації способів і засобів, розробленої авторами, що стосується загальних питань регенерації I роду. Дослідження показало, що слід розрізняти процес регенерації I і II роду – відповідно процес очищення ФЕ від окислюваних і неокислюваних фракцій ТЧ. Решта пунктів класифікації, що стосується способів і засобів здійснення термokatалітичної регенерації режимів регенерації I роду і питань регенерації II роду буде подана у другій і третій частинах дослідження, де буде описано окремі випадки способів, пристроїв і систем регенерації, що перебувають у реальній ек-

сплуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Современные методы очистки отработавших газов дизелей от твердых частиц / А.П. Строков, А.Н. Кондратенко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 2. – С. 99–104.
2. Аналіз діючих ФТЧ дизелів нетрадиційної конструкції на відповідність сучасним нормам екологічних показників / О.М. Кондратенко, С.О. Вамболь, О.П. Строков // Екологічна безпека: науковий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 1/2014 (17). – С. 25–30.
3. Регенерация фильтров твердых частиц дизелей / А.Н. Кондратенко, А.П. Строков, С.А. Вамболь, В.М. Семикин // Двигатели внутреннего сгорания. – № 1. – 2014. – С. 89–95.
4. Двигуни внутрішнього згорання: серія підручників, у 6-ти т. Т. 5. Екологізація ДВЗ / А.П. Марченко, І.В. Парсаданов, Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, А.Ф. Шеховцов; за ред. А.П. Марченко та А.Ф. Шеховцо-

ва. – Харків: Прапор, 2004. – 360 с.

5. Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд. перераб. и доп. / В.А. Марков, Р.М. Баширов, И.И. Гамбитов. – М.: Изд-во МГТУ им. М.Э. Баумана, 2002. – 376 с.

6. Парсаданов І.В. Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексного паливно-екологічного критерію: монографія. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2003. – 244 с.

7. Автомобіль та навколишнє середовище / П.М. Канило, І.С. Бей, О.І. Ровенський – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.

8. Канило П.М. Автотранспорт. Топливно-экологические проблемы и перспективы: монография. –Х.: Изд-во ХНАДУ, 2013. – 270 с.

9. Оценка и контроль выброса дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей / В.А. Звонов, Г.С. Корнилов, А.В. Козлов, Е.А. Симонова. – М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2005. – 312 с.

10. Сарры Л.О. Защита воздуха от выбросов автотранспорта. Аналитическая справка. – Рига: Латвийский информационный центр, 1991. – 16 с.

11. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Ирхаров, В.В. Багров и др. Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. – М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. – 791 с.

12. Топливная аппаратура и системы управления дизелей / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.

13. Mollenhauer K. Handbook of Diesel Engines / K. Mollenhauer, H. Tschoke. – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 634 p.

14. Heywood John B. Internal combustion engine fundamentals. – New York: Mc-Graw-Hill inc., 1988. – 485 p.

15. BOSCH. Автомобильный справочник: перевод с английского / Robert Bosch GmbH. – М.: ЗАО КЖИ "За рулем", 2002. – 896 с.

16. BOSCH. Системы управления дизельными двигателями / Пер. с нем.; первое русское издание. / Robert Bosch GmbH. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 485 с.

17. Regulation № 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. – United Nations Economic and Social Council Economics Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/TRANS/505. – 4 May 2011. –194 p.

18. Regulation № 96. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with the regard to the emissions of pollutants by the engine. Geneva, 1995. – 109 p.

19. Пат. 6581375 США, МПК⁷ F 01 N 3/02. Apparatus and method for the recovery and purification of water from the exhaust gases of internal combustion en-

gines / Jagtoyen Marit, M. Kimber Geoffrey (США); Lexington Carbon Co., LLC (США). – № 10/ /024910; заявл. 19.12.01; опубл. 24.06.03. – 12 с.

20. Пат. 7655194 В2 США, Catalyst Substrate Support / John P. Muter; DCL International Inc. – № 11/ /037811; заявл. 18.01. 2005; опубл. 20.07.2006. – 6 с.

21. Пат. 2455505 РФ, МПК F01N3/02. Система доочистки выхлопных газов / К. Альм, И. Экерстрём, Х. Бернлер, Ю. Бенгтссон; Вольво Ластвагнар АБ (SE). – № 2009135074/06; заявл. 21.02.2008; опубл. 10.07.2012; приоритет 21.02.2007. – 5 с.

22. Свидетельство на полезную модель 31263 РФ МПК⁷ F 01 N 3/021. Сажевый фильтр / В.А. Жиздюк, Ю.А. Калининченко. А.В. Карякин (РФ). – № 20011 121062/20; заявл. 26.07.01; опубл. 27.07. 2003. – 10 с.

23. Пат. 2258815 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/021. Двухступенчатый сажевый фильтр отработавших газов дизеля / А.В. Кушнарев, В.М. Подчинок, С.Ю. Князев (РФ). – № 2003114537/06; заявл. 15.05.03; опубл. 20.08.2005. – 6 с.

24. Пат. 2200851 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/021. Сажевый фильтр / А.Л. Новоселов, А.А. Мельберт, Н.А. Гулак и др. (РФ); Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова (РФ). – № 2000130455/06; заявл. 04.12.2000; опубл. 20.03.2003. – 7 с.

25. Пат. 2187000 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/01. Устройство для очистки от сажи отработавших газов и уменьшения шума дизельного двигателя / Б.А. Шароглазов, П.Р. Дулевский (РФ); Южно-Уральский гос. ун-т (РФ). – № 2001114223/06; заявл. 23.05.2003; опубл. 10.08.2002. – 5 с.

26. Пат. 2516720 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/023,01. Устройство и способ очистки содержащего частицы сажи отработавшего газа / П. Хирт, В. Маус, Р. Брюк (DE); Эмитек гезельшафт фюр эмиссионстехнологи МБХ (DE). – № 202114686/06; заявл. 01.09.2010; опубл. 20.05.2014. – 19 с.

27. Пат. РФ №2187663, Комбинированная система нейтрализации отработавших газов дизелей / Ю.С. Медведев, П.К. Агеев, И.А. Пирожков, А.Н. Кедров; Военный автомобильный институт. – № 2000121937/06; заявл. 17.08.2000; опубл. 20.08.2002. – 5 с.

28. Пат. РФ № 2270051. Способ и устройство для очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания / Г. Сундхольм; Мариофф Корпрейшн ОЙ. – № 2003103858/15; заявл. 09.07.01; опубл. 20.02.06. – 6 с.

29. Пат. 2255228 РФ, МПК F01N3/023. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с регенерацией очистки / А.Л. Новоселов, Р.А. Пугач, А.А. Мальберт (RU); ГОУВ ПО Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова. – № 200313 7359/06; заявл. 24.12.03; опубл. 27.06.05. – 7 с.

30. Пат. 2044135 РФ, МПК⁷ F01N3/01. Устройство для очистки фильтров отработавших газов двигателя внутреннего сгорания / Г.Г. Валеев, Ю.В. Карпенко, С.В. Корнеев, В.Н. Нефедов (РФ); Малое предприятие НТЦ «Альфа-1» (РФ). – № 93014024/06; заявл. 18.03.1993; опубл. 20.09.1995. – 7 с.

31. Пат. 2256804 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/023. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с регенерацией очистки /

А.Л. Новоселов, Р.А. Пугач, А.А. Мальберт (РФ); ГОУВПО Алтайский ГТУ им.Ползунова (РФ). – № 2003137361/06; заявл. 24.12.03; опубл. 20.07.05. – 4 с.

32. Пат. 2256803 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/023. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с регенерацией очистки / А.Л. Новоселов, Р.А. Пугач, А.А. Мальберт (РФ); ГОУВПО Алтайский ГТУ им. Ползунова (РФ). – № 2003137360/06; заявл. 24.12.03; опубл. 20.07.05. – 6 с.

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

34. Нейтрализация отработавших газов дизелей с помощью плазменной технологии / Ю.С. Бородин, П.Я. Перерва, А.П. Кудряш и др. // Авиакосмическая техника и технология: сбор. научн. трудов. – Харьков: Гос. Аэрокосмический университет "ХАИ",

2000. – Вып. 19: Тепловые двигатели и энергоустановки. – С. 11–13.

35. Twigg M.V. Advanced Exhaust Emissions Control. A selective review of the Detroit 2000 SAE World Congress // Platinum Metals Review. – 2000. – № 44 (2). – PP. 67–71.

36. Семикин В.М. Анализ области применения жидкостной нейтрализации отработавших газов дизелей // Автомобильный транспорт: сбор. научн. трудов. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 28–130.

37. Страус В. Промышленная очистка газов / Пер. с англ. – М.: Химия, 1981. – 616 с.

38. Electrostatic particulate filter for nanoparticle reduction / Wolfgang Manus, Rolf Bruck, Jan Hogdson, Christian Vorssman // MTZ. – Vol. 72. – 02.2011. – PP. 22–27.

REGENERATION OF DIESEL PARTICULATE MATTER FILTERS AS AN ASPECT OF ECOLOGICAL SAFETY OF EXPLUATATION OF VEHICLES. PART 1

O. Kondratenko, S. Vambol

National University of Civil Defense of Ukraine

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

O. Stokov

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

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

In present paper disclosed in more detail the content and the essence of the previously proposed by authors classification of methods and means to implement the processes of regeneration of particulate matter filters (DPF) of diesel internal combustion engines (ICE), which based on an analysis of information from specialized scientific and technical literature, copyright inventors certificates and patents. In this part of study presented and illustrated by concrete examples of systems and devices relating to specific points of this classification. The study presents data on the features of the operation algorithms of such systems on the examples of vehicles which are in operation. Identified aspects of man-caused environmental and fire safety as an integral part of the regeneration process lifecycle DPF and vehicles and special equipment.

Key words: exhaust gases, toxicity, environmental and fire safety, diesel engine, diesel particulate filter, soot.

REFERENCES

1. Stokov, A.P., Kondratenko, A.N. (2010) "Modern methods of purification of exhaust gases from diesel particulate matter", *Internal combustion engines*, no. 2, pp. 99–104.

2. Kondratenko, A.N., Stokov, A.P., Vambol', S.A. (2014) "Analysis of the current FTCH diesel alternative designs for compliance with modern standards of environmental performance", *Environmental safety*, iss. 1 (17), pp. 25–30.

3. Kondratenko, A.N., Stokov, A.P., Vambol', S.A., Semikin, V.M. "Regeneration of solid particles diesel filters", *Internal combustion engines*, no. 1, pp. 89–95.

4. Marchenko, A.P., Parsadanov, I.V., Tovazhnjans'kyj, L.L., Shehovcov, A.F. (2004) *Dvyguny vnutrishn'ogo zgorjannja: serija pidruchnykiv u 6 tomah. T.5. Ekologizacija DVZ [Engines: a series of books, in 6 vols. 5. T. Greening ICE]*, ed. Marchenko, A.P., Shehovcov, A.F., Prapor, Kharkiv, Ukraine.

5. Markov, V.A., Bashirov, R.M., Gambitov, I.I. (2002) *Toksichnost' otrabotavshih gazov dizelej [Exhaust emissions of diesel engines]*, Publisher name ME Bauman, Moscow, Russia.

6. Parsadanov, I.V. (2003) *Pidvyshhennja jakosti i konkurentospromozhnosti dyzeliv na osnovi kompleksnogo palyvno-ekologichnogo kryteriju: monografija [Improving the quality and competitiveness through an integrated diesel fuel and environmental*

criteria: Monograph], Publisher NTU «KhPI», Kharkiv, Ukraine.

7. Kanilo, P.M., Bej, I.S., Rovens'kyj, O.I. (2000) *Avtomobil' ta navkolyshnje seredovyshe [Car and environment]*, Prapor, Kharkiv, Ukraine.

8. Kanilo, P.M. (2013) *Avtotransport. Toplivno-jekologicheskie problemy i perspektivy: monografija [Motor. Fuel and environmental problems and prospects: monografiya]*, Publisher HNADU, Khar'kov, Ukraine.

9. Zvonov, V.A., Kornilov, G.S., Kozlov, A.V., Simonova, E.A. *Otsenka i kontrol' vybrosov dispersnyh chastic s otrabotavshimi gazami dizelej [Evaluation and control of emissions of dispersed particles in exhaust gases of diesel engines]*, Publisher Prima-Press-M, Moscow, Russia.

10. Sarry, L.O. (1991) *Zashhita vozduha ot vybrosov avtotransporta. Analiticheskaja spravka [Protection of air emissions from motor vehicles. Analytical Review]*, Latvian Information Center, Riga, Latvia.

11. Aleksandrov, A.A., Irharov, I.A., Dagrov, V.V. et all. (2012) *Al'ternativnye topliva dlja dvigatelej vnutrennego sgoranija [Alternative fuels for internal combustion engines]*, ed. A.A. Aleksandrov, V.A. Markov, OOO NIC "Inzhener", OOO "Oniko-M", Moscow, Russia.

12. Grehov, L.V., Ivashhenko, N.A., Markov, V.A. *Toplivnaja apparatura i sistemy upravlenija dizelej*

[Fuel injection equipment and control systems of diesel engines], Legion-Avtodata, Moscow, Russia.

13. Mollenhauer, K., Tschoke, H. (2010) Handbook of Diesel Engines, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Germany.

14. Heywood, John B. (1988) Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill inc., New York, USA.

15. Robert Bosch, GmbH (2002) BOSCH. *Avtomobil'nyj spravocnik: perevod s anglijskogo* [Car guide: English], ZAO KZHI "Za rulem", Moscow, Russia.

16. Robert Bosch, GmbH (2004) BOSCH. *Sistemy upravlenija dizel'nymi dvigateljami. Perevod s nemeckogo. Pervoe russkoe izdanie* [Control system diesel engines, ed. German; the first Russian edition], ZAO «KZHI «Za rulem», Moscow, Russia.

17. Regulation № 49. Revision 5. (2011) *Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine, United Nations Economic and Social Council Economics Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles, E/ECE/TRANS/505, 4 May 2011.*

18. Regulation № 96 (1995) Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with the regard to the emissions of pollutants by the engine, Geneva, 1995.

19. Pat. 6581375 SShA, MPK⁷ F 01 N 3/02. *Apparatus and method for the recovery and purification of water from the exhaust gases of internal combustion engines* / Jagtoyen Marit, M. Kimber Geoffrey (CIIA); Lexington Carbon Co., LLC (SShA), № 10/024910; appl. 19.12.01; publ. 24.06.03.

20. Pat. № 7655194 B2 SShA, *Catalyst Substrate Support*, John P. Muter; DCL International Inc., № 11/037811; appl. 18.01.2005; publ. 20.07.2006.

21. Pat. 2455505 RF, MPK⁷ F01N3/02. *After-treatment of exhaust gases*, K. Al'm, I. Jekerstrjom, H. Bernler, Ju. Bengtsson; Vol'vo Lastvagnar AB (SE), № 2009135074/06; appl. 21.02.2008; publ. 10.07.2012; prioritet 21.02.2007, 5 p.

22. Certificate for a utility model 31263 RF, MPK⁷ F 01 N 3/021. *Particulate Filter*, V.A. Zhizdjuk, Ju.A. Kalinichenko. A.V. Karjakin (RF), № 20011121 062/20; appl. 26.07.01; publ. 27.07. 2003.

23. Pat. 2258815 RF, MPK⁷ F01N3/021. *The two-stage exhaust gas particulate filter diesel*, A.V. Kushnarev, V.M. Podchinok, S.Ju. Knjazev (RF). – № 2003114537/06; zajavl. 15.05.03; opubl. 20.08.05.

24. Pat. 2200851 RF, MPK⁷ F 01 N 3/021. *Particulate Filter*, A.L. Novoselov, A.A. Mel'bert, N.A. Gulak et all. (RF); Polzunov Altai State Technical University (RF), № 2000130455/06; appl. 04.12.00; publ. 20.03.2003.

25. Pat. 2187000 RF, MPK⁷ F 01 N 3/01. *Device for cleaning from soot and reducing exhaust noise of the diesel engine*, B.A. Sharoglavov, P.R. Dulevskij (RF); South Ural State University (RF), № 2001114223/06, appl. 23.05.03, publ. 10.08.02.

26. Pat. 25167 20 RF, MPK⁷ F01N3/023,01. *The*

apparatus and method of cleaning soot-containing exhaust gas particles, P. Hirt, V. Maus, R. Brjuk (DE); Emitek gezel'shaft fur emissionstehnologi MBH (DE), № 202114686/06. appl.01.09.10, publ.20.05.14.

27. Pat. RF № 2187663, *The combined system of diesel exhaust aftertreatment*, Ju.S. Medvedev, P.K. Ageev, I.A. Pirozhkov, A.N. Kedrov; Military Automobile Institute, № 2000121937/06, appl. 17.08.2000, publ. 20.08.2002.

28. Pat. RF № 2270051 *Method and apparatus for purification of exhaust gases of internal combustion engine*, G. Sundholm; Mariof Korprejshn O.J., № 20031 03858/15, appl. 09.07.01, publ. 20.02.06.

29. Pat. 2255228 RF, MPK⁷ F01N3/023. *Catalytic converter exhaust the internal combustion engine with regeneration treatment*, A.L. Novoselov, R.A. Pugach, A.A. Mal'bert (RU); GOUVPO Polzunov Altai State Technical University (RF), № 2003137359/06, appl. 24.12.03, publ. 27.06.05.

30. Pat. 2044135 RF, MPK⁷ F 01 N 3/01. *Device for purifying exhaust gas filter of an internal combustion engine*, G.G. Valeev, Ju.V. Karpenko, S.V. Korneev, V.N. Nefedov (RF); Small enterprise Scientific and Technical Center «Al'fa-1» (RF), № 93014024/06, appl. 18.03.1993, publ. 20.09.1995.

31. Pat. 2256804 RF, MPK⁷ F 01 N 3/023. *Catalytic converter exhaust the internal combustion engine with regeneration treatment*, A.L. Novoselov, R.A. Pugach, A.A. Mal'bert (RF); GOUVPO Polzunov Altai State Technical University (RF), № 2003 137361/06, appl. 24.12.2003, publ. 20.07.2005.

32. Pat. 2256803 RF, MPK⁷ F 01 N 3/023. *Catalytic converter exhaust the internal combustion engine with regeneration treatment*, A.L. Novoselov, R.A. Pugach, A.A. Mal'bert (RF); GOUVPO Polzunov Altai State Technical University (RF), № 2003 137360/06, appl. 24.12.2003, publ. 20.07.2005.

33. Shehovcov, Ju.I., Zaigraev, L.S. (2004) "The study of catalytic thermal regeneration of diesel particulate filter", *Internal combustion engines*, no. 2, pp. 57–59.

34. Borodin, Ju.S., Pererva, P.Ja., Kudrjash, A.P., Marahovskij, V.P., Semikin, V.M. (2000) "Neutralization of the exhaust gas of diesel engines using plasma technology", *Aerospace Engineering and Technology: the collection. Scien. Works*, iss. 19, Thermal engines and power plants, pp. 11–13.

35. Twigg, M.V. (2000) "Advanced Exhaust Emissions Control. A selective review of the Detroit 2000 SAE World Congress", *Platinum Metals Review*, no. 44 (2), pp. 67–71.

36. Semikin, V.M. (2008) "Analysis of the application of liquid diesel exhaust aftertreatment", *Automobile transport fee. Scien. works KhNADU*, iss. 22, pp. 28–130.

37. Straus, V. (1981) *Promyshlennaja ochistka gazov* [Industrial cleaning gases]: Trans. eng., Chemistry, Moscow, Russia.

38. Manus, W., Bruck, R., Hogdson, J., Vorssman, Ch. (2011) "Electrostatic particulate filter for nanoparticle reduction", *MTZ*, vol. 72, 02.2011, pp. 22–27.

Стаття надійшла 28.10.2014.