

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
Національний університет цивільного захисту України

С. О. Вамболь, О. П. Строков, В. В. Вамболь, О. М. Кондратенко

**СУЧАСНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

Харків НУЦЗ України 2015

УДК 504.064.4 : 621.431
ББК 20.18 : 31.365
С91

Колектив авторів:
С. О. Вамболь, О. П. Строков, В. В. Вамболь, О. М. Кондратенко

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. В. А. Андронов,
д-р техн. наук, проф. І. В. Шостак,
д-р техн. наук, проф. М. П. Римарчук

Затверджено на засіданні вченої ради НУЦЗУ
як монографію (протокол № 4 від 2 листопада 2015 року)

Вамболь, С. О.

С91 Сучасні способи підвищення екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок [Текст] : монографія / С. О. Вамболь, О. П. Строков, В. В. Вамболь, О. М. Кондратенко. – Х. : НУЦЗУ, 2015. – 212 с.

ISBN 978-617-7256-09-9

Розглянуто актуальну науково-прикладну проблему створення системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршневим двигуном внутрішнього згорання, яку вирішено із застосуванням методологічного підходу і принципу багаторівневої декомпозиції. Проаналізовано поршневі двигуни як джерело факторів екологічної небезпеки, і зокрема – дизелі. Вперше у нашій країні запропоновано класифікації способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих частинок за допомогою фільтрів твердих частинок і здійснення процесів регенерації таких фільтрів. Описано фільтри твердих частинок, розроблених у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України.

Для наукових та інженерно-технічних працівників, аспірантів, студентів і курсантів, які навчаються за спеціальностями «Автомобільний транспорт» і «Технології захисту навколишнього середовища».

Іл. 103. Табл. 0. Бібліогр.: 700 назв.

УДК 504.064.4 : 621.431
ББК 20.18 : 31.365

ISBN 978-617-7256-09-9

© Колектив авторів, 2015
© Національний університет цивільного захисту України, 2015

STATE EMERGENCY SERVICE of UKRAINE
National University of Civil Defence of Ukraine

S. O. Vambol, O. P. Stokov, V. V. Vambol, O. M. Kondratenko

**ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR IMPROVING THE ECOLOGICAL
SAFETY OF POWER PLANTS EXPLOITATION**

Kharkiv 2015

UDC 504.064.4 : 621.431
BBC 20.18 : 31.365
C91

Team of authors:

S. O. Vambol, O. P. Stokov, V. V. Vambol, O. M. Kondratenko

Reviewers: Dr.Sci. (Tech.), Professor V. A. Andronov,
Dr.Sci. (Tech.), Professor I. V. Shostak,
Dr.Sci. (Tech.), Professor M. P. Rymarchuk

Approved at a session of the Academic Council NUCDU
as monograph (protocol № 4 on November 2, 2015)

Vambol, S. O.

Vambol S. O., Stokov O. P., Vambol V. V., Kondratenko O. M.
C91 (2015). Analysis of Modern Methods for Improving the Ecological Safety
of Power Plants Exploitation : Monograph [Analiz suchasnykh metodiv
pidvyschenn'a ekologichnoi' bezpeky ekspluatacii energetychnykh
ustanovok : Monografija], Publ. NAKU, Kharkiv, Ukraine, 212 p.
[in Ukrainian].

ISBN 978-617-7256-09-9

In this monograph has been considered the actual scientific and applied problem of creating of the ecological safety management system of exploitation process of power plants with piston internal combustion engines, which is solved with the use of the methodological approach and the principle of multi-level decomposition. Analyzed piston engines as a source of ecological dangers, and in particular - diesels. For the first time in our country was proposed the classification of methods, ways and means of diesel exhaust gases purification from particulate matters with diesel particulate matter filters and purification of the regeneration processes for these filters. Described the diesel particulate matter filters developed in the piston power plants department of the A. M. Pidgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of National Academy of Science of Ukraine.

For scientists, engineers and technical employees, graduate and post graduate students and cadets who are studying in specialties «Automobile Transport» and «Environmental Protection Technology».

Illustrations 103. Tables 0. Bibliography.: 700 items.

UDC 504.064.4 : 621.431
BBC 20.18 : 31.365

ISBN 978-617-7256-09-9

© Team of authors, 2015
© National University of Civil
Defense of Ukraine, 2015

ПЕРЕДМОВА

Підвищення екологічної безпеки процесу експлуатації енергетичних установок, обладнаних поршнеvim двигуном внутрішнього згорання, на думку авторського колективу, являє собою актуальну науково-технічну задачу. Комплексне вирішення такої задачі є можливим шляхом створення системи управління екологічною безпекою цього процесу на основі застосування метода аналізу ієрархій. Слід зауважити, що створена авторським колективом і описана у цій монографії, система управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок, обладнаних поршнеvim двигуном внутрішнього згорання, вирізняється науковою новизною. Практична цінність такої системи управління полягає у тому, що вона придатна для впровадження у науково-дослідну роботу з метою пошуку нових рішень забезпечення екологічної безпеки такого процесу.

Перший, підготовчий, етап у структурі запропонованої системи управління передбачає ідентифікацію джерел факторів екологічної небезпеки, аналіз нормативно-правової бази й класифікацію цих факторів з урахуванням особливостей їхнього генезису і значущості.

Основна частина монографії присвячена створенню бази знань для формування першого етапу системи управління. Для цього шляхом аналізу спеціалізованої науково-технічної літератури виявлено і описано поршневі двигуни енергетичних установок як джерело екологічної небезпеки й встановлено, що основним поллютантом у них є відпрацьовані гази, особливу увагу у яких слід звернути на тверді частинки.

Саме тому два розділи монографії присвячені створенню класифікацій способів і засобів впливу на відпрацьовані гази дизельних двигунів, а саме очищення, перетворення і нейтралізації за допомогою фільтрів твердих частинок. Також запропоновані класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації фільтрів. Обидві класифікації побудовані із застосуванням системного підходу. Їхня практична цінність полягає у придатності для пошуку нових варіантів конструкції й способів функціонування фільтрів, а також раціональних рішень реалізації процесу їх регенерації.

Монографія буде корисною науковцям та інженерно-технічним працівникам, аспірантам, ад'юнктам, студентам, курсантам і слухачам, які навчаються за спеціальностями «Автомобільний транспорт» і «Технології захисту навколишнього середовища».

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення:

АТЗ – автотранспортний засіб.
АТП – автотранспортне підприємство.
БДУ – безмоторна дослідницька установка.
БСР – бортова система регенерації.
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння.
ДСНС України – Державна служба з надзвичайних ситуацій України.
ЕУ – енергетична установка.
ЄС – Європейська Спілка.
ІПМаш НАН України – Інститут проблем машинобудування
ім. А. М. Підгорного НАН України.
МНС РФ – Міністерство надзвичайних ситуацій РФ.
НАН України – Національна академія наук України.
НДР – науково-дослідна робота.
НУЦЗ України – Національний університет цивільного захисту України.
ПБ – пожежна безпека.
СТО – станція технічного обслуговування.
СУЕБ – система управління екологічною безпекою.
ТЧ – тверді частинки.
ФТЧ – фільтр твердих частинок.
ФТЧ ІПМаш – ФТЧ, розроблений у відділі поршневих ЕУ ІПМаш
НАН України.
ФЕ – фільтрувальний елемент.

Умовні позначення:

1. Параметри роботи ДВЗ:

$n_{кв}$ – частота обертання колінчастого вала;
 N_e – ефективна номінальна потужність;
 $M_{кр}$ – крутний момент;
 α – коефіцієнт надлишку повітря.

2. Речовини (полютанти):

C_nH_m – незгорілі вуглеводні моторного палива і оливи;
 NO_x – оксиди азоту;
СО – монооксид вуглецю;
 CO_2 – діоксид вуглецю;
 SO_x – оксиди сірки;
PM – тверді частинки (у іноземній термінології);
 H_2O – дігідрогену монооксид;
Б(α)П – бенз(α)пірен.

3. Параметри токсичності відпрацьованих газів, об. % або млн.⁻¹:

C_{CH} – об'ємна концентрація незгорілих вуглеводів палива і моторної оливи у відпрацьованих газах;

C_{CO} – об'ємна концентрація монооксиду у відпрацьованих газах;

C_{CO_2} – об'ємна концентрація діоксиду вуглецю у відпрацьованих газах;

C_{NO_x} – об'ємна концентрація оксидів азоту у відпрацьованих газах;

C_{O_2} – об'ємна концентрація залишкового кисню у відпрацьованих газах.

4. Параметри димності відпрацьованих газів:

D – ступінь чорноти тефлонового фільтра, %;

N_D – коефіцієнт послаблення світлового потоку у відпрацьованих газах, %;

K – коефіцієнт поглинання світлового потоку у відпрацьованих газах, м⁻¹.

5. Параметри ТЧ:

$G_{ТЧ}$ – масовий викид ТЧ, кг/год;

$d_{ТЧ}$ – діаметр ТЧ, мм.

6. Геометричні параметри ФТЧ ІПМаш:

$h_{вх}$ – висота вхідного отвору модуля ФЕ, мм;

$b_{вх}$ – ширина вхідного отвору модуля ФЕ, мм;

$S_{вх}$ – площа вхідного отвору модуля ФЕ, мм²;

$l_{ком}$ – довжина комірки модуля ФЕ, мм;

i_m – кількість модулів у ФЕ, мм;

$d_{отв}$ – діаметр отворів у сполучній пластині на одне місце поєднання комірок модуля ФЕ, мм;

$i_{отв}$ – кількість отворів у сполучній пластині на одне місце поєднання комірок модуля ФЕ, од;

j_p – відстань між отворами у сполучній пластині модуля ФЕ, мм;

j_i – відстань між рядами отворів у сполучній пластині модуля ФЕ, мм;

n_c – кількість шарів сіток у пакеті, од;

L_c – відстань між шарами сіток у пакеті, мм.

7. Параметри потоку відпрацьованих газів:

g_m – секундний масовий потік текучого середовища, кг/(с·м²);

ΔP_{BG} – гідравлічний опір випускної системи моторного випробувального стенда з експериментальним зразком ФТЧ, Па;

$\Delta P_{вип}$ – гідравлічний опір випускної системи моторного випробувального стенда без експериментального зразка, Па;

$\Delta P_{ДМЦ}$ – гідравлічний опір діючого макету з насипкою з природного цеоліта ФЕ, Па;

t_{BG} – температура відпрацьованих газів за на вході у моторний випробувальний стенд без експериментального зразка, °С;

$t_{\Phi TЧex}$ – температура відпрацьованих газів на вході у експериментальний зразок, °С;

$t_{\Phi TЧвых}$ – температура відпрацьованих газів на виході з експериментального зразка, °С;

$\Delta t_{\Phi TЧ}$ – перепад температур на експериментальному зразку, °С.

8. Характеристики ефективності роботи ФТЧ ІПМаш:

$K_{EO}(N_D)$ – коефіцієнт ефективності очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ за показниками їхньої димності, %;

$K_{EO}(C_{CH})$ – коефіцієнт ефективності очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ за концентрацією у них незгорілих вуглеводнів, %;

$K_{EO}(G_{TЧ})$ – коефіцієнт ефективності очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ за показниками масового викиду ТЧ з їхнім потоком, %.

ВСТУП

Аналізуючи сучасний стан екологічної ситуації у країнах в країнах колишнього СРСР взагалі та в Україні зокрема, слід відзначити тенденцію до її погіршення на відміну від країн Європейської Спільноти (ЄС) і Сполучених Штатів Америки (США). У цих країнах спостерігається зворотна ситуація завдяки жорсткому екологічному законодавству і забезпеченню виконання його вимог. За останні 25 років при збільшенні кількості діючих одиниць енергетичних установок (ЕУ) взагалі й автотранспортних засобів (АТЗ) і спеціальної техніки зокрема, а також невпинному погіршенню їхнього технічного стану через моральний і фізичний знос (вік, строк експлуатації, напрацювання у мотогодинах та ін.) кількість заходів, що забезпечують екологічну безпеку населення і навколишнього середовища, недостатня. Розглядаючи доцільність застосування дорогих і складних очисних та відновлювальних систем для підвищення екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок (ЕУ), АТЗ і спеціальної техніки, в першу чергу враховують підвищення собівартості як їх самих, так і енергії й продукції, що за допомогою них виробляється або транспортується, і витрат на охорону здоров'я у масштабі цілої країни.

Тому створення систем управління екологічною безпекою експлуатації ЕУ, АТЗ і спеціальної техніки на основі систем і пристроїв для очищення або нейтралізації відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), у першу чергу поршневих, від їхніх шкідливих компонентів (шкідливих речовин, поллютантів) і подальшого знешкодження поллютантів є **вкрай перспективним і актуальним** з точки зору енергетичних і ресурсних витрат як у масштабі країни, так і у всесвітньому масштабі [1 – 698].

У цьому дослідженні відображено результат аналізу 698 наукових джерел інформації [1 – 698], з яких: підручників, навчальних посібників і довідників – 51, наукових монографій – 37, рукописів кваліфікаційних робіт – 47, звітів про НДР – 18, аналітичних довідок – 7, патентів і авторських свідоцтв – 49, статей – 454, нормативно-правових актів – 9.

Результати досліджень, що лягли в основу цієї праці, склали:

– самостійні розділи у чотирьох завершених науково-дослідних роботах (НДР) відділу поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного (ІПМаш) Національної академії наук України (НАН України) за планами держбюджетних прикладних тем НАН України [А.1.1 – А.1.4];

– самостійні розділи у чотирьох завершених НДР кафедри

прикладної механіки факультету техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України (НУЦЗ України) [А.1.5 – А.1.8];

– самостійні розділи у шести завершених НДР кафедри хімії, екології та експертних технологій Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» [А.1.9 – А.1.14];

– самостійні розділи у однієї виконуваної НДР кафедри прикладної механіки факультету техногенно-екологічної безпеки НУЦЗ України за планом прикладних теми Державної служби з надзвичайних ситуацій України (ДСНС України) «Теоретичні дослідження і розробка пристроїв для підвищення безпеки експлуатації енергетичних установок на базі дизельних двигунів» (2015 – 2016 рр., ДР № 0115U002040);

– двох завершених дисертаційних досліджень [А.2.1, А.2.2];

– двох наукових монографій [А.3.1, А.3.2],

а також опубліковано у більш ніж 50 статтях [А.4.1 – А.4.50] й пройшли апробацію на більш ніж 70 науково-технічних конференціях і конгресах у вигляді більш ніж 100 доповідей [А.6.1 – А.6.93] і захищено трьома патентами [А.5.1 – А.5.3].

Методами дослідження є аналіз науково-технічної літератури і синтез класифікацій принципів роботи і конструктивних особливостей об'єктів дослідження, синтез систем управління екологічною безпекою (СУЕБ), принцип багаторівневої декомпозиції й ієрархічних структур.

Метою дослідження є побудова системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з дизелями з урахуванням результатів аналізу, систематизації й узагальнення інформації щодо недоліків існуючих способів і методів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих частинок у вигляді відповідних класифікацій.

Об'єктом дослідження є особливості процесів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих частинок за допомогою фільтрів твердих частинок і процесу їх регенерації.

Предметом дослідження є місце фільтрів твердих частинок у розмаїтті їхніх конструкцій, принципів роботи і робочих характеристик у системі управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок, обладнаних поршнеvim двигуном внутрішнього згорання.

Задачами дослідження є такі:

- 1) аналіз факторів екологічної небезпеки, джерелом яких є енергетичні установки з поршнеvim двигуном внутрішнього згорання взагалі і з дизелями зокрема;
- 2) розробляння класифікації способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих частинок (ТЧ);
- 3) розробляння класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації фільтрів твердих частинок (ФТЧ) дизелів;
- 4) розробляння системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршнеvim двигуном внутрішнього згорання.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у такому:

1. Уперше у нашій країні створено класифікацію способів і засобів зниження масових викидів твердих частинок з потоком відпрацьованих газів дизельних поршневих двигунів внутрішнього згорання.
2. Уперше у нашій країні створено класифікацію способів і засобів регенерації фільтрів твердих частинок дизелів.
3. Уперше у нашій країні створено методологічне забезпечення системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок, що оснащені поршнеvim двигуном внутрішнього згорання.

Практична цінність отриманих результатів полягає у такому:

1. Розроблена класифікація способів і засобів зниження масового викиду твердих частинок з потоком відпрацьованих газів дизельних поршневих двигунів внутрішнього згорання придатна для пошуку нових варіантів конструкції й способів функціонування ФТЧ.
2. Розроблена класифікація способів і засобів регенерації фільтрів твердих частинок дизелів придатна для пошуку нових варіантів реалізації процесу регенерації ФТЧ.
3. Розроблена система управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок, що оснащені поршнеvim двигуном внутрішнього згорання придатна для впровадження у науково-дослідну роботу з метою пошуку нових шляхів забезпечення екологічної безпеки такого процесу.
4. Розроблені класифікації й систему управління екологічною безпекою впроваджено у навчальний процес НУЦЗ України.

За матеріалами дослідження опубліковано 168 наукових праць, а саме: 14 звітів про НДР, що проведені у відділі поршневих ЕУ ІПМаш НАН України, на кафедрі прикладної механіки факультету техногенно-

екологічної безпеки НУЦЗ України, кафедрі хімії, екології та експертизних технологій Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2 рукописи дисертацій, 2 наукові монографії, 50 статей у фахових наукових виданнях, що внесені у переліки ДАК України і ВАК Російської Федерації, Республіки Білорусь і Республіки Казахстан, тези 100 доповідей на міжнародних, з міжнародною участю, всеукраїнських і місцевих науково-технічних і науково-практичних конференціях і конгресах.

Матеріали дослідження пройшли апробацію на 70 міжнародних, з міжнародною участю, всеукраїнських і місцевих науково-технічних і науково-практичних конференціях і конгресах.

Слова вдячності. Авторський колектив висловлює вдячність за консультативну й практичну допомогу в отриманні наукових даних, що лягли в основу дослідження, яке відображене у цій монографії: д. т. н., проф. В. М. Шмандію (Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського), д. т. н., проф. М. С. Мальваному (Національний університет «Львівська політехніка»), д. т. н., проф. М. В. Нечипоруку (Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»), д. т. н., проф. В. М. Кобріну (Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»), д. т. н., проф. В. А. Андронову (Національний університет цивільного захисту України), д. т. н., проф. Я. М. Семчуку (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу), д. т. н., проф. І. В. Парсаданову (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»), к. т. н., доц. І. П. Васильєву (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля), д. т. н., проф. А. П. Полив'янчуку (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля), д. т. н., проф. П. М. Каніло (Харківський національний автомобільно-дорожній університет), к. т. н., доц. А. І. Морозову (Національний університет цивільного захисту України), к. т. н., доц. І. В. Міщенко (Національний університет цивільного захисту України), к. т. н., с. н. с. А. М. Левтерову (ІПМаш НАН України), В. М. Семикіну (ІПМаш НАН України), к. т. н. А. М. Авраменку (ІПМаш НАН України), к. т. н., с. н. с. В. М. Бганцеву (ІПМаш НАН України), В. П. Мараховському (ІПМаш НАН України), Л. І. Левтеровій (ІПМаш НАН України), В. М. Кірєєвій (ІПМаш НАН України), Н. Ю. Гладковій (ІПМаш НАН України), В. Д. Савицькому (ІПМаш НАН України), к. т. н., доц. К. Р. Умеренковій (ІПМаш НАН України), М. М. Карасіченку (ІПМаш НАН України), С. П. Хожаїнову (ІПМаш НАН України), А. І. Біцюрі (ІПМаш НАН України).

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ПОРШНЕВИХ ДВЗ І СПОСОБІВ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1. Загальні положення

Як відомо, теплові двигуни – це теплові машини, що перетворюють підведену до робочого тіла теплоту у механічну енергію, тобто являють собою джерела механічної енергії [1 – 53]. При цьому вони або використовують як первинне джерело тепла побічні продукти інших технологічних процесів (доменні, шахтні гази, водяна пара), або такі, що регенеруються (сонячна енергія) або «незручні» для прямого використання джерела теплоти (теплота земної кори, пара з контурів охолодження атомних станцій) – це двигуни із зовнішнім підводом теплоти – парова машина, парова турбіна і двигун Стірлінга. Якщо це джерело створюють шляхом вивільнення енергії екзотермічних окисно-відновлювальних реакцій окислення палива (рідке, тверде або газоподібне палива нафтового або рослинного походження, неорганічні з'єднання) окислювачем (кисень повітря, рідкий кисень, сильні неорганічні кислоти, селітра) – це ДВЗ (поршневі, лопаткові й реактивні). Теплові двигуни займають свою цілком визначену і доволі широку нішу у світовій енергетиці. При цьому ДВЗ займають у енергетичному балансі розвинених країн світу більш ніж 80 % від сумарної потужності, що виробляється енергетичними установками, і превалюють над двигунами із зовнішнім підводом теплоти за загальною кількістю і сумарною вироблюваною енергією [8]. Також ДВЗ повністю займають нішу джерел механічної (транспорт), теплової (вільно-поршневі генератори газу і енергетичні установки з рекуперацією теплоти) та електричної (у складі дизель-генераторів) енергії у віддалених, важкодоступних місцевостях, що не облаштовані й неелектрофіковані, а також у резервному енергозабезпеченні. Поршневі ДВЗ практично повністю займають нішу джерел механічної енергії на АТЗ, морському, річковому й залізничному транспорті, у малій авіації, сільськогосподарській, будівельній, шахтній, складській, військовій техніці, а також у техніці спеціального призначення (що застосовується Державною службою з надзвичайних ситуацій України і Міністерства надзвичайних ситуацій РФ (МНС РФ) [51], комунальними підприємствами тощо).

У останні десятиліття накреслилася тенденція до дизелізації парку поршневих ДВЗ у транспортній галузі – підвищення відсотка двигунів, що працюють за циклом Дизеля (двигуни, що споживають важкі моторні палива, із внутрішнім сумішоутворенням, якісним регулюванням потужності й самозайманням від стискування, тобто дизелів або дизельних ДВЗ), у загальній кількості поршневих ДВЗ в галузі, чому сприяв широкий

спектр чинників. Серед цих факторів одним з найважливіших є такий: дизель меншою мірою забруднює навколишнє природне середовище за інших рівних умов. Така думка більшості фахівців галузі [5, 7, 8, 13, 14, 16, 17]. До того ж витрати на паливо при роботі дизелів більш ніж на чверть нижчі, ніж при роботі двигунів, що працюють за циклом Отто (двигуни, що споживають бензини, з іскровим запалюванням, кількісним регулюванням потужності й зовнішнім сумішоутворенням). Окрім того, дизелі мають в 2,0 – 2,5 рази більший технічний ресурс, краще пристосовані до форсування застосуванням газотурбінного наддуву, більш пожегобезпечні, забезпечують отримання більшої потужності в одному агрегаті [8]. Також простежується поширення деяких принципів роботи дизельних ДВЗ на організацію робочих процесів в інших типах поршневих ДВЗ – впорскування палива взагалі, і безпосереднє впорскування зокрема, підвищення ступеня стиснення, перехід на двотактний цикл і використання в зв'язку з цим наддуву, створення локальних зон у камері згоряння з коефіцієнтом надлишку повітря α , що значно відрізняється від стехіометричного, за рахунок розшарування свіжого заряду та ін.

У цей час провідні фахівці у області знань, що пов'язані з ДВЗ, при створенні нових зразків двигунів вирішують такі основні завдання [1 – 53]:

- 1) підвищення паливної економічності ДВЗ;
- 2) підвищення надійності ДВЗ;
- 3) підвищення екологічності ДВЗ;
- 4) зниження собівартості виробництва, експлуатації, технічного обслуговування і ремонту ДВЗ;
- 5) специфічні:
 - забезпечення багатопаливності;
 - форсування і дефорсування;
 - конверсія ДВЗ.

До специфічних також слід віднести забезпечення певних, наперед завданих, масогабаритних показників, показників пожежної й вибухової безпеки, забезпечення уніфікації з іншими типами ДВЗ та ін.

Наочно розподіл цих задач подано на рис. 1.1.

Ці задачі вирішуються сукупно, однак для різних типів поршневих ДВЗ окремі з вищеперелічених виступають пріоритетними. Наприклад, для ДВЗ авіаційної, військової й спеціальної техніки такою є надійність, а саме безвідмовність, що в умовах польоту, бойових дій і ліквідації надзвичайних ситуацій є критичним. Проте вимоги до екологічності ДВЗ особливо виділяються на тлі інших, оскільки закріплені законодавчо, тобто обов'язкові до виконання [54 – 61], у той час як вимоги до результатів вирішення інших основних задач двигунобудування диктуються виключно законами ринкової економіки.

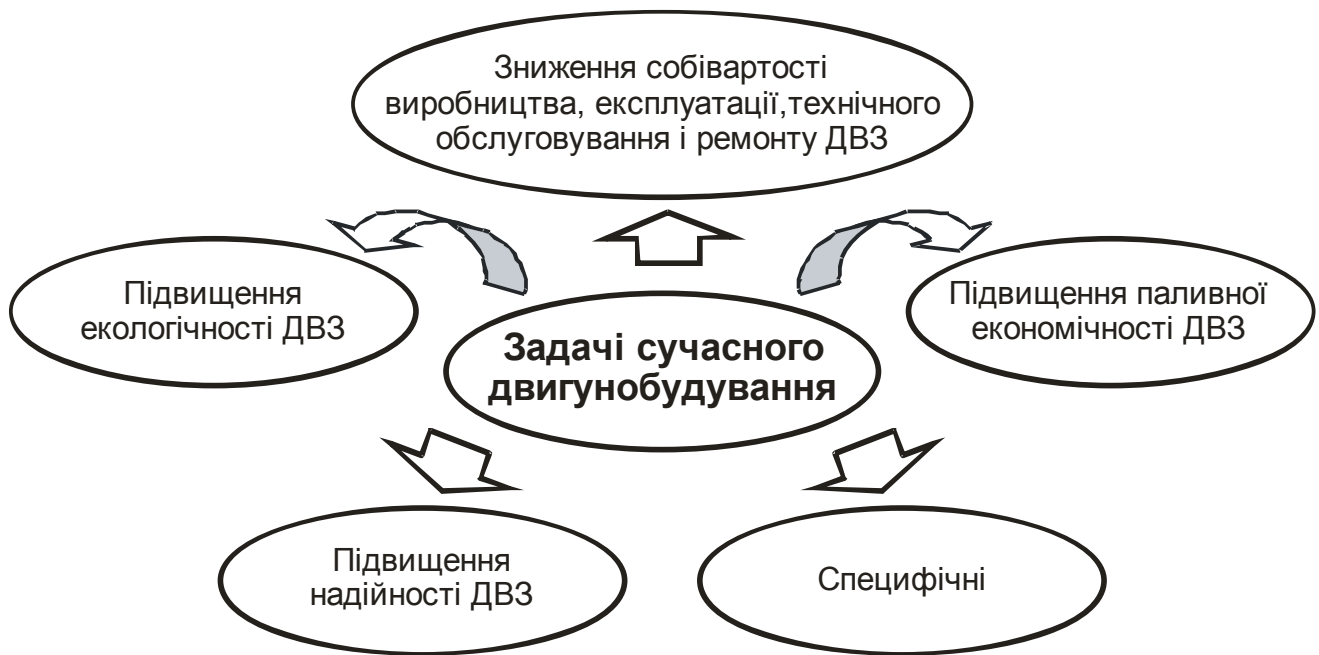


Рис. 1.1. Задачі сучасного двигунобудування

У країнах ЄС для АТЗ на цей момент діють Правила ЄЕК ООН R – 49 рівня EURO V, згідно з якими середньоексплуатаційний викид твердих частинок (ТЧ) (у іноземній термінології РМ від Particulate Matter) з відпрацьованими газами дизелів, визначений в ході стендових випробувань за стаціонарним циклом ESC (що є моделлю експлуатації дизеля), не повинен перевищувати 0,02 г/(кВт·год) [56, 57]. При цьому приведення технічного рівня дизеля у відповідність наступному рівню цих норм підвищує його собівартість на 40 %. На ТЧ припадає 20 – 45 % сумарної еквівалентної токсичності відпрацьованих газів дизелів, оскільки в них містяться канцерогенні й мутагенні речовини [5, 8 – 14, 17].

З іншого боку, значний внесок у забруднення навколишнього середовища викидом ТЧ зумовлено великою кількістю об'єктів у структурі парку АТЗ нашої країни, оснащених дизелями, що знаходяться в експлуатації понад 15 років і не мали з моменту початку експлуатації засобів зниження токсичності відпрацьованих газів їхніх поршневих ДВЗ, або позбулися їх через різні обставини (див. підрозд. 1.7). Дизелізація світового парку АТЗ і значне поширення у їх конструкції систем рециркуляції відпрацьованих газів, які вимагають обов'язкового очищення (див. підрозд. 1.2), формують необхідність у розробленні й впровадженні таких засобів. Особливо гостро ця проблема стає для АТЗ, що працюють в умовах обмеженого повітрообміну і в місцях скупчення людей, це маневрові тепловози, складські, кар'єрні, будівельні та шахтні машини, судна, що працюють в акваторії курортних міст та військова і спеціальна техніка.

Отже, поліпшення екологічних показників ДВЗ є перманентним і актуальним завданням галузі транспортного машинобудування і підгалузі

двигунобудування, а підтримання їх значень на потрібному рівні – сфери експлуатації енергетичних установок, що оснащені поршнеvim ДВЗ, в усіх розвинених країнах світу.

Таким чином, поліпшення екологічних показників поршневих ДВЗ є одним з основних завдань, що стоять перед фахівцями в підгалузі двигунобудування в усіх розвинених країнах світу, і знаходить своє відображення в роботах таких провідних учених з України і держав СНД: Ф. І. Абрамчук, Р. М. Баширов, В. В. Бразовський, І. Л. Варшавський, І. П. Васильєв, Л. В. Грехов, В. А. Звонов, П. М. Каніло, А. П. Кудряш, А. Р. Кульчицький, А. М. Левтєров, В. П. Матейчик, А. П. Марченко, В. А. Марков, А. Л. Новоселов, І. В. Парсаданов, А. П. Поливянчук, В. Ф. Шапко, В. І. Смайліс, Н. К. Шокотов та ін.; а також фахівців таких зарубіжних фірм і організацій, як AVL, Bosch, Ricardo, Johnson Matthew, Engelhart, DCL, Emitech, Boshart, Rhodia, Volvo, MAN, Toyota, SAE, EPA, CARB, WHO, Massachusetts Institute of Technology, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Chalmers University of Technology, University of Minnesota, West Virginia University, Mining and Mineral Sciences Laboratories, Kobe University, Massachusetts Department of Environmental Protection, Idaho National Laboratory, Colorado Air Pollution Control Division, Virginia Polytechnic Institute, California Environmental Protection Agency, University of Cincinnati, University of Auckland, University of Tennessee та ін., серед яких слід виокремити наступні персоналії: Р. Eastwood, А. D. Bugarsky, S. Bari, Н. Strom, К. Bickel, Р. Karin, К. Hanamura, D. B. Kettelson, В. J. Boothe, W. A. Majewsky, M. G. Campbell, M. V. Twigg, T. V. Johnson, J. P. Mutter та ін.

Серед учених, що працювали у галузі екології й екологічної безпеки транспорту, альтернативних видів палива, гібридних й електромобілів, слід також відзначити роботи А. М. Авраменка, А. І. Атамася, В. Н. Бганцева, В. Г. Дяченка, С. А. Єрощенкова, К. В. Костенка, В. Г. Колобородова, В. А. Корогодського, Л. І. Левтєрової, В. М. Семикіна, В. М. Шмандія, М. В. Нечипорука, М. С. Мальованого, В. П. Мараховського, В. В. Солов'я, В. А. Юрченко та ін.

Провідне місце в структурі методів і засобів зниження токсичності відпрацьованих газів дизелів і їх підготовки для рециркуляції займають різноманітні за принципом дії системи, що очищують відпрацьовані гази від нормованих шкідливих речовин. Такі системи найчастіше містять так звані фільтри твердих частинок (ФТЧ), що видаляють ТЧ з потоку відпрацьованих газів, накопичують і утримують їх у своєму фільтрувальному елементі до моменту очищення самих фільтрів (регенерації). Однак таким пристроям властивий ряд недоліків, таких, як висока собівартість (близько 900 \$ за ФЕ і 1200 \$ за ФТЧ), низькі показники технологічності (потребують високої культури виробництва і експлуатації, містять складні й прецизійні конструктивні елементи і каталітичні покриття) і надійності у експлуатації (схильні до термошокового руйнування і абразивного зносу, чутливі до використання неякісних дизельних палив і моторних оливо, їхній ресурс становить 100 –150 тис. км пробігу АТЗ), а

також створення порівняно високого протитиску у випускній системі дизеля (3,5 – 25 кПа), періодична потреба у витратах енергії (а значить, і палива) для відновлення робочих якостей (до 10 % середньоексплуатаційних питомих масових ефективних витрат палива дизелем). У той час як останні два недоліки є принциповими, перші три можливо подолати або зменшити шляхом розроблення нових конструкцій фільтрів і використання для їх виготовлення недефіцитних матеріалів вітчизняного походження [69].

Додатковим обґрунтуванням застосування систем очищення відпрацьованих газів від нормованих поллютантів взагалі, і особливо від ТЧ, є певна обставина. Дизелі, що мають сучасну конструкцію, найчастіше оснащені системами рециркуляції відпрацьованих газів, що перенаправляють частину їхнього потоку (бажано попередньо охолодженого) на впуск. При цьому відпрацьовані гази потребують обов'язкового очищення від ТЧ, що характеризуються абразивними властивостями. Рециркульовані відпрацьовані гази як правило очищуються від ТЧ за допомогою ФТЧ, які зазвичай не мають бортової системи регенерації і у зв'язку з останньою обставиною потребують очищення поза бортом АТЗ при його черговому технічному обслуговуванні [69].

Відомі зі спеціалізованої літератури підходи до проектування пристроїв для очищення аерозолів від їхніх дисперсних фаз, а також методи прогнозування і визначення їхніх робочих характеристик не враховують специфіки роботи в умовах системи випуску дизеля. Суть спеціальних методів, за допомогою яких таку специфіку можливо врахувати, становить комерційну таємницю фірм-виробників ФТЧ, ДВЗ і АТЗ [69].

Окремим аспектом екологічної безпеки використання АТЗ, дизелів і систем очищення їхніх відпрацьованих газів від поллютантів є те, що ці об'єкти являють собою джерело пожежної та вибухової небезпеки і можуть спричинити такі види надзвичайних ситуацій, як лісові низові й степові пожежі і вибухи у місцях експлуатації [51].

Таким чином, вирішення проблеми зменшення викиду ТЧ з відпрацьованими газами дизелів (нових і особливо таких, що знаходяться в експлуатації), за рахунок застосування ФТЧ вітчизняного виробництва, який містить щонайменшу кількість каталітичних покриттів, має високі показники ефективності очищення, універсальності, технологічності виготовлення і експлуатаційної надійності і водночас невисокий гідравлічний опір, собівартість і масогабаритні показники, є актуальним завданням, яке має науковий і практичний інтерес.

У зв'язку з вищезазначеним, метою дослідження, результати якого викладено у цьому розділі монографії, є аналіз інформації, що всебічно характеризує енергетичні установки з поршнеvim ДВЗ як джерела факторів екологічної небезпеки.

Об'єктом такого дослідження є екологічні характеристики енергетичних установок, джерелами механічної енергії яких є поршневі ДВЗ.

Предметом такого дослідження є екологічні характеристики відпрацьованих газів поршневих ДВЗ, що працюють за циклом Дизеля, взагалі і ТЧ зокрема.

1.2. Загальносвітові тенденції у питанні екологізації поршневих ДВЗ за останні 25 років

Аналіз матеріалів публікацій і доповідей секцій Всесвітніх конгресів Товариства інженерів автомобільної промисловості (Society of Automotive Engineers (SAE)), які присвячені питанням екологічності ДВЗ, за період з 1991 по 2014 рр. показує, що у цей час (останні 25 років) у області зазначеного питання спостерігались такі тенденції [143 – 164]:

- дизелізація світового парку АТЗ і парку АТЗ нашої країни;
- охоплення нормативами екологічності нових типів АТЗ, а з ними і їхніх ДВЗ;
- введення екологічних стандартів у країнах світу, де таких стандартів ще не було;
- перехід від нормування димності відпрацьованих газів до нормування масового викиду ТЧ ними;
- акцентування уваги на фракційному складі ТЧ за масою, за площею активної поверхні та рахунковому (за кількістю окремих частинок);
- акцентування уваги на хімічному складі та внутрішній структурі ТЧ;
- перехід від технології простої фільтрації відпрацьованих газів і їхнього каталітичного окислення до застосування комплексних систем зниження токсичності;
- прагнення до модульності та компактності систем зниження токсичності відпрацьованих газів та їхніх агрегатів;
- вирішення проблеми холодного пуску ДВЗ;
- вдосконалення керамічних матеріалів підложки каталітичних нейтралізаторів і ФТЧ;
- перехід від цільнокерамічних фільтрувальних елементів (ФЕ) до ФЕ стільникової структури з газопроникними стінками каналів, заглушеними у шаховому порядку;
- поглиблене вивчення каталітичних властивостей металів платинової групи та їхніх комбінацій;
- пошук, дослідження та впровадження у виробництво матеріалів ФЕ, альтернативних керамічним: волокнистих, насипок, намоток, тканих і нетканих сталевих сіток, мембран;
- розроблення і застосування різних варіантів реалізації комплексного підходу до зниження токсичності відпрацьованих газів, що передбачає вдосконалення не лише системи їх очищення, але й систем, що задіяні у організації робочого процесу ДВЗ, а також підвищення якості моторних палив і олів;

– розроблення і впровадження заходів щодо приведення показників токсичності АТЗ, що перебувають у експлуатації, до рівня нововведених норм;

– інтеграція системи зниження токсичності відпрацьованих газів двигуна до системи електронного керування ДВЗ або АТЗ;

– математичне моделювання механізмів утворення токсичних складових відпрацьованих газів, зокрема і ТЧ, у робочому процесі ДВЗ;

– математичне моделювання процесів, що відбуваються у відпрацьованих газах під час їхнього руху випускним трактом ДВЗ;

– математичне моделювання процесів, що відбуваються під час регенерації I і II роду у ФТЧ.

Таким чином, наукоємність підходів до реалізації вищенаведених тенденцій і спектр науково-технічних проблем у питаннях екологічності АТЗ і ДВЗ, що входять до їхнього складу, свідчать про те, що ця проблематика є вкрай актуальною у країнах з розвинутим двигуно- і автомобілебудуванням.

Основною тенденцією можна вважати послідовне зменшення масового викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів поршневих ДВЗ, що спричинено суттєвим посиленням законодавчо встановлених вимог до енергетичних установок. Таку тенденцію наочно проілюстровано на рис. 1.2.

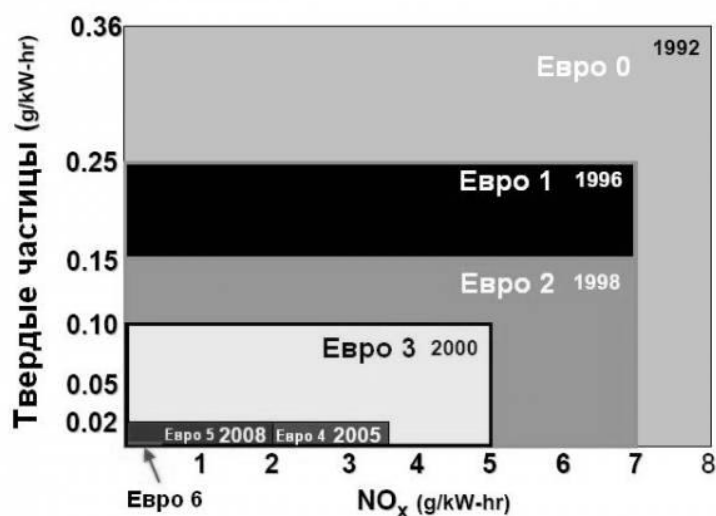


Рис. 1.2. Законодавчо встановлені вимоги до викидів ТЧ [20]
(мовою оригіналу)

1.3. Поршневі двигуни внутрішнього згорання як джерело забруднення навколишнього природного середовища

Сучасні вимоги до ДВЗ передбачають скорочення усіх видів забруднення навколишнього середовища, до яких відносять [5, 7 – 15] (рис. 1.3):

1) речовини-забруднювачі (хімічне і біологічне забруднення навколишнього природного середовища):

а) тверді – деталі механізмів і систем двигуна, а також корпусні (у тому числі й одноразові), що вичерпали ресурс або вийшли з ладу;

б) рідкі – палива, оливи, охолоджуючі рідини, електроліти, консистентні змазки;

в) газоподібні – токсичні компоненти відпрацьованих газів і аерозолі ТЧ у них, випари рідких забруднювачів, парникові гази;

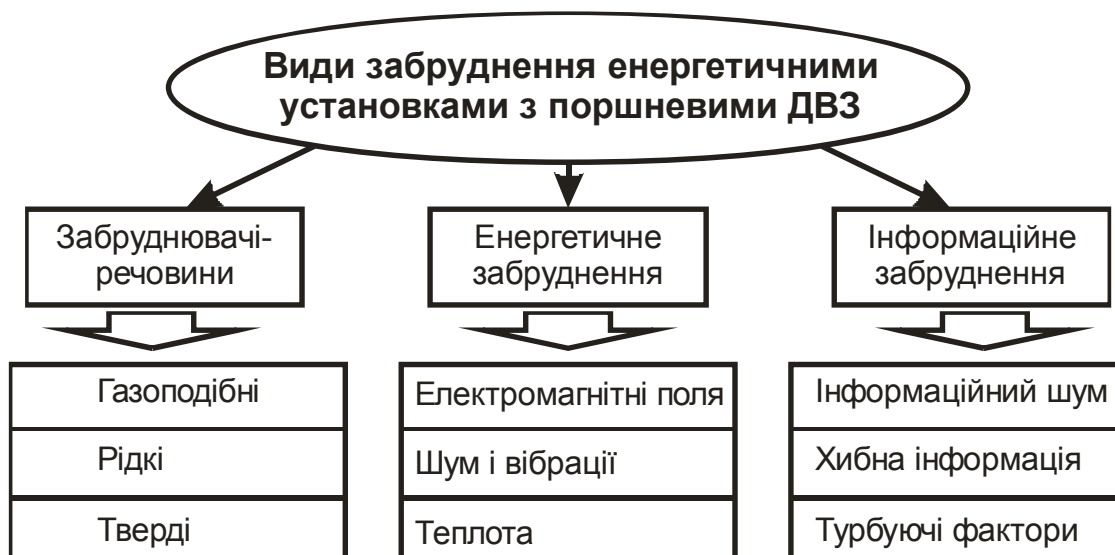


Рис. 1.3. Класифікація видів забруднення навколишнього природного середовища енергетичними установками з поршневим ДВЗ

2) енергетичне забруднення (фізичне забруднення навколишнього природного середовища):

а) електромагнітні поля – від електронних частин систем автоматичного керування і автоматичного регулювання;

б) шум і вібрації – механічні, аеродинамічні, гідравлічні, хімічні джерела механічних коливань;

в) теплота – вся енергія, що виділилась при згорянні палива в решті-решт перетворюється у теплову (безпосередньо або при подоланні дисипативних сил) і йде на нагрівання навколишнього середовища;

3) інформаційне забруднення – від електронних частин систем автоматичного керування і автоматичного регулювання:

а) інформаційний шум;

б) хибна інформація;

в) турбуючі фактори.

Усі забруднювачі-речовини мають відповідним чином знешкоджуватися та/або рециркулюватися. Всі види енергетичного забруднення повинні скорочуватися, оскільки є дисипативними. Інформаційні забруднення ще недостатньо досліджені. Спільним є одне – скорочення відходів будь-якого виду потребують матеріальних і організаційних витрат, а також відповідного законодавчого забезпечення. При цьому ці

витрати для приведення показників токсичності відпрацьованих газів ДВЗ автомобілів, що випускаються на пострадянському просторі, у відповідність до вимог європейських норм настільки великі і потребують настільки радикальних змін у конструкції й технології виробництва цих ДВЗ, що провідними фахівцями в цій підгалузі зазначається економічна недоцільність таких змін для досягнення вимог більш суворих, ніж EURO-2 [553, 554].

Аналіз характеристик вітчизняних транспортних і автотракторних дизелів показує, що більшість з них не задовольняє сучасних європейських норм токсичності відпрацьованих газів. Ці показники, отримані при регулюваннях, що забезпечують найкращу паливну економічність, не задовольняють вимог стандарту EURO-2, введеного в дію на території України з 2010 р., ні за одним з токсичних компонентів [5, 7 – 14].

Інформаційне забруднення наразі є недооціненим, однак відомо, що воно характеризується такими ознаками [661]:

- нематеріальність – не піддаються аналізу органами чуттів людини, тварин як сам фактор впливу, так і наслідки його дії;
- спричиняє звикання – замінює собою вдоволення якої-небудь природної потреби і заміщує природний спосіб її вдоволення;
- неочевидність спричинених витрат – вкрай мала кількість енергії на генерування одиниці діючого фактора створює хибну впевненість у її «безкоштовності», що значно посилюється у поєднанні з першим пунктом і експоненціальним характером зростання кількості цього забруднення;
- широка розповсюдженість – чинить дію на усі живі істоти, особливо на людину;
- руйнівність – може стати причиною виходу з ладу автоматизованих фінансових систем і систем безпеки цілих країн, появи і розвитку кіберзлочинності у загальносвітовому масштабі;
- наявність «відкладених ефектів» – чинить вплив на показники мозкової активності нових поколінь людини, змінює поведінкові моделі отримання і використання знань, зміст культурних цінностей, моральних орієнтирів, положень фундаментального наукового доопрацювання (особливо історичного);
- легальність – знаходиться поза дією санкцій правового поля або під захистом держави, активно використовується у геополітичній, політичній і конкурентній боротьбі;
- незворотність ефектів – у разі потрапляння у навколишнє природне середовище невпинно розповсюджується.

Таким чином, інформаційне забруднення є відмінним від двох вищезгаданих інших за фізичною природою фактором екологічної небезпеки, специфічним і небезпечним.

У цій монографії розглянуто питання щодо причин виникнення, засобів і способів зниження впливу факторів хімічного і біологічного забруднення навколишнього природного середовища газоподібними речовинами-забруднювачами, джерелами яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ.

1.4. Характеристика відпрацьованих газів дизелів як забруднювача навколишнього природного середовища

Токсичність відпрацьованих газів двигуна – один з найважливіших показників його роботи. Доля автомобільного транспорту у викиді шкідливих речовин становить у США 60,6 %, у Великобританії – 33,5 %, у Франції – 32 % [7, 8, 13, 16, 17]. Щодо України і РФ такі точні дані відсутні, але з упевненістю можна стверджувати, що вони суттєво більші з огляду на структуру парку АТЗ і спеціальної техніки у цих країнах.

Відпрацьовані гази дизеля являють собою багатокомпонентну суміш газів, що містить також випари, краплі рідин і дисперсні тверді частинки, а також мають продукти повного згоряння палива (діоксид вуглецю CO_2 і вода H_2O) і продукти неповного згоряння (монооксид вуглецю CO , газоподібні або конденсовані вуглеводні C_nH_m (або CH_x , або CH), альдегіди RCOH , сажа C). У відпрацьованих газах присутні також не використаний при горінні кисень O_2 , азот з повітря N_2 і продукти його окислення – оксиди азоту NO_x , газоподібні продукти окислення містяться в паливі сірки (SO_x). Крім газоподібних компонентів у відпрацьованих газах присутні й «тверді частинки» (ТЧ або РМ від particulate matter), основною частиною яких є сажа. Всього відпрацьовані гази ДВЗ містять за різними оцінками 250 – 2000 компонентів, однак лише 0,1 – 1,0 % від їх обсягу є токсичними. При цьому 80 – 95 % від загальної маси токсичних компонентів відпрацьованих газів припадає на такі п'ять: NO_x , CO , C_nH_m , RCOH , SO_2 . Нормуються NO_x , CO , C_nH_m , ТЧ [7, 8, 13, 16, 17].

Дизелі, зважаючи на специфіку організації їхнього робочого процесу, мають свої особливості складу відпрацьованих газів порівняно з ДВЗ інших типів. Так, у відпрацьованих газах дизеля вкрай мало продуктів неповного згоряння палива – CO і газоподібних C_nH_m , однак присутня значна кількість ТЧ, NO_x і SO_x . Головна особливість відпрацьованих газів дизеля полягає в антагоністичності факторів, які сприяють утворенню ТЧ і NO_x в робочому процесі. Це призводить до того, що узгодженням параметрів роботи дизеля неможливо отримати одночасно абсолютний мінімум емісій і ТЧ і NO_x , мова може йти лише про відшукування деякого оптимуму або компромісу [7, 8, 13, 16, 17].

Основним токсичним компонентом відпрацьованих газів дизелів незалежно від їх типу, розмірності і конструктивних особливостей є оксиди азоту NO_x – їхня частка у сумарних токсичних викидах за масою становить 30 – 80 % і 60 – 95% за еквівалентною токсичністю [7, 8, 13, 16, 17, 195, 196]. Вони на 80 – 90 % складаються з NO і NO_2 , а решта припадає на N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 .

Особливості утворення, потрапляння у навколишнє природне середовище і взаємодії з ним оксидів азоту і сірки виходить за межі тематики цієї монографії.

1.5. Тверді частинки як об'єкт дослідження

Тверді частинки – це всі субстанції, які, перебуваючи в суміші відпрацьованих газів з чистим повітрям при максимальній температурі 52 °C (125 F), затримуються фільтром зі скловолокна з тефлоновим покриттям і не є водою [56, 57]. Усі ТЧ поділяють на дві фракції – розчинні й нерозчинні. Розчинні ТЧ – це абсорбовані (поглинені усім обсягом) вуглеводні, що виділилися з палива або з моторної оливи. Вони можуть бути затримані лише при їхніх конденсації або адсорбції (осадженням на поверхні) за відповідних температур. Нерозчинні ТЧ складаються із сажі (тверді аморфні пористі агломерати гіллястої структури з вуглецю палива з незначною домішкою водню), сульфатів (твердих солей сірки палива і присадок моторної оливи), оксидів металів (з присадок палива і оливи), і абразивних частинок (продуктів зносу деталей двигуна), золи (металоорганічні сполуки, що утворюються в камері згоряння з моторної оливи).

Слід зазначити, що останнім часом склалася тенденція щодо заміни у спеціалізованій науковій літературі терміна «тверді частинки» на термін «дисперсні частинки». У зарубіжній літературі використовують термін «Particulate Matter» або РМ. У цій монографії буде використовуватися перший термін.

У 1 м³ сухих відпрацьованих газів автотракторних дизелів нерозчинні й розчинні ТЧ співвідносяться як 9:1. Нерозчинні ТЧ в середньому на 5 – 65 % за масою складаються з оксидів металів і сульфатів і на 25 – 95 % – із сажі, але конкретне співвідношення цих компонентів ТЧ залежить від режиму роботи дизеля, а їхня кількість – у прямій кореляції з витратою оливи на угар [7, 8, 13]. Сажа – це продукт крекінгу (розщеплення) вуглеводнів палива під впливом високої температури і при відсутності або дефіциті кисню, її частинки мають розміри в межах 0,01 – 100 мкм. Але основна маса частинок сажі має розміри в межах 0,5 – 10 мкм.

Головними особливостями сажі є дуже розвинена поверхня і, відповідно велика адсорбційна здатність. Саме тому в сажі присутні незгорілі вуглеводні і, що особливо небезпечно, поліциклічні ароматичні вуглеводні, яких у відпрацьованих газах налічується більше 20 видів. Такі речовини переходять з палива безпосередньо у відпрацьовані гази або утворюються під час піролізу важких фракцій палива в зонах з малим коефіцієнтом надлишку повітря. У камері згоряння дизеля ці речовини адсорбуються на поверхні частинок сажі й утримуються ними. Серед них – бенз(α)пірен C₂₀H₁₂ (рис. 1.4) – один з найбільш токсичних компонентів відпрацьованих газів, що являє собою один з найсильніших канцерогенів і використовується як маркер наявності таких речовин у відпрацьованих газах. Найбільш небезпечними частинками сажі є частинки з розмірами 0,1 – 1 мкм, оскільки вони здатні проникати крізь альвеоли легенів безпосередньо в кров людини або тварини. Тому частина ТЧ у сумарних токсичних викидах становить за масою до 7,5 % і 5 – 45 % за еквівалентною токсичністю [7 – 14, 195, 196].

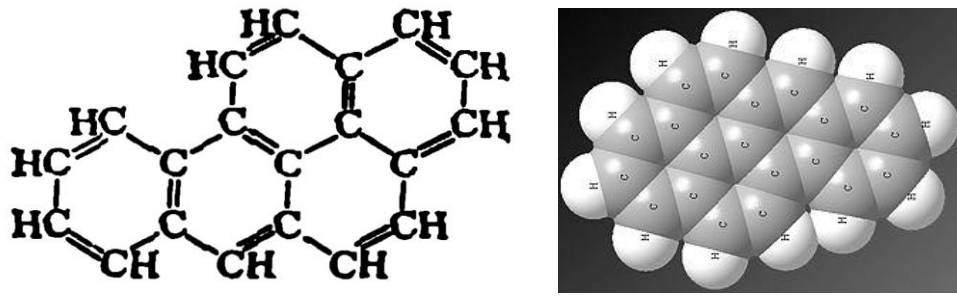


Рис. 1.4. Структура бенз(а)пірену

Крім того, сажа погіршує видимість у містах, входячи до складу смогу, забруднює воду і ґрунт (чорне димлення, яке стає видимим при концентрації сажі більшніж $0,1 \text{ г/м}^3$). Ще однією особливістю сажі, яка сильно ускладнює процес очищення відпрацьованих газів від неї, є її мала щільність, причому вона являє собою фракцію ТЧ, що має найбільшу питому вагу [7, 13].

Також у відпрацьованих газах дизелів присутні продукти реакцій їхніх шкідливих компонентів – нітроканцерогени, нітромагени [11, 12], і фулерени (алотропні форми вуглецю, що мають вигляд опуклих замкнених багатогранників з парним числом трикоординатних атомів вуглецю) несуть у собі (містяться у середині самого фулерену) і на собі (адсорбовані на його поверхні) поліциклічні ароматичні вуглеводні, які вкрай складно екстрагувати [552].

Механізм утворення сажі – це послідовність процесів термічного розкладання палива, утворення активних вуглеводневих частинок у полум'ї (факелі палива, що згоряє), зростання ядер сажі, агломерації цих частинок і їх окислення. Вміст сажі у відпрацьованих газах є результатом двох взаємно визначальних процесів – утворення і окислення сажі. У робочому циклі дизеля сажоутворення залежить від коефіцієнта надлишку повітря, особливостей сумішоутворення, властивостей палива, температури і тривалості згоряння. Підвищення вмісту сажі у відпрацьованих газах дизеля відбувається на перехідних режимах (через інерційність системи повітропостачання), а також на режимах з мінімальною частотою обертання колінчастого валу двигуна і повним навантаженням, де зменшується тиск наддувного повітря і погіршується якість сумішоутворення [5, 8, 13, 16 – 18].

ТЧ являють собою досить складне фізичне явище (матеріальний об'єкт фізичної реальності) і, відповідно, вкрай складний об'єкт наукового дослідження з усіма притаманними їм аспектами. Ось основні з тих, що не описані вище (внесок у токсичність відпрацьованих газів дизелів, особливості генезису у паливному факелі й особливих зонах камери згоряння дизеля, антагоністичність факторів генезису ТЧ і оксидів азоту, структура (рис. 1.5 [165]) і хімічний склад окремої ТЧ (рис. 1.6 [630, 698])).

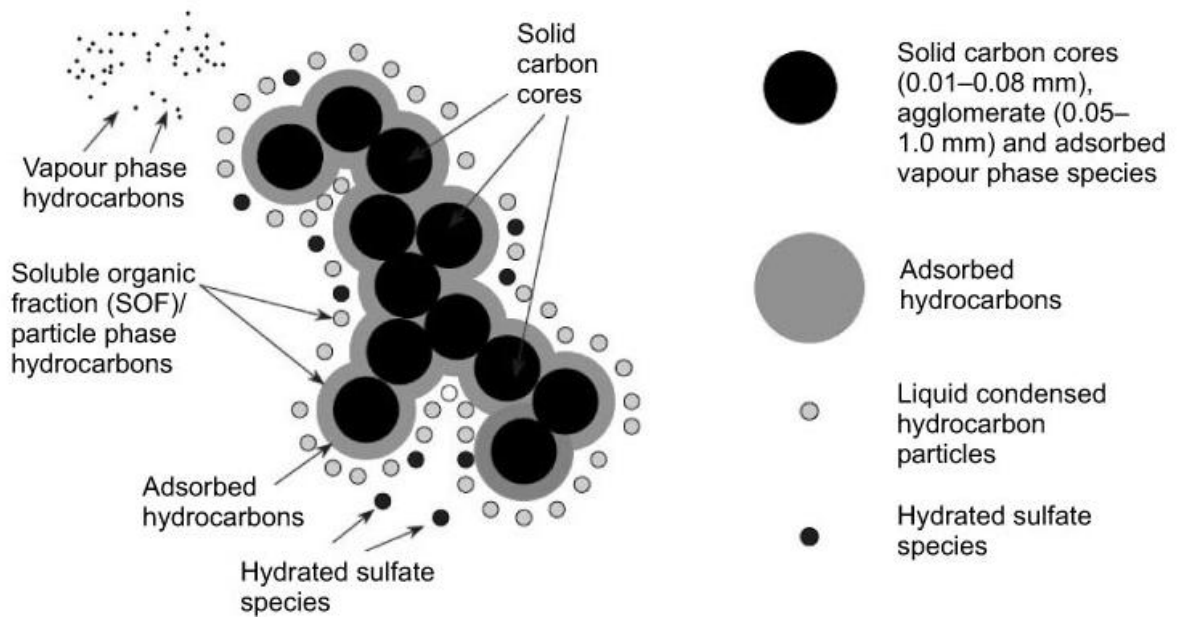


Рис. 1.5. Геометрична структура окремої ТЧ [165] (мовою оригіналу)

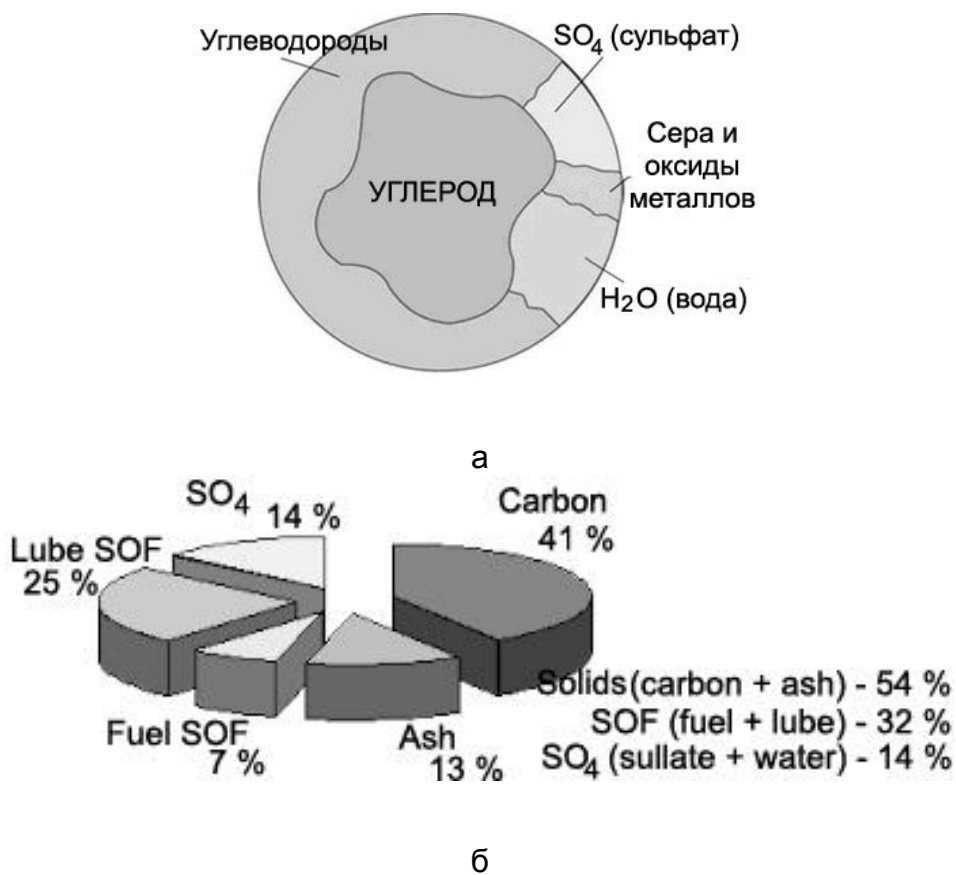


Рис. 1.6. Структура окремої ТЧ за складом (мовою оригіналу): а – принципова наочна [630]; б – діаграма [698]

Зовнішній вигляд конгломератів ТЧ при різних збільшеннях наведено на рис. 1.7 [134].

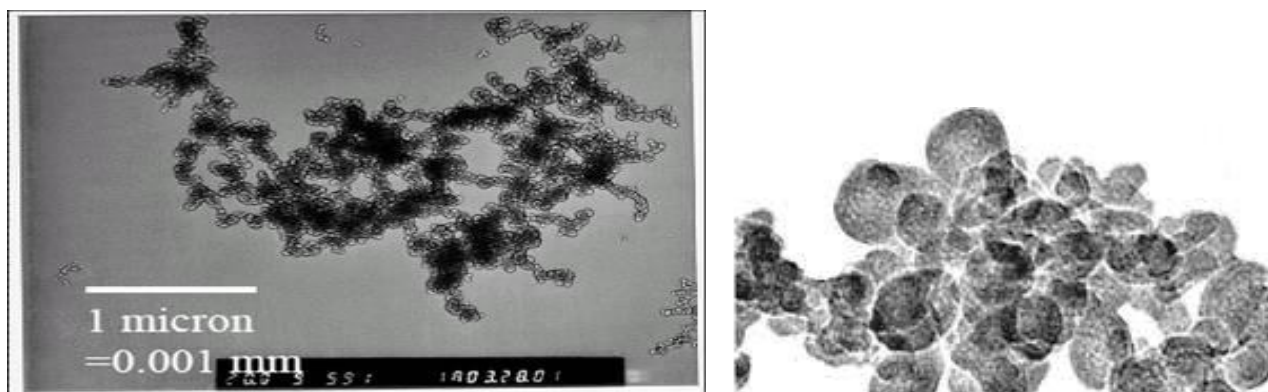


Рис. 1.7. Зовнішній вигляд ТЧ і їхніх конгломератів при різних збільшеннях [134] (мовою оригіналу)

По-перше. Розміри, геометрична структура і хімічний склад конгломератів ТЧ відрізняються для різних видів моторного палива, при згорянні якого ТЧ утворились, що проілюстровано на рис. 1.8 [134].

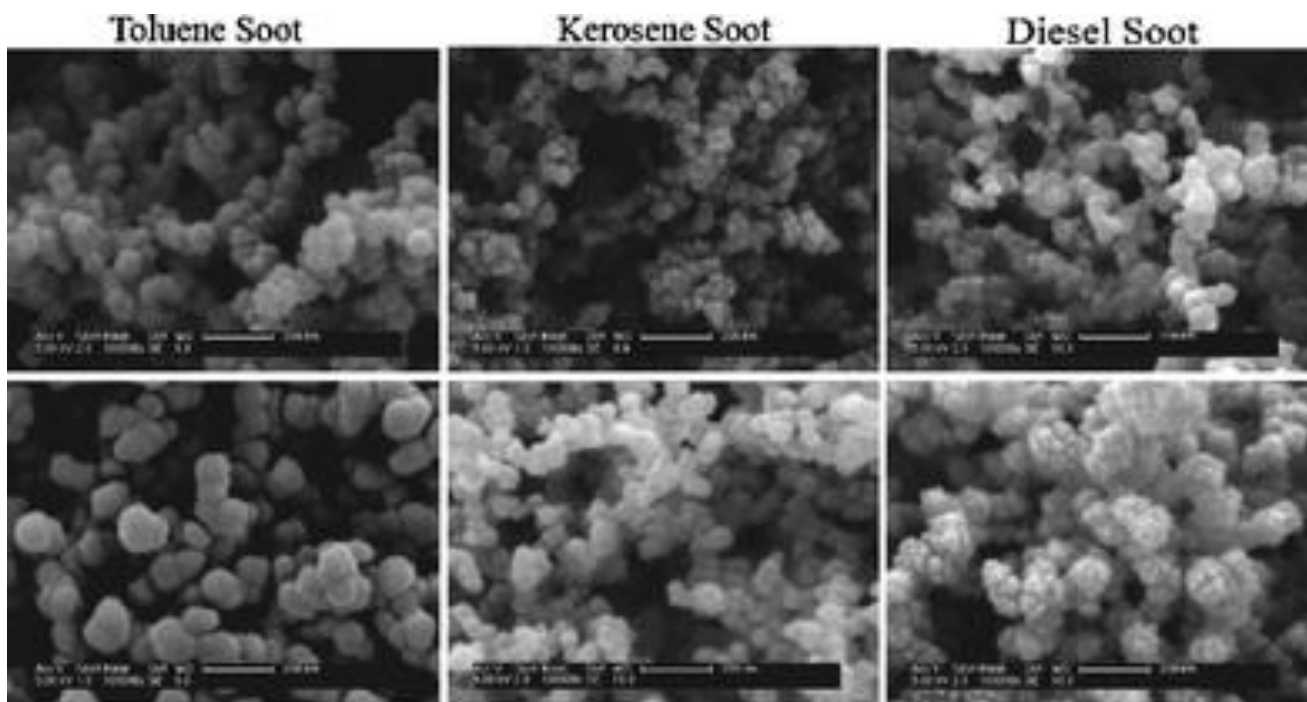


Рис. 1.8. Форма ТЧ і їхніх конгломератів, що утворились при згорянні різних видів моторного палива нафтового походження при однаковому збільшенні [134] (мовою оригіналу)

По-друге. ТЧ – це дисперсна фаза аерозолу «відпрацьовані гази – ТЧ», окремі частинки якої не відповідають одна одній ні за масою, ні за розміром (гідралічним радіусом), ні за співвідношенням складових (хімічним складом), ні за площею зовнішньої (адсорбуючої) поверхні, ні за і структурою. Їх розподіли за масою, рахунковою кількістю та за площею

зовнішньої поверхні у функції їхнього гідравлічного діаметра у потоці відпрацьованих газів безпосередньо на виході з циліндра дизеля наведено на рис. 1.9 [165]. Із зовнішнього вигляду цих кривих (експериментально отриманих функцій розподілу) стає зрозумілим, що самі розподіли далекі від нормального, а їхні максимуми (яких більше одного) не збігаються. Тому доцільним було б застосування для їх описання математичного апарата сімей кривих Пірсона (бета-розподілу), що можуть описати широкий клас розподілів, не близьких до нормального, або інших широкорозповсюджених [A.4.42].

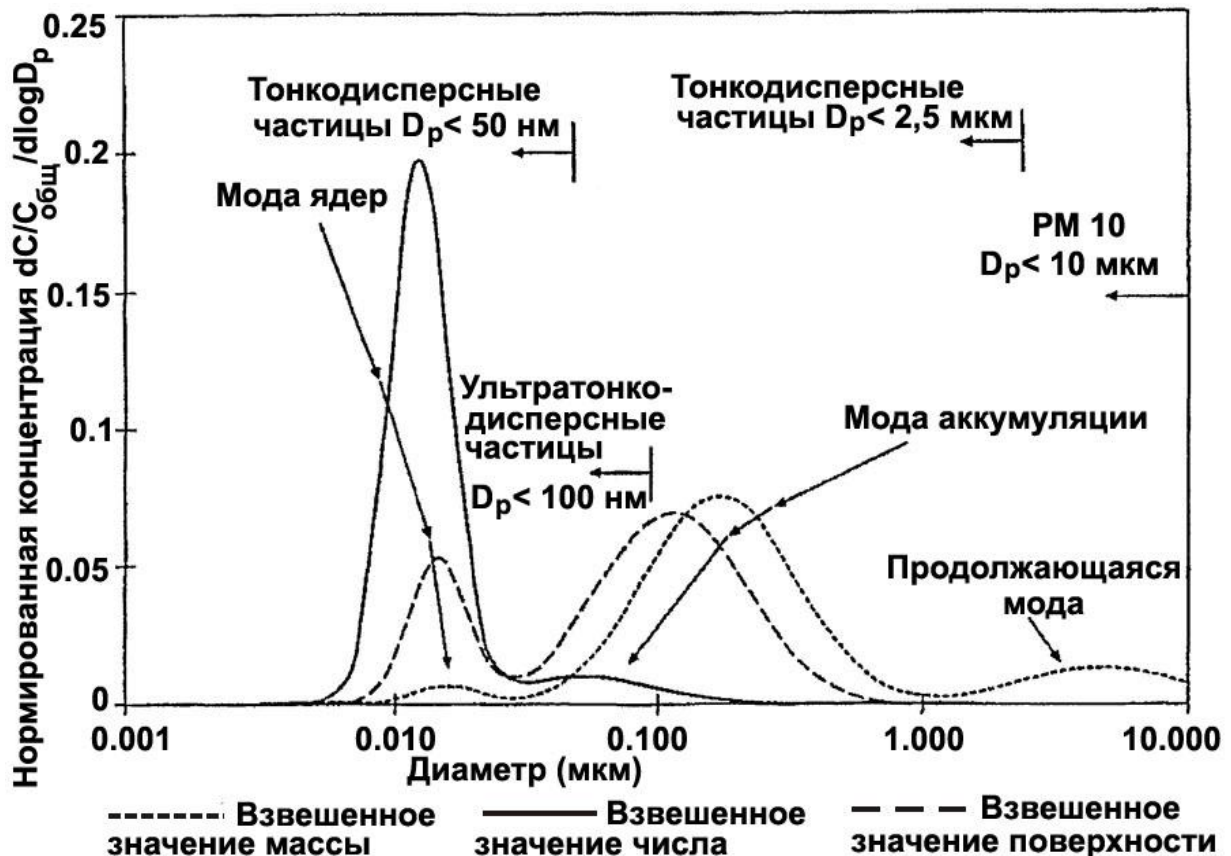


Рис. 1.9. Розподіл ТЧ за масою, рахунковою кількістю і площею зовнішньої поверхні у пробі відпрацьованих газів дизеля за середнім діаметром [165] (мовою оригіналу)

По-третє. Тип і параметри (максимальне значення і розміщення і кількість максимумів) таких розподілів значно відрізняються для різних режимів роботи дизеля, зокрема для різного рівня теплонапруженості деталей камери згорання дизеля (рис. 1.10. а) [346].

У четвертих. Окрема частинка у потоці відпрацьованих газів у випускному тракті дизеля має далеку від сферичної (складну розгалужену) геометричну форму і характеризується гідравлічним радіусом (еквівалентним або середнім діаметром), що дозволяє лише приблизно описати абсолютний рух частинки у тривимірному просторі (див. рис. 1.5, 1.7 і 1.8). Її взаємодію з твердим нерухомим тілом також неможливо описати моделлю ідеального удару з достатньою точністю.

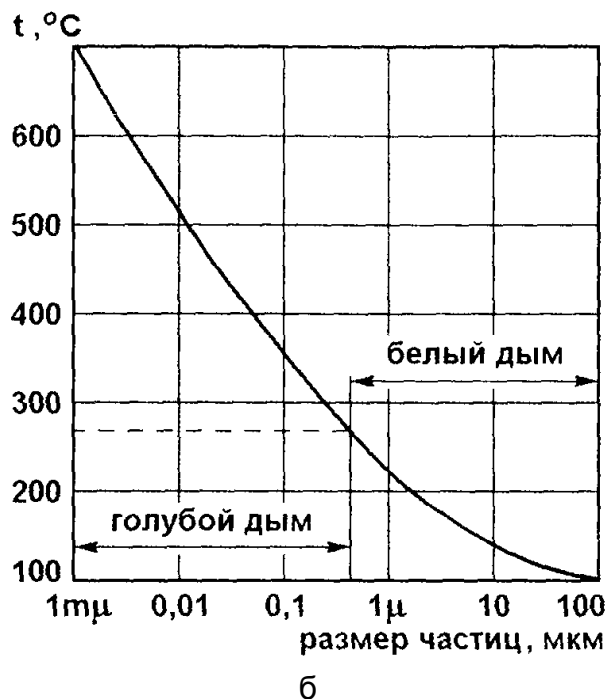
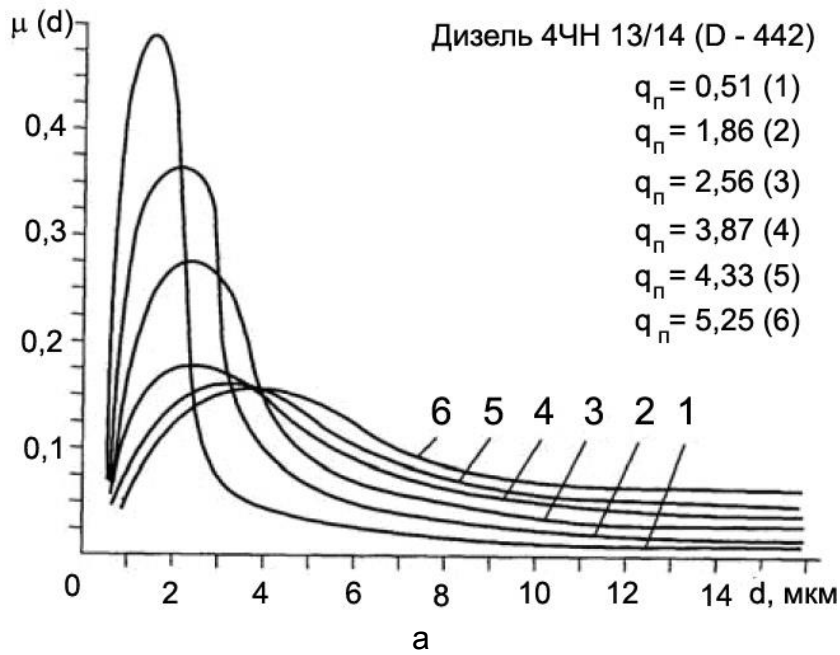


Рис. 1.10. Вплив температурних умов на розмір ТЧ (мовою оригіналу):
 а – розподіл ТЧ за середніми діаметрами у відпрацьованих газах дизеля розмірності 13/14 з об'ємно-плівковим сумішоутворенням залежно від теплової напруженості деталей його камери згоряння [346]; б – залежність температури відпрацьованих газів від середнього діаметра ТЧ і забарвлення диму [17]

У п'ятих. Значною є зміна характеристик ТЧ під час руху аерозолі «відпрацьовані гази – ТЧ» у випускному тракті дизеля. Первинні ТЧ, що утворились у камері згоряння дизеля, мають геометричну форму, що значно більш близька до сферичної й складається з сажового ядра і адсорбованого на ньому шару з незгорілих C_nH_m моторного палива і оливи, а також частинки золи від згоряння метало- і сірковмісних фракцій

та присадок палива й оливи (див. рис. 1.5 – 1.8) [134, 165, 630]. При русі потоку аерозолію «відпрацьовані гази – ТЧ» у випускному тракті дизеля відбуваються зростання розмірів ТЧ і зміна форми самих частинок, причинами чого є два характерні процеси:

1-й – адсорбція незгорілих C_nH_m на первинних ТЧ внаслідок їхньої конденсації при зменшенні температури відпрацьованих газів і самих ТЧ через теплообмін і розширення потоку відпрацьованих газів, тобто збільшення маси і розмірів частинок дисперсної фази аерозолію за рахунок переходу у них компонентів дисперсного середовища;

2-й – коагуляція ТЧ під дією їхніх зіткнень у турбулентному потоці відпрацьованих газів, значних адсорбційних властивостей сажових ядер і адгезивних властивостей шарів C_nH_m у конгломерати розгалуженої структури (див. рис. 1.5 – 1.8).

Результат дії обох процесів – зростання розмірів частинок дисперсної фази аерозолію «відпрацьовані гази – ТЧ» у функції температури дисперсного середовища (самих відпрацьованих газів), а фактично – вздовж довжини випускного тракту дизеля, що може бути проілюстровано кривою (див. рис. 1.10, б) [17].

По-шосте. Дія ТЧ на організм людини і тварини має широкий спектр. ТЧ містять канцерогенні й мутагенні C_nH_m а також вирізняються широким діапазоном зміни значень їхніх розмірів – від десятків нанометрів до десятків мікрометрів. У організм живої істоти ТЧ потрапляють переважно через органи дихальної системи. Розподіл відкладених ТЧ за розмірами вздовж дихального тракту людини наведено на рис. 1.11 [16, 699].

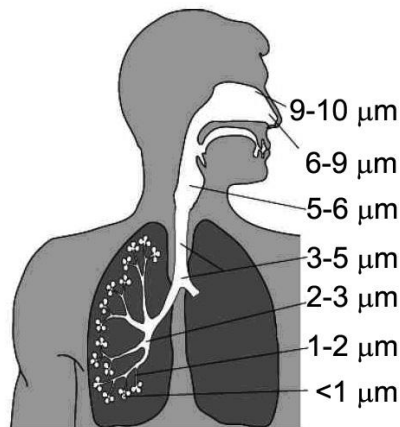


Рис. 1.11. Місця накопичення ТЧ у дихальній системі людини залежно від їхніх розмірів [16, 699] (мовою оригіналу)

З наведеного рисунку видно:

- фракції ТЧ з розмірами 5 – 10 мкм відкладаються у верхніх дихальних шляхах і виводяться з мокротою;
- фракції ТЧ з розмірами 3 – 5 мкм відкладаються у трахеї виводяться так само;
- фракції ТЧ з розмірами 1 – 3 мкм відкладаються у бронхах і

виводяться з мокротою не повністю, частково засмічують легені, що призводить до силікозу;

– фракції ТЧ з розмірами, меншими за 1 мкм, потрапляють безпосередньо у кров крізь альвеоли легень.

Співвідношення усереднених розмірів первинної сажової частинки з адсорбованим шаром C_nH_m , конгломерату ТЧ, людської волосини і піщинки проілюстровано на рис. 1.12 [336 – 349, 700].

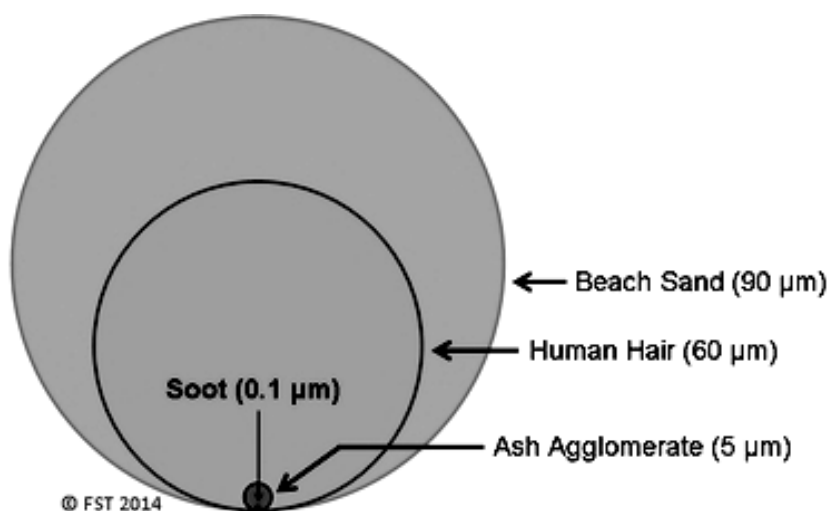


Рис. 1.12. Співвідношення усереднених розмірів первинної сажової частинки з адсорбованим шаром C_nH_m , конгломерату ТЧ, людської волосини і піщинки [336-349, 700] (мовою оригіналу)

Особливості нормування викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизелів описано, в першу чергу, у Правилах ЄЕК ООН № 49 і № 96 [56, 57], а також у інших джерелах [8, 9, 13, 16].

1.6. Засоби визначення вмісту твердих частинок у потоці відпрацьованих газів дизелів

Засоби експериментального визначення (прямим або непрямим вимірюваннями) параметрів ТЧ – засоби вимірювальної техніки – слід поділити за об'єктом дослідження на такі:

1. ТЧ у потоці відпрацьованих газів (аерозоль «відпрацьовані гази – ТЧ») – емісія (вміст, концентрація) ТЧ у відпрацьованих газах; викид ТЧ з відпрацьованими газами; димність відпрацьованих газів (оптична щільність); середні по потоку відпрацьованих газів еквівалентний діаметр, зовнішня поверхня, рахункова кількість, маса частинок; розподіли цих величин по потоку відпрацьованих газів і по режимам роботи дизеля тощо;

2. ТЧ як такі – хімічний склад; геометрична форма; структура; маса; зовнішня поверхня; рахункова кількість; розміри частинок у пробі; їхні середні значення і розподіли по пробі та по режимам роботи дизеля тощо.

За видами фізичних величин характеристики ТЧ можна поділити на такі:

1. Абсолютні – фізичні величини, що безпосередньо виражають чисельне значення параметрів аерозолі «відпрацьовані гази – ТЧ» або самих ТЧ.

2. Питомі – абсолютні фізичні величини, віднесені до параметрів проби (маси, об'єму, кількості речовини тощо), значень конструктивних характеристик (робочого об'єму, площі перерізу випускного тракту, розмірності тощо) або показників робочого процесу дизеля (витрат палива, відпрацьованих газів, мастила на угар, ефективної потужності тощо).

3. Середньоексплуатаційні – абсолютні й питомі фізичні величини, усереднені за строком експлуатації або за випробувальним циклом.

Засоби вимірювальної техніки і відповідні методи вимірювань для визначення властивостей ТЧ як таких у цій монографії розглядатися не будуть, оскільки є загальноприйняті відомі фізичні й хімічні методи, їх описано у [13].

Дослідження характеристик аерозолі «відпрацьовані гази – ТЧ» або самих ТЧ також може бути виконано для таких видів режимів роботи дизеля:

1. Стаціонарні, коли основні режимні параметри дизеля не змінюються у часі.

2. Перехідні, коли основні режимні параметри дизеля прогнозовано змінюються у часі.

Основні способи визначення масового викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизелів, а також деяких інших параметрів аерозолі «відпрацьовані гази – ТЧ» і самих ТЧ, за використаними способами доцільно поділити на оптичні, вагові, експериментально-розрахункові, розрахункові.

1.6.1. Оптичні способи визначення масового викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизелів. На використанні оптичних способів основана робота таких приладів:

1. Прилади для вимірювання оптичної щільності відпрацьованих газів (димоміри типу Хартридж) – визначають значення коефіцієнтів поглинання світлового потоку K (y м^{-1} , $K = 0 \dots \infty$) і послаблення світлового потоку N_D ($\text{y } \%$, $N_D = 1 \dots 100$) стовпа (шару) проби охолоджених відпрацьованих газів, крізь який пропускається світловий потік з відомими (заданими) параметрами від каліброваного джерела світла, що реєструється за показами світлочутливого елемента. При цьому проба відпрацьованих газів відбирається або зондом з випускного тракту дизеля (частково-поточні), або безпосередньо з його вихідного зрізу (повно-поточні).

Зовнішній вигляд димоміра ІНФРАКАР-Д, що застосовується у лабораторії відділу поршневих ЕУ ІПМаш НАН України, його принципову схему роботи, схему вимірювань за ГОСТ 24028-80 [61] подано на рис. 1.13 [А.1.1 – А.1.4, 69].

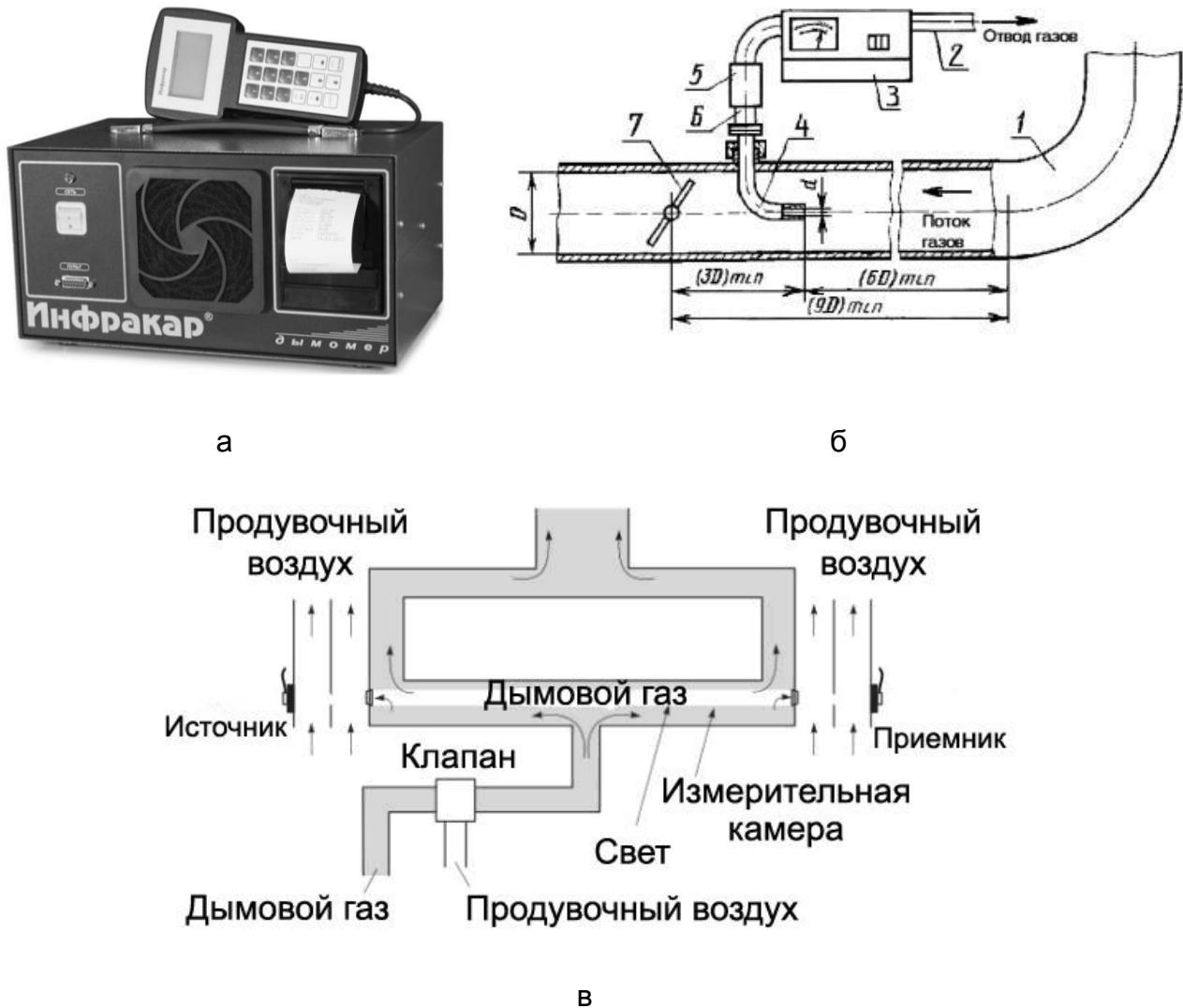


Рис. 1.13. Димомір ІНФРАКАР-Д [А.1.1] (мовою оригіналу):
 а – зовнішній вигляд; б – схема вимірювань за ГОСТ 24028-80; в – схема роботи

2. Прилади лазерної цифрової голографії побудовані на використанні перспективного принципу, за яким стовп проби відпрацьованих газів сканується лазерним променем, який потрапляє на світлочутливу електронну піксельну матрицю високої швидкодії, якщо не відбивається від ТЧ (розсіюється). Інформація з матриці обробляється ЕОМ, на основі чого будується голограма методом інтерференції. При аналізі останньої встановлюються діаметри, маса і об'єм ТЧ і розподіл за ними їхньої кількості. Схему вимірювань таким методом і його результати наведено на рис. 1.14 [346].

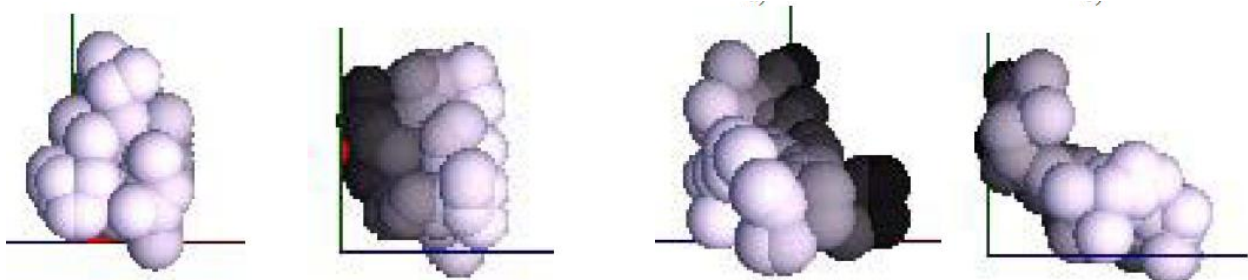
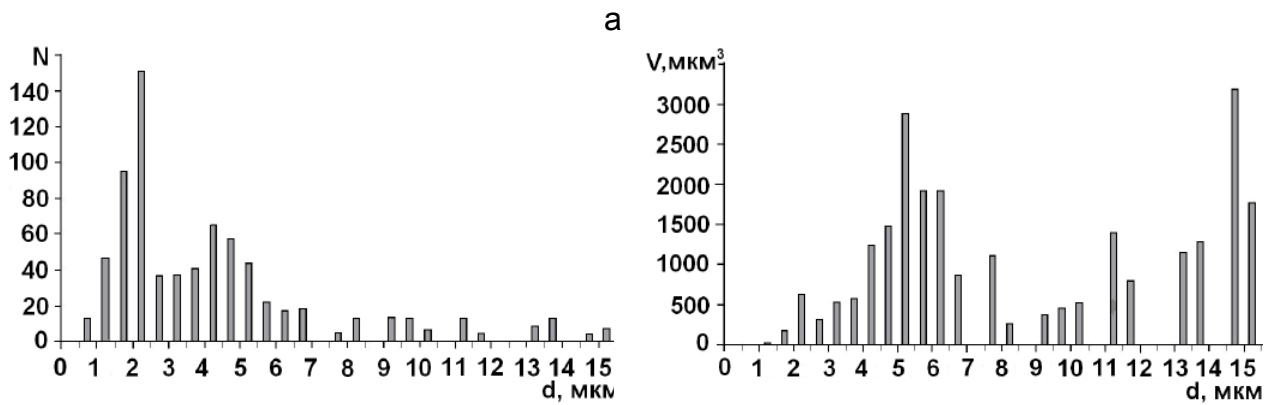
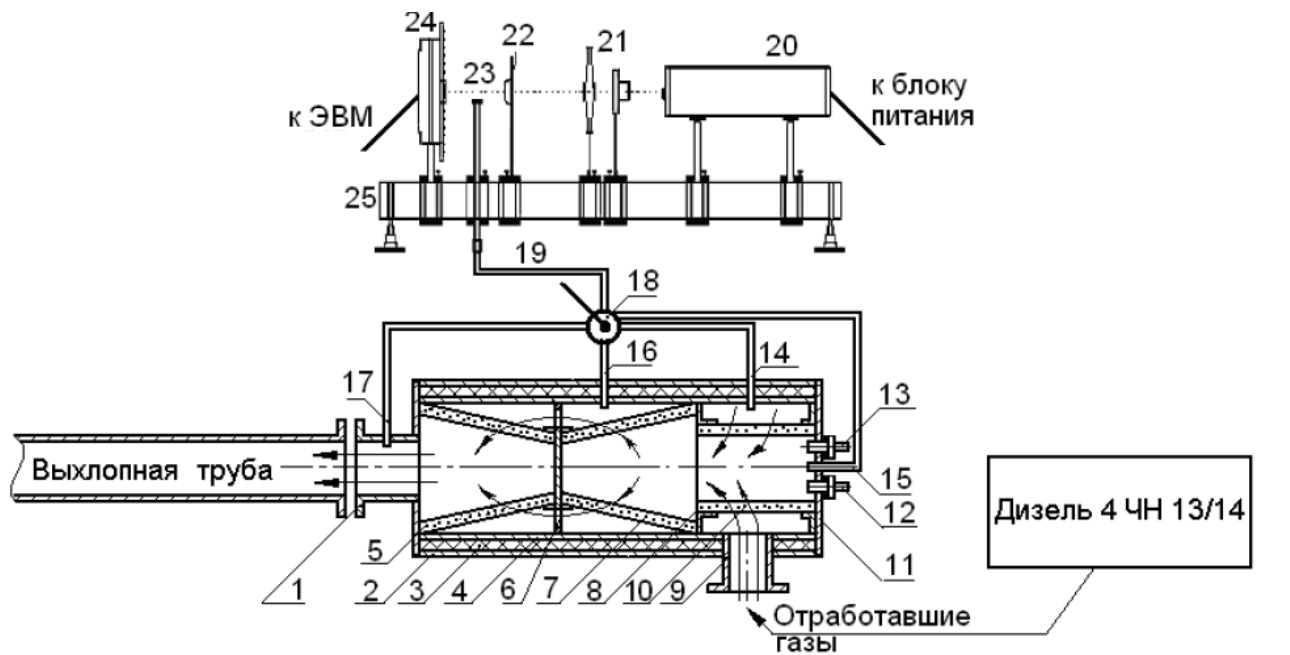


Рис. 1.14. Вимірювання параметрів ТЧ у потоці відпрацьованих газів оптичним способом лазерної цифрової голографії [346] (мовою оригіналу):
 а – схема установки; б, в – результати вимірювань для різних режимів роботи дизеля;
 г – голографічне зображення окремої ТЧ у різних її положеннях у просторі;
 1 – випускний патрубков; 2 – кожух; 3 – термоізоляція; 4 – корпус реактора;
 5 – відновлюваний елемент; 6 – перегородка; 7 – окислювальний елемент;
 8 – перегородка; 9 – впускний патрубков; 10 – сажовий пористий елемент; 11 – кришка;
 12 – свічка розжарювання; 13 – газовий клапан; 14 – 17 – зонди з порожнин
 нейтралізатора; 18 – кран перемикання зондів; 19 – гнучкий підвід відпрацьованих газів
 до установки; 20 – лазер ЛГ-72; 21 – коліматор; 22 – діафрагма; 23 – трубка підводу
 відпрацьованих газів; 24 – швидкісна відеокамера VS-СТТ-285-2001;
 25 – кріпільна станина

3. Прилади способу фільтрації вихлопу (димоміри типу Бош) – принцип їх роботи оснований на пропусканні проби відпрацьованих газів певного обсягу крізь спеціальний тефлоновий або паперовий фільтр і подальшому визначенні ступеня його чорноти оптичним методом, або візуально (порівнюючи з еталоном), або за допомогою фотометра (показує, чи реєструє параметри відбитого від поверхні фільтра потоку світла від каліброваного джерела), або за допомогою спеціальних графічних програм для роботи з зображеннями, які отримують скануванням стабілізованого просушеного фільтра [20, 21, 45].

Останній спосіб досліджується і використовується як альтернативний у відділі поршневих ЕУ ІПМаш НАН України [А.1.1 – А.1.4, 69]. Схему відбору проб і будову пристрою для відбору проб, зразки фільтрів і еталону наведено на рис. 1.15.

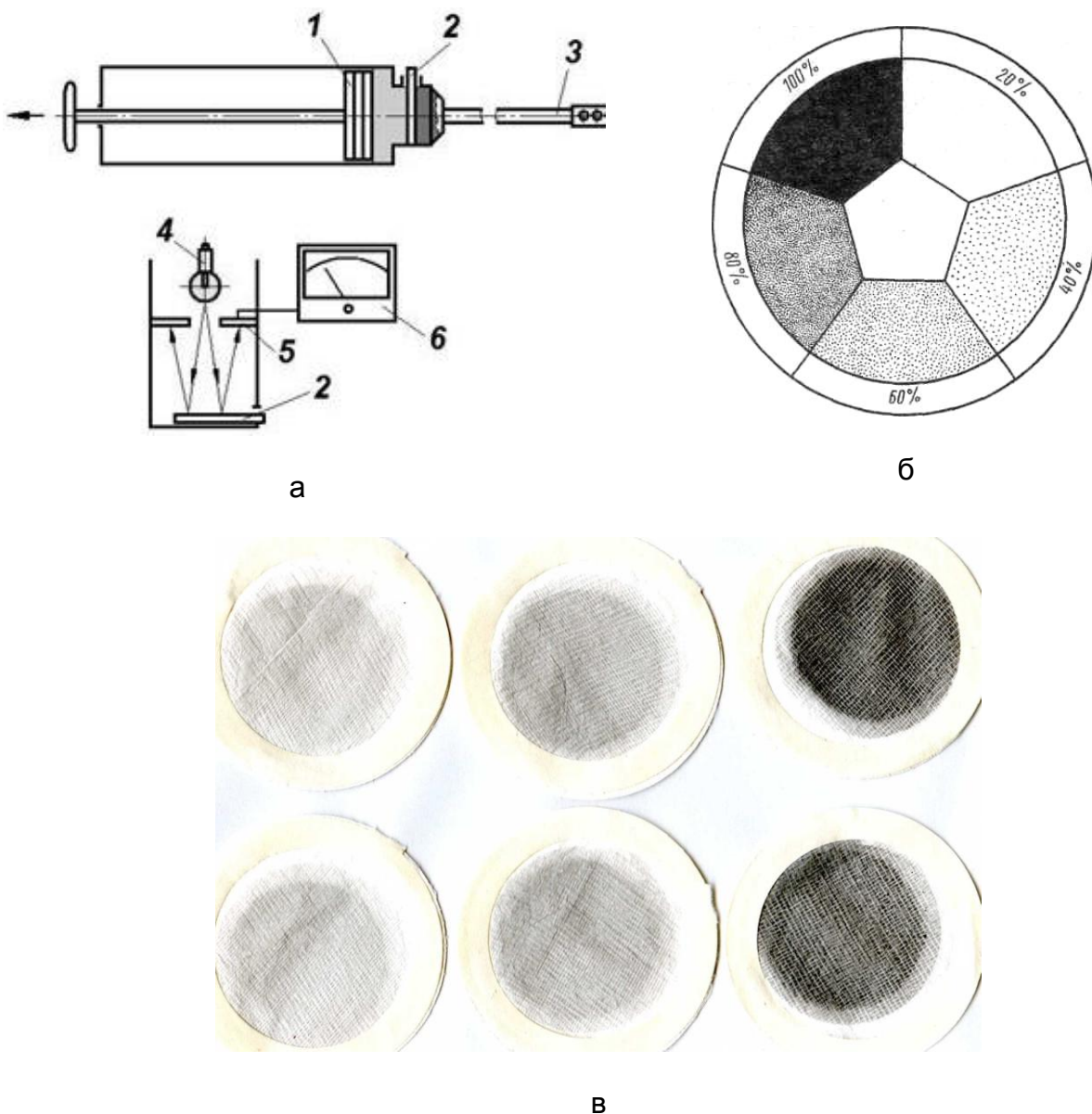


Рис. 1.15. Димомір типу Бош [20, 21, 45]:
а – схема відбору проб і отримання показів; б – еталон; в – зразки фільтрів

1.6.2. Вагові способи визначення масового викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизелів. Прилади, роботу яких зосновано на ваговому (гравіметричному) способі, носять назву тунелів. Їхній принцип роботи полягає у пошуку різниці між вагою чистих тефлонових фільтрів і вагою спеціальним чином підготовлених (висушених за певної температури певний час – стабілізованих) тих самих тефлонових фільтрів, крізь які пройшла спеціальним чином підготовлена (охолоджена і одно- або двократно розбавлена у певному співвідношенні чистим атмосферним повітрям з метою імітації процесу розсіювання ТЧ у атмосфері) проба відпрацьованих газів, відібрана ізокінетичним пробовідбірником з певного місця потоку у випускному тракті дизеля або тунеля, що його імітує. За частиною потоку відпрацьованих газів, що надходить до тунеля, такі засоби виміральної техніки поділяють на повно- (весь потік відпрацьованих газів від дизеля) і частково-поточні (деяка представницька частина потоку) тунелі, а останні – на міні- та мікротунелі (за габаритними розмірами самих тунелів відрізняються втричі). Принципові схеми будови і відбору проб у міні- та мікротунелях наведено на рис. 1.16, схему роботи мікротунеля МК-2, його зовнішній вигляд і зовнішній вигляд камери для стабілізації й зважування тефлонових фільтрів – на рис. 1.17 [66].

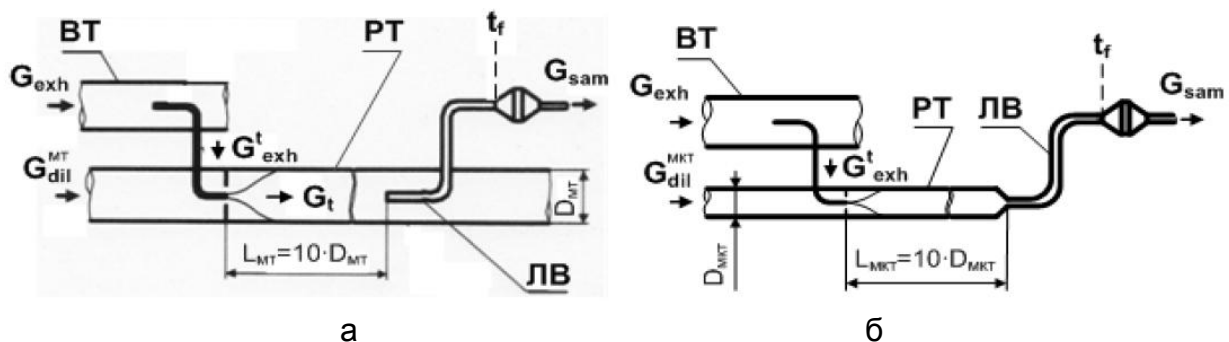
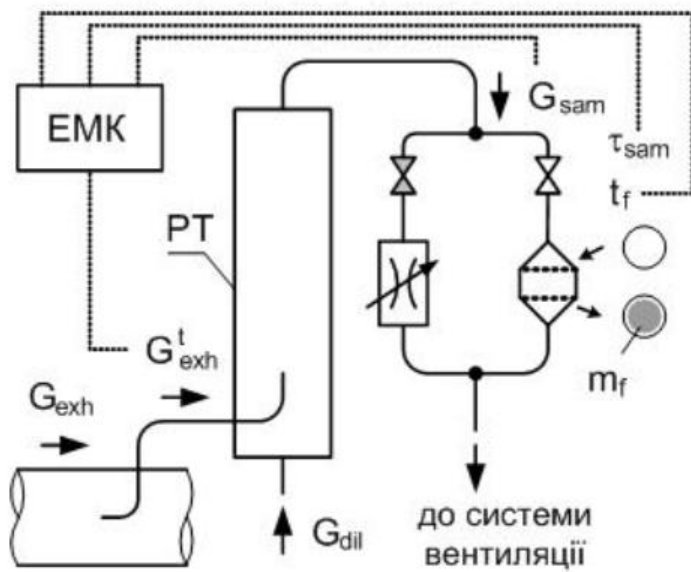


Рис. 1.16. Схеми будови і відбору проб у тунелях [66]:
а – мінітунель; б – мікротунель

1.6.3. Розрахунково-експериментальні способи визначення масового викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизелів. До розрахунково-експериментальних способів визначення параметрів ТЧ у потоці відпрацьованих газів дизеля можна віднести застосований у відділі поршневих ЕУ ІПМаш НАН України як альтернативний підхід до визначення масового викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизеля [А.1.1 – А.1.4, 69], що розраховується за відомою і достовірною формулою перерахунку д-ра техн. наук, професора І. В. Парсаданова (кафедра ДВЗ НТУ «ХПІ»), за значеннями безпосередньо виміряних параметрів токсичності і димності відпрацьованих газів дизеля (що характеризують різні аспекти формування ТЧ у потоці відпрацьованих газів) – коефіцієнта поглинання світлового потоку у пробі відпрацьованих газів (показник димності відпрацьованих газів) і об'ємної концентрації незгорілих вуглеводнів у пробі відпрацьованих газів, а також режимними параметрами дизеля – масові витрати повітря і палива дизелем на *i*-му стаціонарному режимі роботи.



а



б



в

Рис. 1.17. Мікротунель МК-2 [66]:

а – схема роботи; б – зовнішній вид тунелю; в – зовнішній вид камери для стабілізації та зважування тефлонових фільтрів

Формулу отримано в результаті аналізу даних, які одержано при сертифікаційних випробуваннях автотракторного дизеля СМД-31 на моторному стенді фірми Ricardo, обладнаному повно-поточним тунелем. Формула має такий вигляд [8], кг/год:

$$G_{ТЧ} = \left(2,3 \cdot 10^{-3} \cdot N_D + 5 \cdot 10^{-5} \cdot N_D^2 + 0,145 \cdot \frac{C_{СН} \cdot 4,78 \cdot 10^{-7} \cdot (G_{пов} + G_{пал})}{0,7734 \cdot G_{пов} + 0,7239 \cdot G_{пал}} + 0,33 \cdot \left(\frac{C_{СН} \cdot 4,78 \cdot 10^{-7} \cdot (G_{пов} + G_{пал})}{0,7734 \cdot G_{пов} + 0,7239 \cdot G_{пал}} \right)^2 \right) \times \frac{(0,7734 \cdot G_{пов} + 0,7239 \cdot G_{пал})}{1000}, (1.1)$$

де N_D – коефіцієнт поглинання світлового потоку у пробі відпрацьованих газів, %; $C_{СН}$ – об'ємна концентрація незгорілих вуглеводнів у пробі відпрацьованих газів, млн^{-1} (ppm); $G_{пов}$ – масові витрати повітря дизелем на i -му стаціонарному режимі роботи, кг/год; $G_{пал}$ – масові витрати палива дизелем на i -му стаціонарному режимі роботи, кг/год.

1.6.4. Розрахункові способи визначення масового викиду ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизелів. Розрахункові способи визначення параметрів потоку аерозолу «відпрацьовані гази – ТЧ» або самих ТЧ ґрунтовані на застосуванні математичного моделювання, а їхні результати завжди потребують експериментальної верифікації [217, 219 – 221, 291, 292, 298]. Ця тематика виходить за межі об'єкта і предмета цієї монографії.

Окремо слід зазначити, що наведене у даному підрозділі стосується отримання даних щодо властивостей і параметрів аерозолу «відпрацьовані гази – ТЧ» або самих ТЧ для стаціонарних режимів роботи дизелів. Описання особливостей таких досліджень для перехідних режимів виходить за межі тематики цієї монографії. Підходи до таких досліджень наведено у [206, 207].

1.7. Структура парку автотранспортних засобів України

Все вищевикладене стосується нових АТЗ і ДВЗ. Технічний рівень ДВЗ, що знаходяться в експлуатації, відповідав рівню розвитку підгалузі на момент випуску, але не відповідає сучасним вимогам до паливної економічності, собівартості технічного обслуговування і ремонту, надійності. Радикального приросту цих характеристик модернізацією досягти неможливо. Проте вимоги до екологічності безвідносні терміну експлуатації ДВЗ і АТЗ з таким двигуном допускаються до експлуатації тільки разом із введенням економічних санкцій для їхніх власників – штрафів, підвищених податків і зборів, ненадання пільг і преференцій, часткової або повної заборони експлуатації АТЗ. Це призводить до необхідності розроблення методів приведення екологічних показників ДВЗ більш ранніх років випуску до вимог сучасних норм. Парк АТЗ України характеризується значною кількістю одиниць техніки, яка досягла високого

ступеня морального і фізичного зносу, але попри все не може бути виведена з експлуатації через різні причини – це ДВЗ сільськогосподарської та військової техніки, будівельних і дорожніх машин, а також тепловозні, суднові й поршневі авіаційні ДВЗ.

Середній термін експлуатації автомобіля у країнах ЄС становить 8 років, в Україні цей показник для вітчизняних марок АТЗ знаходиться на рівні 14 – 16 років, а для іномарок – 10 – 12 років. Автопарк України за віковим показником автомобілів станом на 2009 рік складався з таких сегментів: до 5 років – 22 %, 6 – 8 років – 10 %, понад 9 років – 68 % [559, 560].

Український авторинок далекий від насичення. В середньому по Україні показник автомобілізації становить 130 автомобілів на 1000 жителів (у країнах ЄС він становить 400 – 600 автомобілів на 1000 жителів). Обсяг первинного ринку автомобілів в Україні в 2009 році становив 162 291 автомобіль, а вторинного – удвічі більше, оскільки ціна автомобіля з пробігом в 2 – 3 рази нижча за ціну нового автомобіля. Тенденції авторинку України в часовому проміжку з 2008 по 2009 рр. для його різних сегментів такі: реєстрація нових автомобілів – 59,5 % в 2008 р., і 32,2 % в 2009 р., перепродаж автомобілів з пробігом на внутрішньому ринку – 40 і 67,2 % відповідно, реєстрація імпортованих автомобілів з пробігом – 0,5 і 0,6 %.

Станом на 2009 р. величина автопарку України становила близько 6 млн АТЗ. З них близько 70 % становили автомобілі вітчизняних марок: (ВАЗ – 37 %, ЗАЗ – 15 %, Москвич – 13 %, ГАЗ – 5 %), а на автомобілі марок Opel, Daewoo, Volkswagen, Chevrolet, Ford, Toyota, Mitsubishi, Skoda, Nissan, Mercedes, Mazda, Hyundai, Audi припадало 5 – 2 % одиниць автопарку відповідно, на інші – 10 %.

На вторинному ринку в Україні в 2009 р. з проданих автомобілів 45 % становили автомобілі виробництва країн СНД, з яких 38 % припадало на автомобілі марки ВАЗ, а найбільш продаваною моделлю автомобіля на ринку стала Daewoo Lanos. Брендова структура продажів комерційних автомобілів (Карго, микротрекери, вантажні автомобілі) з пробігом на авторинку України станом на 2008 і 2009 рр. вигляд мала такий: ГАЗ – 14 і 18 % відповідно, Volkswagen – 17,5 і 17,7 %, Mercedes-Benz – 19 і 17 %, Ford – 8 і 7,5 %, Renault – 9 і 8 %, Fiat – 6,5 і 6 %, ЗАЗ – 2,5 і 3,5 %, Peugeot – 3,3 і 3,2 %, Іж – 2 і 3 %, УАЗ – 2,7 і 2,9 %, Citroen – 3 і 2,7 %, Opel – 2,9 і 2,6 %, інші – 9 і 8 % [559, 560].

Середній термін експлуатації АТЗ в автопарку України станом на 01.01.2001 р. становив 17,1 року, станом на 01.01.2006 р. – 18,5 років (історичний максимум), станом на 01.01.2011 р. – 18,2 роки. Таким чином, середньостатистичний автомобіль на дорозі в Україні – це машина 1993 року випуску, переважно ВАЗ [559, 560].

У структурі автопарку нашої країни є досить велика кількість АТЗ іноземного виробництва, обладнаних системами зниження токсичності

відпрацьованих газів, але на практиці багато з цих АТЗ таких систем вже не мають. Це відбувається через вельми дорогий ремонт таких систем, схильних до негативного впливу відпрацьованих газів, що утворилися з неякісних палив, а також схильних до термічного руйнування. Ще двома причинами такого явища є відсутність державного нагляду за виконанням законодавчо встановлених норм токсичності відпрацьованих газів і відсутність кваліфікованого персоналу в штаті офіційних представництв іноземних торгівельних марок.

Зазвичай після виходу з ладу такої системи її повністю демонтують з борту АТЗ разом з датчиками тиску і температури відпрацьованих газів, кисню у відпрацьованих газах і замінюють відрізком трубопроводу і так званим емулятором роботи системи очищення відпрацьованих газів (з переналаштуванням електронного блоку керування). Емулятор генерує сигнали датчиків випускної системи АТЗ за їхньої фізичної відсутності за закладеною в нього програмою і подає їх в електронний блок керування ДВЗ або АТЗ. При цьому електронний блок керування для моделей АТЗ, що відрізняються тільки наявністю системи очищення відпрацьованих газів, мають різну архітектуру і не є взаємозамінними. Витрати на фізичне й програмне видалення ФТЧ становлять 400 – 700 \$ [<http://chiptuning.com.au/dpf-removal-service>] залежно від розмірності корпусу ФТЧ і можливості відділення від нього фільтрувального елемента. Достовірно точно оцінити кількість АТЗ, обладнаних емуляторами, складно.

1.8. Основні проблеми забезпечення виконання законодавчо встановлених норм екологічної безпеки енергетичних установок, оснащених поршнеvim ДВЗ, в Україні

Як указано вище, на територіях України, Російської Федерації та країн Європейської Спільноти діють законодавчо встановлені норми екологічності АТЗ і спеціальної техніки, що оснащені дизельним поршнеvim ДВЗ [51, 69]. Це Правила ЄЕК ООН № 49 (для АТЗ) і № 96 (для спеціальної техніки) рівнів EURO III, IV і V відповідно [56, 57]. У цих документах подано гранично допустимі значення масового викиду нормованих поллютантів у відпрацьованих газах дизелів, методики проведення випробувань, перелік і параметри режимів випробувальних циклів, вид і характеристики засобів вимірювальної техніки.

Однак проконтролювати додержання вимог цих норм наразі не є можливим як для нових одиниць АТЗ і спеціальної техніки, так і для таких об'єктів, що перебувають у експлуатації. Відповідно практично неможливим є також застосування відповідних санкцій до автовласників, АТЗ і спеціальна техніка яких не відповідають цим нормам, а також вилучення з експлуатації таких об'єктів. Такий стан зумовлено такими причинами:

1. Скасування щорічних обов'язкових технічних оглядів АТЗ і спеціальної техніки у органах Державтоінспекції (ДАІ) МВС України. Радикальне реформування структури МВС України, розформування Державтоінспекції.

2. Скасування процедури перевірки показників токсичності АТЗ і спеціальної техніки на стаціонарних постах ДАІ.

3. Відсутність обов'язкових сертифікаційних досліджень одиниць АТЗ і спеціальної техніки, що ввозяться на територію України, або слідує її територією транзитом на в'їзних пунктах пропуску митниць.

4. Відсутність сертифікованих сучасних засобів дослідження і контролю показників токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ такої техніки у достатній кількості як на ринку, так і у лабораторіях наукових установ і вищих навчальних закладів.

5. Відсутність фактичного контролю якості паливо-мастильних матеріалів, що виробляються на вітчизняних нафтопереробних заводах або ввозяться з-за кордону і реалізуються мережами автозаправних станцій.

6. Відсутність заходів державного стимулювання додержання таких норм: надання податкових пільг, знижок на паркування і паливо, спрощених процедур оформлення документації тощо.

7. Відсутність державного замовлення на виробництво соціальної рекламної продукції, що роз'яснює, популяризує цю проблематику і впливає на рівень громадянської свідомості автовласників.

8. Відсутність на ринку пропозицій сертифікованих систем і окремих агрегатів для зниження токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ АТЗ і спеціальної техніки вітчизняного виробництва відповідної якості і невисокої вартості.

9. Відсутність державного замовлення на розроблення силами вітчизняних науковців і впровадження у виробництво на вітчизняних промислових підприємствах систем очищення відпрацьованих газів поршневих ДВЗ, засобів дослідження і контролю кількісного і якісного складу відпрацьованих газів, методик і стендів для випробувань АТЗ і їхніх поршневих ДВЗ.

10. Відсутність законодавчої заборони на використання так званих емуляторів роботи систем очищення відпрацьованих газів поршневих ДВЗ, що програмно імітують їхньої наявності за їх несправної роботи або відсутності.

11. Економічна і політична ситуація в Україні з кінця 2013 і по теперішній час відсуває проблематику екологічної безпеки експлуатації транспорту на другорядні позиції.

Отже, як впливає з вищенаведеного, у нашій державі склалася правова колізія – наявність законодавчо встановлених норм, з одного

боку, і відсутність реальних важелів впливу – з іншого, чим і користуються автовласники і експлуатуючі організації, злісно не додержуючись вищезгаданих норм.

Основними шляхами покращання такої ситуації є ті, що природним чином випливають з формулювань вищенаведених проблем. Передумови для вирішення деяких з них закладено у допрацювання вітчизняних учених. Деякі з досліджень завершилися створенням відповідних пристроїв й приладів, тобто «в металі». Так, зокрема, проблему створення сучасних засобів вимірювальної техніки для визначення параметрів токсичності відпрацьованих газів вирішували у роботах [65, 66, 193 – 207]; проблему нейтралізації продуктів неповного згоряння палива у відпрацьованих газах каталітичним нейтралізатором – у роботах [67, 364 – 370] і окремо – у роботі [68]; проблему очищення відпрацьованих газів від ТЧ рідинним ФТЧ – у роботах [281 – 290]; проблему очищення відпрацьованих газів від ТЧ ФТЧ з насипкою з природних сорбентів у роботі [69, А.1.1 – А.1.4, А.4.1 – А.4.50].

Проте, проблеми, пов'язані зі створенням відповідного правового забезпечення, можуть вирішуватися виключно на законодавчому рівні.

1.9. Висновки з розділу 1

Таким чином, шляхом аналізу спеціалізованої наукової літератури у цьому розділі було виявлено і встановлено таке.

1. Поршневі ДВЗ займають наразі провідне місце як джерела механічної енергії на транспорті і особливо у спеціальній техніці – рятувальній, військовій. Явище дизелізації парку автотранспортних засобів і спеціальної техніки набуває широкого розповсюдження через очевидні переваги такого типу поршневих ДВЗ порівняно з іншими. У колі першочергових завдань при створенні нової або модернізації існуючої одиниці парку автотранспортних засобів і спеціальної техніки є її екологізація. У розвинених країнах світу ці показники переважають над іншими через те, що вони закріплені на законодавчому рівні і тому часто виступають головним критерієм оптимізації конструкції ДВЗ.

2. Обґрунтовано актуальність наукових досліджень з підвищення рівня екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок, обладнаних поршневим ДВЗ, особливо такими, що оснащені системами рециркуляції відпрацьованих газів. Описано тенденції у питанні екологізації АТЗ і спеціальної техніки, обладнаних поршневим ДВЗ за останні 25 років. Виокремлено роботи провідних вітчизняних і зарубіжних фахівців і організацій у галузі екології й екологічної безпеки транспорту і спеціальної техніки, альтернативних палив і гібридних автомобілів.

3. Проаналізовано і описано особливості поршневих ДВЗ як джерела забруднення зовнішнього природного середовища. Складено загальну класифікацію видів факторів екологічної небезпеки, джерелами яких є поршневі ДВЗ.

4. Відпрацьованим газам дизелів дано характеристику як забрудникам зовнішнього природного середовища. Виявлено, що основними поллютантами у відпрацьованих газах дизелів є оксиди азоту і ТЧ серед показників екологічності дизельних ДВЗ викиди ТЧ за своєю еквівалентною приведеною токсичністю займають друге місце після оксидів азоту для нових ДВЗ і перше місце для ДВЗ, що знаходяться в експлуатації тривалий час.

5. Проаналізовано характерні особливості ТЧ у відпрацьованих газах дизелів як об'єкту дослідження. Виявлено, що такі ТЧ є дисперсною фазою аерозолу «відпрацьовані гази – ТЧ» і вирізняються широкими межами значень своїх характеристик (за фракційним і хімічним складом, структурою, геометричними розмірами, масою, рахунковою кількістю, площею зовнішньої поверхні) у межах проби та зміною значень цих характеристик уздовж довжини випускного тракту дизеля, а також залежать від показників режимів роботи дизеля. Описано і проілюстровано розподіли характеристик ТЧ, виявлено, що вони мають характер, різко відмінний від закону нормального розподілу. Запропоновано використання бета-розподілу для описання цих розподілів. Також виявлено, що негативна дія ТЧ на організм людини і тварин вирізняється різноманітністю.

6. Проаналізовано способи і методи визначення числових значень фізичних величин, що являють собою характеристики і властивості ТЧ. Класифіковано і описано принципи роботи, особливості конструкції й засобів вимірювальної техніки, що побудовані на їх використанні.

7. Проаналізовано структуру парку АТЗ і спеціальної техніки в Україні й екологічні показники його одиниць порівняно з нормативно встановленими і виявлено значну частку застарілої техніки у ньому, що не відповідає чинному екологічному законодавству, але не може бути виведеною з експлуатації.

8. Виявлено проблему протиріччя між наявними законодавчо встановленими нормами токсичності транспорту й відсутності контролю за їх додержанням, обґрунтовано її актуальність, проаналізовано її причини і запропоновано шляхи її вирішення.

Таким чином, враховуючи вищенаведене, завдання поліпшення екологічних характеристик енергетичних установок з дизельними ДВЗ (нових і особливо таких, що перебувають в експлуатації) шляхом очищення їхніх відпрацьованих газів від ТЧ за допомогою ФТЧ вітчизняного виробництва, що має характеризуватися якомога більшими ефективністю очищення, експлуатаційною надійністю, універсальністю і технологічністю виготовлення, а також якомога меншими гідравлічним опором і собівартістю, що по можливості містить у своїй конструкції мінімальну кількість каталітичних покриттів і разом з тим вирізняється масогабаритними показниками, що не перевищують такі найближчих аналогів і штатних елементів випускної системи дизеля, є актуальною і має безсумнівний науковий і практичний інтерес.

2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ ПОТОКУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ПОРШНЕВИХ ДВЗ ВІД ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК І ЗАСОБІВ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ

Метою досліджень, результати яких викладено у цьому розділі, є синтез класифікації сучасних методів, способів і засобів очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ на основі аналізу відповідної інформації.

Об'єктом такого дослідження є процес забезпечення законодавчо встановлених рівнів показників екологічної безпеки процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ шляхом очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ.

Предметом такого дослідження є способи очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ і засоби їх реалізації.

2.1. Способи зниження токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ

У світовій практиці відомо декілька способів зниження вмісту твердих частинок у потоці відпрацьованих газів поршневих ДВЗ. Особливості фракційного і хімічного складу відпрацьованих газів дизелів у загальному випадку не дозволяють задовольнитись одним з них [5, 7, 13, 14, 16, 17].

Авторами запропоновано таку класифікацію зниження вмісту твердих частинок у потоці відпрацьованих газів, якщо тип поршневого ДВЗ для певної ЕУ обрано остаточно як дизель (рис. 2.1.)

1) Зміна якісного складу паливо-повітряної суміші, що може досягатися такими заходами [5, 7 – 21]:

1.1) при використанні традиційних палив (рис. 2.2):

1.1.1) підвищенням якості традиційних палив нафтового походження,

1.1.2) підвищенням якості моторних оливо,

1.1.3) постійним контролем показників їхньої якості;

1.2) при використанні альтернативних палив (рис. 2.3):

1.2.1) використанням 100 % альтернативних палив біологічного походження,

1.2.2) використанням сумішевих палив [5, 7, 11, 14, 16, 17, 186],

1.2.3) переходом на газодизельний робочий процес,

1.2.4) підвищенням водневого числа палива шляхом додавання водню у поливно-повітряну суміш [7, 549];

1.3) при зміні хімічного складу окислювача (рис. 2.4):

1.3.1) збагаченням паливно-повітряної суміші киснем [14],

1.3.2) переведенням ДВЗ на роботу на чистому кисні [7, 14],

1.3.3) додаванням у паливно-повітряну суміш озону [14],

1.3.4) іонізацією повітря на впуску [14];

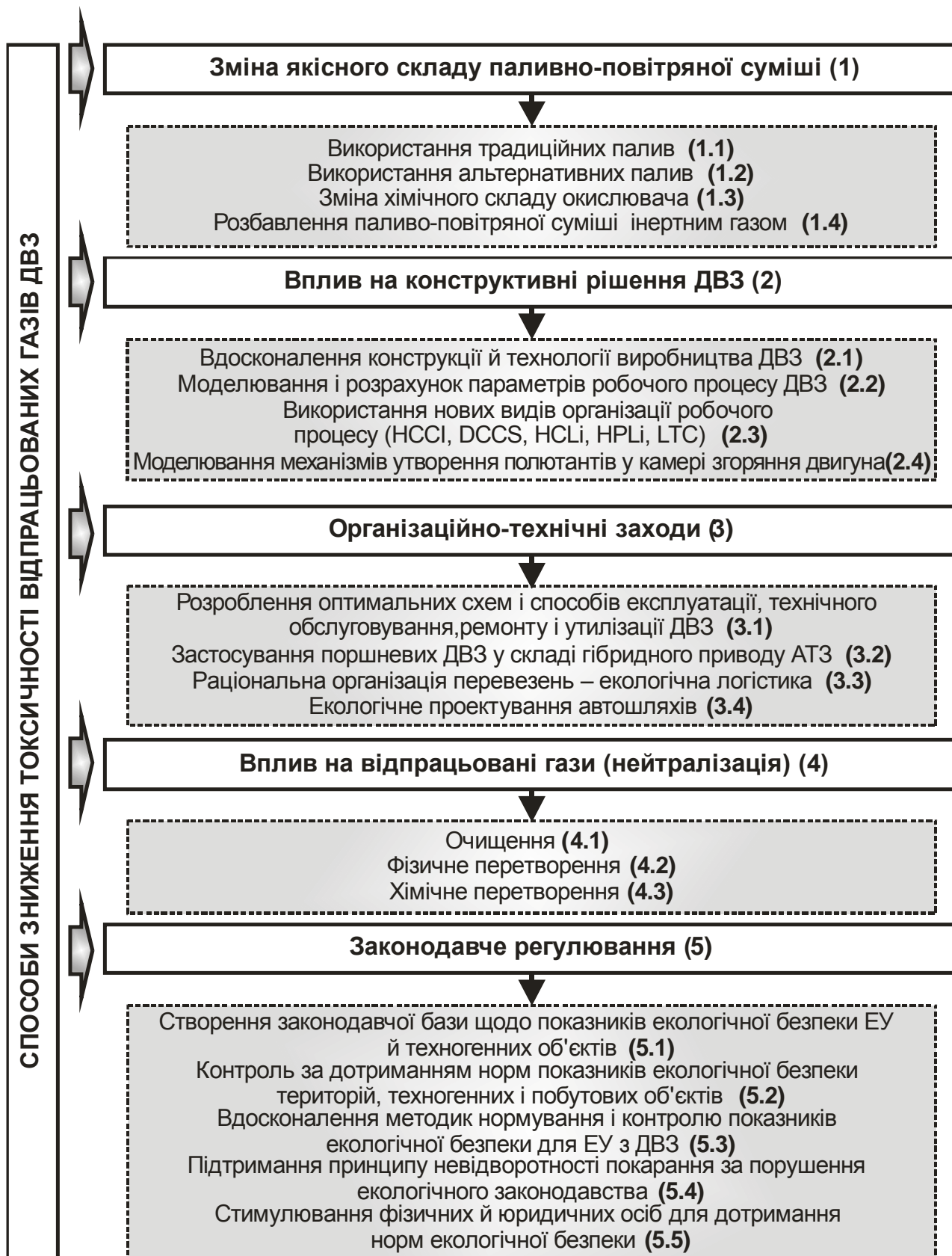


Рис. 2.1. Способи зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ

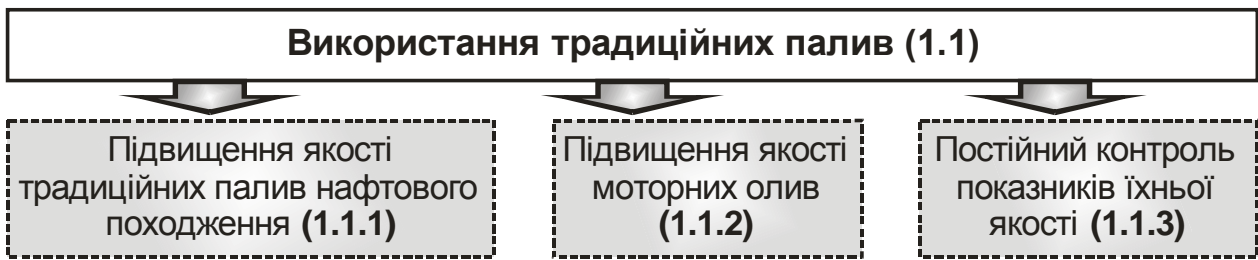


Рис. 2.2. Класифікація способів зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ при використанні традиційних палив

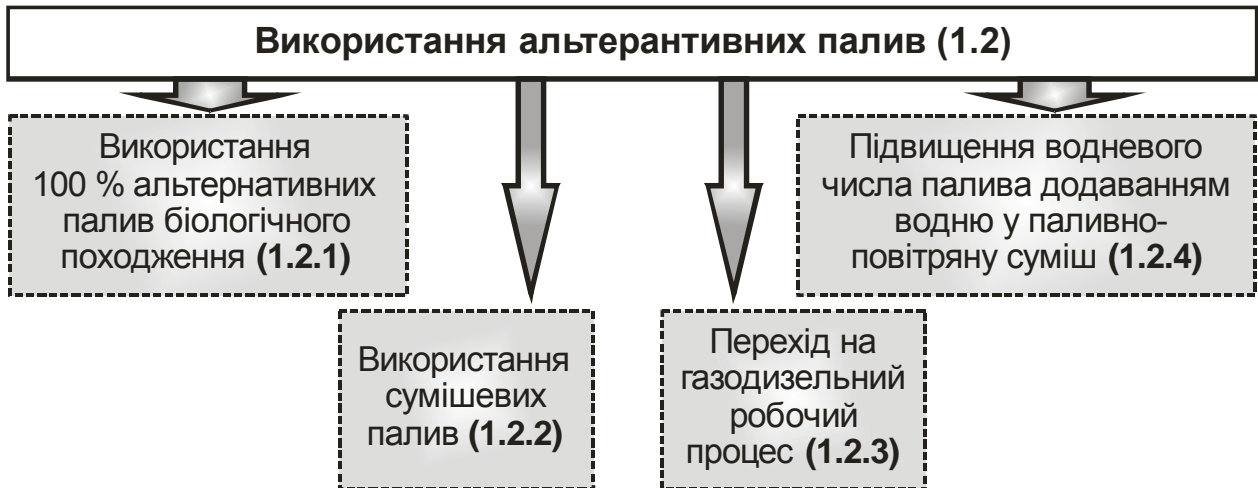


Рис. 2.3. Класифікація способів зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ при використанні альтернативних палив

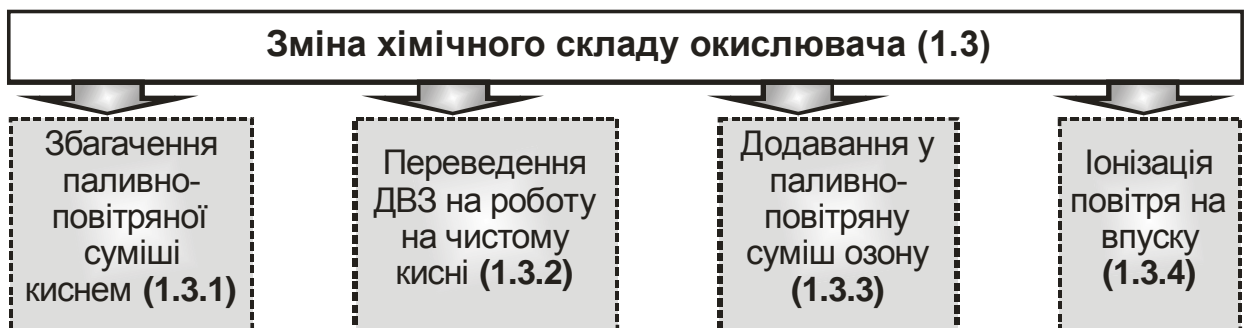


Рис. 2.4. Класифікація способів зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ при зміні хімічного складу окислювача

- 1.4) при розбавленні паливо-повітряної суміші інертним газом (рис. 2.5):
 - 1.4.1) впорскуванням водяної пари у камеру згорання,
 - 1.4.2) застосуванням рециркуляції відпрацьованих газів;
 - 1.4.3) переведенням ДВЗ на замкнений цикл роботи [5, 7, 14, 323].
- 2) Вплив на конструктивні рішення ДВЗ:
 - 2.1) вдосконалення конструкції й технології виробництва ДВЗ [2, 4, 7];
 - 2.2) моделювання і розрахунок параметрів робочого процесу ДВЗ;
 - 2.3) використання нових видів організації робочого процесу (HCCI, DCCS, HCLi, HPLi, LTC) [5, 7, 13 – 18];

2.4) моделювання механізмів утворення поллютантів у камері згоряння двигуна [217, 219, 220, 295 – 298].

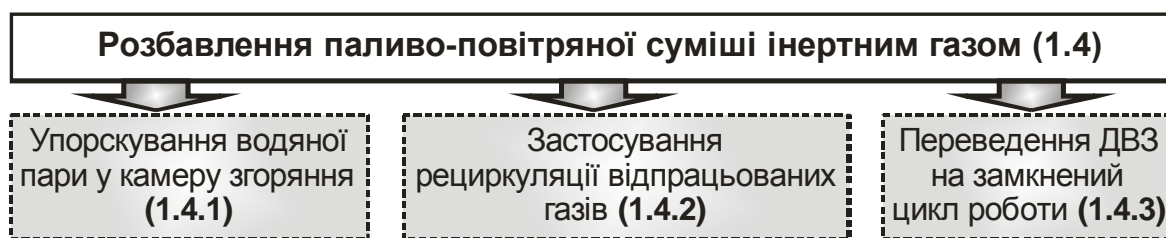


Рис. 2.5. Класифікація способів зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ при розбавлянні паливо-повітряної суміші інертним газом

3) Організаційно-технічні заходи:

3.1) розроблення оптимальних схем і способів експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і утилізації ДВЗ [5, 6, 7, 14, 17];

3.2) застосування поршневих ДВЗ у складі гібридного приводу АТЗ [41, 333, 334];

3.3) раціональна організація перевезень – екологічна логістика [358 – 360];

3.4) екологічне проектування автошляхів [356, 379, 382, 384 – 386].

4) Вплив на відпрацьовані гази – нейтралізації різноманітними способами за допомогою різноманітних систем і пристроїв [5, 7, 13 – 21] шляхом їхнього:

4.1) очищення (фільтрування);

4.2) фізичного перетворення;

4.3) хімічного перетворення.

5) Законодавче регулювання [54 – 61]:

5.1) створення законодавчої бази щодо показників екологічної безпеки ЕУ і техногенних об'єктів;

5.2) контроль за дотриманням норм показників екологічної безпеки територій і техногенних і побутових об'єктів;

5.3) вдосконалення методик нормування і контролю показників екологічної безпеки для ЕУ з ДВЗ [7, 16, 65, 66, 193 – 207];

5.4) підтримання принципу невідворотності покарання за порушення екологічного законодавства;

5.5) стимулювання фізичних і юридичних осіб для дотримання норм екологічної безпеки, у тому числі й створення соціальної реклами на відповідну тематику, заохочення власників ЕУ з поршневим ДВЗ шляхом надання різноманітних пільг, адресного зниження податкового навантаження тощо) [144 – 164].

Удосконалення моторних палив у світлі підвищення екологічних показників дизелів в основному полягає в обмеженні вмісту в них сірки (бажано повне її виключення зі складу палива і моторних олив) і поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Також до заходів, що знижують токсичність відпрацьованих газів дизелів, належать додавання різного роду антидимних присадок, що перешкоджають утворенню ТЧ у робочому

процесі дизеля, а також присадок, що знижують температуру горіння ТЧ у ФТЧ під час його регенерації.

Використання альтернативних палив для дизелів, в тому числі й водню, набуло обмеженого застосування через неготовність ресурсно-виробничих баз та інфраструктури до забезпечення транспорту необхідною кількістю палива відповідної якості. У цей час більш значного поширення набуло використання газодизельного робочого процесу. З усіх заходів щодо зміни хімічного складу окислювача на практиці поки використовується тільки рециркуляція відпрацьованих газів.

До способів боротьби з емісією ТЧ у частині вдосконалення конструкції ДВЗ належать такі (рис. 2.6):



Рис. 2.6. Класифікація способів зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ при вдосконаленні конструкції ДВЗ

- оптимізація форми камери згоряння;
- використання паливopодаючої апаратури, що забезпечує високий рівень тиску впорскування (а отже, і необхідні ступінь розпилу і дальнoбійність паливного факелу), точність дозування, необхідний закон впорскування (для дизеля це або системи з насос-форсунками, або системи типу Common Rail);
- використання електронного керування і регулювання (у тому числі з алгоритмами адаптації й аварійного захисту);
- використання керування параметрами наддувного повітря

(регульований турбокомпресор, охолодження наддувного повітря, засоби інтенсифікації вихрового руху повітряного заряду в циліндрі);

– використання охолодження і очищення відпрацьованих газів при їхньої рециркуляції;

– керування фазами газорозподілу, ступенем стиснення, числом працюючих циліндрів, порядком роботи циліндрів і тактністю дизеля;

– оптимізація таких перехідних процесів, як пуск (в тому числі й холодний), розгін, гальмування (у тому числі й двигуном), зупинка дизеля [5, 7, 8, 14, 16].

2.2. Класифікація способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих частинок

У іноземній літературі [18 – 21, 144 – 164] за конструктивними особливостями системи і пристрої очищення відпрацьованих газів від ТЧ класифікують (рис. 2.7):

а) за принципом дії (А):

– the wall-flow type (A.1) – системи закритого типу;

– the separation type (A.2) – системи відкритого типу;

б) за ступенем очищення (В):

– повнопоточні (В.1);

– частковопоточні (В.2).

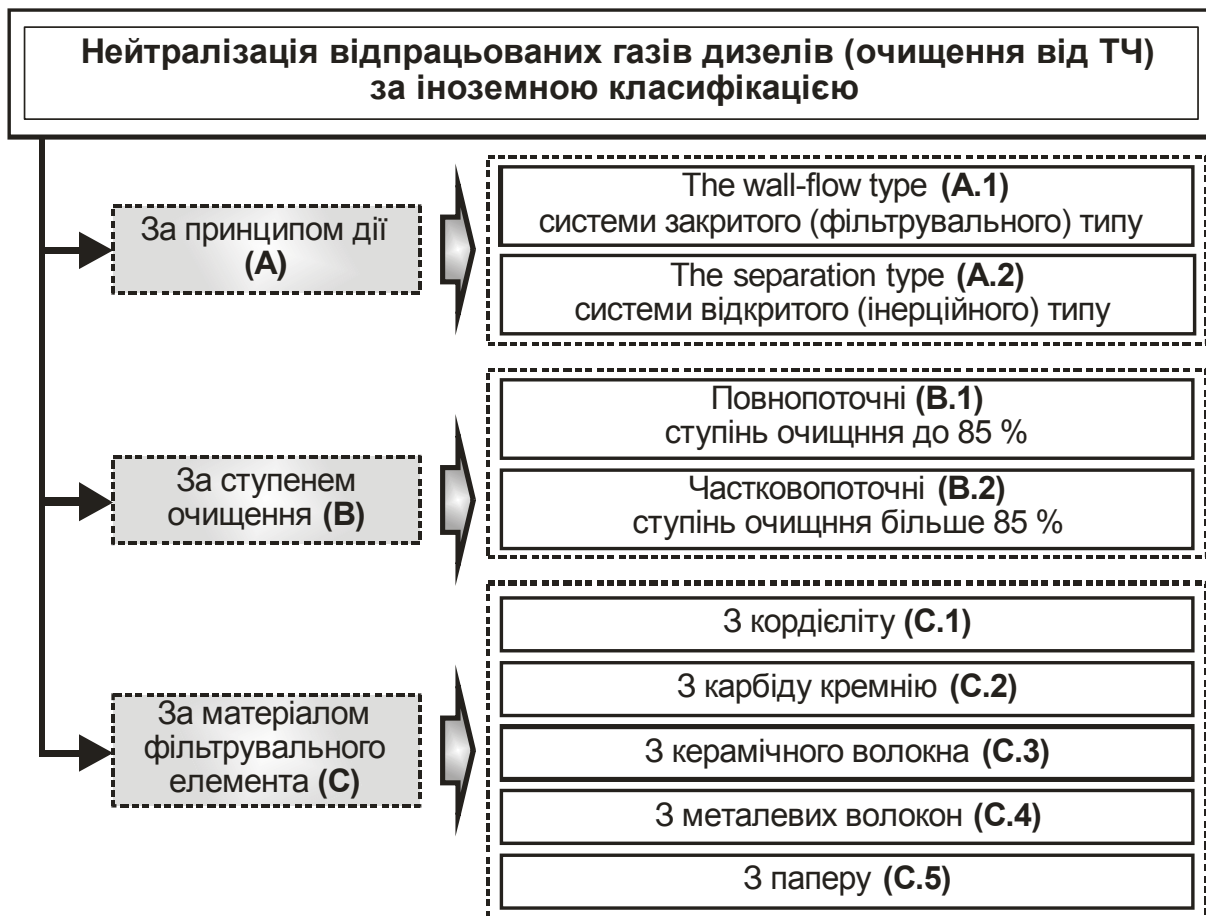


Рис. 2.7. Іноземна класифікація конструкцій ФТЧ

Фільтри твердих частинок, що характеризуються ефективністю очищення в межах 50 – 85 %, називаються частковопоточними, їх основною перевагою є малий гідравлічний опір (протитиск) і великий міжрегенераційний період роботи. Такі ФТЧ набувають широкого застосування при модернізації АТЗ. ФТЧ зі ступенем очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ, більшим за 85 %, називають повнопоточними. За матеріалом їхнього фільтрувального елемента фільтри поділяють так:

1. З кордієліту (С.1). Вирізняються чи не найбільшою ефективністю очищення, відносно невисокою ціною, а також малою схильністю до термошокового руйнування, завдяки чому з них можливо виготовити монолітний ФЕ, проте відносно низькою температурою кипіння (1200°С), що істотно збільшує їхню схильність до оплавлення при тривалій або неконтрольованій мимовільній (пасивній) термічній регенерації й переповненій ТЧ.

2. З карбиду кремнію (С.2). Вирізняються істотно більш високою температурою плавлення (2700 °С), але дорожчі за кордієлітові, з якими взаємозамінні при рівних габаритних розмірах. Однак є термічно нестабільними, що зумовлює необхідність виготовлення великих і середніх за розмірами ФЕ з окремих сегментів, що скріплюються спеціальним термоеластичним цементом. Затримують до 95 % ТЧ з розмірами 0,2 – 150 мкм.

3. З керамічного волокна (С.3). Зазвичай складаються з декількох видів керамічних волокон, змішаних (переплетених) таким чином, щоб отримати оптимальне поєднання гідравлічного опору і ефективної пористості газопроникних стінок ФЕ довільної форми. Створюють менший протитиск, ніж попередні види матеріалів ФЕ, при найвищій ефективності очищення відпрацьованих газів (в діапазоні розмірів ТЧ менше 100 нм до 95 % за масою і до 99 % за числом) у широкому діапазоні робочих режимів дизеля.

4. З металевих волокон (С.4). ФЕ таких ФТЧ складається з шарів тканих або нетканих металевих (сталевих) сіток. Основною перевагою такого ФЕ є можливість його нагрівання шляхом пропускання крізь нього електричного струму, що сприяє створенню умов, необхідних для регенерації ФТЧ при низьких температурі або швидкості потоку відпрацьованих газів на вході у фільтр. Однак ФЕ з цих матеріалів істотно дорожчі, ніж з керамічних, і абсолютно не взаємозамінні з ними, оскільки є провідниками.

5. З паперу (С.5). Це одноразові проточні фільтри, які використовуються в тих випадках, коли АТЗ, що не оснащене ФТЧ з необхідним ступенем очищення відпрацьованих газів, короткочасно використовується у вибухо- і пожежонебезпечних і торгово-складських приміщеннях. Регенерація таких ФТЧ не передбачена, вони потребують попереднього охолодження відпрацьованих газів.

Вищенаведеної класифікації, на думку авторів, на цей момент

недостатньо для узагальнення і систематизації інформації про принципи роботи систем і пристроїв очищення відпрацьованих газів від ТЧ. Це пов'язано з тим, що в пристроях і системах нейтралізації відпрацьованих газів дизелів, зокрема очищення від ТЧ, як виявлено у результаті дослідження, використовують ряд фізико-хімічних способів оброблення відпрацьованих газів (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Класифікація фізико-хімічних способів оброблення відпрацьованих газів для нейтралізації в них ТЧ

Відповідно до вищевиділених способів, покладених в основу роботи таких систем і пристроїв, автори пропонують багаторівневу класифікацію, побудовану із застосуванням принципів десятинного поділу, принципово описану у роботах [69, А.4.1]. У цій монографії наведено розширений, вдосконалений і проілюстрований варіант запропонованої класифікації.

За принципом дії пристрої і системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ можна поділити на типи (рис. 2.9).

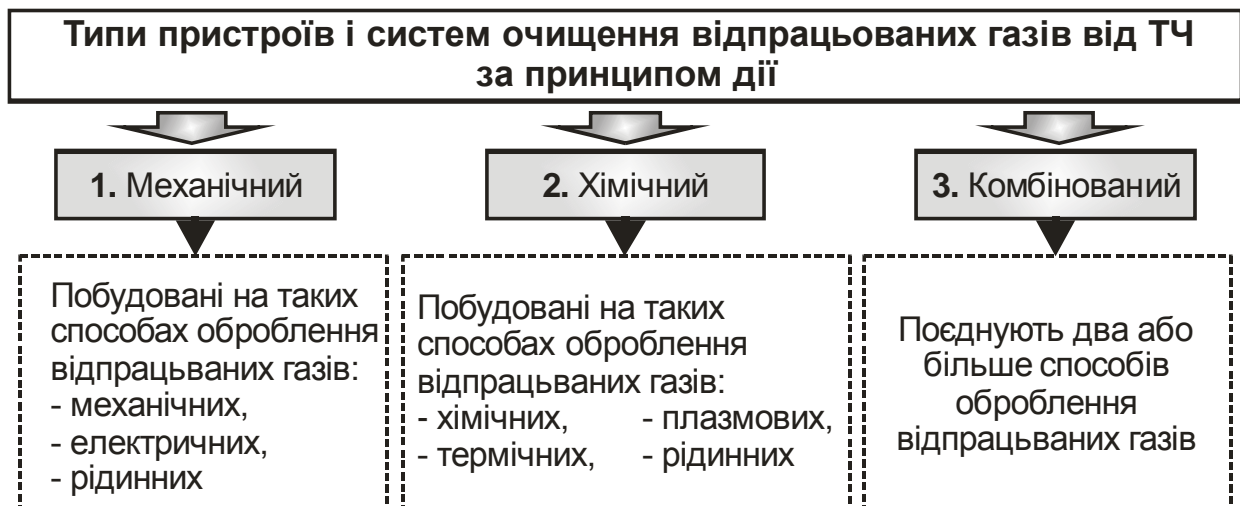


Рис. 2.9. Класифікація пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ за типами

1. Механічний тип. Змінюють вектор швидкості руху ТЧ відносно лінії току потоку аерозолі «ТЧ – відпрацьовані гази» як за напрямком, так і за модулем (бажано – зменшують до нуля). Побудовані на механічних,

електричних, рідинних способах оброблення відпрацьованих газів.

2. Хімічний (окислюючий) тип. Перетворюють горючі складові ТЧ у нетоксичні або менш токсичні речовини за допомогою окисно-відновлювальних реакцій. Побудовані на хімічних, термічних, плазмових і рідинних способах оброблення відпрацьованих газів.

3. Комбінований тип. Поєднують два або більше з вищенаведених способів оброблення відпрацьованих газів.

Типи пристроїв і систем поділяємо на підтипи.

2.2.1. Механічні пристрої і системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ. Механічні пристрої й системи, що побудовані на механічних способах оброблення відпрацьованих газів, за принципом роботи можна поділити на такі підтипи (рис. 2.10) [18 – 21, 144 – 164]:

– фільтрувальні, або такі, що використовують спосіб фільтрації **(1.1)**, що затримують ТЧ при безпосередньому контакті їх з матеріалом ФЕ за допомогою явищ адсорбції та/або адгезії. У іноземній термінології це «the wall-flow type», або системи закритого типу;

– інерційні, або такі, що використовують інерційний спосіб **(1.2)**, що змінюють напрям спеціальним чином приготовлених сукупностей ТЧ і відокремлюють від потоку відпрацьованих газів за допомогою сил інерції. У іноземній термінології це «the separation type», або системи відкритого типу.

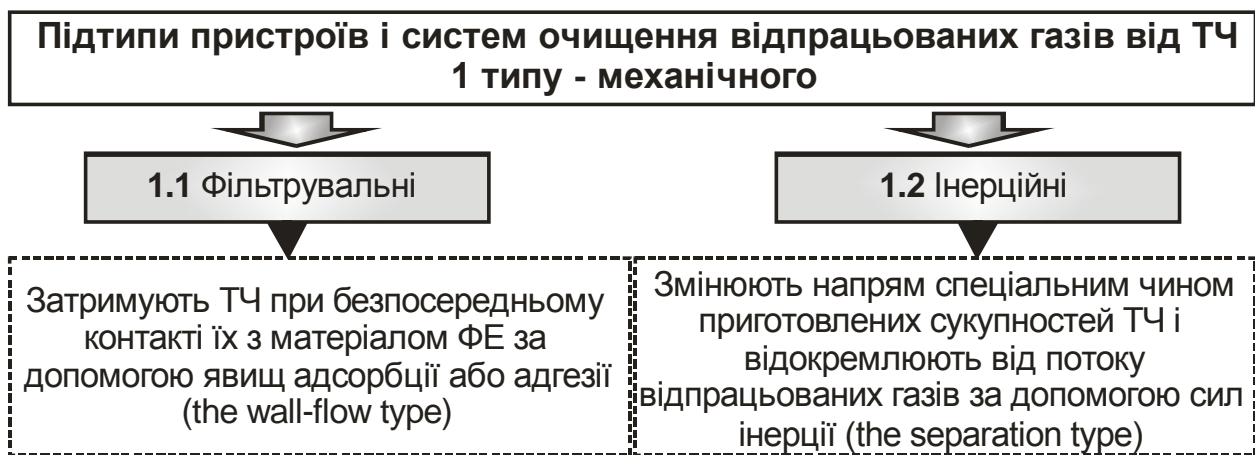


Рис. 2.10. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ механічного типу на підтипи за принципом роботи

Пристрої, у яких використовуються *спосіб фільтрації* (згідно з класифікацією рис. 2.10 підтип 1.1), за відповідністю розмірів отворів у матриці матеріалу ФЕ і розмірів ТЧ, які мають відфільтруватися (тобто за структурою ФЕ), можна поділити на такі види (рис. 2.11):

– твердотільні дрібнопористі з отворами, що не перевищують розміри ТЧ, або власне фільтрувальні **(1.1.1)**. Такі ФЕ поглинають і утримують порівняно крупні фракції ТЧ переважно зовнішніми поверхнями каналів ФЕ з газопровідними стінками і додатково простором в отворах у матеріалі ФЕ;

– твердотільні крупнопористі з отворами, що перевищують розміри ТЧ (1.1.2). Поглинають і утримують порівняно дрібні фракції ТЧ простором в отворах у матеріалі ФЕ при зміні форм ліній току потоку відпрацьованих газів при проходженні його крізь пористий матеріал ФЕ;

– з суцільним середовищем (рідинні) (1.1.3). Абсорбують ТЧ й газоподібні шкідливі фракції відпрацьованих газів при проходженні їхнього потоку крізь товщу робочої рідини;

– твердотільні змочені (суцільні пористі або з намоткою) (1.1.4). Абсорбують ТЧ й газоподібні шкідливі фракції відпрацьованих газів при омиванні їхнім потоком поверхонь твердих елементів ФЕ з нанесеним на них тонким шаром робочої рідини (або гелеподібної субстанції);

– твердотільні напилені (суцільні непористі або з намоткою) (1.1.5). Абсорбують ТЧ й газоподібні шкідливі фракції відпрацьованих газів при омиванні їхнім потоком поверхонь твердих елементів ФЕ з нанесеним на них тонким шаром напиленої (наклеєної) твердотільної пористої речовини.



Рис. 2.11. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ підтипу – фільтрувальні за структурою ФЕ на види

За будовою матеріалу матриці ФЕ види пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів 1.1.1 і 1.1.2 можна поділити на такі форм-фактори [7, 14] (рис. 2.12):

- монолітні керамічні;
- монолітні металокерамічні;
- навиті, або ФЕ з навивкою;
- насипні, або ФЕ з насипкою;
- комбінації з будь-яких вищенаведених.



Рис. 2.12. Поділ видів пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ на форм-фактори за будовою матеріалу матриці ФЕ

Монолітні керамічні ФЕ (згідно з класифікацією рис. 2.12 форм-фактори 1.1.1.1 і 1.1.2.1) виготовляють методами спікання, осадження і спінювання. За своєю конфігурацією монолітні керамічні ФЕ можуть належати до суцільного пористого твердого тіла або твердого тіла стільникової (коміркової) структури (рис. 2.13).

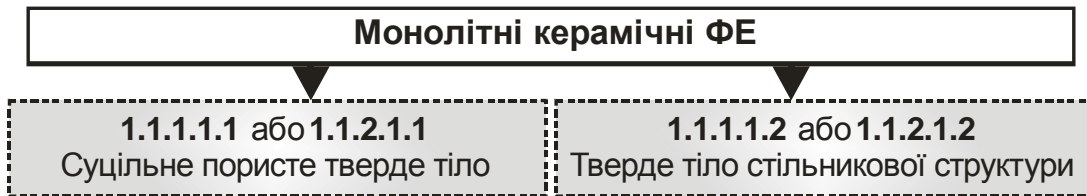


Рис. 2.13. Поділ монолітних керамічних ФЕ за конфігурацією

У ФЕ з суцільного пористого твердого тіла процес очищення потоку відпрацьованих газів відбувається при проходженні крізь усе тіло фільтра, яке може мати такі геометричні форми призми, циліндра, кільця або конуса [576 – 579].

Фільтрувальні елементи з твердого тіла стільникової структури мають канали з газопроникними стінками, які заглушено на кінцях у шаховому порядку. Одні з них, заглушені з боку виходу потоку відпрацьованих газів з ФЕ, призначені для входу неочищеного потоку відпрацьованих газів у ФЕ. Інші, заглушені з боку входу потоку відпрацьованих газів у ФЕ, призначені для виходу очищеного потоку відпрацьованих газів з ФЕ. Очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ відбувається при його проходженні крізь газопроникні стінки каналів [581].

За геометричною конфігурацією напрямку каналів такі ФЕ можуть бути повздовжні (сам ФЕ має форму призми або циліндра) або радіальні

(сам ФЕ має форму конуса або кільця) [18, 583].

Канали можуть мати геометричні форми призми, циліндра, піраміди або конуса. Їхні стінки можуть розподілятися у перерізі ФЕ рівномірно або нерівномірно [582, 583]. За площею поперекового перетину канали між собою можуть бути однаковими й неоднаковими (наприклад, вхідні канали більші за вихідні) [18 – 21, 144 – 164].

Площа фільтрувальної поверхні таких ФЕ зазвичай становить 1 м^2 на 1 дм^3 об'єму ФЕ, при цьому товщина стінок $0,3 - 0,5 \text{ мм}$, а щільність розміщення каналів у ФЕ – $15 - 50$ каналів на 1 см^2 перетину ФЕ [18 – 21, 144 – 164].

Монолітні металокерамічні ФЕ (згідно з класифікацією рис. 2.12 форм-фактори **1.1.1.2** і **1.1.2.2**) виготовляють способами порошкової металургії. Вони можуть складатися з такого:

- цільного шматка пористого матеріалу;
- окремих блоків з геометричними формами, як у ФЕ **1.1.1.1.1** або **1.1.2.1.1**.

Навиті ФЕ (згідно з класифікацією рис. 2.12 форм-фактори **1.1.1.3** і **1.1.2.3**) мають регулярну або хаотичну навивку або путанку з волокнистих матеріалів, ниток, дроту, металевих мікросіток (тканих або нетканих) або їхніх комбінацій. Навиті ФЕ за своєю конфігурацією можуть мати такий вигляд (рис. 2.14):

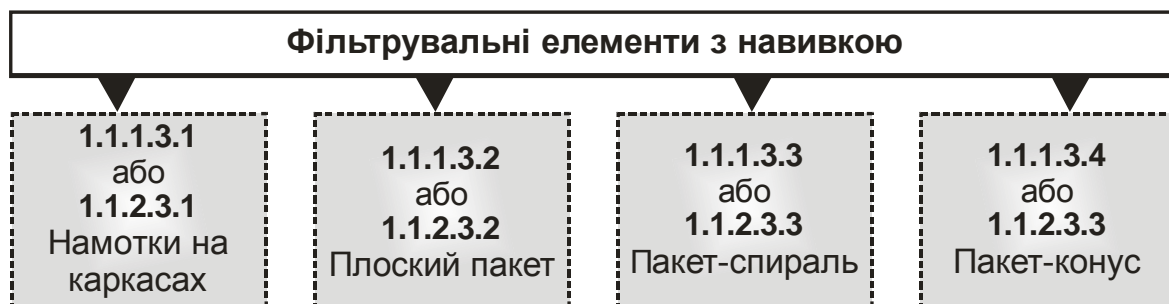


Рис. 2.14. Поділ ФЕ з навивкою за конфігурацією

– намотки на каркасах (**1.1.1.3.1** або **1.1.2.3.1**) [584, 585], де каркас може мати вигляд барабану з дроту (або вузьких сталевих стрічок) або з перфорованого сталевих листа. За сортом матеріалу намотка може бути дротова, волокниста, путанкова, сітчаста; за видом матеріалу – сталева, з керамічного волокна, з вуглецевої тканини; за кількістю шарів – одношарова, багатшарова; за напрямком – односпрямована або схрещена;

– плоский пакет (**1.1.1.3.2** або **1.1.2.3.2**), який складається з шарів гофрованого і/або перфорованого сталевих листа, що напрямляє та перерозподіляє потік відпрацьованих газів, і шарів листового тканого або нетканого матеріалу або сітки. Листи або сітка, що обмежують пакет, відрізняються від таких деталей усередині пакета більшою міцністю [586 – 593];

– пакет, згорнутий у рулон по спіралі (пакет-спираль) (1.1.1.3.3 або 1.1.2.3.3) за будовою шарів аналогічний до плоского пакету 1.1.1.3.2 або 1.1.2.3.2 [588, 590, 594, 595];

– набір пакетів, згорнутих у зсічені конуси різних розмірів, що зібрані коаксиально і заглушені (пакет-конус) (1.1.1.3.4 або 1.1.2.3.4) за будовою шарів аналогічний до плоского пакету 1.1.1.3.2 або 1.1.2.3.2 [568].

Насипні ФЕ (згідно з класифікацією рис. 2.12 форм-фактори 1.1.1.4 і 1.1.2.4) мають вид набору спеціальних елементів – патронів або касет, що складаються з корпусу з газопроникними стінками і насипки [597 – 599].

Насипка – це порошок (сипка суха субстанція) з вираженими сорбційними властивостями певної фракційності за розмірами гранул. Насипка у касеті за ступенем зв'язаності може бути вільна, спресована, брикетована або зв'язана спеціальними речовинами. Гранули насипки за способом виготовлення можуть бути гранульовані (штучно отримані), обкатані й подрібнені. За походженням матеріалу насипка може бути з природних матеріалів або зі штучних, за видом матеріалів [561, 562, 600] – з цеолітів різного виду і походження або з терморозширеного графіту [561, 562], за кількістю застосованих матеріалів – мононасипка або композиційна насипка.

Насипні ФЕ можуть складатись з:

- моноконтейнера;
- моноконтейнера, розділеного на відсіки нерознімно сполученими перетинками;
- декількох окремих контейнерів (касет), сполучених рознімно.

За матеріалом касети поділяють на пористі керамічні, перфоровані металеві листи й сітки.

За геометричною формою корпус насипного ФЕ поділяють на циліндричні, коробчасті й конічні.

Твердотільні крупнопористі ФЕ з отворами, що перевищують розміри ТЧ (згідно з класифікацією рис. 2.11 вид пристроїв 1.1.2), використовують тільки спільно з інерційними або електричними способами, а також із засобами, що організують потік відпрацьованих газів спеціальним чином або ж використовують самоорганізацію потоку відпрацьованих газів в довгих і витіюватих каналах зі сполучених пор або отворів (комірок) намоток і сіток.

Залежно від властивостей матеріалу ФЕ за місцем утримання ТЧ їх можна поділити на такі класи (рис. 2.15):

- адсорбційні (1.1.1.а);
- абсорбційні (1.1.2.б).

Адсорбційні – це такі, що поглинають і утримують дрібні фракції ТЧ своїм поверхневим шаром і конструктивно відповідають твердотільним дрібнопористим ФЕ з отворами, що не перевищують розміри ТЧ (згідно з класифікацією рис. 2.11 вид пристроїв 1.1.1). До них слід віднести такі ФЕ:

- з напиленнями з різноманітних керамічних матеріалів певної товщини, міцності й пористості на стінках з непористого матеріалу (1.1.1.а.1) [580, 601];

– з навивкою або намоткою мокрого типу (**1.1.1.a.2**) (зрошених рідинами для підвищення адгезивних якостей, що у тонкій плівці рідини еквівалентно явищу адсорбції) [42, 43].

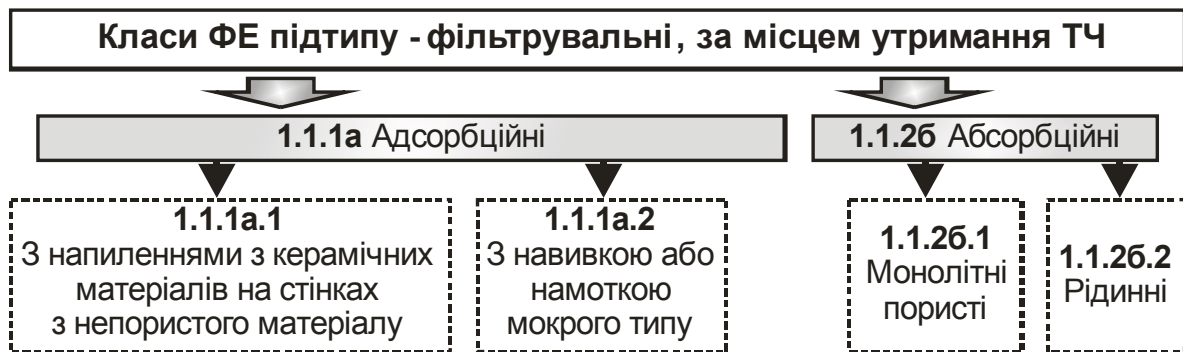


Рис. 2.15. Поділ ФЕ за місцем утримання ТЧ залежно від властивостей матеріалу на класи

Абсорбційні – поглинають і утримують ТЧ всім своїм об’ємом. За агрегатним станом тіла ФЕ вони можуть бути монолітні пористі (**1.1.2.6.1**) [611] або рідинні (**1.1.2.6.2**) [7, 14, 281 – 290].

Інерційні способи (згідно з класифікацією рис. 2.10 підтип пристроїв 1.2) змінюють напрямок руху спеціальним чином приготовлених сукупностей ТЧ. За способом зміни вектора руху ТЧ інерційні способи слід поділити на газодинамічні (**1.2.1**), які змінюють вектор швидкості руху ТЧ шляхом впливу на гідродинамічні показники всього потоку відпрацьованих газів і електромагнітні (**1.2.2**), які змінюють вектор швидкості руху ТЧ, що мають електричний заряд, шляхом впливу електромагнітним полем на потік відпрацьованих газів (рис. 2.16).

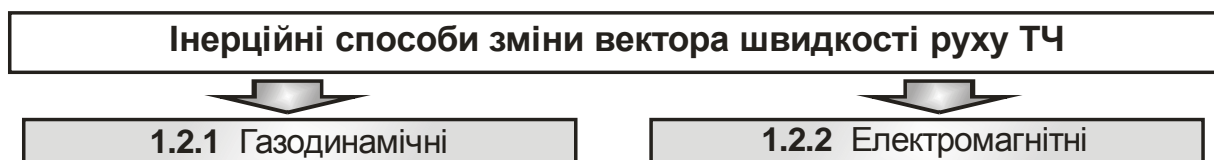


Рис. 2.16. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ інерційного підтипу за способом зміни вектора руху ТЧ

За способом формування частинок з достатньою масою усі інерційні способи можуть бути таких видів [572 – 574] (рис. 2.17):

- крапельні (**1.2.1.1** або **1.2.2.1**);
- коагуляційні (**1.2.1.2** або **1.2.2.2**);
- конденсуючі (**1.2.1.3** або **1.2.2.3**).

ФЕ, що побудовані на використанні крапельних інерційних способів, формують сукупності з ТЧ і крапель, розпилених у потоці відпрацьованих газів рідин – води або моторної оливи [8, 42, 43, 281 – 290].

ФЕ, що побудовані на використанні коагуляційних інерційних способів, формують сукупності лише з ТЧ завдяки введенню у склад

палива або відпрацьованих газів спеціальних присадок [8].

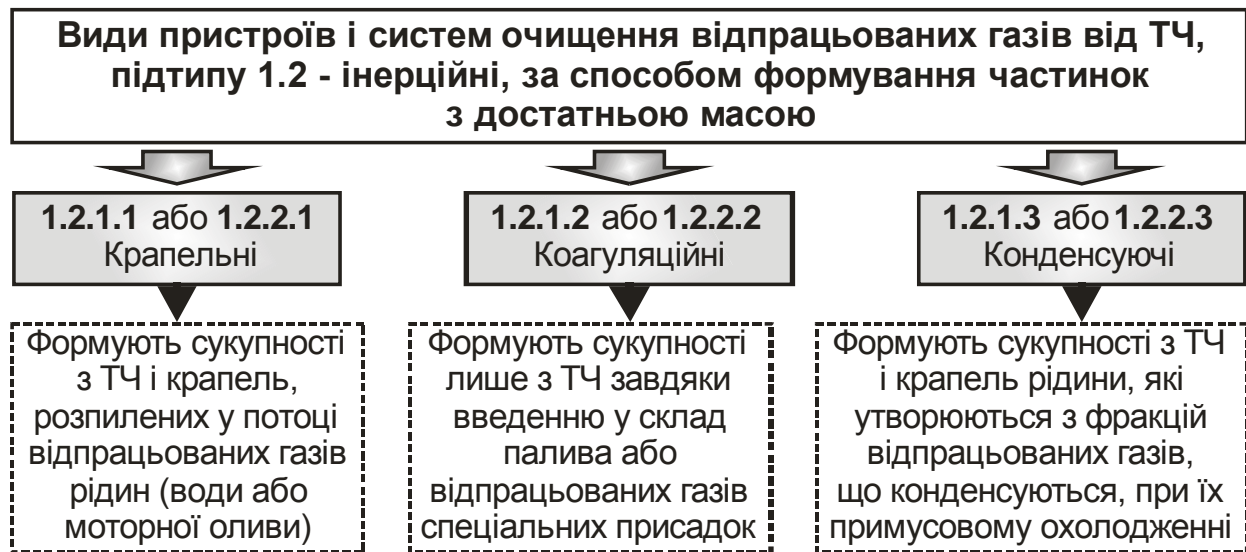


Рис. 2.17. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ інерційного підтипу за способом формування частинок з достатньою масою на види

ФЕ, що побудовані на використанні конденсуючих інерційних способів, формують сукупності з ТЧ і крапель рідини, які утворюються з продуктів згоряння палива (води й незгорілих вуглеводнів), що конденсуються при їх примусовому охолодженні [281 – 290].

У механічних пристроях й системах з ФЕ, що побудовані на використанні електричних способів, зміна вектора руху ТЧ відносно лінії току потоку відпрацьованих газів відбувається завдяки наявності електростатичного заряду у ТЧ і наведенню у матеріалі ФЕ слабого електромагнітного поля. Тому для забезпечення їхньої роботи їхні ФЕ виготовляють з матеріалів-провідників. Це також сприяє утворенню сукупностей ТЧ крапельним, коагуляційним або конденсуючим способом [7, 8, 14, 601, 572 – 574].

До ФЕ, що використовують електричні способи безпосередньо для очищення відпрацьованих газів від ТЧ, слід також віднести такі, у яких каталізатором окисно-відновлювальних реакцій між ТЧ і киснем у відпрацьованих газах слугують металеві сітки з голками, до яких підведено постійну електричну напругу [612].

2.2.2. Хімічні пристрої і системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ. У пристроях, що використовують хімічні (або окислювальні) способи (згідно з класифікацією рис. 2.9 тип пристроїв 2 – хімічний), горючі складові ТЧ перетворюються у нетоксичні або менш токсичні речовини за допомогою окисно-відновлювальних реакцій [7, 8, 14, 330]. Їх за принципом роботи можна поділити на такі підтипи (рис. 2.18):

- каталітичні (2.1);
- термічні (2.2);

- плазмові (2.3);
- оксидні, або пост-каталітичні (2.4).

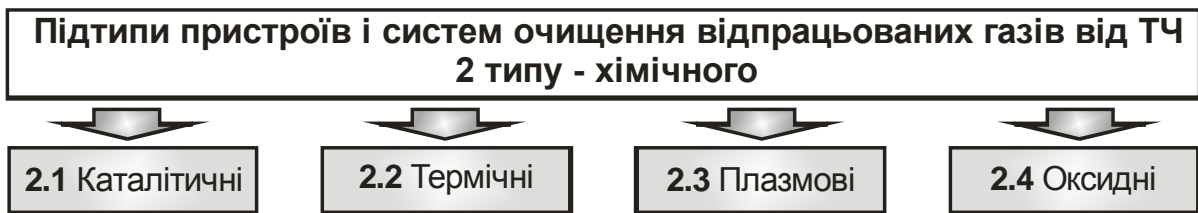


Рис. 2.18. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ хімічного типу на підтипи за принципом роботи

У системах очищення відпрацьованих газів від ТЧ з ФЕ, принцип дії яких побудовано на використанні каталітичних способів (згідно з класифікацією рис. 2.18 підтип пристроїв 2.1), застосовують каталізатори – речовини, що змінюють швидкість і/чи умови перебігу окисно-відновлювальних реакцій. При цьому ФЕ каталітичних пристроїв за місцем розміщення каталізатора можуть бути поділені на такі види (рис 2.19):

- з нанесенням каталізатора на поверхні ФЕ у вигляді напилення або гелеподібної субстанції (2.1.1) [143 – 164, 580, 588 – 590, 594, 600, 572 – 574, 612, 155, 563, 613, 614];
- з введенням у паливо (2.1.2) [7, 9, 21];
- з подачею безпосередньо у відпрацьовані гази (2.1.3) [585, 615].

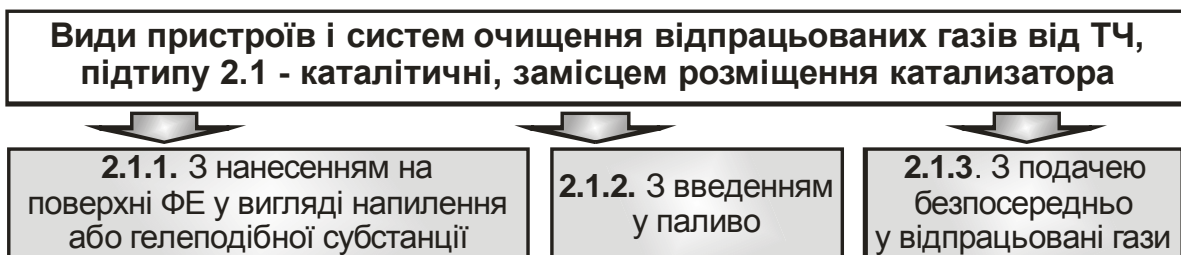


Рис. 2.19. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ каталітичного підтипу на види за принципом роботи

Системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ, побудованих на використанні термічних способів їхнього оброблення (згідно з класифікацією рис. 2.18 підтип пристроїв 2.2), забезпечують необхідну температуру відпрацьованих газів, за якої горючі компоненти ТЧ самовільно окислюються залишковим киснем у відпрацьованих газах. При цьому, такі ФЕ можна поділити за видом джерела теплоти таким чином (рис. 2.20):

- паливо, що додатково подається у камеру згоряння дизеля або безпосередньо у відпрацьовані гази (2.2.1) [7, 8, 14, 330];
- електричні нагрівальні елементи, що конструктивно входять до складу тіла або корпусу ФЕ (спіралі розжарювання), або ж є окремими агрегатами (свічки розжарювання) (2.2.2) [7, 8, 14, 330];
- стороннє джерело, що знаходиться поза бортом АТЗ (2.2.3) [581, 595].

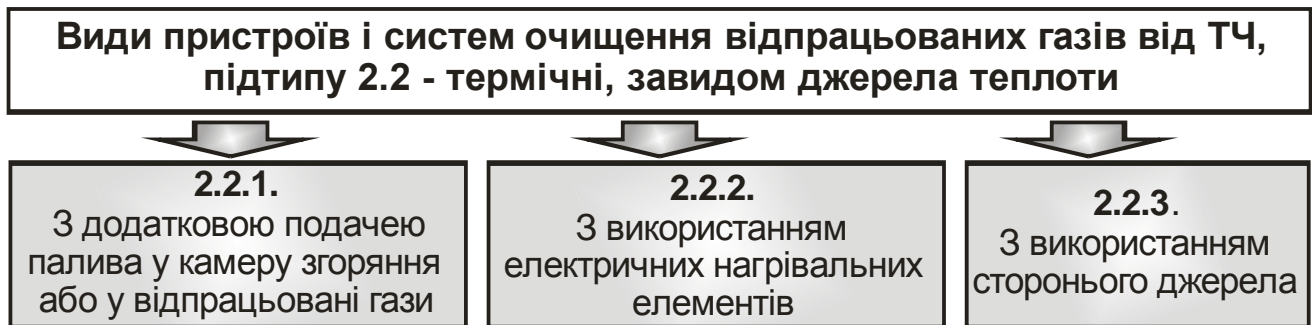


Рис. 2.20. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ термічного підтипу на види за принципом роботи

Системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ з ФЕ, принцип дії яких побудовано на використанні плазмових способів (згідно з класифікацією рис. 2.18 підтип пристроїв 2.3), використовують для окислення ТЧ у потоці відпрацьованих газів низькотемпературну плазму, яку генерують спеціальними пристроями – плазмотронами або використовують плазму електричної дуги (іскрового розряду) між електродами ФЕ, сформованими з металевої сітки. За часом генерування плазми існують іскророзрядні способи (2.3.1), тобто безперервні у мікромасштабі і переривчасті у макромасштабі часу, і способи з тривалим (безперервним у макромасштабі часу) наведенням плазми (2.3.2). При цьому, за видом речовини – носія плазми ці ФЕ можна поділити на такі види [5, 13, 14, 330, 363] (рис. 2.21):

- з використанням відпрацьованих газів (2.3.1.1 або 2.3.2.1);
- з використанням повітря, що окремо подається у відпрацьовані газы (2.3.1.2 або 2.3.2.2).



Рис. 2.21. Поділ пристроїв і систем очищення відпрацьованих газів від ТЧ термічного підтипу на види за принципом роботи

Системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ з ФЕ, принцип дії яких побудовано на використанні оксидних способів (згідно з класифікацією рис. 2.18 підтип пристроїв 2.4), використовують для окислення ТЧ у потоці відпрацьованих газів діоксиди азоту NO_2 , що отримують надлишково у каталітичному доокислювачі продуктів неповного згоряння палива, встановленому вище ФТЧ по потоку відпрацьованих газів у випускній системі дизеля [14, 21, 152, 616].

У пристроях, де використовується рідинний спосіб очищення відпрацьованих газів від, видаляються розчинні компоненти відпрацьованих газів шляхом їх розчинення у робочій рідині ФТЧ, якщо вони змочуються нею.

Нерозчинні й незмочувані компоненти відпрацьованих газів (в тому числі і ТЧ) видаляються з потоку відпрацьованих газів за допомогою абсорбції їх робочою рідиною нейтралізатора за умови попереднього створення на поверхні ТЧ суцільного шару робочої рідини і утримання його за рахунок поверхневого натягу рідини – так званих рідинних фільтрів [5, 7, 13, 14, 281 – 290].

Ефективність очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ для ФТЧ, що використовують у своїй роботі різні способи, подано на рис. 2.22 [563].

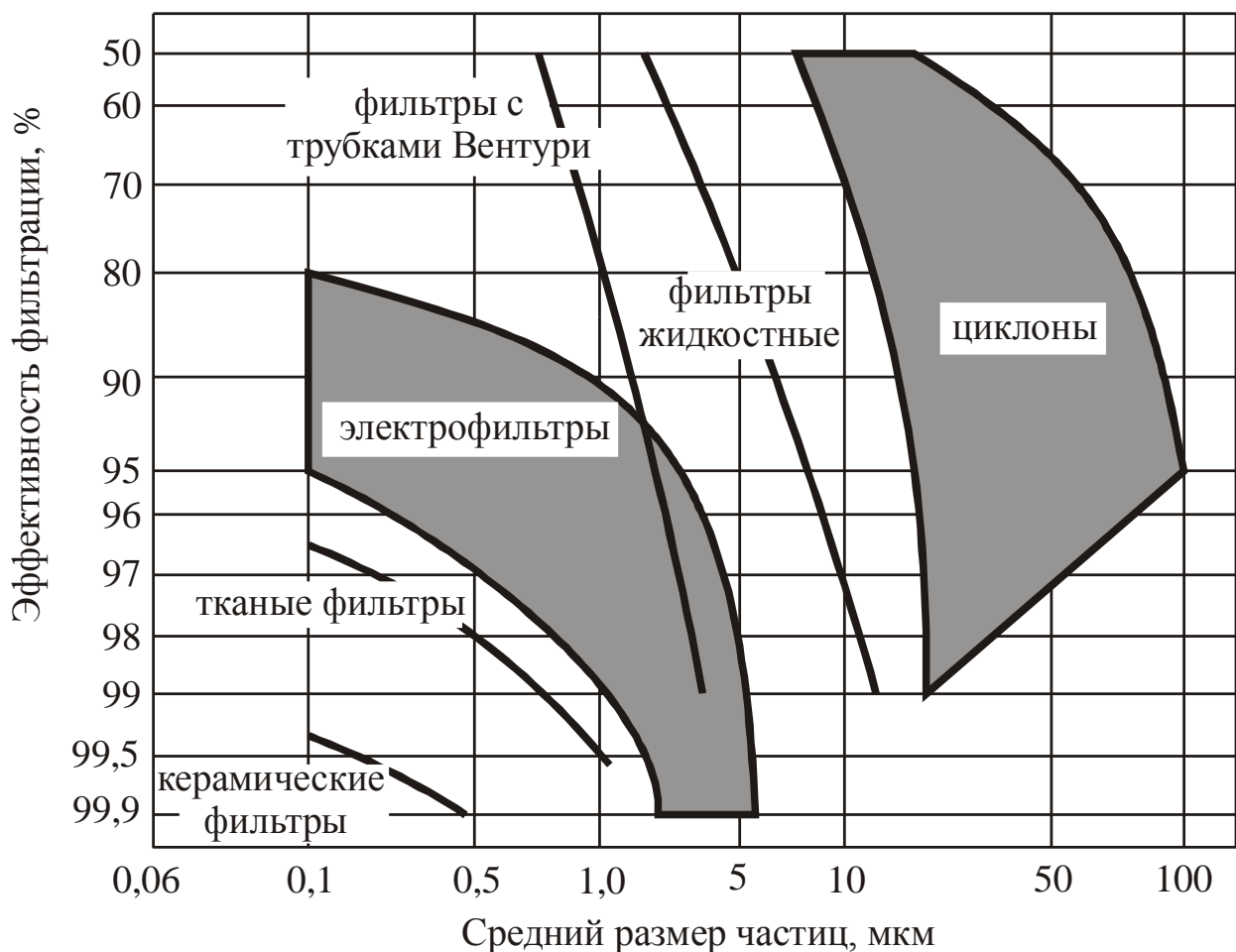


Рис. 2.22. Ефективність очищення відпрацьованих газів від ТЧ фільтрами з різними принципами роботи (мовою оригіналу) [93, А.1.1]

На практиці використовують тільки комбіновані способи (згідно з класифікацією рис. 2.9 тип пристроїв 3 – комбіновані), зважаючи на те, що в ТЧ входять різноманітні речовини як за своїми хімічними, так і за фізичними властивостями. Через коштовність ФТЧ їх після засмічення не замінюють, а регенерують, тобто ТЧ, накопичені фільтрацією, видаляють з самого фільтра термічним способом.

Крім ФТЧ для очищення відпрацьованих газів дизеля від продуктів неповного згоряння палива використовують окислювальні каталітичні або термічні нейтралізатори, в яких частково окислюються і ТЧ, але в повному обсязі їх окислити там важко, тому цей спосіб застосовують тільки в комбінації з ФТЧ.

Пристрої очищення відпрацьованих газів стаціонарних потужних дизелів – скрубери з водними струменями або трубками Вентурі й рідинні фільтри, розраховані на зменшення емісій продуктів неповного згоряння палива і ТЧ, – можна віднести до механічних пристроїв з ФЕ, які побудовані на використанні крапельних інерційних способів (згідно з класифікацією рис. 2.17, вид 1.2.1.1 або 1.2.2.1 – крапельні ФЕ) [14, 42, 43].

Найчастіше використовують ФТЧ з керамічним пористим ФЕ, на поверхні якого нанесено каталізатор для часткового доокислення продуктів неповного згоряння палива, зменшення температури регенерації ФТЧ і каталітичного поглинача NO_x , і т. д.

Таким чином, розроблено нову класифікацію способів і засобів очищення потоку відпрацьованих газів дизелів від ТЧ, що принципово відрізняється від існуючих раніше як за кількістю класифікаційних ознак, так і за номенклатурою класифікованих об'єктів. Узагальнену інформацію, що міститься на рис. 2.8 – 2.21, наочно подано на рис. 2.23.

2.3. Стратегії досягнення оптимальних екологічних показників дизелів

Виробники дизелів, зважаючи на особливості складу відпрацьованих газів дизелів, дотримуються однієї з таких стратегій досягнення оптимальних екологічних характеристик [5, 7, 14, 17, 20, 21]:

1. Зниження емісії NO_x за рахунок узгодження параметрів робочого процесу і видалення ТЧ вже з потоку відпрацьованих газів.

Штучне погіршення робочого процесу з метою зменшення емісії NO_x призводить до збільшення емісії продуктів неповного згоряння палива і ТЧ. При цьому саме такому погіршенню найчастіше надають перевагу, оскільки воно сприяє зниженню жорсткості робочого процесу, що позитивно позначається на надійності ДВЗ взагалі і на довговічності й безвідмовності зокрема.

2. Зменшення емісії продуктів неповного згоряння палива і ТЧ за рахунок узгодження параметрів робочого процесу і нейтралізація NO_x у відпрацьованих газах.

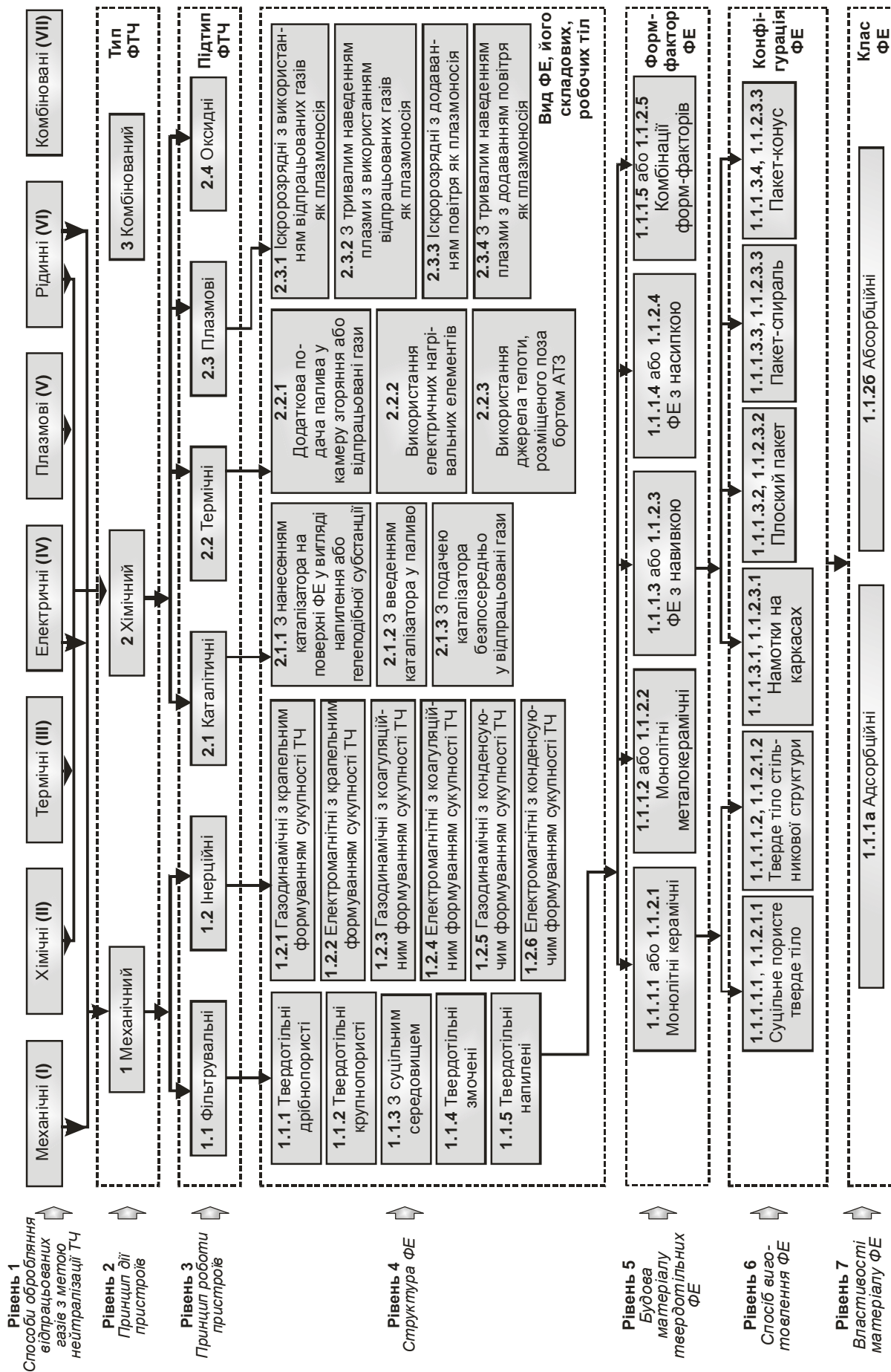


Рис. 2.23. Класифікація способів і засобів очищення потоку відпрацьованих газів дизелів від ТЧ

3. Прийняття паливної економічності (або іншого показника роботи дизеля) як критерію якості, організація робочого процесу таким чином, щоби досягався локальний оптимум емісій ТЧ і NO_x , і видалення з потоку відпрацьованих газів надлишків цих полютантів, що перевищують діючі норми. Ця концепція набула більш ширшого застосування порівняно з першими двома.

2.4. Повний комплекс засобів для очищення відпрацьованих газів дизелів від нормованих полютантів

Розповсюджені пристрої очищення повітря від пилу – циклони і мультициклони, сітчасті сухі й мокрі фільтри, побутові НЕРА-фільтри, глибинні волокнисті та керамічні фільтри, а також промислові електрофільтри не здатні повною мірою задовольнити вимоги до очищення потоку відпрацьованих газів двигунів АТЗ від ТЧ. Не здатні їх задовольнити й пристрої, що застосовуються при очищенні промислових газів [42, 43, 563].

Системи очищення відпрацьованих газів поршневих ДВЗ різного типу умовно поділяють за кількістю полютантів, які ці системи можуть нейтралізувати (знешкодити, перетворити). З п'яти законодавчо нормованих (прямо або опосередковано) це такі [21]:

– однокомпонентні – містять фільтри твердих частинок (ФТЧ) або сажові фільтри як окремі агрегати з системою керування, що знижують викиди ТЧ;

– двокомпонентні – містять ФТЧ і каталітичний відновлювач (перетворювач) оксидів азоту або каталітичний поглинач NO_x як окремі агрегати, поєднані системою керування, і знижують викиди ТЧ і NO_x ;

– трикомпонентні – містять ФТЧ, окислювальний каталітичний нейтралізатор продуктів неповного згорання палива і ФТЧ як окремі агрегати, поєднані системою керування, і знижують викиди C_nH_m , CO і ТЧ;

– чотирикомпонентні – містять окислювальний каталітичний нейтралізатор, ФТЧ і каталітичний поглинач NO_x як окремі агрегати, поєднані системою керування, і знижують викиди C_nH_m , CO , ТЧ і NO_x ;

– п'ятикомпонентні – містять окислювальний каталітичний нейтралізатор, ФТЧ, каталітичний поглинач NO_x і фільтр або поглинач оксидів сірки SO_x як окремі агрегати, поєднані системою керування, і знижують викиди C_nH_m , CO , ТЧ, NO_x і SO_x .

2.5. Компонування агрегатів у системі зниження токсичності відпрацьованих газів дизелів

Повний комплекс для очищення відпрацьованих газів дизеля від їхніх шкідливих компонентів в переважній більшості випадків складається з трьох елементів, які розташовуються послідовно по потоку відпрацьованих газів [7, 14, 16, 21, 572 – 574]:

1) термічний або каталітичний окислювальний нейтралізатор продуктів неповного згоряння палива і сажі з системою подачі додаткового повітря і палива (розміщений по потоку відпрацьованих газів якомога ближче до ДВС для забезпечення його швидкого прогрівання);

2) ФТЧ або сажовий фільтр з системою його регенерації (для забезпечення температури відпрацьованих газів 600 °С для вигорання ТЧ і 650 °С для десульфатації);

3) каталітичний поглинач NO_x з системою його регенерації.

Світовий досвід розроблення систем очищення відпрацьованих газів дизелів від шкідливих речовин показує, що сажовий фільтр (або ФТЧ) – невід'ємна частина такої системи, а в деяких випадках і її єдиний компонент, що часто доповнюється системою регенерації самого ФТЧ.

Застосування ФТЧ пов'язано з динамічною зміною його параметрів роботи і необхідністю періодичного відновлення його робочих властивостей, що неможливо без застосування електронного керування або у вигляді автономного контуру, або у вигляді гілки електронного блоку керування дизелем.

Система очищення відпрацьованих газів від нормованих шкідливих речовин для дизелів різної потужності та призначення може бути побудована на основі модульного принципу і містити, залежно від параметрів конкретного дизеля і необхідного рівня очищення відпрацьованих газів, будь-яку необхідну кількість компонентів.

Порядок розміщення по потоку відпрацьованих газів (вздовж випускного тракту дизеля) і компоновання елементів системи очищення відпрацьованих газів дизеля не є усталеною нормою. Іноді каталітичний поглинач NO_x встановлюється до ФТЧ з каталітичним покриттям із платини для здійснення окислення ТЧ оксидами азоту [21, 150, 574].

Через те, що при горінні сажі у ФТЧ при регенерації відзначається значна емісія поліциклічних ароматичних вуглеводнів і продуктів їхнього згоряння (бензол, толуол), іноді встановлюється додатковий каталітичний нейтралізатор продуктів неповного згоряння палива за ФТЧ або міняють місцями окисний каталітичний нейтралізатор продуктів неповного згоряння палива і ФТЧ по потоку відпрацьованих газів [21].

У будь-якому разі, це питання ще не знайшло однозначної відповіді й потребує подальших досліджень.

Через наявність вимог до масогабаритних показників і компоновання АТЗ розробники пристроїв і систем з очищення відпрацьованих газів прагнуть розміщувати складові цих систем більш компактно, бажано в єдиному корпусі. При цьому такий комбінований пристрій ще може частково або повністю виконувати функції глушника шуму випуску, шуму, що виникає в процесі регенерації ФТЧ, а також функції іскрогасника.

Для великовантажних АТЗ, як правило, загальний корпус системи зниження токсичності має великий поперечний переріз і малу протяжність – в них потік відпрацьованих газів проходить паралельно осі корпусу до п'яти разів, здійснюючи кожен раз поворот на 180° (рис. 2.24) [572].

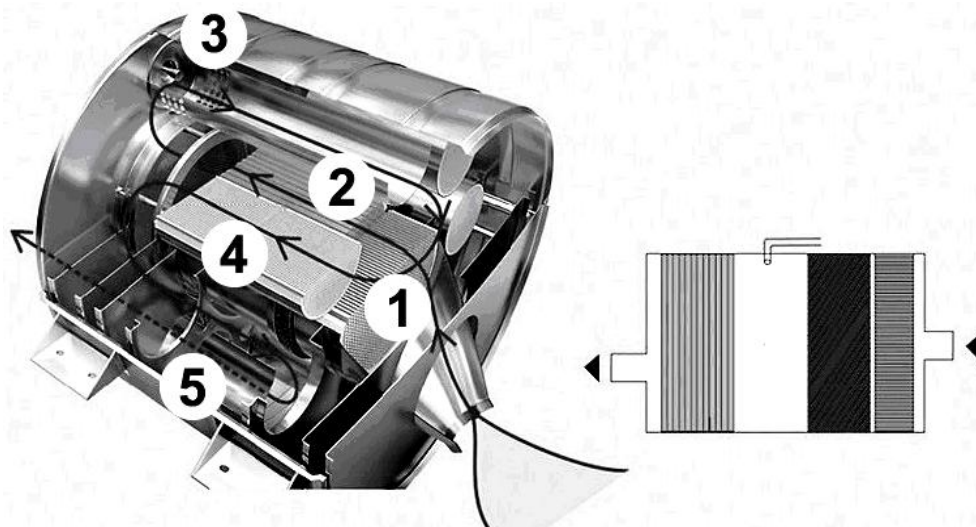


Рис. 2.24. Система зниження токсичності відпрацьованих газів вантажного АТЗ [572]:
 1 – окислювальний каталітичний нейтралізатор продуктів неповного згоряння палива;
 2 – ФТЧ; 3 – впорскування сечовини; 4 – SCR-каталізатор для відновлювання NO_x;
 5 – глушильна трубка

Для легкових АТЗ корпус такої системи має малий поперечний розріз, але значну протяжність – у ньому всі вищевказані елементи встановлено послідовно вздовж осі кузова АТЗ і потік відпрацьованих газів не змінює свого напрямку [21, 617 – 619]. Відомі також конструкції, в яких ФЕ і носії каталітичного покриття нейтралізаторів і поглиначів являють собою полі циліндри або конуси з керамічного матеріалу і встановлюються співвісно або під нахилом один відносно одного (рис. 2.25) [577, 578] або в комбінації з циліндрами з сітчастого і волокнистого матеріалу [584].

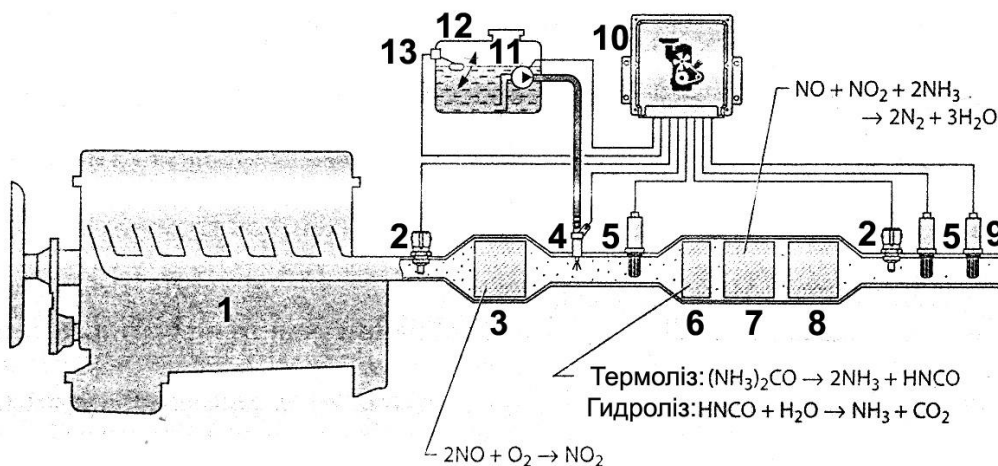


Рис. 2.25. Система зниження токсичності відпрацьованих газів легкового АТЗ [21]:
 1 – дизель; 2 – датчики температури відпрацьованих газів; 3 – каталітичний доокислювач оксидів азоту; 4 – паливна форсунка; 5 – датчики тиску відпрацьованих газів; 6 – блок підготовки сечовини; 7 – SCR-каталізатор; 8 – ФТЧ; 9 – λ-зонд; 10 – електронний блок керування; 11 – паливний насос; 12 – бак з сечовиною; 13 – датчик рівня сечовини у баці

Для сучасних дизелів з турбонаддувом такі системи працюють спільно з системою рециркуляції відпрацьованих газів, причому система може містити окремий ФТЧ для рециркульованих відпрацьованих газів, що не має власної бортової системи регенерації, яка здійснюється на спеціалізованому підприємстві під час чергового технічного обслуговування АТЗ (рис. 2.26) [581].

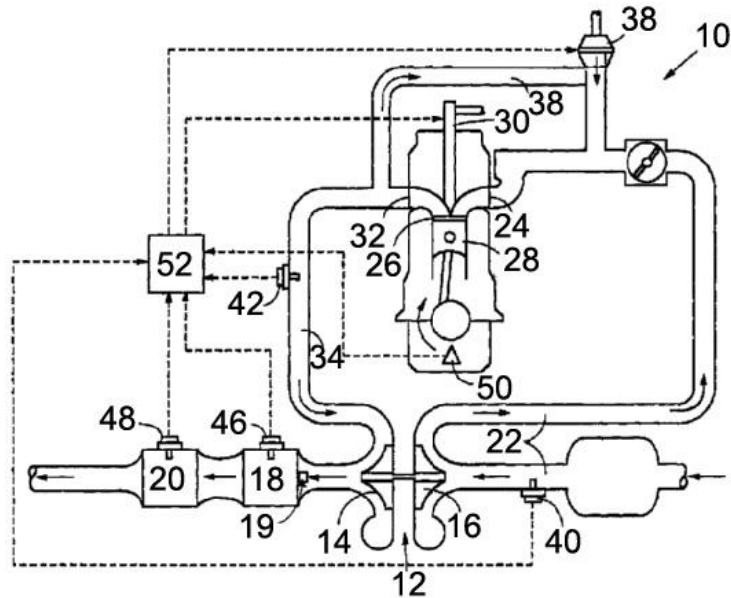


Рис. 2.26. Автоматизована система очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ [581]: 10 – дизель; 12 – турбокомпресор; 14 – колесо турбіни турбокомпресора; 16 – колесо компресора турбокомпресора; 18 – ФТЧ; 19 – каталітичний окислювач продуктів неповного згоряння палива (опційно); 20 – каталітичний поглинач NO_x ; 22 – впускний тракт; 24 – впускний колектор; 25 – камера згоряння; 28 – циліндро-поршнева група; 30 – паливна форсунка; 32 – випускний колектор; 36 – тракт системи рециркуляції відпрацьованих газів; 38 – клапан рециркуляції відпрацьованих газів; 40 – датчик витрат повітря на впуску; 42, 46, 48 – датчики температури відпрацьованих газів; 50 – відмітчик верхньої мертвої точки; 52 – електронний блок керування

Для підвищення компактності системи зниження токсичності відпрацьованих газів спеціалістами деяких підприємств пропонується розташовувати всі її елементи в корпусах гнучких компенсаторів випускного тракту АТЗ [620].

Корпуси систем зниження токсичності відпрацьованих газів виготовляють з листового нержавіючого прокату [597], в особливих випадках – з діелектрика [612]. Зазвичай корпуси мають теплоізоляцію у вигляді шару теплоізолюючого матеріалу між подвійними стінками корпусу [589] і/або теплового відбиваючого екрану всередині корпусу [599] для зменшення тепловтрат при роботі, якомога більш швидкого прогріву при запуску і прогріванні двигуна й підтримки необхідного рівня температури ФЕ. Так, наприклад, корпус системи очищення відпрацьованих газів дизеля Isuzu 4HL1, що містить ФЕ каталітичного перетворювача і ФТЧ, а також дифузор на вході і конфузор на виході, має такі габаритні розміри:

діаметр 0,3 м, довжина 0,8 м. Всі його елементи з'єднані між собою рознімно.

Фахівці, що працюють над удосконаленням таких систем, у заявках на корисні моделі й винаходи пропонують оснащувати проточні частини корпусів та елементів цих систем такими елементами:

- дифузори на вході і конфузори на виході потоку відпрацьованих газів [599, 587];

- завихрювачі й пластинчасті [588] або лопаткові [599] напрямні апарати на вході, з напрямними лопатками зі змінним кроком повороту у ФЕ [577];

- системи подачі у відпрацьовані гази додаткового повітря (окремі повітродувки) [598], палива (випарювальна горілка [598, 618], форсунка [568]) або інших речовин (для реалізації процесів регенерації і десульфатації елементів системи) [616, 585];

- механізми газорозподілу золотникового типу [616, 621, 585], байпасні канали із запобіжними або легкокоруйнівними перегородками;

- рухомі очищувачі ФЕ від накопичених ТЧ з обертовими від електродвигуна щітками [613], ротаційними камерами на вході потоку відпрацьованих газів [589, 622], вхідними патрубками у вигляді «равлика» і газовою турбіною, що приводить в обертання ФЕ з опорами в торцевих кришках корпусу [583], рухомих кріпленням ФЕ у ФТЧ, що має поздовжнє переміщення уздовж напрямних з механізмом зворотного ходу [622];

- камери згоряння [568] і резонансні камери [598], електричні нагрівальні елементи (ніхромові спіралі), що живляться електричним струмом напругою 220 В [613, 599, 589, 622].

Оскільки в конструкції елементів системи зниження токсичності АТЗ також використовуються принципи і елементи системи гасіння шуму випуску відпрацьованих газів – раптове розширення, різкий поворот і поділ потоку відпрацьованих газів, а також наявність значного гідравлічного опору при проходженні потоком ФЕ, то такі системи можуть частково або повністю замінити штатний глушник шуму випуску відпрацьованих газів і штатний іскрогасник АТЗ.

Деякі автори в описах суті винаходів, що являють собою новий або вдосконалений ФЕ для ФТЧ, передбачають більш широке коло завдань для його використання, а саме – для очищення відпрацьованих газів котелень, ТЕЦ, ТЕС і заводів зі спалювання твердих побутових відходів [615].

2.6. Сажові фільтри і фільтри твердих частинок

Перші сажові фільтри (у іноземній термінології Soot Filter – SF) (пізніше – ФТЧ (у іноземній термінології Diesel Particulate Matter Filter – DPF)) на серійних вантажних АТЗ застосовано у 90-х рр. XX ст.

Перші прототипи АТЗ марок Peugeot и Ford, оснащені ФТЧ, з'явилися ще у 2000 р., а на серійному легковому АТЗ – Peugeot 607 – ФТЧ вперше використано у травні 2002 р.

У 2005 р. фірма Bosch розробила ФТЧ сучасної конструкції, тобто з керамічним ФЕ зі стільниковою системою каналів з газопроникними стінками.

Ринкова ціна ФТЧ, що серійно випускаються, становить 350 – 900 євро, а у комплекті з корпусом, системою автоматичного керування і системою регенерації – 900 – 3000 євро для легкових АТЗ. Так, наприклад, для VW Passat B6 ФТЧ коштує близько 1200 \$, а окремо ФЕ – більше за 900 \$ [631]. Для вантажних АТЗ вартість ФТЧ може перевищувати вартість їхніх ДВЗ.

З моменту введення у дію у країнах ЄС норм Правил ЄЕК ООН рівня EURO V (січень 2011 р.) наявність ФТЧ на борту АТЗ, що серійно виробляються і мають вдовольняти ці норми, є обов'язковим.

При цьому обов'язковим також є використання дизельного пального класу EURO IV і моторної оливи класу CJ, що згідно зі стандартом мають містити якомога менше сульфатних зол, фосфору, вільної сірки.

Крім того, у деяких АТЗ пуск ДВЗ неможливий за відсутності сечовини у відповідному резервуарі, яка використовується для зниження викидів NO_x.

ФЕ монолітної й стільникової структур традиційно виготовляють екструзією, спіканням або спінуванням.

При цьому застосовують такі добре зарекомендовані керамічні матеріали як у чистому вигляді, так і у різноманітних сумішах одне з одним [7, 18, 19, 588, 700, 631, 571, 623]:

- кристалобаліт;
- протоенстатит;
- кордієрит;
- сапфірин;
- мілліт;
- періклаз;
- шпінель;
- корунд;
- карбід силіцію;
- компаунд Si-SiC;
- нікелева піна;
- силіційметалічні матеріали з нітруванням поверхонь;
- електротермічні напилення на керамічних або металевих поверхнях (підложках) з Al₂O₃, γ-Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, ZrO₂-Al₂O₃, ZrO₂-TiO₂, TiO₂-Al₂O₃, BaO-ZrO₂-Al₂O₃, NbO-Al₂O₃;
- каталітично активна глибоковолокниста шлакова вата;
- цеоліти.

Також відомі ФЕ з металевих мікросит [564] і сіток [597, 587, 565, 612] або перфорованих решіток [584, 588, 613, 599, 589] з нанесенням на їхні

металеві поверхні пористих покриттів, волокнистих природних або штучних матеріалів (наприклад, силікатних волокон) [566, 567], або без покриття, які, однак, досі не набули широкого застосування.

Часто ці матеріали є носіями каталітичних покриттів (нанесеним напилюванням, осадженням, відновленням з розчинів або іншими способами), що додають ФТЧ властивості окисних нейтралізаторів і поглиначів оксидів азоту.

Іноді один і той же пористий матеріал може бути тілом одночасно і каталітичного окислювального нейтралізатора, і ФТЧ, і каталітичний поглинач NO_x при однаковій або різній пористості.

Один і той же пористий матеріал при використанні у комплексі таких пристроїв може бути у вигляді:

- аксіальних шарів [579];
- радіальних шарів [624].

При цьому для різних пристроїв потрібна різна пропускна властивість, що чинить безпосередній вплив на час проходження потоку відпрацьованих газів крізь пристрій і швидкість перетворень поліютантів на безпечні речовини, а також гідравлічний опір пристрою. Різницю гідравлічного опору, ідентичних за хімічним складом матеріалів, досягають застосуванням:

- різної пористості;
- різного вмісту волокон певного типу.

За конструктивним виконанням при розміщенні таких агрегатів у єдиному корпусі або як окремих блоків (з різним ступенем або фракційністю очищення) одного й того ж пристрою (наприклад, ФТЧ, у яких при цьому кожен шар затримує фракції ТЧ з певним діапазоном розмірів) окремі блоки з пористої кераміки можуть бути:

- розділеними буферними порожнинами [579, 578];
- не розділеними буферними порожнинами [624].

Зазвичай у випадку використання шарів або блоків з одного й того ж пористого матеріалу у одному пристрої шари або блоки розміщені по потоку відпрацьованих газів від більшої пористості до меншої.

Як матеріал каталітичного покриття за його наявності традиційно використовують такі метали та їхні з'єднання:

- платина Pt;
- іридій Ir;
- паладій Pd;
- родій Rd.

Традиційні каталітичні речовини наносять на матеріал ФЕ у кількості від 2 г на 1 дм^3 об'єму ФЕ на початку 2000 рр. [600, 155, 164] і до 0,2 г на 1 дм^3 у 2010 р. [36]. Така значна економія дорогоцінних металів за 10 років – у 10 разів, вочевидь, є результатом значного обсягу НДР.

Окрім традиційних каталітичних матеріалів останнім часом набули обмеженого використання такі їхні замінники:

- пористий γ -оксид алюмінію [594];
- шар мікро- і нановолокон карбіду кремнію, протравлений в плавиковій кислоті, з покриттям оксидами міді, кобальту або заліза [580];
- пористий сечовино-формальдегідний полімер просторово-глобулярної структури з аніобмінними властивостями [597] та ін.

Основними вимогами до матеріалу ФЕ є такі:

- термостійкість (температура під час процесу регенерації досягає 1000 °С);
- корозійна стійкість (для металевих ФЕ) ;
- стійкість до високотемпературної газової ерозії;
- стійкість до абразивної ерозії;
- стабільність властивостей матеріалу ФЕ у часі (стійкість до старіння) [18 – 21, 155, 164].

На випадок аварійного засмічення ФЕ він повинен мати байпасний (запобіжний, обвідний) канал з руйнівною перетинкою або електрокерованою заслінкою.

Основними недоліками цих типів фільтрів є такі:

- 1) висока собівартість і необхідність у високій культурі виробництва;
- 2) значний гідравлічний опір, що збільшується в процесі експлуатації у декілька разів;
- 3) мала надійність в експлуатації – схильність до термошокового руйнування, чутливість до наявності сірки в паливі, витрат оливи на угар;
- 4) необхідність у прогріванні до робочої температури за наявності каталітичного покриття.

ФТЧ типу wall-flow характеризуються ефективністю очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ в діапазоні розмірів 10 нм – 1 мкм близько 95 %, а ФТЧ типу separator, залежно від масових витрат відпрацьованих газів крізь них, – від 30 до 70 % (див. рис. 2.22).

Об'єм ФЕ має перевищувати робочий об'єм дизеля у 1,2 – 2,0 рази для забезпечення прийняттого рівня гідравлічного опору, сажомісткості та властивостей до іскро- і шумогасіння.

Пробіг АТЗ між регенераціями I роду ФТЧ, залежно від різних чинників, становить 300 – 800 км і обмежується досягненням рівня накопичення ТЧ у ФЕ 5 – 10 г на 1 дм³ об'єму ФЕ [18].

Потреба у очищенні ФЕ від золи (продуктів горіння присадок палива і оливи, продуктів зносу деталей дизеля, діоксиду сірки, пилу зі свіжого заряду), тобто регенерації II роду, виникає кожні 120 – 180 тис. км пробігу АТЗ.

Основною проблемою ФТЧ з ФЕ традиційної конструкції з керамічним твердим тілом з сотовою структурою каналів, заглушених у шаховому порядку, і пористими стінками є схильність їхніх матеріалів до термошокового руйнування. Зовнішній вигляд такого ФЕ, що незворотно виведений з ладу саме таким механізмом пошкодження, подано на рис. 2.27.

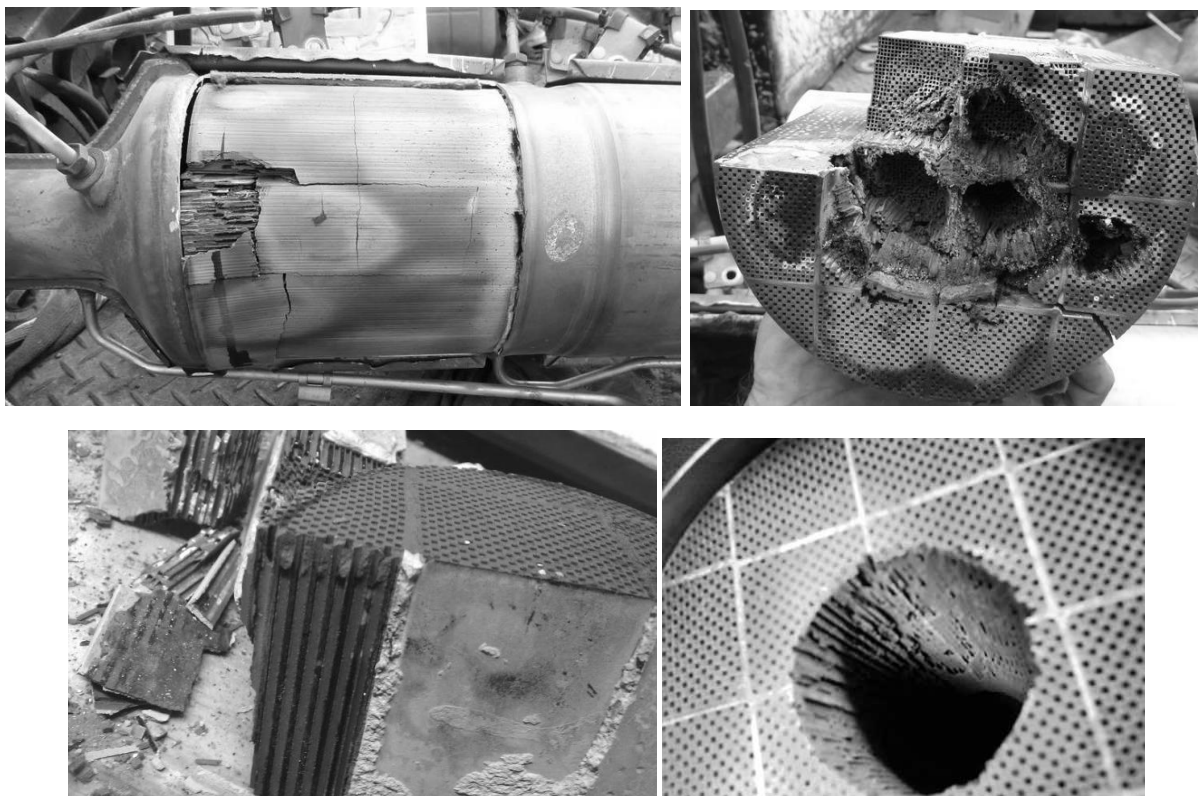


Рис. 2.27. ФТЧ традиційної конструкції автомобіля Mazda, ФЕ якого незворотно пошкоджений за термошочковим механізмом
[\[http://forum.mazda6club.com/2-0-diesel/349857-dpf-removal-problem.html\]](http://forum.mazda6club.com/2-0-diesel/349857-dpf-removal-problem.html)

2.7. Діючі ФТЧ нетрадиційної конструкції

З усіх вищеописаних конструкцій ФТЧ у вигляді пакетів з перфорованого і гофрованого сталевого листа і листового тканого або нетканого фільтрувального матеріалу, а також з використанням сталевіткої сітки і різного виду насипок з пористого сорбенту реально перебувають у виробництві й експлуатації лише ті, які розроблені фірмами, що спеціалізуються тільки на таких системах зниження токсичності відпрацьованих газів АТЗ, тобто фірмами DCL і Ecnix DPF.

Решта некерамічних конструкцій, що заявлені в патентах найбільших фірм-автомобілевиробників – MAN, Toyota, Renault, Peugeot, а також фірм, що розробляють і виробляють системи зниження токсичності, переважно з керамічними ФЕ з каталітичним покриттям – Engelhart, Emitech, Johnson Matthey, і тим більше, запропоновані авторами винаходів з Російської Федерації й України, вочевидь, носять декларативний характер. Останнє також підтверджується наявністю у формулах винаходів переважно свідомо важкореалізованих конструктивних рішень в описі об'єктів авторського права.

Фірма DCL International inc. виробляє ФТЧ власної конструкції, що виконує ще й функції каталітичного окислювача продуктів неповного

згоряння палива [595].

Його ФЕ являє собою пакет з двох однакових сталевих стрічок і шару листового нетканого фільтруючого матеріалу – сталеві мікрофібри, що має каталітичне покриття (рис. 2.28).

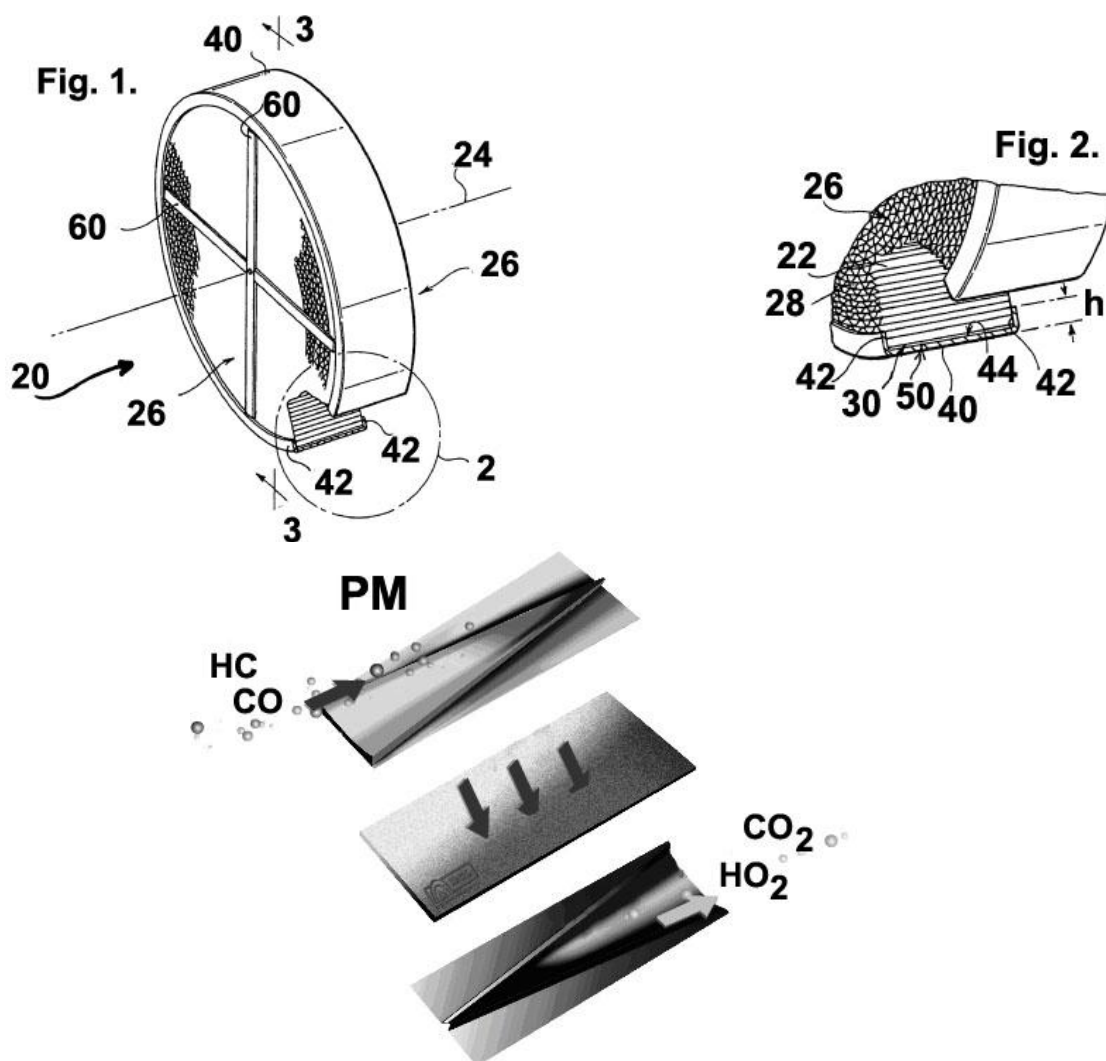


Рис. 2.28. ФТЧ фірми DCL inc. (мовою оригіналу) [595]

Стрічки мають виштамповки у вигляді каналів прямокутного перерізу, що звужуються у формі правильної трапеції в плані. Одна зі стрічок містить входні канали, розгорнуті основою трапеції (для отримання якнайбільшої площі прохідного перетину) до неочищеної частини потоку відпрацьованих газів, друга – вихідні канали, розгорнуті основою трапеції до очищеної частини потоку відпрацьованих газів.

Отвори у вершинах трапецій (мінімальні прохідні перетини каналів) не заглишені і служать байпасними (запобіжними) каналами. Пакет щільно згорнутий по спіралі в рулон, окаймований сталевим ободом, і має вигляд циліндричної шайби, діаметр якої істотно більше товщини. Цей ФТЧ виробляють для ДВЗ, які вже знаходяться в експлуатації.

Особливістю цього ФТЧ є те, що він не має системи бортової регенерації I роду. Його регенерація I роду здійснюється шляхом заміни ФЕ в корпусі ФТЧ і наступним очищенням ФЕ на спеціальному обладнанні поза об'єктом, на якому ФТЧ експлуатується.

Фірма Ecomix-DPF виробляє ФТЧ конструкції, розробленої фірмою Boshart Engineering [568]. ФЕ такого ФТЧ являє собою пакет з двох шарів сталевітної тканиної сітки і одного шару сталевітної нетканої мікрофібри з каталітичним покриттям між ними (див. рис. 2.29).

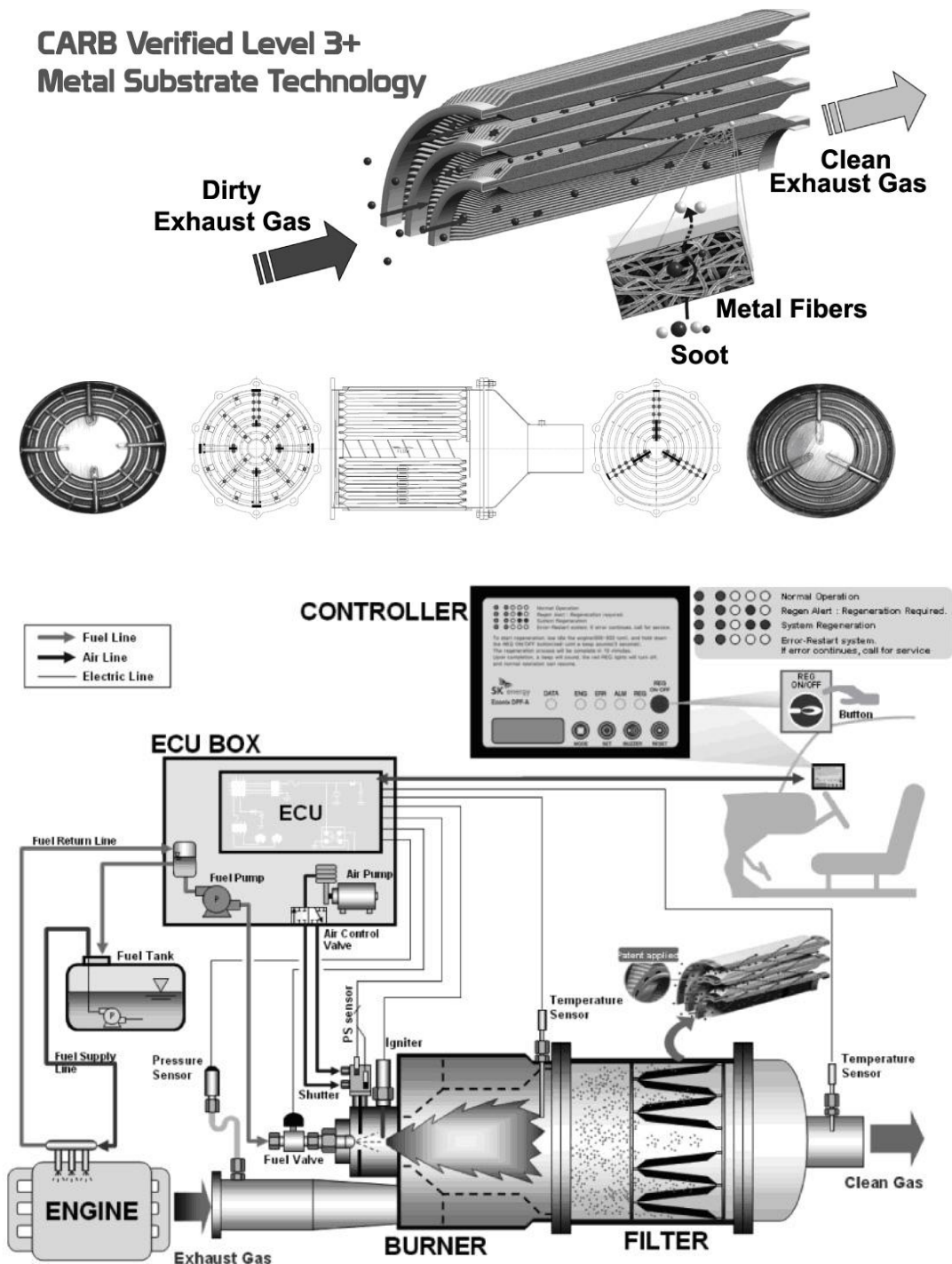


Рис. 2.29. Схема і принцип дії системи очищення потоку відпрацьованих газів дизеля від ТЧ за допомогою ФТЧ фірми Ecomix-DPF (мовою оригіналу) [568]

Пакет згорнуто у зсічені конуси різного розміру, які, в свою чергу, зібрані коаксиально один з одним, обтиснуті ободами в місцях з'єднання, а найменший з них обтиснуто заглушкою.

Особливістю цього ФТЧ є наявність власної системи термічної регенерації, що містить камеру згоряння в корпусі ФТЧ, систему подачі палива і повітря в неї, а також систему автоматичного керування його роботою. Цей ФТЧ пропонується для АТЗ з дизельним ДВЗ, що вже перебуває в експлуатації.

Обидва описаних вище прикладів ФТЧ з некерамічними ФЕ, що знаходяться у виробництві, забезпечують виконання норм токсичності рівня CARB Level 3+ (аналог EURO-V).

2.8. Фільтри твердих частинок, розроблені у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України¹

2.8.1. Рідинний ФТЧ. На межі 80-х і 90-х років ХХ століття у відділі поршневих енергоустановок ІПМаш АН УРСР було розроблено систему рідинної нейтралізації відпрацьованих газів дизелів, основою якої був рідинний нейтралізатор, що першочергово виконував функції ФТЧ [281 – 290, 596, 625, 626].

Крім цієї функції (зниження викиду ТЧ – на режимі максимального крутного моменту до 85 %), така система за певних умов дозволяла знизити рівень водорозчинних компонентів відпрацьованих газів (альдегіди, оксиди сірки і азоту), а отже, і викиду NO_x, а також значно знизити рівень шуму випускної системи дизеля у всьому діапазоні частот і температуру відпрацьованих газів на 40 – 80°C), повністю усунути іскроутворення у відпрацьованих газах (що значно підвищувало показники пожежо- й вибухобезпеки експлуатації та випробувань енергетичних установок з дизелями), підвищити оптичну прозорість відпрацьованих газів і звести нанівець їхній запах.

В першу чергу система призначалась для дизелів потужністю до 200 кВт, якими обладнано автономні стаціонарні енергоустановки, а також випробувальні станції і окремі бокси, тобто була стаціонарною – перший базовий варіант. Однак система мала модифікацію (другий базовий варіант) для транспортних дизелів потужністю до 75 кВт, що могла встановлюватись на тракторах, автотранспорту, спеціальному самохідному гірничо-шахтному обладнанні взамін штатного глушника шуму відпрацьованих газів (завдяки близьким значенням масогабаритних показників і гідравлічного опору).

Сам нейтралізатор вирізнявся відносною простотою конструкції, невисокою собівартістю, простотою обслуговування і регенерації, можливістю побудови типоряду таких пристроїв для дизелів різної потужності.

¹ Автори монографії висловлюють подяку за консультаційну допомогу у підготовці цього підрозділу автору даної розробки – В. М. Семикіну (ІПМаш НАН України).

Як робоча рідина використовувалась вода (звичайна технічна), а для покращання поглинання оксидів азоту й інших розчинних компонентів відпрацьованих газів можливим було додавання хімічних поглиначів [285, 625].

Через це процеси регенерації I і II роду (див. розд. 3) такого ФТЧ принципово не відрізняються один від одного і здійснювались зміною робочої рідини, яку надалі піддавали фільтрації або випаровуванню, далі фільтрат або сухий осад мав брикетуватися і спалюватися у стаціонарному режимі. Саму воду можна повернути у робочий цикл системи декілька разів до досягнення критичного рівня концентрації у ній розчинних компонентів відпрацьованих газів.

Окрім хімічних поглиначів оксидів азоту, і власне води, для підвищення ефективності нейтралізації відпрацьованих газів у цій системі використовувалось введення до робочої камери озонованого повітря.

Принципову схему стаціонарної системи рідинної нейтралізації відпрацьованих газів дизелів подано на рис. 2.30. З нього видно, що запропонована система рідинної нейтралізації відпрацьованих газів складається з двоступінчастого дизельного рідинного нейтралізатора, озонатора повітря, двох посудин відстійника у складі системи збору і очищення робочої рідини від ТЧ і систем зливу та перекачки робочої рідини.

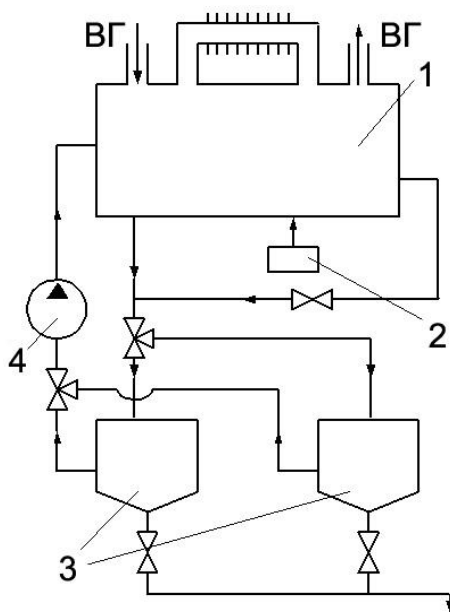


Рис. 2.30. Схема системи рідинної нейтралізації відпрацьованих газів дизелів [281, 282]:

- 1 – рідинний нейтралізатор відпрацьованих газів; 2 – озонатор повітря; 3 – відстійник; 4 – перекачувальний насос

Транспортний варіант системи відрізняється тим, що двоступінчастий дизельний рідинний нейтралізатор разом з озонатором повітря розташовуються безпосередньо на транспортному засобі, а інші частини системи встановлюються стаціонарно в місці збору і очищення робочої рідини.

Основним елементом системи нейтралізації відпрацьованих газів є двоступінчастий дизельний рідинний нейтралізатор, принципову схему якого подано на рис. 2.31. Його зовнішній вид подано на рис. 2.32 (фото виставкового зразка з Музею ІПМаш НАН України, що також є виставковим зразком на виставці досягнень народного господарства).

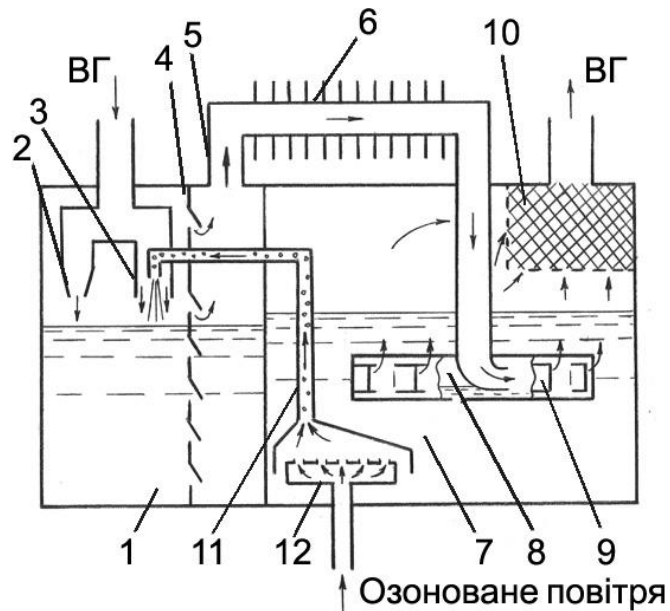


Рис. 2.31. Схема двоступінчастого дизельного рідинного нейтралізатора відпрацьованих газів [288]:

- 1 – перша ступінь; 2, 3 – робочі сопла; 4 – водовідбійні перегородки; 5 – спеціальні канали; 6 – теплообмінник; 7 – друга ступінь; 8 – кільцевий газорозподільник; 9 – патрубки; 10 – вологовіддільник; 11 – переливний пристрій; 12 – барботер

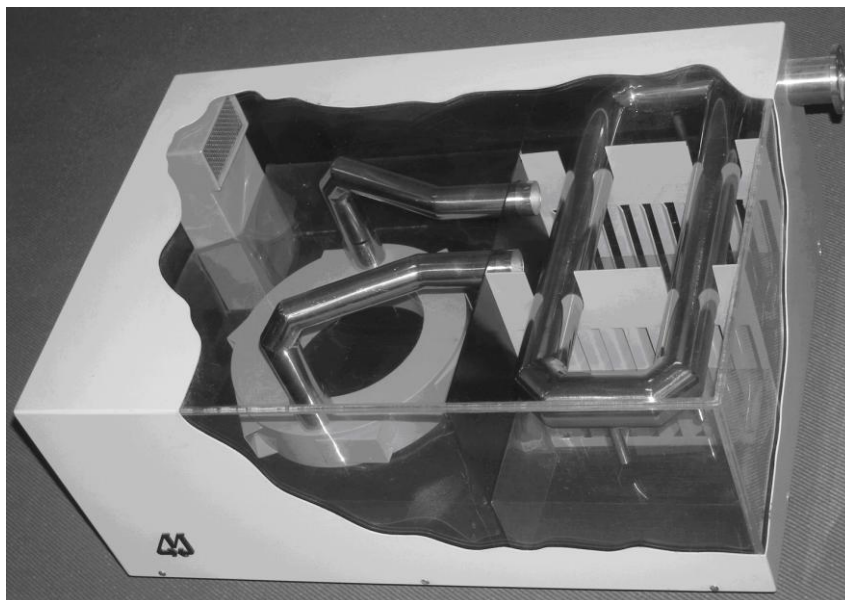


Рис. 2.32. Зовнішній вигляд двоступінчастого дизельного рідинного нейтралізатора

Двоступінчастий дизельний рідинний нейтралізатор являє собою дві металеві посудини (ступені), частково заповнені робочою рідиною –

водою. Двоступінчаста конструкція цього нейтралізатора дозволяє підвищити ефективність нейтралізації відпрацьованих газів дизелів за рахунок використання декількох фізичних процесів їхнього очищення і шляхом інтенсифікації взаємодії газової та рідинної фаз, а також суттєво зменшити винесення робочої рідини і хімічних реагентів. При цьому спільна робота двох ступенів у складі дизельного рідинного нейтралізатора забезпечує більшу ефективність нейтралізації відпрацьованих газів дизелів, ніж проста сума їхніх позитивних ефектів при роздільній роботі (так званий синергетичний ефект).

Принцип дії розробленого двоступінчастого дизельного рідинного нейтралізатора докладно описано в роботі [288], а методика розрахунку його основних робочих і конструктивних показників – у роботі [289]. Згідно з цим принцип дії засновано на ударно-інерційній та інерційно-барботажній рідинній нейтралізації відпрацьованих газів [282, 288, 289]. Для нейтралізації оксидів азоту використовується озонний метод [285, 287].

Фізичні основи роботи двоступінчастого дизельного рідинного нейтралізатора полягають у такому. Ефективність інерційного способу обумовлюється масовими характеристиками ТЧ, що видаляються. В цьому випадку – це ТЧ разом з адсорбованими на них вуглеводнями. При зниженні температури відпрацьованих газів відбувається коагуляція ТЧ, швидкість якої визначається концентрацією і розмірами ТЧ, ступенем їхньої полідисперсності, формою, наявністю адсорбованих плівок, а також турбулізацією потоку відпрацьованих газів й ступенем зниження температури потоку. У цілому очищення від дисперсних ТЧ засновано на порушенні їхньої агрегативної та кінетичної стійкості й видаленні їх із потоку відпрацьованих газів силовим впливом інерційного поля. Через гідрофобність і малі розміри ТЧ ефективно уловлювання їх у нейтралізаторі здійснюється здебільшого завдяки ефекту об'ємної конденсації пари води з відпрацьованих газів. Об'ємна конденсація відбувається в її центрах. При швидкому розширенні відпрацьовані гази охолоджуються і ТЧ стають гетерогенними активними центрами і, виступаючи в ролі ядер, адсорбують на своїй поверхні тонку плівку робочої рідини й вуглеводнів. Шар робочої рідини на поверхні гідрофобної ТЧ утримується завдяки поверхневому натягу цілісного сферичного шару робочої рідини. При цьому частинка, покрита рідиною, поводить себе як крапля еквівалентного розміру. Гідрофільність ТЧ, що утворилися в процесі конденсації, а також значне збільшення їхньої маси і розмірів за рахунок обволікаючого ТЧ шару робочої рідини і завдяки процесу коагуляції сприяють ефективному уловлюванню ТЧ.

У двоступінчастому дизельному рідинному нейтралізаторі очищення відпрацьованих газів від ТЧ відбувається в такий спосіб (див. рис. 2.31). Неочищений потік відпрацьованих газів із певною швидкістю вертикальними струменями витікає у посудину 1 крізь колектор з соплами 2, що звужуються, і ежекторними соплами 3, нижні зрізи яких розташовані

над поверхнею робочої рідини. При проходженні крізь сопла 2, 3 потік відпрацьованих газів формується – швидкість відпрацьованих газів збільшується, а після виходу із сопел їхня швидкість різко зменшується і при швидкому розширенні вони хутко охолоджуються, що призводить до конденсації на ТЧ робочої рідини й вуглеводнів, та коагуляції ТЧ в потоці відпрацьованих газів. Далі струмені відпрацьованих газів, що витікають із сопел, вдаряються об поверхню робочої рідини і за рахунок зіткнення з робочою рідиною відбувається видалення коагульованих ТЧ із потоку відпрацьованих газів. При цьому утворюється шар піни й бризків. Бризки піднімаються потоком газів на різну висоту і залежно від їхньої дисперсності підхоплюються й уносяться потоком відпрацьованих газів. Долаючи сопла 3, з'єднані з переливним пристроєм 11, відпрацьовані гази ежектують робочу рідину із другої ступені – посудини 7. Цим досягається нейтралізація відпрацьованих газів шляхом уведення робочої рідини у їхній потік, повернення віднесеної з першого ступеня робочої рідини, тобто забезпечується її внутрішня циркуляція, можливість переливу робочої рідини із другого ступеня, де тиск відпрацьованих газів нижче, ніж у першому ступені. Після удару об поверхню робочої рідини відпрацьовані гази разом із краплями й випарами робочої рідини, різко змінюючи напрямок руху, минають водовідбійні перегородки 4, де відбувається часткове видалення крапель і бризків, і по каналах 5 крізь теплообмінник 6 надходять у газорозподільник 8. У теплообміннику відпрацьованих газів додатково охолоджуються і пара робочої рідини конденсується. Усередині коробчастого тороподібного газорозподільника відпрацьовані гази [288] інтенсивно перемішуються з робочою рідиною, утворюючи шар піни, і далі рухаються по кільцевому замкнутому контуру тору. При цьому ТЧ, що вкриті шаром води, разом з робочою рідиною відцентровими силами притискаються до бічної поверхні тору й поглинаються робочою рідиною, а залишки її випарів з першого ступеня конденсуються. Конструкція газорозподільника 8 забезпечує високу ефективність на усіх, у тому числі й перехідних, режимах роботи дизеля. Після взаємодії з робочою рідиною всередині газорозподільника відпрацьовані гази проходять крізь розташовані на його бічній поверхні тангенціальні патрубки 9 і барботують у робочій рідині другого ступеня. Нарешті відпрацьовані гази проходять скрізь зону піни й бризків, що утворюються при барботажі, і через вологовіддільник 10, що перешкоджає виносу робочої рідини, спрямовуються в атмосферу. Таким чином, використовуючи ефективні гідрогазодинамічні процеси очищення, розроблений двоступінчастий дизельний рідинний нейтралізатор забезпечує адсорбцію, конденсацію, уловлювання дрібнодисперсних ТЧ і фільтрацію відпрацьованих газів.

Для нейтралізації NO_x використовується гетерофазний процес абсорбції оксидів азоту озонним методом [287]. Озон виявляє унікальні властивості в гетерофазних водяних системах. Висока спорідненість озону до електрона призводить у водяних розчинах до утворення озонидного іон-радикала O_3^- , котрий за участю молекул води й іонів гідроксиду OH

поступово розкладається до кисню з утворенням ряду проміжних радикалів. При гетерофазному процесі окислювання використовуються такі хімічні реакції: $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$; $\text{NO} + \text{HO}_2 \bullet = \text{HNO}_3$; $\text{NO}_2 + \text{OH} \bullet = \text{HNO}_3$, що дозволяє значно прискорити абсорбційний процес.

У двоступінчастому дизельному рідинному нейтралізаторі нейтралізація NO_x відбувається в такий спосіб. Озоноване повітря з озонатора подається через барботер 12 (див. рис. 2.31) у другий ступінь, посудину 7, і барботує у робочу рідину, насичуючи її озоном. Потім через переливний пристрій 11 і сопла 3 озоноване повітря разом з робочою рідиною, котра ежектується, із другого ступеня надходить у перший ступінь і вступає у взаємодію з відпрацьованими газами. При цьому, завдяки тому, що в першому ступені при ударі відпрацьованих газів об поверхню робочої рідини утворюється шар піни, забезпечуються умови для ефективного гетерофазного процесу абсорбції NO_x озонним методом. Далі відпрацьовані гази разом із краплями й випарами робочої рідини, а також з озоном, який частково не прореагував (залишкового), із першого ступеня по каналах 5 через теплообмінник 6 надходять у газорозподільник 8 і, після взаємодії з робочою рідиною всередині тороподібного газорозподільника, барботують у другому ступені. При цьому за рахунок використання залишкового озону і за рахунок того, що робоча рідина другого ступеня за допомогою барботера 12 насичується озоном, відбувається доочищення відпрацьованих газів від NO_x . У такий спосіб у першому ступені забезпечується інтенсифікація процесу окислювання NO_x озоном у рідкій фазі. Азотна кислота, що утворюється, залишається в розчині. У другому ступені забезпечується додаткова нейтралізація NO_x і запобігається винос залишкового озону в атмосферу, що дуже важливо з огляду на агресивність озону. Отже, ефективність двоступінчастої нейтралізації NO_x у цього очисного пристрою обумовлена інтенсивною взаємодією газової та рідкої фаз, а також значним збільшенням поверхні й часу їхнього контакту.

Робочий зразок стаціонарного варіанта рідинного нейтралізатора цієї системи було виготовлено «в металі», успішно випробувано на випробувальній станції НТЦ «КамАЗ» з двигуном КамАЗ-740 (м. Набережні Челни, Росія), що відображено у виконаних НДР [625, 626]. Основні результати дослідження факторів, що впливають на ефективність рідинної нейтралізації відпрацьованих газів дизеля за допомогою пропонованого пристрою, виконані у відділі поршневих ЕУ ІПМаш НАН України, наведено на рис. 2.33 [625].

Слід зазначити, що ця розробка у вигляді виставкового зразка (див. рис. 2.32) завоювала медаль на останній в історії Виставці досягнень народного господарства УРСР у м. Києві у 1991 році [Каталог «Законченные научно-технические разработки 1990 года» / отв. за вып. О. П. Берека, сост. П. Л. Коротич, лит. ред. Т. И. Антонечко. – К. : Респ. центр выставок и ярмарок при Совете Министров УССР, 1991. – С. 14 – 15].

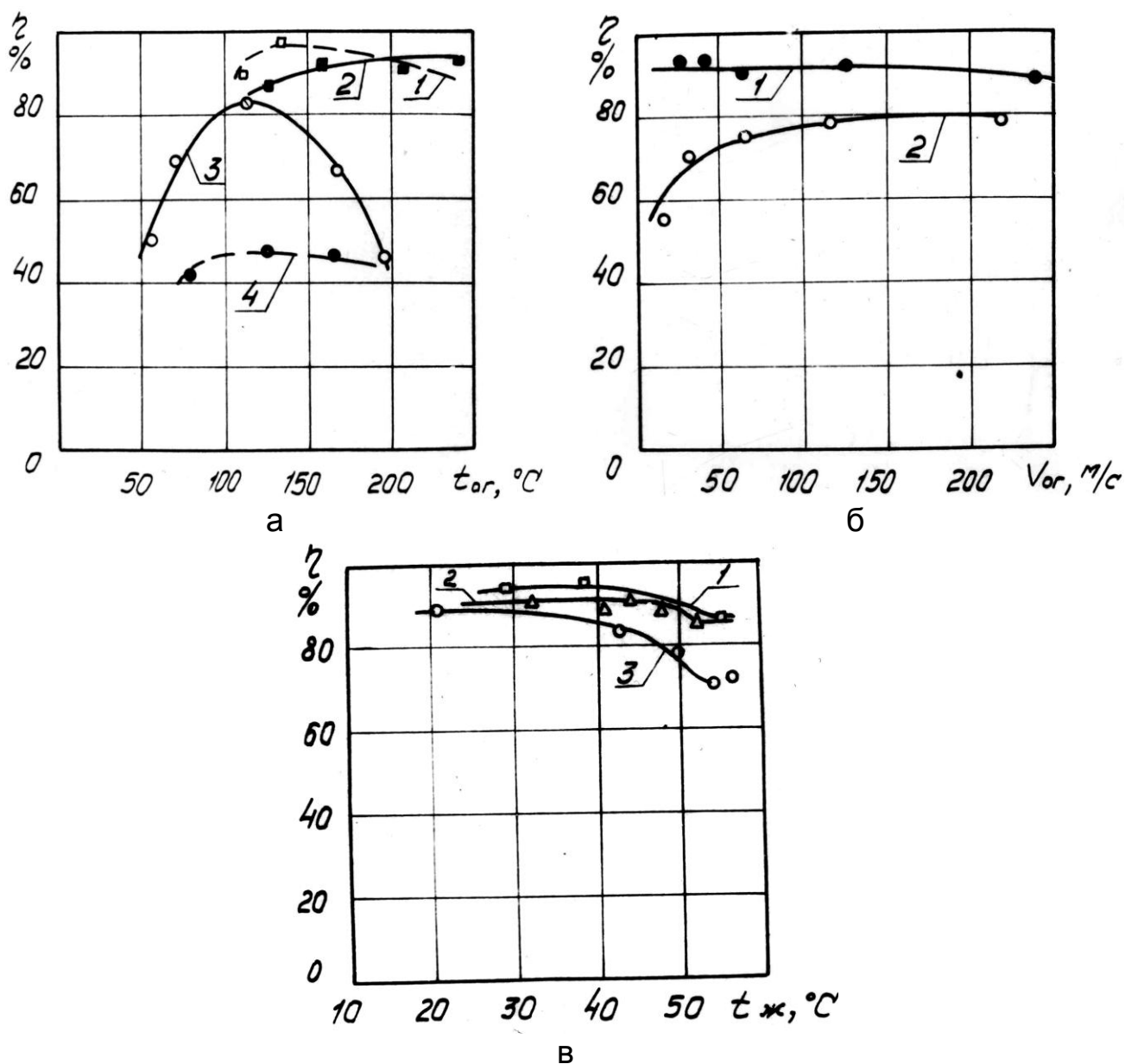


Рис. 2.33. Зміна ступеня очищення відпрацьованих газів дизеля від сажі за допомогою двоступінчастого дизельного рідинного нейтралізатора залежно від [625]:

а – температури відпрацьованих газів:

– металевий нейтралізатор: 1 – з одним відсіком; 2 – з трьома відсіками;

– неметалевий нейтралізатор: 3 – з трьома відсіками; 4 – з одним відсіком;

б – швидкості потоку відпрацьованих газів і відстані від зрізу сопла до робочої рідини:

1 – відстань 150 мм; 2 – відстань 300 мм;

в – температури робочої рідини і її об'єму: 1 – 0,156 м³; 2 – 0,126 м³; 3 – 0,062 м³

Оскільки, як стає зрозумілим з вищенаведеного, розробку було виконано на зламі епох у історії вітчизняної науки, а замовник вищезгаданих НДР опинився у іншій державі, гідної доводки конструкції та впровадження в експлуатацію ця система нейтралізації не знайшла.

Проте теоретичні дослідження за цією тематикою авторський колектив проводив аж до 2000-х років, що відображено у публікаціях [281 –

290]. Розробка захищена відповідним авторським свідоцтвом [596].

Набутий досвід і науково-практичне доопрацювання стали основою іншої розробки – ФТЧ з насипкою з природного цеоліту, що є прикладом реалізації принципу безперервності традицій та використання досвіду старших поколінь у відділі поршневих ЕУ ІПМаш НАН України.

2.8.2. ФТЧ з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах

Як логічне продовження вищенаведених досліджень у відділі поршневих ЕУ ІПМаш НАН України розроблено модульну конструкцію нерідинного ФТЧ дизеля, ФЕ якого побудовано на перспективному принципі роботи, що полягає у комплексному використанні ефекту інерційного впливу на ТЧ, процесів фільтрації й адсорбції, а також, на відміну від більшості традиційних фільтрів, у його функціонуванні без використання каталітичних покриттів.

Відповідно до створеної авторами і описаної в підрозд. 2.2 класифікації способів і засобів роботи ФТЧ ця розробка має ФЕ, що за принципом роботи об'єднує об'ємно-фільтруючий, поверхнево-адсорбційний та інерційний способи роботи, тобто може бути віднесена до комбінованого типу.

Фільтрувальний елемент ФТЧ ІПМаш характеризується порівняно малою собівартістю виготовлення, прийнятними величинами гідравлічного опору і масогабаритних показників і порівняно задовільною ефективністю очищення відпрацьованих газів від ТЧ. На такій основі може бути побудовано типорозмірний ряд ФТЧ для транспортних дизелів, як нових, так і тих, що експлуатуються, а також запропановано технічне рішення ФТЧ для очищення відпрацьованих газів у системах рециркуляції поршневих ДВЗ.

Сам ФТЧ складається з таких елементів: ФЕ; корпус фільтра; система регенерації I роду; система автоматичного керування системою регенерації й контролю стану ФЕ.

Корпус такого фільтра коробчастого типу виконано з листової сталі, оснащено теплоізолюючими елементами, приєднувальними фланцями, і він має три порожнини:

– приймальну (буферний об'єм на вході), в якій потік відпрацьованих газів готується до проходження крізь ФЕ (знижуються швидкість потоку, температура відпрацьованих газів і, відповідно, створюються сприятливі умови для інтенсифікації процесу коагуляції ТЧ). Також у цій порожнині можуть бути встановлені паливна форсунка і камера згоряння для реалізації процесу автоматичного, примусового очищення фільтра від накопичених в ньому ТЧ (процес примусової регенерації I роду);

– робочу, в якій встановлено ФЕ. При цьому її об'єм, за даними робіт [18 – 21, 563, 575], має бути не меншим за з робочий об'єм дизеля, а сумарна площа входних отворів модулів – принаймні рівною площі вихідного отвору випускного колектора дизеля;

– вихідну (буферний об'єм на виході), в якій забезпечується стабілізація параметрів потоку відпрацьованих газів (температура, швидкість, тиск).

Також у буферних об'ємах датчиками системи автоматичного керування вимірюють параметри потоку відпрацьованих газів, що характеризують роботу ФТЧ.

Принципову конструкцію всього ФТЧ подано на рис. 3.37 (див. підрозд. 3.5), в якій очищення потоку відпрацьованих газів відбувається у ФЕ шляхом адсорбції й утриманні ТЧ на високопористому жаростійкому покритті стінок із сталевих пластин (див. рис. 3.15, поз. 2), які герметично рознімно з'єднані одна з одною і утворюють порожнини модулів ФЕ (див.рис. 3.15, поз. 1), при їх омиванні цим потоком, який організовується (спрямовується і розподіляється) отворами в сполучній пластині модуля (див.рис. 3.15, поз. 3) і поперечними перетинками між торцями модулів. При цьому порожнини модуля можуть бути заповнені насипкою з жаростійкого сорбенту, а сполучна пластина з отворами в ній може виконуватися зі сталевітканої сітки.

ФЕ такого ФТЧ складається з окремих однакових і рознімно сполучених між собою модулів. Їхню кількість зумовлюють такі чинники:

- заданий рівень гідравлічного опору ФТЧ або допустимого погіршення паливної економічності дизеля;
- заданий рівень сажомісткості ФЕ або міжрегенераційного періоду;
- бажаний рівень зниження шуму випуску відпрацьованих газів;
- компоновка моторного відсіку енергетичної установки або вимоги до маси і габаритних розмірів ФТЧ.

Головною особливістю розробленого ФЕ є те, що використання каталітичного покриття елементів конструкції ФЕ не передбачається (слабкими каталітичними властивостями природного цеоліту можна знехтувати).

Регенерація I роду такого ФТЧ можлива будь-яким з термічних способів (див. підрозд. 3.3), зміною насипки сорбенту з її подальшим очищенням або утилізацією або плазмовим способом. Вибір схеми, способу і алгоритму роботи системи регенерації такого ФТЧ подано у підрозд. 3.5.

Принципово таку конструкцію модуля ФЕ можливо реалізувати декількома способами, деякі з яких здійснено при фізичному моделюванні процесу руху відпрацьованих газів. Для фізичного моделювання процесу руху текучого середовища у модулі розроблено і виготовлено безмоторну дослідницьку установку. Особливості конструкції варіантів конструктивного виконання модуля ФЕ наведено на рис. 2.34 [69, А.4.6 – А.4.8].

За результатами фізичного і математичного моделювання процесу руху текучого середовища [69, А.4.8, А.4.12, А.4.21] у модулі для подальших досліджень вибрано Варіанти 5 і 6 (рис. 2.34), на основі яких було побудовано діючі зразки ФЕ, що відрізнялись наявністю та відсутністю насипки з природного цеоліту у сітчастих касетах модуля і сполучної пластини відповідно.

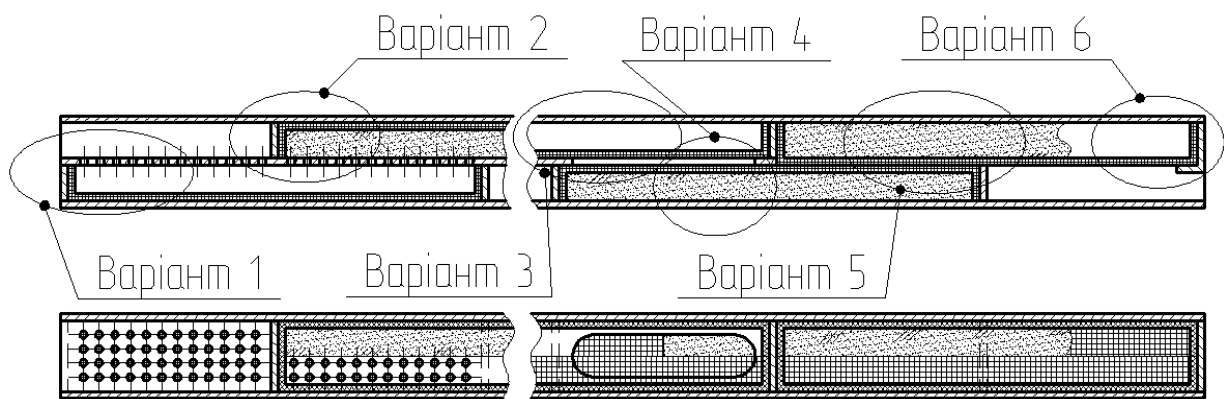


Рис. 2.34. Варіанти конструкції модуля ФЕ ФТЧ ІПМаш [69]

Такі зразки експериментально досліджено у реальних умовах експлуатації у складі модернізованої випускної системи автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 (Д21А1) за стандартизованими випробувальними циклами [69, А.4.22, А.4.23]. Конструкцію і зовнішній вигляд діючого макета ФЕ з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах модуля, що за результатами стендових моторних досліджень проявила найкращі робочі характеристики [69, А.4.22, А.4.23], подано на рис. 2.35 і 2.36. Зовнішній вигляд робочих поверхонь модулів діючого макета ФЕ після проведення стендових моторних випробувань показано на рис. 2.37, зовнішній вигляд сітчастих касет і гранул насипки – на рис. 2.38. Результати декількох етапів стендових моторних досліджень зображено на рис. 2.39 – 2.42.

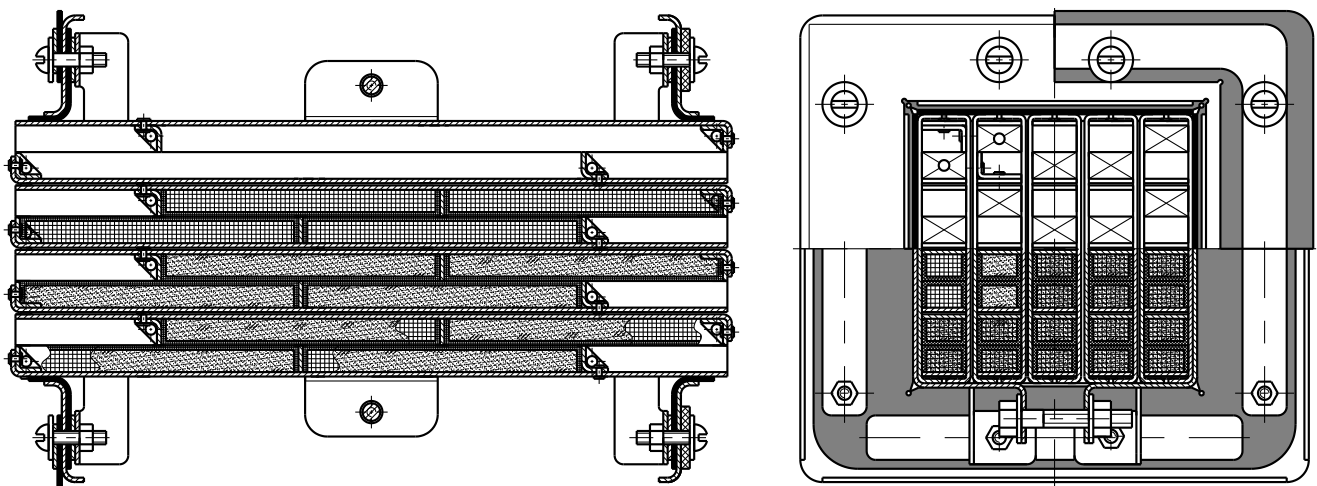


Рис. 2.35. Ескіз діючого макета ФЕ ФТЧ ІПМаш з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах [69, А.4.22, А.4.23]

На рис. 2.37 наведено графіки розподілу масового викиду ТЧ з відпрацьованих газів дизеля 2Ч10,5/12 $G_{ТЧ}$ при випробуваннях за 13 (а) і 8 (б) режимними циклами, з експериментальним зразком і без нього у випускній системі, а також коефіцієнта ефективності очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ $K_{ЕО}$ діючим зразком ФЕ.

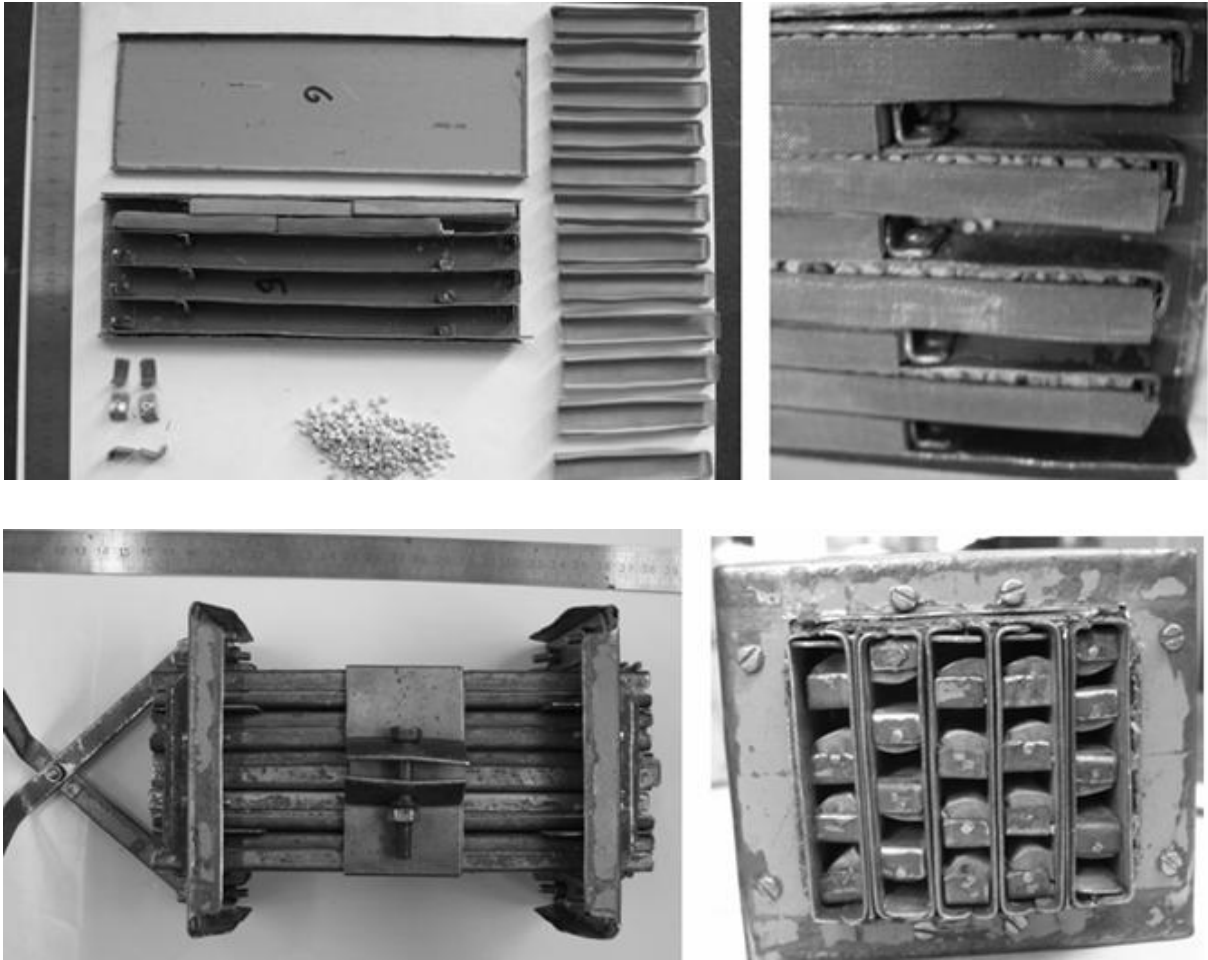
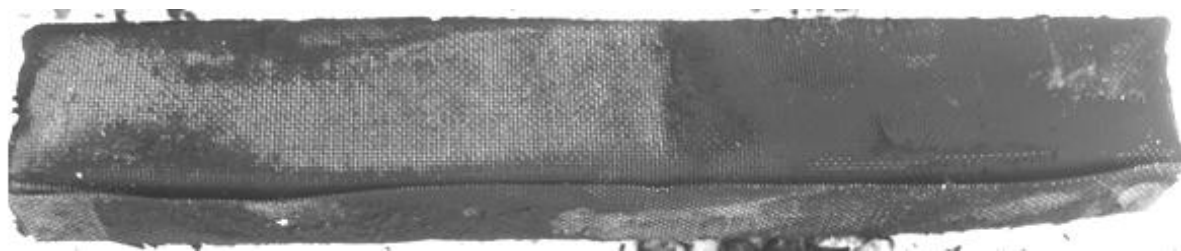


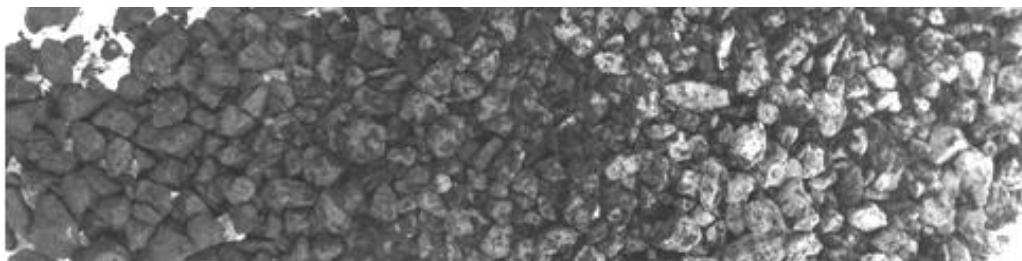
Рис. 2.36. Конструкція і зовнішній вигляд діючого макета ФЕ ФТЧ ІПМаш з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах [69, А.4.22, А.4.23]



Рис. 2.37. Зовнішній вигляд поверхонь діючого зразка ФЕ ФТЧ ІПМаш після моторних випробувань у реальних умовах експлуатації [69, А.4.22, А.4.23]

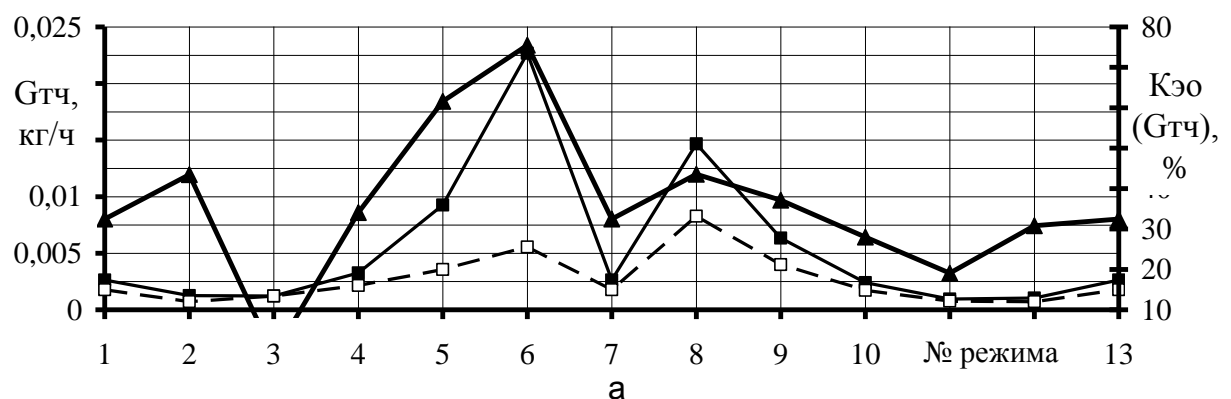


а

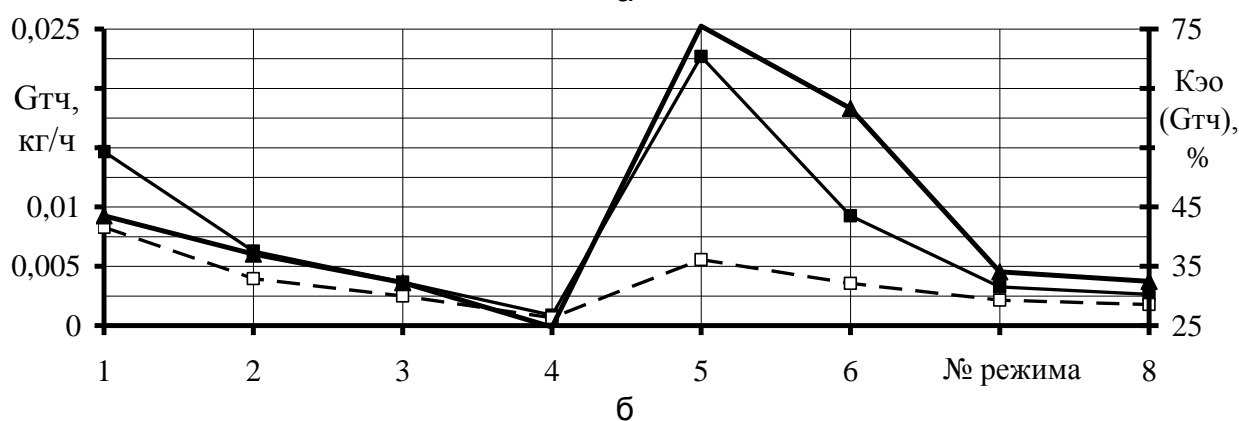


б

Рис. 2.38. Зовнішній вигляд поверхонь сітчастої касети (а) і насипки (б) з природного цеоліту зразка ФЕ ФТЧ ІПМаш після моторних випробувань у реальних умовах експлуатації [69, А.4.22, А.4.23]



а



б

Рис. 2.39. Масовий викид ТЧ з відпрацьованими газами дизеля 2Ч10,5/12 при випробуваннях з експериментальним зразком і без нього, ефективність очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ зразком ФЕ ФТЧ ІПМаш (мовою оригіналу) [69, А.4.22, А.4.23]:

а – за 13 режимним циклом; б – за 8 режимним циклом;

■ – $G_{тч}$ без ФТЧ; □ – $G_{тч}$ с ФТЧ; ▲ – K_{EO}

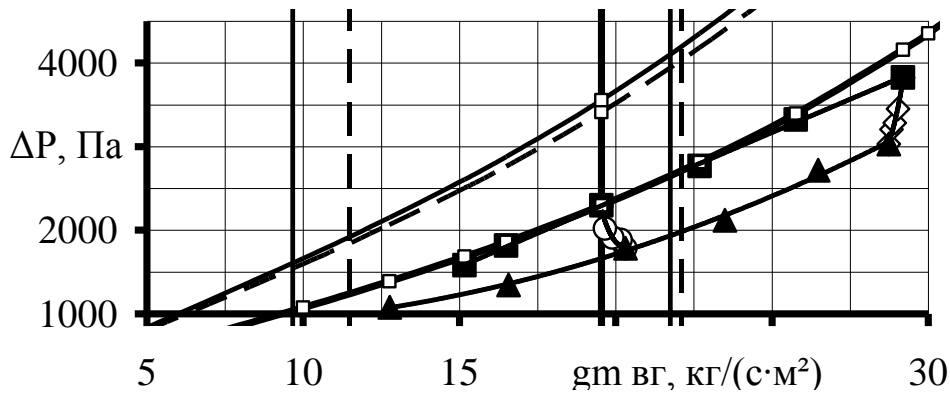
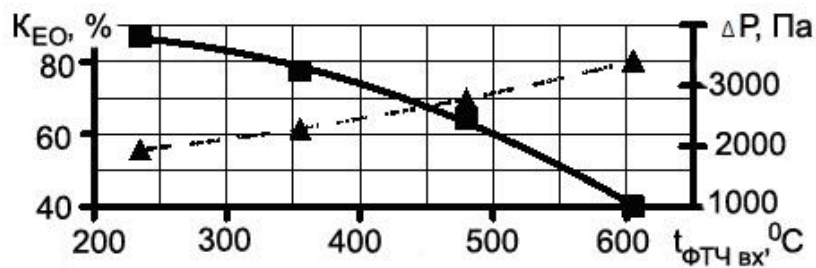
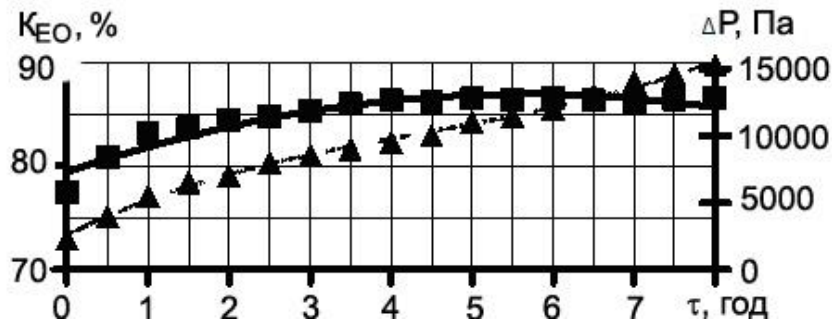


Рис. 2.40. Витратні характеристики діючого макета ФЕ ФТЧ ІПМаш [69]:
 ■ – зовнішня швидкісна; ▲ – холостого ходу; ● – навантажувальна при $n_{KB} = 1200 \text{ хв}^{-1}$;
 ◆ – навантажувальна при $n_{KB} = 1800 \text{ хв}^{-1}$



а



б

Рис. 2.41. Результати випробувань макета ФЕ ФТЧ ІПМаш з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах [69]:
 а – залежність K_{EO} і ΔP зразка від температури відпрацьованих газів на вході;
 б – залежність K_{EO} і ΔP зразка від часу роботи дизеля на режимі максимального крутного моменту; ■ – K_{EO} , %; ▲ – ΔP , Па

На рис. 2.38 – витратні характеристики зразка – залежності гідравлічного опору зразка ФЕ $\Delta P_{ФТЧ}$ від секундного масового потоку відпрацьованих газів $g_{mВГ}$ за такими характеристиками, що обмежують поле робочих режимів автотракторного дизеля:

- зовнішньою швидкісною характеристикою;
- навантажувальною характеристикою з частотою обертання колінчастого валу режиму максимального крутного моменту;
- навантажувальною характеристикою з частотою обертання колінчастого валу номінального режиму;
- характеристикою холостого ходу.

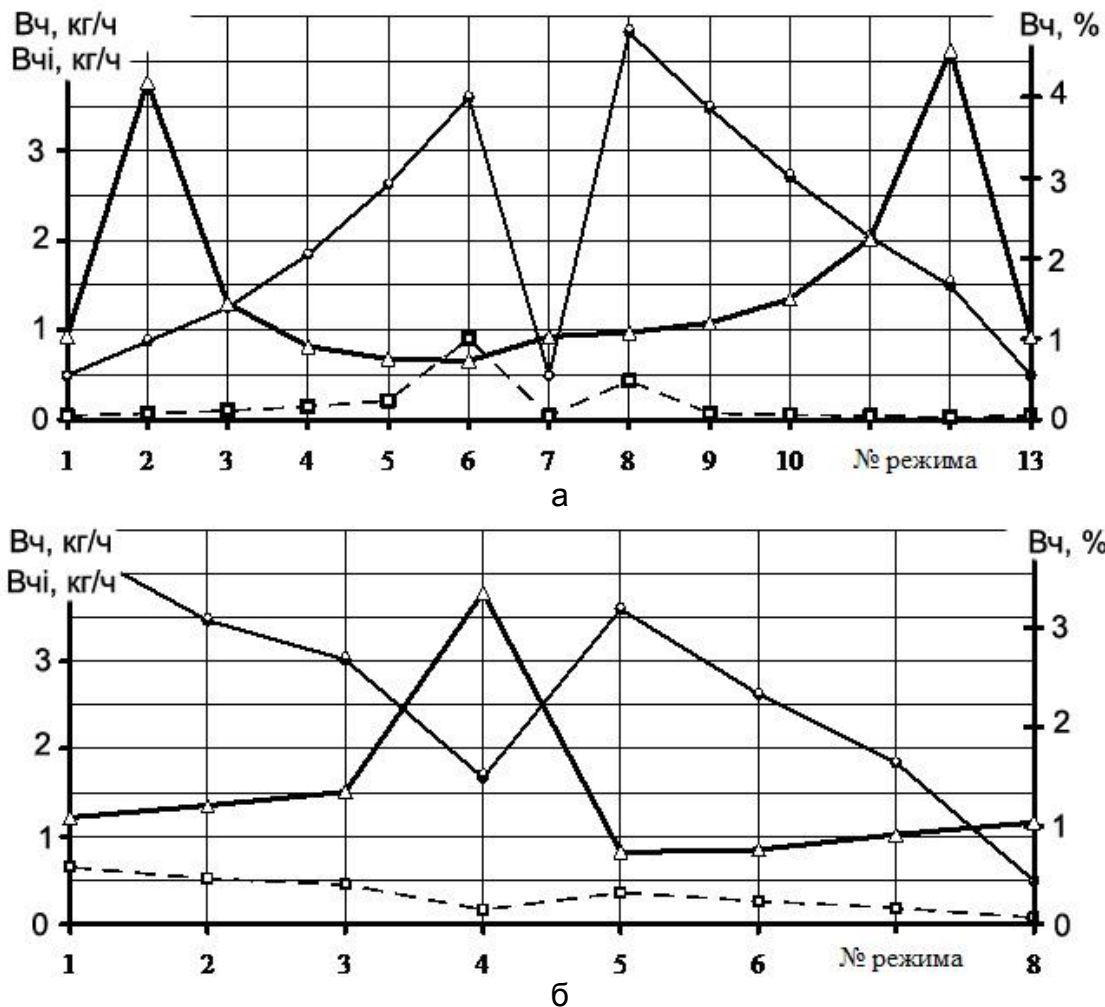


Рис. 2.42. Годинні масові витрати палива дизелем 2C10,5/12 при випробуваннях (мовою оригіналу) [69, А.4.30]:

а – за 13 режимним циклом; б – за 8 режимним циклом; Δ – % B_{ch} .
 Без ФТЧ: ■ – B_{ch} ; ● – B_{ch} . З ФТЧ: □ – B_{ch} ; ○ – B_{ch}

Рис. 2.41, а ілюструє залежність K_{EO} і $\Delta P_{фТЧ}$ зразка від температури відпрацьованих газів на вході $t_{фТЧвх}$, а рис. 2.41, б – залежність K_{EO} і $\Delta P_{фТЧ}$ зразка від часу роботи дизеля на режимі максимального крутного моменту τ_M . На рис. 2.41 – графіки розподілу масових годинних витрат палива дизелем 2C10,5/12 B_{ch} і відсотка їх збільшення B_{ch} , спричиненого наявністю зразка, при випробуваннях за 13 і 8 режимними циклами (оцінено розрахунковим способом за розробленою авторами методикою [69, А.4.30]).

Ефективність роботи розробленого ФТЧ, як і будь-якого іншого, визначається значенням коефіцієнту ефективності очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ, що розраховується за такою формулою, %:

$$K_{EO}(G_{ТЧ}) = (G_{ТЧ.ДВЗ} - G_{ТЧ.ФТЧ}) / G_{ТЧ.ДВЗ} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де $G_{ТЧ.ФТЧ}$ і $G_{ТЧ.ДВЗ}$ – відповідно масовий викид ТЧ з потоком відпрацьованих газів дизеля на певному режимі його роботи дизеля із встановленим у його випускній системі ФТЧ і без нього, кг/год.

Як видно на вищенаведених рисунках, ефективність роботи ФТЧ, тобто ступінь очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ, для автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 (Д21А1) досягає максимуму 77,5 % на режимі максимального крутного моменту дизеля (63 % за 13-режимним і 53 % за 8-режимним випробувальним циклом, а вздовж однієї робочої зміни зростає до 86,5 %) і залежить від: абсолютної величини масового часового викиду ТЧ, значення секундного масового потоку відпрацьованих газів у ФЕ, часу роботи дизеля на усталеному режимі. Гідравлічний опір ФТЧ не перевищує 4 кПа у всьому діапазоні робочих режимів дизеля для дизеля 2Ч10,5/12 і залежить від тих самих факторів, що й ефективність роботи ФТЧ.

Ескіз варіанта конструкції модуля ФЕ, остаточно обраного за результатами фізичного і математичного моделювання, а також декількох етапів стендових моторних випробувань, наведено на рис. 2.43.

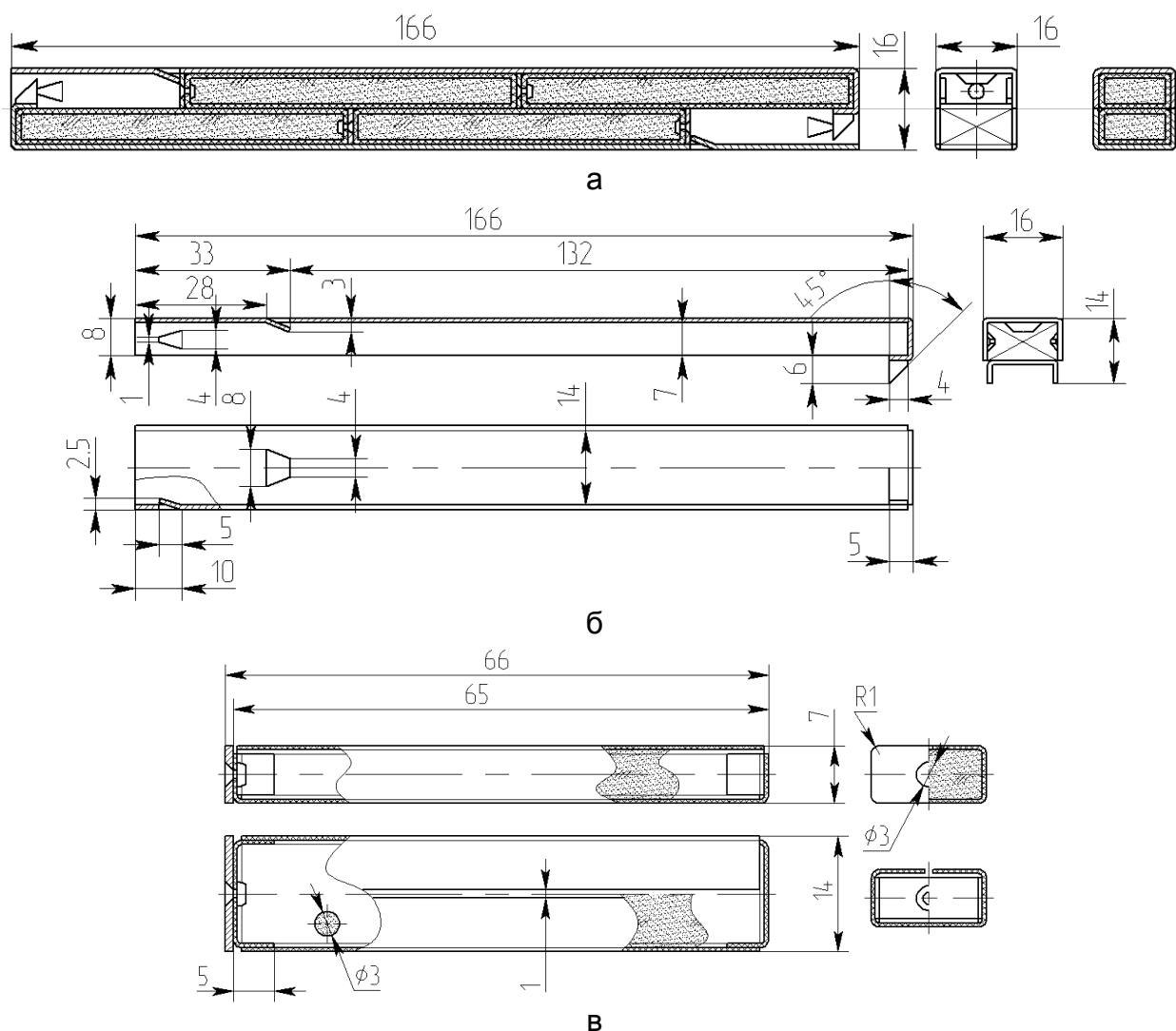


Рис. 2.43. Остаточно запропонована конструкція модуля ФЕ ФТЧ ІПМаш [69, А.1.1, А.4.22, А.4.23]: а – модуль; б – кожух; в – касета

Ткані сітки з нержавіючої сталі з різноманітними параметрами комірок, що виготовляють на ПАТ «Завод Фрунзе» (м. Харків), характеризуються

такими особливостями [639]:

- широкий вибір розмірів комірок і типів плетіння;
- виготовляються з неокислюваного і жароміцного матеріалу;
- легко піддаються механічній обробці;
- мають малу питому вагу;
- доступні й мають порівняно невелику вартість;
- мають достатню механічну міцність і жорсткість.

Випробування зразків з тканих сіток з нержавіючої сталі на моторному стенді з дизелем 2Ч10,5/12 показали таке:

- на таких сітках, що розміщені вздовж потоку відпрацьованих газів, ТЧ осаджуються;
- на таких сітках, що розміщені поперек потоку відпрацьованих газів, ТЧ осаджуються в значно меншому ступені (здуваються і/чи вигоряють);
- самі сітки дію потоку відпрацьованих газів с параметрами, характерними для перетину на виході з випускного колектора дизеля, переносять без помітної зміни своїх фізичних властивостей;
- сітки, розміщені поперек потоку відпрацьованих газів в один шар, мають малий гідравлічний опір.

Таким чином, моторні дослідження таких об'єктів показали, що їх, розміщеня вздовж поверхонь порожнин модуля ФЕ, можна використовувати як адсорбційну поверхню, а розміщеня між касетами – як заміну з'єднувальної планки з круглими отворами.

Сітка, що обрана для діючого експериментального зразка ФЕ ФТЧ ІПМаш, яку виготовляють на ПАТ «Завод Фрунзе» (м. Харків), характеризується такими параметрами: тип плетіння – полотняний, діаметр дроту – 0,09 мм, розміри комірки – 0,14 x 0,14 мм, товщина – 0,25 мм.

Насипка з природного середньофракційного цеоліту, якою наповняли сітчасті касети, характеризуються середнім діаметром частинок (гранул) фракції – 3 мм, ступінь щільності насипки – від 0 до 100 % за об'ємом. Природний цеоліт – це природний туф, що є високоефективним сорбентом з малою вартістю і досить високою жаростійкістю. Природний цеоліт, що видобувається на території України, набув широкого та різноманітного застосування, у тому числі й для сорбційного очищення різноманітних текучих середовищ, як рідких, так і газоподібних. Структурно являє собою молекулярні сита зі сталими розмірами пор 2 – 15 Å, ярко вираженими іонобмінними властивостями, через що вирізняється каталітичними властивостями і великою хімічною спорідненістю до речовин з полярними молекулами (наприклад, вода) або з полярною частиною розгалуженої молекули (вуглеводні в одному з ступенів окислення – альдегіди, спирти, органічні кислоти та ін.). Природний цеоліт в 4 – 5 разів дешевше синтетичного.

Основні властивості природного цеоліту такі [641 – 643, 646 – 650]:

- щільність 1900 – 2600 кг/м³ (залежно від хімічного складу);
- насипна щільність 620 – 1200 кг/м³ (залежно від розміру фракції);
- питома теплоємність ~ 1 кДж/(кг·°С);

- пористість близько 50 % (діаметр каналів 0,25 – 0,27 нм, що відповідає розміру молекули води);
- спроможний адсорбувати до 0,2 см³ пари води на 1 см³ власного об'єму.

Зовнішній вигляд поверхонь експериментального зразка після випробувань (див. рис. 2.37) дозволяє зробити такі висновки. ТЧ відкладаються на поверхнях сітчастих касет по всій їхній площі, але нерівномірно. Найбільш інтенсивно вони відкладаються в кутах касет, де потік відпрацьованих газів має найменшу швидкість уздовж основного напрямку руху і зазнає сильного завихрення, менш інтенсивно – на бічних поверхнях касет, які омиваються потоком відпрацьованих газів, і найменш інтенсивно – на поверхнях, через які проходить потік відпрацьованих газів з порожнин однієї комірки модуля в іншу. Спостережуване добре узгоджується з даними розрахункового дослідження процесу руху відпрацьованих газів з ТЧ в ФЕ [69, А.4.21]. Також видно, що ТЧ відкладаються на всіх поверхнях модулів експериментального зразка – як на поверхнях стінок модуля, утворених сталевим листовим прокатом, підданим піскоструменевій обробці, так і на поверхнях сітчастих касет. При цьому в тих місцях, де сітчасті касети були проникні для потоку відпрацьованих газів, осадження ТЧ відбувалося більш інтенсивно з боку входу потоку.

Адсорбція ТЧ на поверхнях гранул природного цеоліту, як видно на фото (див. рис. 2.38), відбувається з інтенсивністю, яка від'ємно корелює з довжиною шляху потоку відпрацьованих газів в насипці. Також ТЧ у насипці більш інтенсивно адсорбуються на гранулах природного цеоліту, що знаходяться в безпосередній близькості від поверхні сітчастої касети. Максимальна інтенсивність адсорбції ТЧ на гранулах природного цеоліту спостерігається в місці, де потік відпрацьованих газів долає касету найкоротшим шляхом, тобто в середині касети. При цьому в цій зоні насипки міститься також велика кількість конгломератів з ТЧ, адсорбованих вже не на гранулах природного цеоліту, а на самих ТЧ, у тому числі й коагульовані між собою. Розміри конгломератів у цьому випадку співрозмірні проміжкам між гранулами насипки з урахуванням шару вже адсорбованих на їхніх поверхнях ТЧ. Отже, насипка з природного цеоліту також реалізує такий спосіб очищення відпрацьованих газів від ТЧ (крім адсорбції), як фільтрація.

Таким чином, картини розподілу ТЧ у модулях експериментального зразка, подані на рис. 2.37 і 2.38, наочно демонструють використання розробленим ФЕ комбінації з усіх трьох вищезгаданих способів очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ. А саме: фільтрація конгломератів ТЧ сітчастою поверхнею касети і насипкою при проходженні потоку відпрацьованих газів крізь них; осадження ТЧ на поверхнях сталевих листів з великою шорсткістю і сітки при омиванні цих поверхонь

спеціальним чином організованим (для реалізації інерційної складової процесу очищення) потоком аерозолю «відпрацьовані гази дизеля – ТЧ»; адсорбція ТЧ на поверхнях насипки з природного цеоліту при проходженні крізь неї потоку відпрацьованих газів.

На рис. 2.26 також видно, що частина насипки (приблизно 40 %), що знаходиться в кінці траєкторії руху потоку відпрацьованих газів в касеті, за час проведення дослідження шаром адсорбованих ТЧ покритися не встигла, однак відфільтровані насипкою конгломерати ТЧ містить.

Модуль ФЕ (див. рис. 2.43) складається з двох типів деталей, що рознімно сполучені між собою – кожух (2 шт.) і касета (4 шт.). Кожух виконаний штампуванням зі сталевого листового прокату і має швелероподібну форму і сформовані в з його тіла упори для інших деталей. Касета являє собою складальну одиницю, що містить: власне касету (виконану штампуванням зі сталеві нержавіючої ткані сітки), міжкасетну перетинку (виконану штампуванням зі сталевого листового прокату, сполучену з касетою заклепкою або точковим зварюванням) і насипку з природного середньофракційного цеоліту.

Таким чином, можна очікувати, що розроблена конструкція ФЕ буде вирізнятися невисокою собівартістю виробництва і обслуговування за рахунок: рознімності з'єднань деталей, високої технологічності, а також загальнодоступності та невисокої ціни матеріалів ФЕ (наразі становить 0,25 \$ для одного модуля). Також можна очікувати, що високу експлуатаційну надійність розробленої конструкції ФЕ забезпечено за рахунок відсутності схильності його матеріалів до термошокowego руйнування та відсутності каталітичних покриттів, що виходять з ладу при використанні неякісних дизельного палив і олив. Універсальність такого ФЕ зумовлена модульністю конструкції та широким вибором методів його регенерації, а також можливістю використання ФТЧ як глушника шуму і/або іскрогасника випускної системи дизеля (за певних умов) і розміщення ФТЧ на борту АТЗ поза підкапотним простором. Порівняно високу ефективність очищення відпрацьованих газів від ТЧ досягнуто завдяки використанню комбінованого способу роботи. Гідравлічний опір і масогабаритні показники такого ФЕ (для дизеля з робочим об'ємом 2,0 дм³ містять не менше 30 модулів і важать 2,0 кг, його габаритні розміри становлять 60 x 90 x 170 мм) не перевищують показників аналогів. Серійне виробництво ФТЧ з розробленим ФЕ може бути налагоджено на вітчизняних підприємствах машинобудівної галузі.

Матеріали і результати досліджень склали основу 32 наукових статей [А.4.1, А.4.6 – А.4.8, А.4.10 – А.4.13, А.4.20 – А.4.24, А.4.29 – А.4.38, А.4.43 – А.4.52], тез 45 доповідей на науково-технічних конференціях і конгресах [А.6.8 – А.6.10, А.6.12 – А.6.14, А.6.17 – А.6.20, А.6.23 – А.6.26, А.6.29 – А.6.42, А.6.58 – А.6.88], самостійної НДР [А.1.1], окремих розділів НДР [А.1.2 – А.1.4], дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата

технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни і енергетичні установки [69, А.2.1]. Авторами підготовлено і подано документи щодо захисту інтелектуальної власності на розробку.

2.9. Висновки з розділу 2

Отже, за результатами досліджень щодо питань способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від ТЧ, які відображено у цьому розділі, можна виокремити такі основні результати.

1. Проаналізовано і класифіковано способи зниження токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ. Виявлено, що способів, оснований на удосконаленні конструкції ДВЗ, оптимізації його робочого процесу та підвищенні якості дизельного палива і моторної оливи, а також організаційно-технічних і законодавчих способів недостатньо для задоволення сучасних норм токсичності. Тому є необхідним безпосередній вплив на відпрацьовані гази поршневих ДВЗ (очищення від ТЧ, перетворення, нейтралізація) у комплексі з вищезгаданими способами.

2. Уперше у нашій країні запропоновано класифікацію способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих частинок. У цьому розділі розкрито зміст і проілюстровано окремі пункти запропонованої класифікації, подано її узагальнену схему. Схему створено на основі принципу багаторівневої декомпозиції методом ієрархічних структур і методологічного підходу. Виявлено, що системи і пристрої, які здійснюють цей процес, у своїй роботі використовують різні способи оброблення відпрацьованих газів, побудовані на принципово різних фізико-хімічних процесах: механічні, хімічні, термічні, електричні, плазмові, рідинні, які найчастіше комбінують. Пристрої систем очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ розділено на типи за принципом дії на механічні, хімічні й комбіновані. Механічні ФТЧ поділено на підтипи за принципом роботи – на фільтрувальні й інерційні, а хімічні – на каталітичні, термічні, плазмові й оксидні. Фільтрувальні ФТЧ поділено на види за структурою (з отворами, що більші й менші за розміри ТЧ), інерційні – за способом формування частинок з достатньою масою (крапельні, коагуляційні й конденсуючі). Механічні ФТЧ поділено також на форм-фактори за будовою і конфігурацією фільтрувального елемента, класи – за місцем утримання ТЧ (адсорбційні й абсорбційні). Каталітичні ФТЧ класифіковано за місцем розташування каталізатора, термічні – за видом джерела теплоти, плазмові – за видом носія плазми.

3. Визначено стратегії досягнення раціональних екологічних показників дизелів. Описано склад повного комплексу засобів для очищення відпрацьованих газів дизелів від нормованих поллютантів. Визначено і проілюстровано види компонування агрегатів у системі зниження токсичності відпрацьованих газів дизелів.

4. Розкрито зміст поняття «фільтр твердих частинок» у технічному й історичному ракурсі. Виявлено, що переважна кількість систем очищення відпрацьованих газів дизелів від ТЧ, що знаходяться у виробництві, використовують керамічні матеріали в конструкції ФЕ і каталітичні покриття на них, що зумовлює принципові недоліки таких систем. Наведено вимоги до матеріалів ФЕ таких пристроїв (термічна, корозійна і високотемпературна ерозійна стійкість, стабільність властивостей у часі), описано особливості їхньої конструкції, виявлено недоліки ФТЧ традиційних конструкцій, а саме: високі собівартість, наукоємність розробки, складність у виробництві й технічному обслуговуванні, значний і змінний у часі гідравлічний опір, мала надійність (через схильність до термошокового руйнування, чутливість до неякісних паливо-мастильних матеріалів), особливі вимоги до технічного і теплового стану ДВЗ.

5. Описано приклади систем очищення відпрацьованих газів дизелів від ТЧ, що серійно випускаються і мають ФЕ із сталевих тканих і нетканих сіток і металевої фольги – ФТЧ нетрадиційної конструкції. Проаналізовано принципи функціонування і конструктивні особливості діючих ФТЧ нетрадиційних конструкцій. Описано і проілюстровано декілька прикладів таких пристроїв і систем.

6. Наведено дані щодо ФТЧ, розроблених у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України. Обидва можна віднести до ФТЧ нетрадиційної конструкції.

Перший з них – двоступінчастий дизельний рідинний нейтралізатор, що дозволяє знизити викиди водорозчинних поллютантів, ТЧ і оксидів азоту з відпрацьованих газів дизеля, а також поглинати шум випускної системи дизеля у всьому діапазоні частот і ефективно охолоджувати і дезодорувати відпрацьовані газу, звести іскроутворення у них нанівець (особливо актуальне для ЕУ, до яких висуваються найвищі вимоги пожежо- і вибухобезпеки). Принцип роботи оснований на ударно-інерційній, інерційно-барботажній і хімічній нейтралізації відпрацьованих газів.

Такий пристрій може бути частиною системи зниження токсичності відпрацьованих газів дизеля транспортного засобу завдяки значенням гідравлічного опору і масогабаритних показників, близьким до аналогічних показників штатного глушника шуму. Його різні модифікації (члени типоряду) можуть бути призначені для роботи зі стаціонарними і автотракторними дизелями з потужністю до 200 кВт, а для дизелів більшої потужності – як складова модульної системи. Цей ФТЧ вирізняється відносною простотою конструкції, високою технологічністю, низькою собівартістю, як робоче тіло використовує технічну воду з домішками хімічних реагентів (за потреби), має можливість подачі у робочу рідину озонованого повітря. Процеси регенерації I і II роду для нього ідентичні, здійснюються шляхом зміни, очищення і рециклінгу робочої рідини.

Другий – модульний ФТЧ з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах. Його ФЕ складається з певної кількості однакових і рознімно сполучених між собою модулів, заглушених у шаховому порядку. Кількість

модулів відповідає умовам рівності об'єму ФЕ робочому об'єму дизеля і площі поперечного перетину випускного колектора дизеля і сумарній площі перетину вхідних отворів модулів. Принцип роботи розробленого ФТЧ є комбінованим і оснований на використанні таких способів очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ: фільтрація конгломератів ТЧ сітчастою поверхнею касети і насипкою при проходженні потоку відпрацьованих газів крізь них; осадження ТЧ на поверхнях сталевих листів з великою шорсткістю і сітки при омиванні цих поверхонь спеціальним чином організованим (для реалізації інерційної складової процесу очищення) потоком аерозолу «відпрацьовані гази –ТЧ»; адсорбція ТЧ на поверхнях насипки з природного цеоліту при проходженні крізь неї потоку відпрацьованих газів. Модуль складається з двох типів деталей, що рознімно сполучені між собою (кожух – 2 шт. і касета – 4 шт.), що виконані з недефіцитних матеріалів вітчизняного походження (сталевий листовий прокат, сталева нержавіюча тканина сітка, насипний середньофракційний природний цеоліт), і не містять каталітичних покриттів. Ефективність роботи ФТЧ, тобто ступінь очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ, для автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 (Д21А1) досягає максимуму – 77,5 % на режимі максимального крутного моменту дизеля (63 % за 13-режимним випробувальним циклом) і залежить від абсолютної величини масового часового викиду ТЧ, значення секундного масового потоку відпрацьованих газів у ФЕ, часу роботи дизеля на усталеному режимі. Гідравлічний опір ФТЧ не перевищує 4 кПа у всьому діапазоні робочих режимів дизеля для дизеля 2Ч10,5/12 і залежить від тих самих факторів, що й ефективність роботи ФТЧ. Розроблена конструкція ФЕ вирізняється невисокою собівартістю виробництва і обслуговування за рахунок: рознімності з'єднань деталей, високої технологічності, а також загальнодоступності й невисокої ціни матеріалів ФЕ (наразі становить 0,25 \$ для одного модуля). Високу експлуатаційну надійність розробленої конструкції ФЕ забезпечено за рахунок відсутності схильності його матеріалів до термошокового руйнування і відсутності каталітичних покриттів, що виходять з ладу при використанні неякісних дизельного палива і оливи. Універсальність такого ФЕ обумовлена модульністю конструкції й широким вибором методів його регенерації, а також можливістю використання ФТЧ як глушника шуму і/або іскрогасника випускної системи дизеля (за певних умов) і розміщення ФТЧ на борту АТЗ поза підкапотним простором. Порівняно високу ефективність очищення відпрацьованих газів від ТЧ досягнуто завдяки використанню комбінованого способу роботи. Гідравлічний опір і масогабаритні показники такого ФЕ (для автотракторного дизеля з робочим об'ємом 2,0 дм³ важить 2,0 кг і містить не менше 30 модулів, його габаритні розміри становлять 60 x 90 x 170 мм) не перевищують показники аналогів. Серійне виробництво ФТЧ з розробленим ФЕ може бути налагоджено на вітчизняних підприємствах машинобудівної галузі.

3. РЕГЕНЕРАЦІЯ ФІЛЬТРІВ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК

3.1. Загальні положення

Як було зазначено у вступі і розділі 1, створення ефективного, технологічного і надійного ФТЧ для очищення відпрацьованих газів дизельних ДВЗ від ТЧ є актуальною задачею, що постає перед спеціалістами у сферах двигунобудування і експлуатації такого виду ЕУ з поршневими ДВЗ, як АТЗ і спеціальна техніка, що входять до автопарку нашої країни взагалі й використовуються ДСНС України зокрема. Через особливу небезпеку деяких компонентів такої складової відпрацьованих газів, як ТЧ, а саме поліциклічні ароматичні вуглеводні, які адсорбовані на сажових ядрах ТЧ, вдосконалення екологічних показників дизелів не слід обмежувати лише процесом очищення їхніх відпрацьованих газів від ТЧ.

Вочевидь, пильної уваги заслуговують процеси очищення 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 непереборна і є невід'ємним етапом життєвого циклу ФТЧ будь-якої конструкції, як традиційної, так і нетрадиційної [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34].

Аналіз літературних джерел щодо питань регенерації ФТЧ показав, що достатньо повної класифікації способів і засобів реалізації цього процесу в зарубіжній і вітчизняній спеціалізованій науково-технічній літературі [5, 7, 8, 9, 11, 13 – 21] авторами не виявлено. Можна припустити, що така ситуація склалася через велике розмаїття АТЗ і спеціальної техніки, що оснащені дизелями та відповідають нормам різних екологічних стандартів (наприклад, Правил ЄЕК ООН № 49 і № 96 [56, 57]), і пов'язане з цим розмаїття конструктивних рішень ФТЧ (див. розд. 2).

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, поданих у патентах і авторських свідоцтвах за тематикою ФТЧ [576 – 624], носять декларативний характер і з різних причин важко реалізуються на практиці, а то і заздалегідь не можуть бути реалізованими. на даному етапі розвитку наукової думки і технологій.

У зв'язку з вищенаведеним дослідження фізико-хімічних явищ, що становлять суть і супроводжують процес регенерації ФТЧ, є актуальним і являє собою науково-практичний інтерес. При цьому виявлення, узагальнення і класифікація інформації, отриманої при аналізі спеціалізованих літературних джерел за тематикою регенерації ФТЧ, є невід'ємною частиною і створює передумови і базу для дослідження явищ, пов'язаних з цим процесом. Дослідження і моделювання цих процесів є невід'ємною частиною НДР зі створення, доведення і впровадження у виробництво і експлуатацію нових, а також модернізації та вдосконалення відомих систем і пристроїв з очищення відпрацьованих газів дизелів від

нормованих шкідливих речовин й поллютантів.

Запропоновану авторами класифікацію принципово описано у роботах [А.4.34, А.4.35, А.4.36, А.4.48 і А.4.51]. При її розробці проаналізовано більше 550 науково-технічних джерел інформації, серед яких: 80 підручників, навчальних посібників, довідників, аналітичних довідок і монографій, 15 звітів про НДР, 35 рукописів дисертацій, 350 статей, 8 нормативно-правових актів, 45 патентів і авторських свідоцтв, контент 10 офіційних сайтів компаній-виробників систем очищення відпрацьованих газів і/або систем регенерації ФТЧ. Ці джерела інформації містять фундаментальне допрацювання вітчизняних та іноземних спеціалістів з питань екологізації ДВЗ.

Метою дослідження, описаного у цьому розділі, є побудова класифікації способів і засобів реалізації процесу регенерації ФТЧ на основі уточнення і деталізації даних, виявлених при аналізі спеціалізованих літературних джерел.

Об'єктом цього дослідження є процеси, що складають суть і супроводжують процеси регенерації ФТЧ.

Предметом цього дослідження є способи і засоби реалізації процесу регенерації ФТЧ.

3.2. Основний принцип класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації ФТЧ

Як виявлено під час літературно-патентного пошуку, процес регенерації ФТЧ являє собою складну інженерну задачу і може проходити різними шляхами і за різних умов, тому розробники таких систем перш за все вибирають стратегію регенерації при заданих умовах експлуатації дизеля і ФТЧ, при цьому враховуються розподіл режимів роботи дизеля, умови нестационарного теплопереносу у ФЕ, хімізм і кінетика процесу вигорання сажі (С), тобто аморфного пористого вуглецю [5, 7, 8, 9, 11, 13 – 21, 69].

З тих же джерел відомо, що ТЧ містять окислювані і неокислювані фракції (рис. 3.1).

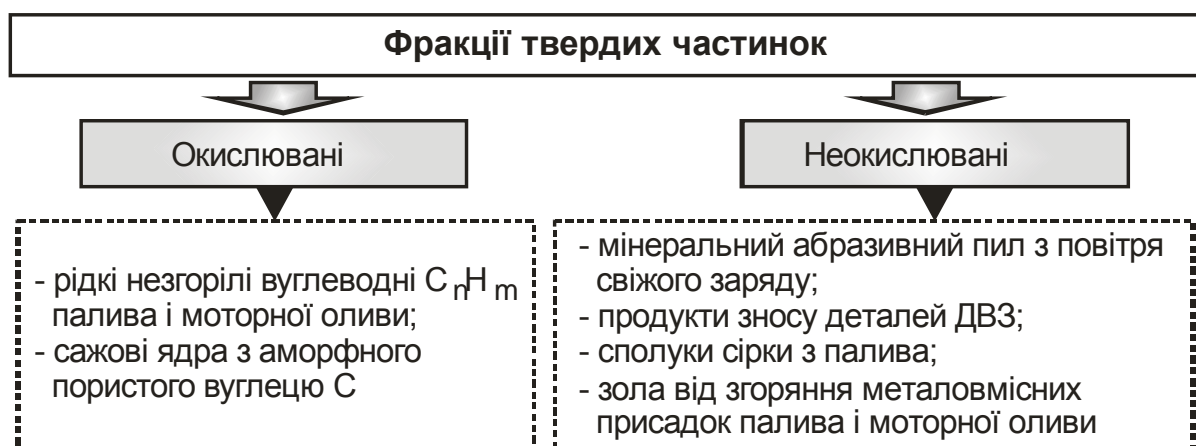


Рис. 3.1. Класифікація фракцій ТЧ за ознакою окислюваності

До окислюваних належать всі фракції ТЧ, які можуть бути окислені залишковим киснем у відпрацьованих газах при температурі не вище за 1000 °С (межа жароміцності найрозповсюдженіших у цих пристроях конструктивних матеріалів) – це продукти неповного згоряння палива і моторної оливи:

- рідкі незгорілі вуглеводні C_nH_m палива і моторної оливи;
- сажові ядра з аморфного пористого вуглецю С.

До неокислюваних фракцій ТЧ належать всі інші їхні складові:

- мінеральний абразивний пил з повітря свіжого заряду;
- продукти зносу деталей ДВЗ;
- сполуки сірки з палива;
- зола від згоряння металовмісних присадок палива і моторної оливи.

Неокислюваних фракцій за масою у ТЧ істотно менше, ніж окислюваних, проте їх неможливо видалити з ФЕ будь-яким способом, на основі яких побудовано функціонування бортової системи регенерації (БСР) ФТЧ АТЗ (у тому числі й термічним або термокаталітичним) [5, 7, 8, 9, 11, 13 – 21, 69].

Таким чином, класифікація способів і засобів регенерації ФТЧ може бути побудована за вищенаведеною фундаментальною ознакою.

Залежно від типу фракції ТЧ, від яких має очищуватись ФЕ, можна виділити такі процеси регенерації (рис. 3.2) [А.4.34].

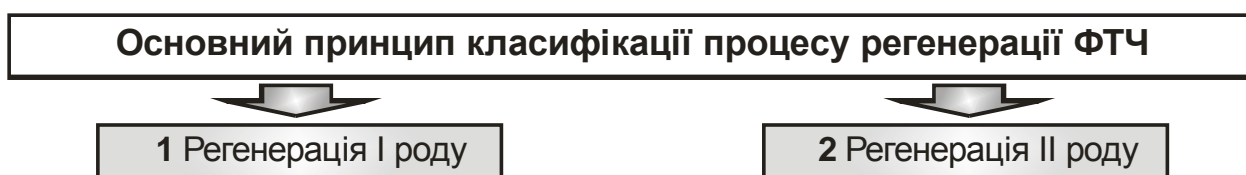


Рис. 3.2. Основний принцип класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації ФТЧ

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

2. Регенерація ФТЧ II роду **(2)** – це процес очищення ФТЧ від накопичених упродовж його експлуатації неокислюваних фракцій і продуктів коксування окислюваних фракцій ТЧ. Процес вирізняється значно більшим міжрегенераційним періодом (або бути взагалі неперіодичним) і може не входити до життєвого циклу ФТЧ (бути довільним).

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

(мотогодинах). Запропонована авторами класифікація сучасних способів і засобів реалізації процесу регенерації ФТЧ дизелів побудовано на основі цього принципу [А.4.34]. Детальне описання такої класифікації наведено у наступних двох підрозділах.

3.3. Класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації ФТЧ I роду

За видом об'єкти, для яких процес регенерації I і II роду є необхідним поділяються таким чином (рис. 3.3) [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36]:

– ФТЧ традиційної конструкції, що містять керамічні ФЕ стільникової структури з газопроникними стінками, а також подібні їм за принципом роботи нетрадиційні ФТЧ, що містять ФЕ зі сталеві фольги, сталеві ткані сітки або сталеві мікрофібри.

– ФТЧ нетрадиційної конструкції (рідинні, паперові й деякі інші).



Рис. 3.3. Класифікація об'єктів, які потребують регенерації I і II роду

Регенерація I роду може здійснюватись одним з таких шляхів (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Класифікація процесів регенерації I роду за шляхами здійснення

Очищення ФЕ на борту АТЗ (згідно з класифікацією рис. 3.4 шлях 1.1). Регенерація, що здійснюється за цим шляхом, проводиться для твердотільних ФТЧ і потребує наявності бортової системи регенерації. Може бути здійснена одним з таких способів (рис. 3.5). [5, 7, 8, 9, 11, 13 – 21, 69, А.4.34, А.4.35, А.4.36, А.4.48 і А.4.51]:

– механічним (1.1) (без застосування підвищення температури відпрацьованих газів);

– термічним (окисленням ТЧ з підвищеною температурою відпрацьованих газів) і термokatалітичним (1.2) (окисленням ТЧ з підвищеною температурою відпрацьованих газів у присутності каталітичних речовин).

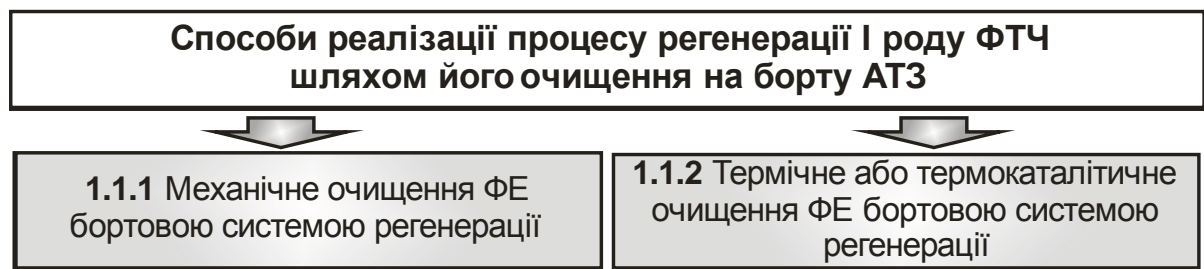


Рис. 3.5. Поділ процесів регенерації I роду шляхом 1.1 – очищення на борту АТЗ за способами реалізації

Механічне очищення ФЕ бортовою системою регенерації досить рідкісне технічне рішення серед ФТЧ, що перебувають у експлуатації, яке наразі не знайшло застосування на практиці з об'єктивних причин. До видів механічного очищення ФЕ від ТЧ слід віднести такі (рис. 3.6) [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 42, 43, 288, 563]:

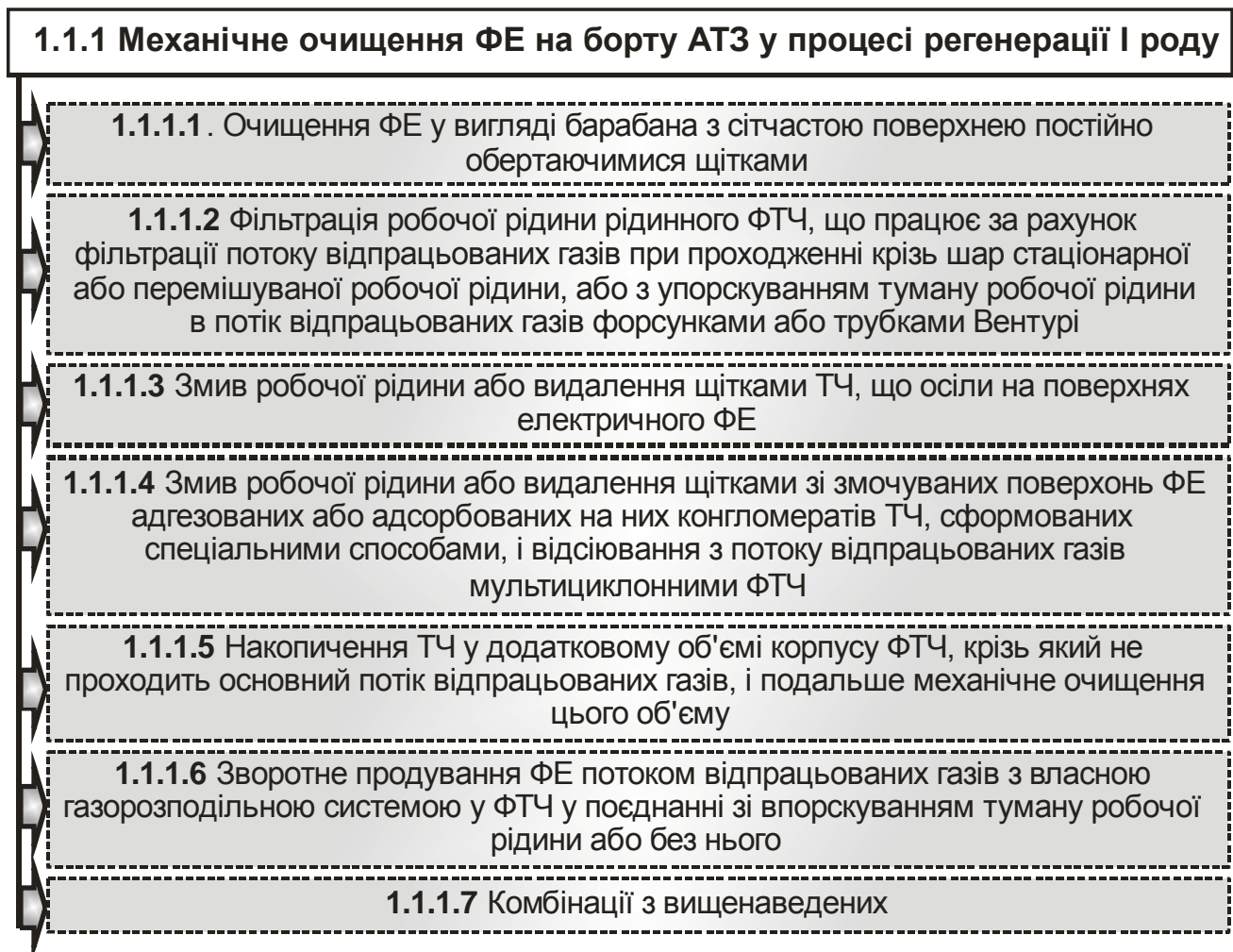


Рис. 3.6. Класифікація видів механічного очищення ФЕ на борту АТЗ у процесі регенерації I роду

– очищення ФЕ у вигляді барабана з сітчастою поверхнею постійно обертаючимися щітками (**1.1.1.1**), які приводяться до руху енергією потоку

відпрацьованих газів за допомогою газової турбіни найпростішої конструкції [613] або ФТЧ з рухомим ФЕ, що має поздовжнє переміщення уздовж нерухомих щіток [622, 583] (рис. 3.7 – 3.9);

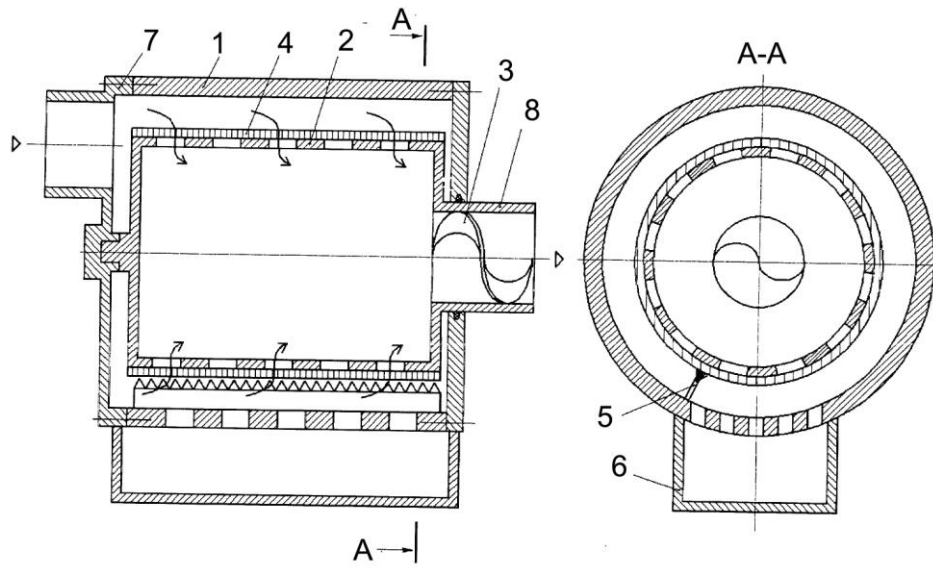


Рис. 3.7. Конструктивна схема ФТЧ з регенерацією I роду шляхом механічного очищення сітчастого барабанного ФЕ обертовими щітками і постійним приводом від шнекової турбіни

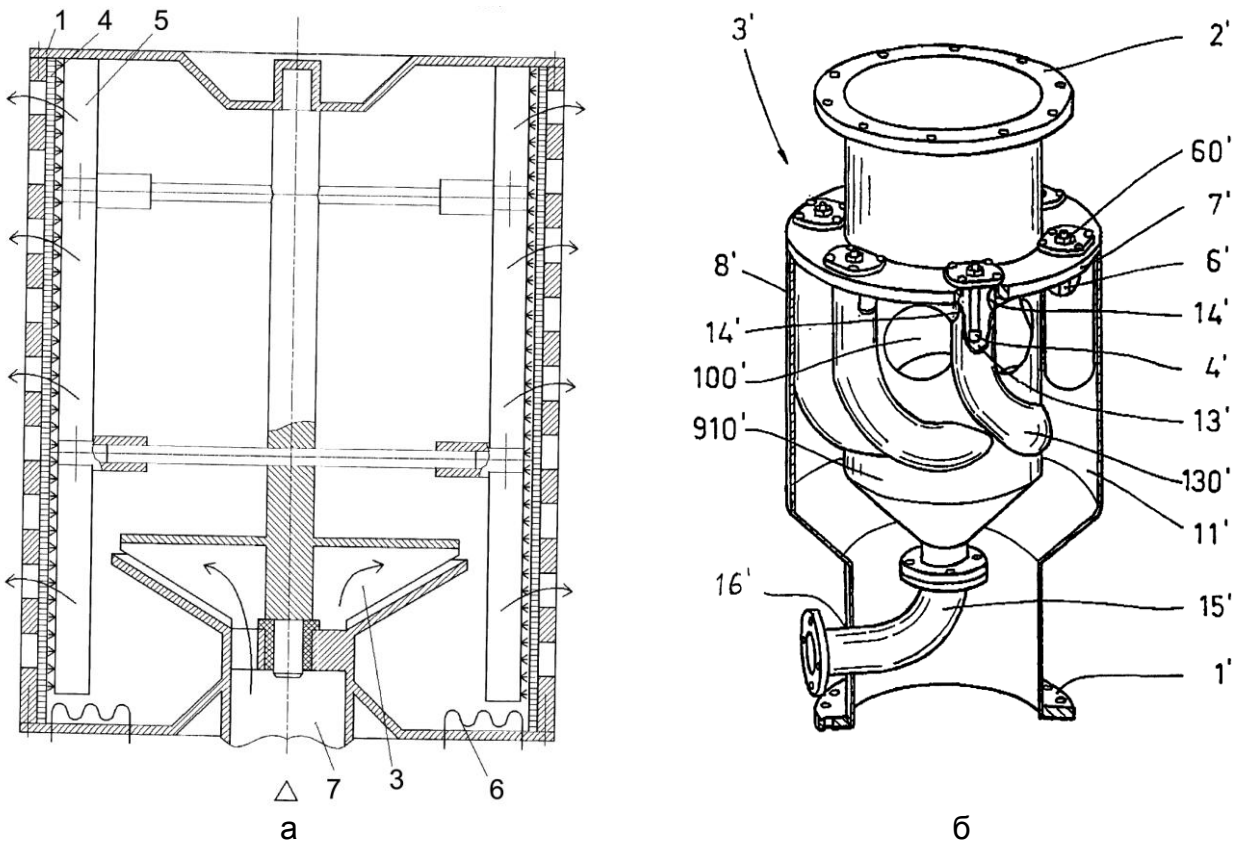


Рис. 3.8. Схеми ФТЧ з регенерацією I роду шляхом механічного очищення:
а – сітчастий барабан ФЕ з обертовими щітками і постійним приводом від радіальної турбіни [613]; б – інерційне відсіювання конгломератів з ТЧ у мильтициклонному ФЕ [617]

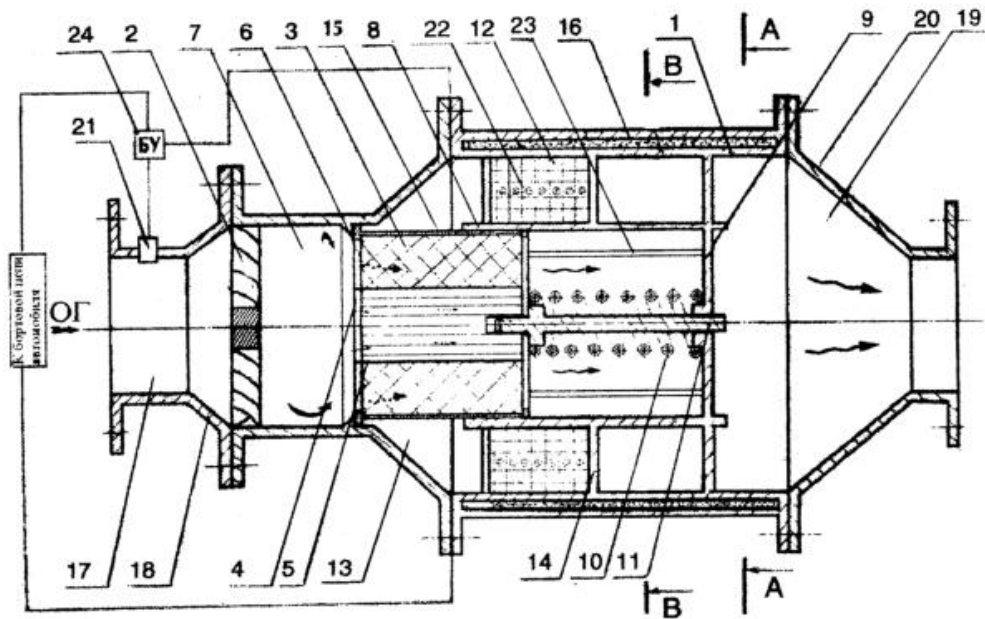


Рис. 3.9. Конструктивна схема ФТЧ з регенерацією I роду шляхом механічного очищення сітчастого барабанного ФЕ при його поступальному русі [622]

– фільтрація робочої рідини рідинного ФТЧ (1.1.1.2), що працює за рахунок фільтрації потоку відпрацьованих газів при проходженні крізь шар стаціонарної або перемішуваної робочої рідини [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 14, 604, 288, 563] (рис. 3.10) або з упорскуванням туману робочої рідини в потік відпрацьованих газів форсунками або трубками Вентурі [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 603, 43] (рис. 3.11, 3.12);

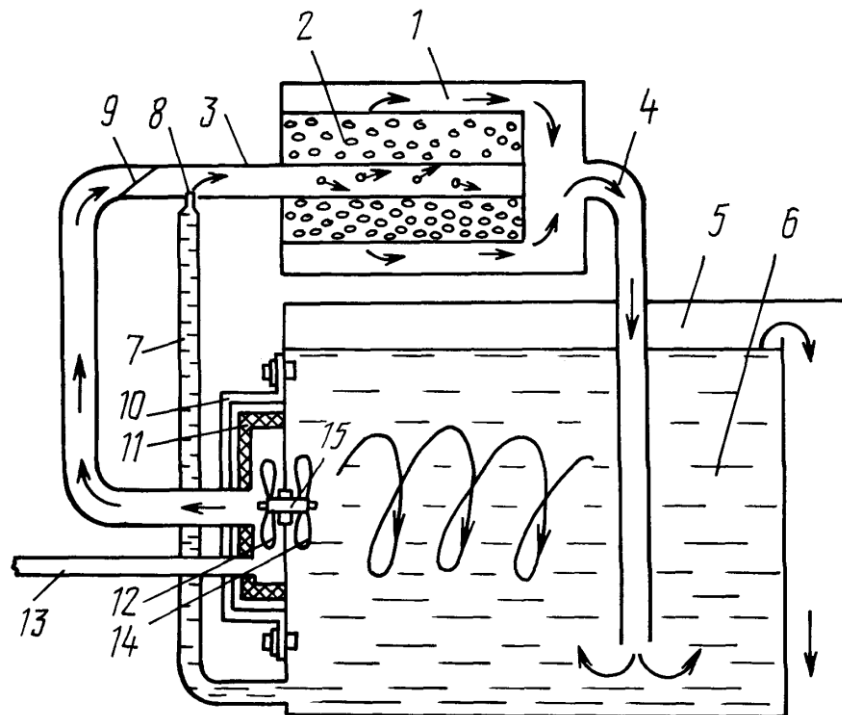


Рис. 3.10. Конструктивна схема рідинного ФТЧ з постійним перемішуванням робочої рідини газовою доцентровою турбіною [604]

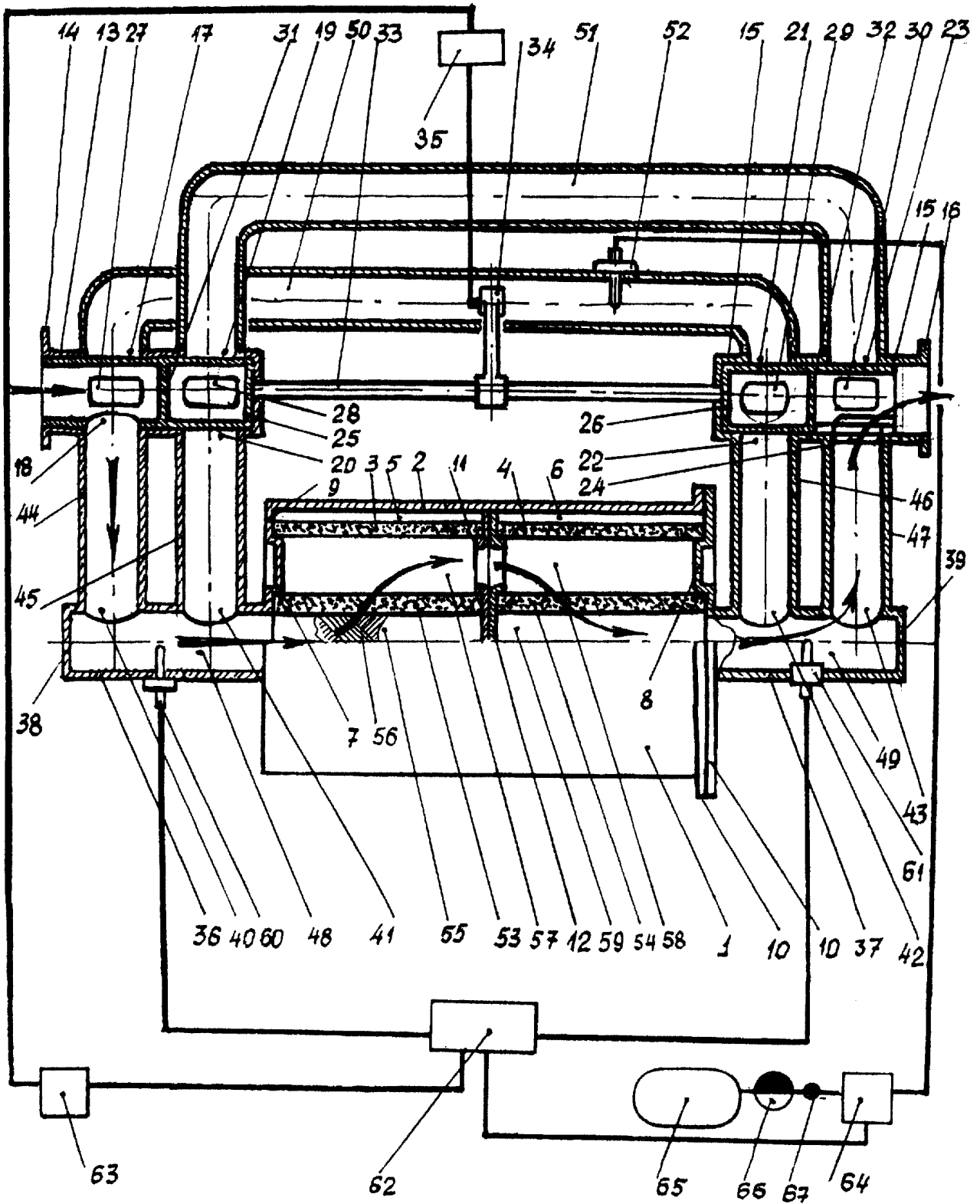


Рис. 3.11. Конструктивна схема ФТЧ з регенерацією ФЕ зворотним продуванням відпрацьованих газів із впорскуванням туману робочої рідини і горизонтальним розміщенням власної газорозподільної системи [621]

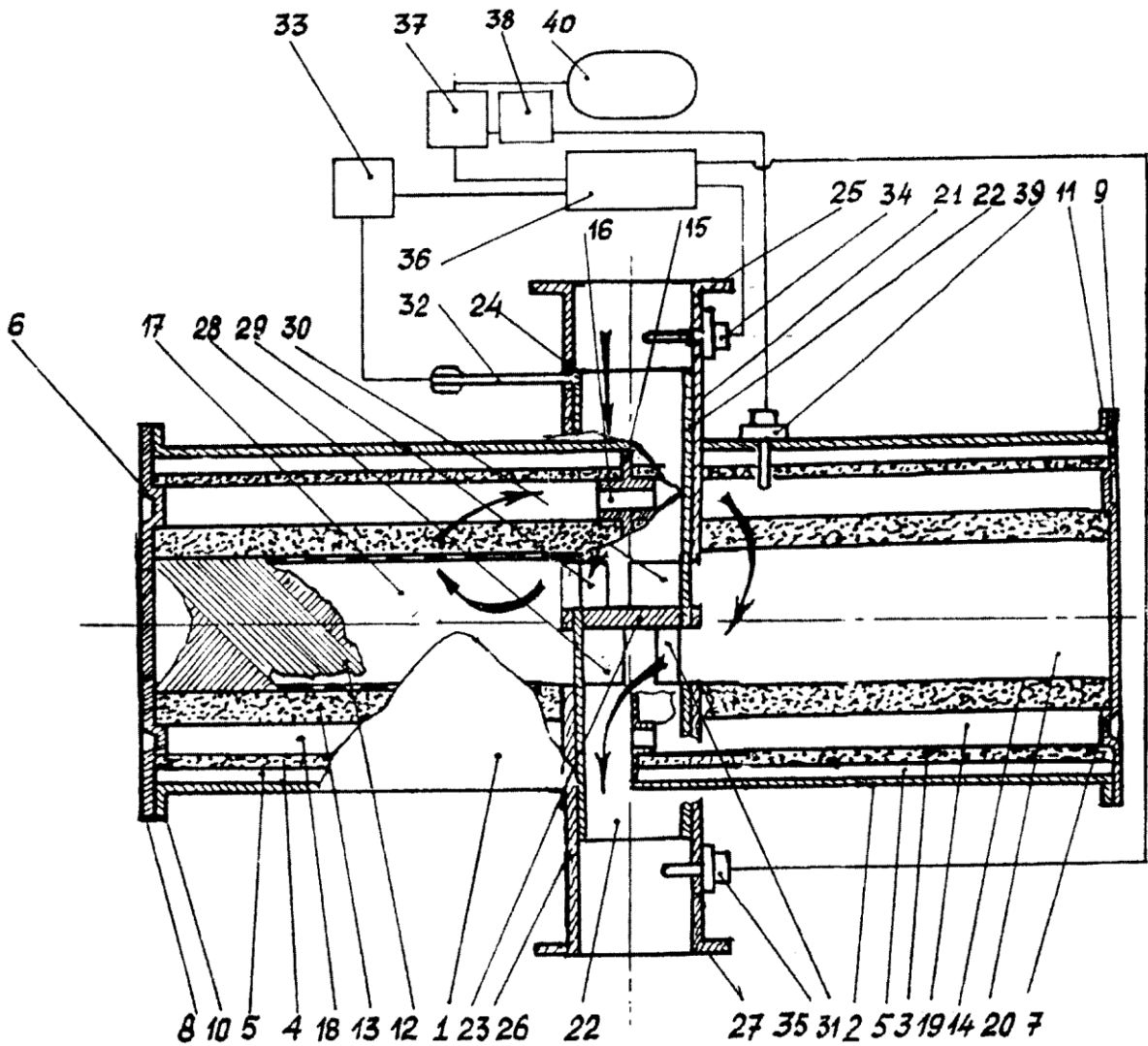


Рис. 3.12. Конструктивна схема ФТЧ з регенерацією ФЕ зворотним продуванням відпрацьованих газів із впорскуванням туману робочої рідини і поперековим розміщенням власної газорозподільної системи [610]

– змив робочої рідини або видалення щітками ТЧ, що осіли на поверхнях електричного ФЕ (1.1.1.3) (рис. 3.13, 3.14) [603, 563];

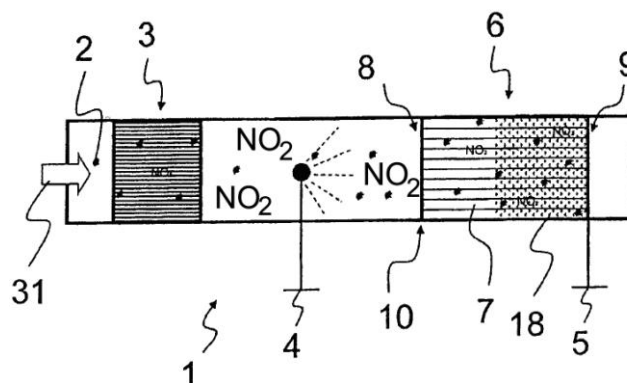


Рис. 3.13. Конструктивна схема постійнорегенованого ФТЧ з окисленням конгломератів з ТЧ, сформованих у рідинному тумані, двоокисом азоту [603]

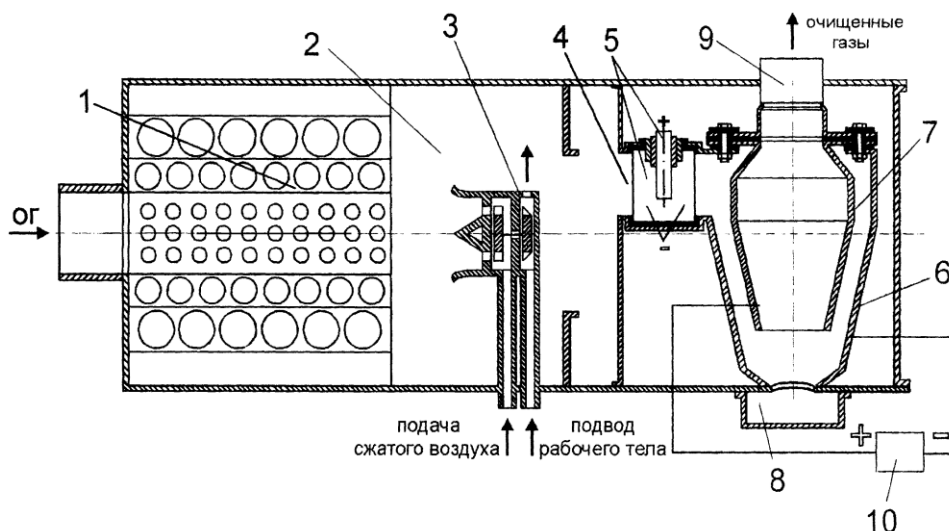


Рис. 3.14. Конструктивна схема ФТЧ з акустико-іонізаційно-інерційним принципом дії й регенерацією I роду механічним очищенням додаткової порожнини у корпусі (мовою оригіналу) [602]

– змив робочої рідини або видалення щітками зі змочуваних поверхонь ФЕ адгезованих або адсорбованих на них конгломератів ТЧ, сформованих спеціальними способами, і відсіювання з потоку відпрацьованих газів мультициклонними ФТЧ **(1.1.1.4)** (рис. 3.8, б) [605];

– накопичення ТЧ у додатковому об'ємі корпусу ФТЧ, крізь який не проходить основний потік відпрацьованих газів, і подальше механічне очищення цього об'єму **(1.1.1.5)**. При цьому ТЧ коагулюють завдяки дії на потік відпрацьованих газів різних фізичних чинників:

- а) присадок, які введені у відпрацьовані гази або паливо;
- б) звукових коливань;
- в) електромагнітного поля;
- г) сил інерції [602] (див. рис. 3.13);

– зворотне продування ФЕ потоком відпрацьованих газів з власною газорозподільною системою у ФТЧ в поєднанні з упорскуванням туману робочої рідини [621, 610] (див. рис. 3.11, 3.12) або без нього [606] (рис. 3.15) **(1.1.1.6)**;

– комбінації з вищенаведених **(1.1.1.7)** [602, 603, 606, 621, 610].

Термічне або термokatалітичне очищення ФЕ бортовою системою регенерації найбільш розповсюджене технічне рішення, може здійснюватись за допомогою таких видів окислювача (рис. 3.16) [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 7, 14, 18, 20, 330, 152]:

– залишковий кисень у відпрацьованих газах **(1.1.2.1)** – традиційний вид;

– те саме з додатковою подачею повітря у випускний тракт дизеля **(1.1.2.2)**;

– низькотемпературна плазма, яка генерується плазмотронами з повітря, що спеціально подається у випускний тракт **(1.1.2.3)**, що призводить до підвищеної емісії оксидів азоту [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 363];

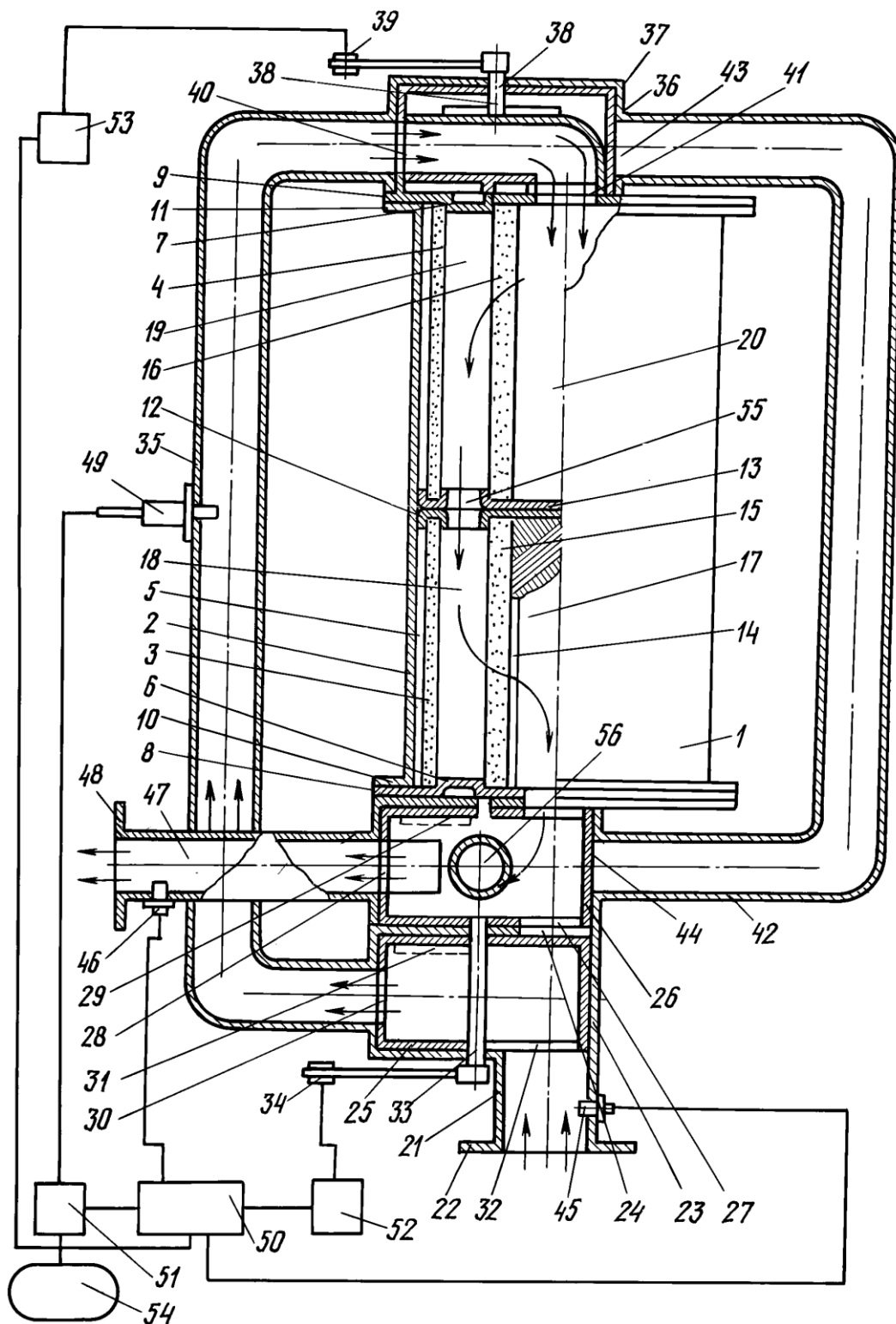


Рис. 3.15. Конструктивна схема ФТЧ з регенерацією ФЕ зворотнім продуванням відпрацьованими газами без упрскування туману робочої рідини і з вертикальним розміщенням власної газорозподільної системи [606]

– те саме, але плазма наводиться з відпрацьованих газах (1.1.2.4), що зменшує енерговитрати, добре поєднується з каталітичним покриттям ФЕ, дозволяє істотно знизити температуру займання сажі [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 363];

– діоксид азоту NO_2 , отриманий у каталітичному доокислювачі оксидів азоту, який встановлений за потоком відпрацьованих газів вище, ніж ФТЧ (1.1.2.5) – так звані постійно регенеровані ФТЧ [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 14, 20, 152].

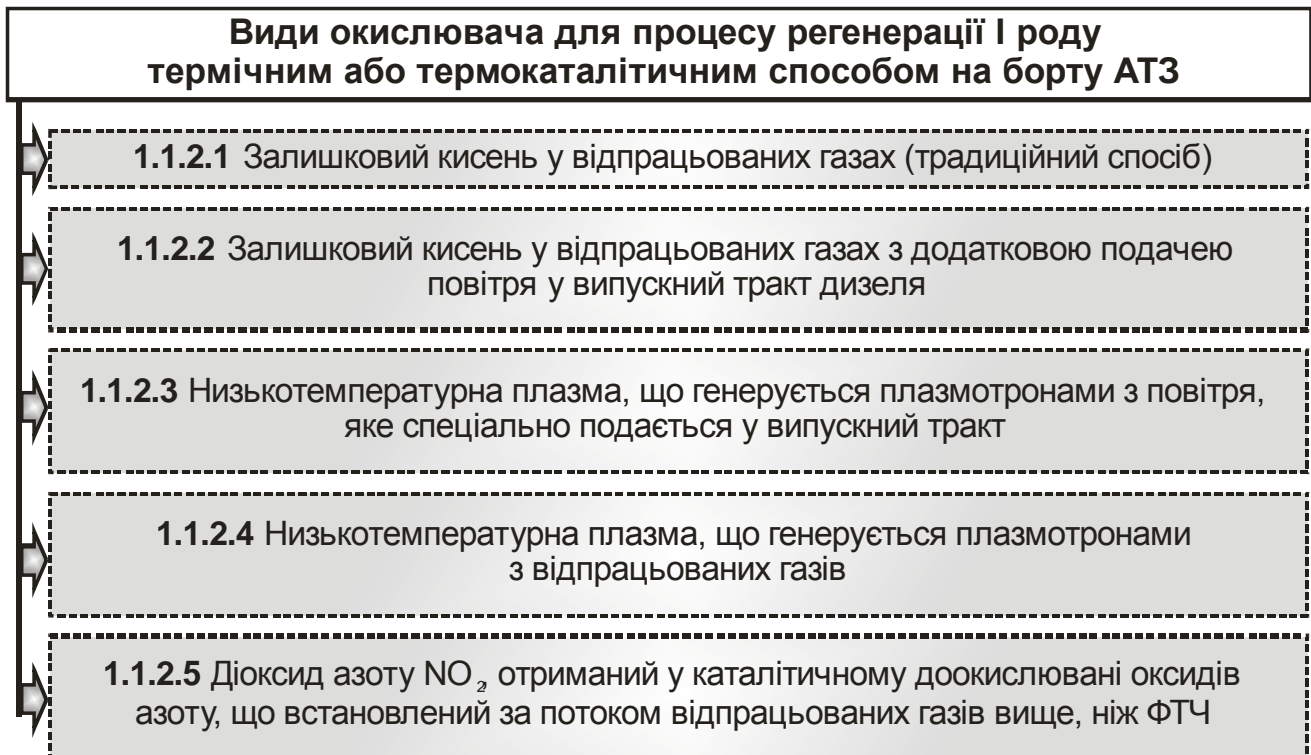


Рис. 3.16. Класифікація термічного або термокаталітичного очищення ФЕ на борту АТЗ у процесі регенерації I роду за видами окислювача

При термічній або термокаталітичній регенерації необхідна підвищена температура відпрацьованих газів, що може досягатися пасивно (мимовільно) або активно (примусово) (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Види способів підвищення температури відпрацьованих газів при термічній або термокаталітичній регенерації ФТЧ I роду

Пасивний спосіб підвищення температури відпрацьованих газів передбачає переведення дизеля на номінальний режим роботи або режим максимального крутного моменту. Тому подальші пункти класифікації належать до пункту 1.1.2.б і літера «б» у позначеннях цих пунктів вказуватися не буде.

Активний спосіб підвищення температури відпрацьованих газів передбачає один з таких заходів (рис. 3.18) [7, 8, 13, 14, 16 – 21, 69, А.4.1, А.4.31, А.4.34]:

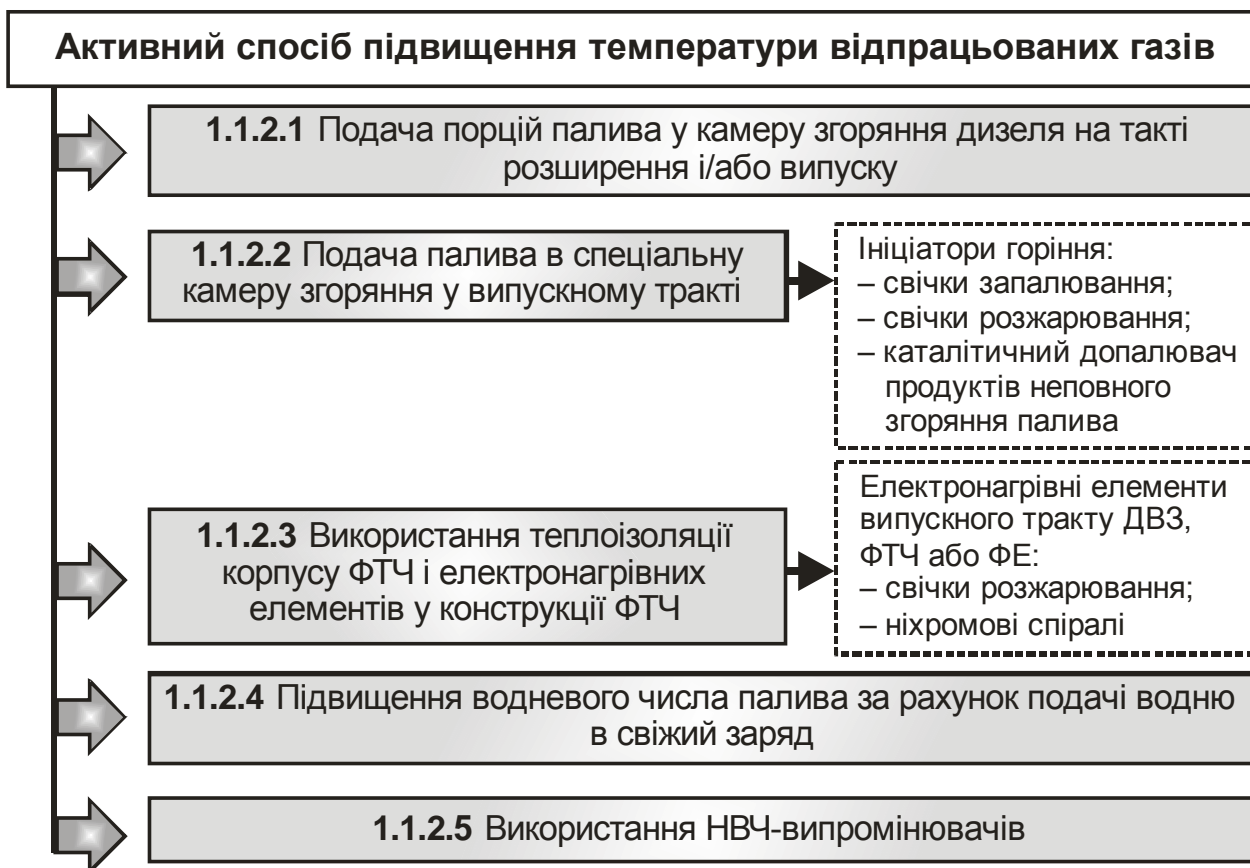


Рис. 3.18. Заходи активного підвищення температури відпрацьованих газів при регенерації I роду термічним або термокаталітичним способом

– подачу порцій палива у камеру згоряння дизеля **(1.1.2.1)** на такті розширення і/або випуску й ініціалізацією його дифузного окислення у відпрацьованих газах залишковим киснем при проходженні потоку відпрацьованих газів через каталітичний окислювач продуктів неповного згоряння палива, розташований вище ФТЧ за потоком відпрацьованих газів [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 5, 7, 13 – 21] (див. рис. 2.29);

– подачу палива в спеціальну камеру згоряння **(1.1.2.2)** у випускному тракті з ініціалізацією його дифузного окислення залишковим киснем у відпрацьованих газах за допомогою свічок запалювання, свічок розжарювання, окислення у каталітичному допалювачі (доокислювачі, конверторі, перетворювачі) продуктів неповного згоряння палива з подальшим автономним підтриманням полум'я (див. рис. 2.25 і 2.29) [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 581, 568];

– використання теплоізоляції корпусу ФТЧ і електронагрівних елементів у конструкції ФТЧ **(1.1.2.3)**, тобто свічок розжарювання або ніхромових спіралей (з подачею додаткового повітря у ФЕ (рис. 3.19, а) [607] або без нього (рис. 3.19, б) [599]). При цьому електронагрівні елементи можуть бути металевими [589] (рис. 3.20, а) і поєднаними з циклонами і теплоізолюваними камерами згоряння у ФТЧ [608] (рис. 3.20, б);

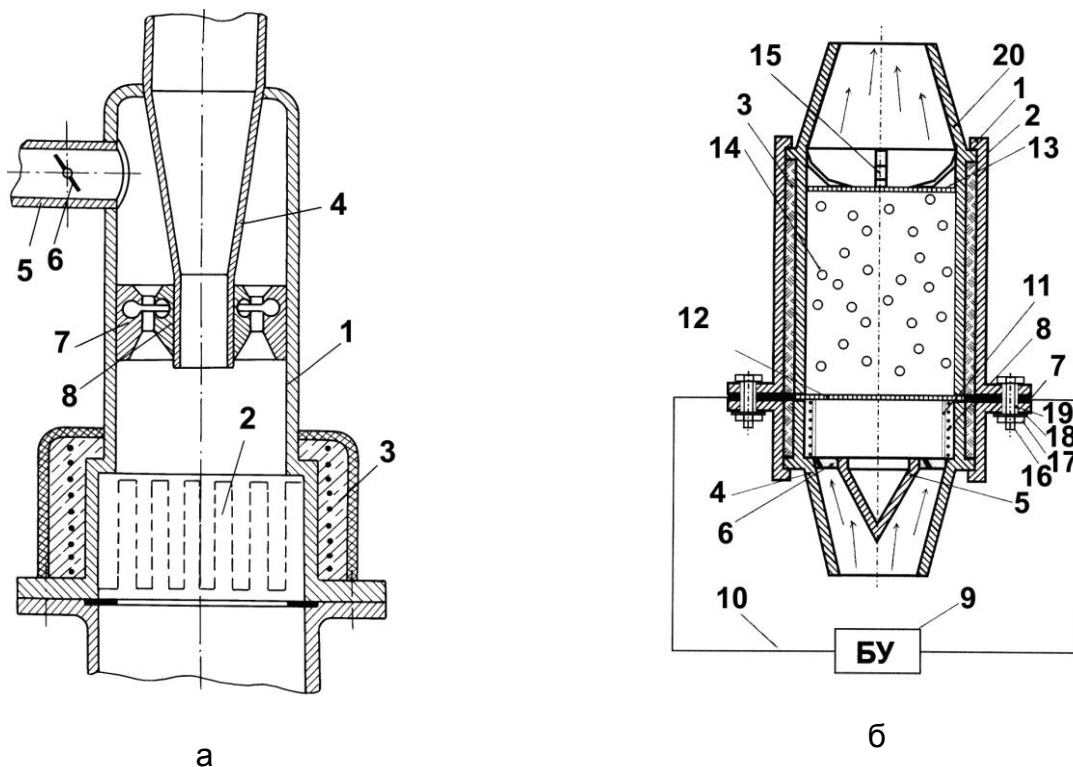


Рис. 3.19. Конструктивна схема ФТЧ з електронагрівальними елементами у тепло- і електроізолюваному корпусі:
 а – без подачі додаткового повітря у камеру згорання [599]; б – з подачею [607]

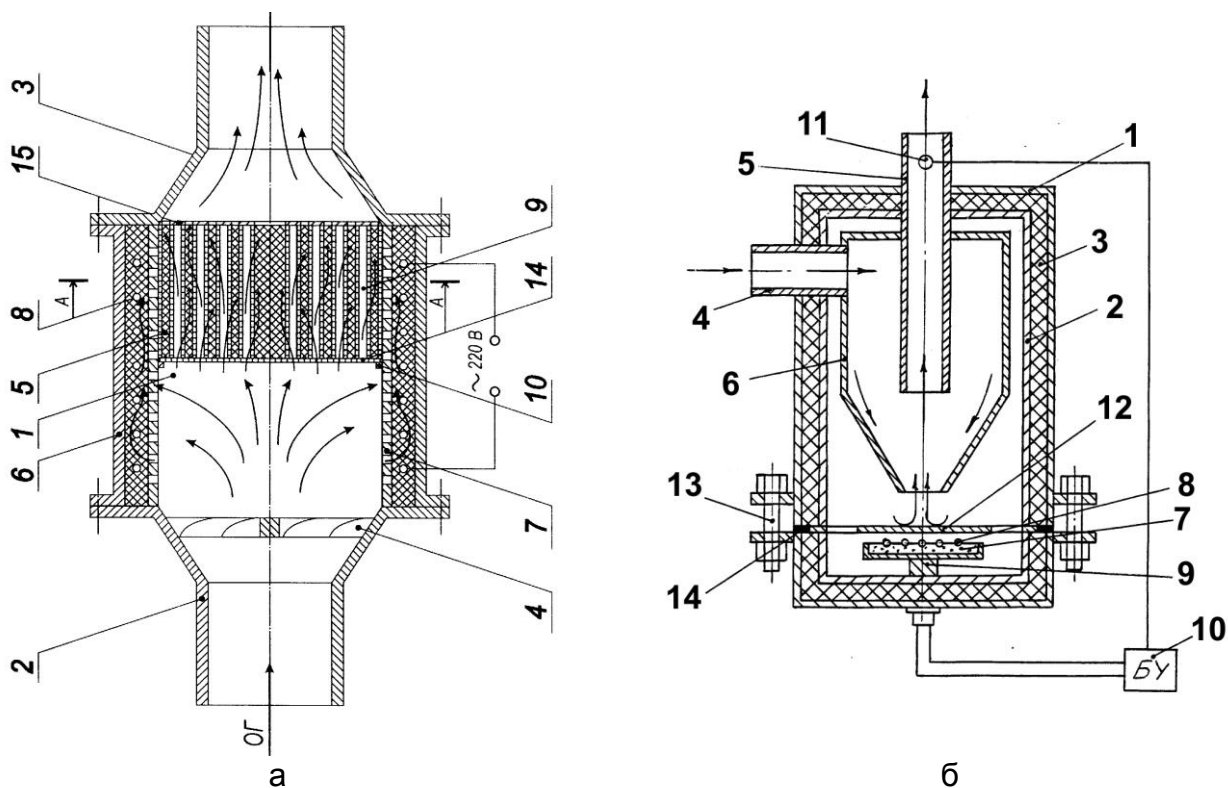


Рис. 3.20. Конструктивні схеми ФТЧ з електронагрівальними елементами у тепло- і електроізолюваному корпусі:
 а – з металевим ФЕ; б – з інерційним відсіюванням ТЧ

– підвищення водневого числа палива за рахунок подачі водню в свіжий заряд (1.1.2.4) [69, А.4.1, А.4.31, А.4.34, 7, 13 – 21];

– використання НВЧ-випромінювачів (1.1.2.5), що впливають на потік відпрацьованих газів з метою підвищення їхньої температури і ТЧ або на самі ТЧ з метою термічної деградації вуглеводнів, адсорбованих на сажових ядрах ТЧ (рис. 3.21) [11, 9, 609].

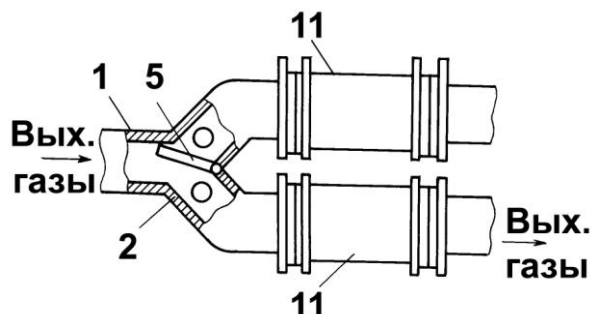


Рис. 3.21. Конструктивна схема ФТЧ з почерговою роботою дубльованих рівноцінних ФЕ і їхньою почерговою термокаталітичною регенерацією I роду впливом НВЧ-випромінювача на накопичені ТЧ (мовою оригіналу) [609]

Зміна робочого тіла ФЕ (згідно з класифікацією рис. 3.4 шлях 1.2). Регенерація, що здійснюється за цим шляхом, проводиться для рідинних і паперових ФТЧ, а також для монолітних керамічних і некерамічних типів ФТЧ за умов відсутності бортової системи регенерації, з подальшим очищенням ФЕ (або його робочого тіла) від ТЧ або утилізацією ФЕ разом з ТЧ на спеціалізованому підприємстві у ході виконання чергового технічного обслуговування (в тому числі і щоденного) АТЗ і ДВЗ [611, 595]. При цьому застосовується термічний або механічний спосіб очищення ФЕ [69, А.4.34]. Є такі способи регенерації I роду шляхом зміни робочого тіла ФЕ (рис. 3.22):

– термічне окислення ТЧ у ФЕ на спеціальному стенді – відпал (1.2.1);

– зміна робочої рідини з подальшим впливом на неї послідовно способами 1.1.1.2 (фільтрації робочої рідини) і 1.2.1 (відпалом на стенді) для утворення сухого залишку (1.2.2);

– зміна насипки або намотки з подальшим впливом на неї послідовно способами 1.2.1 (відпалом на стенді) і 2.1.2 (механічним очищенням зворотним продуванням повітрям під тиском) (1.2.3);

– зміна насипки або намотки з подальшим впливом на неї послідовно способами 1.2.1 (відпалом на стенді) і 2.1.3 (механічним очищенням зворотним продуванням водою під тиском) (1.2.4).

Дублювання ФТЧ на борту АТЗ (згідно з класифікацією рис. 3.4 шлях 1.3) і почергова термічна або термокаталітична регенерація рівноцінних або нерівноцінних між собою ФТЧ за допомогою бортової системи регенерації. Отже, цей спосіб є комбінуванням двох шляхів 1.1 і 1.2 (згідно з класифікацією рис. 3.4) поперемінно для двох ФЕ [69, А.4.1,

А.4.31, А.4.34, 14, 18 – 21]. Є такі способи регенерації I роду шляхом дублювання ФЕ на борту АТЗ (рис. 3.23):

– реалізація шляху 1.1 – очищення ФЕ на борту АТЗ – поперемінно для обох ФЕ (1.3.1);

– реалізація шляху 1.2 – зміна робочого тіла ФЕ – поперемінно для обох ФЕ (1.3.2).

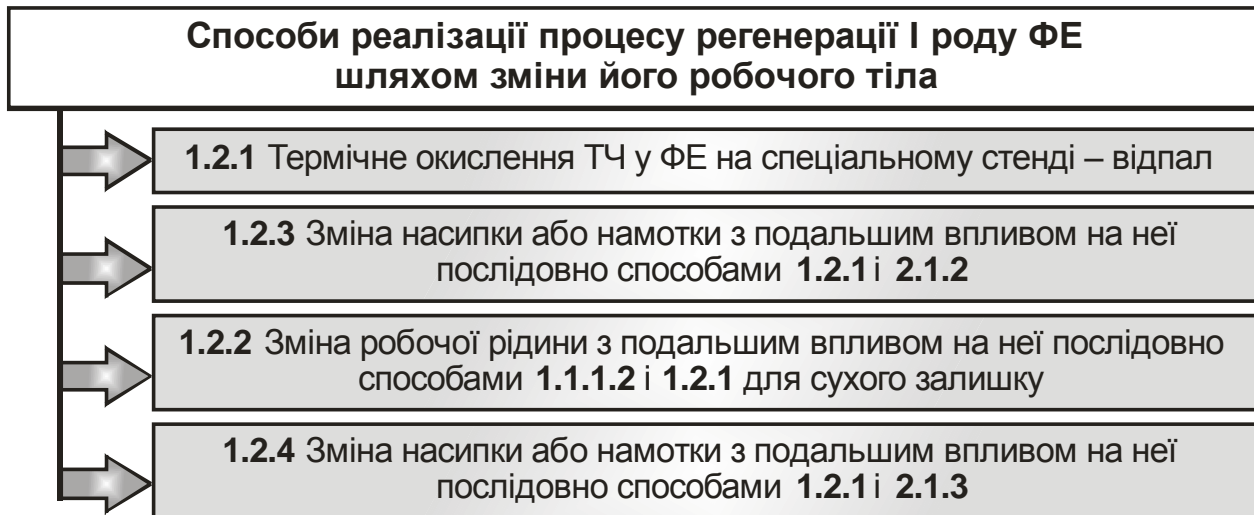


Рис. 3.22. Поділ процесів регенерації I роду шляхом 1.2 – зміна робочого тіла ФЕ за способами реалізації

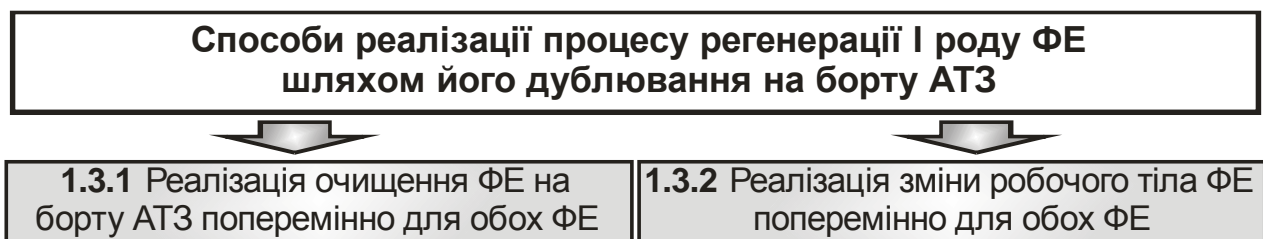


Рис. 3.23. Поділ процесів регенерації I роду шляхом 1.3 – дублювання ФЕ на борту АТЗ за способами реалізації

Бортові системи термokatалітичної регенерації I роду ФТЧ проілюстровано у розд. 2 на рис. 2.25 (фірми Bosch з упорскуванням порцій палива у випускную систему дизеля, без подачі додаткового повітря у випускную систему дизеля, окремим контуром у системі автоматичного керування дизелем [21]), рис. 2.26 (фірми Engelhart з упорскуванням порцій палива у камеру згоряння дизеля, без подачі додаткового повітря у випускную систему дизеля, з системою рециркуляції відпрацьованих газів дизеля, окремою гілкою у алгоритмі паливоподачі електронного блока керування у системі автоматичного керування дизелем [581]) і рис. 2.29 (фірми Ecomix-DPF з подачею додаткового повітря до камери згоряння у корпусі ФТЧ, упорскуванням до неї палива окремою системою паливоподачі під керуванням окремою системою автоматичного керування з власним електронним блоком керування [568]).

Термічне окислення ТЧ киснем у відпрацьованих газах починається при 550 – 650 °С, при використанні каталітичного покриття ФЕ, подачі каталітичних присадок у паливо або відпрацьовані гази при 300 – 400 °С. Окислення ТЧ низькотемпературною плазмою або NO₂ відбувається вже при 200 – 250 °С [69, А.4.34].

Присадки до моторного палива для прискорення регенерації Wynn's Diesel Power 3 або EOLYS фірми Rhodia [69] – це 4,2 % органічний розчин церину (окису церію), що подається у паливний бак спеціальною форсункою одноразово в кількості, відповідній об'єму заправленого у АТЗ палива (при заглушеному двигуні). Присадку розроблено для зниження температури горіння сажі нижче порогу горіння з 450 до 350 °С і нижче за рахунок розпушення ТЧ, що робить умови регенерації більш пожежобезпечними і економічними. Однак при згорянні ТЧ окис церію не окислюється і осідає у ФЕ, що знижує його ресурс.

Регенерацію I роду також слід поділити за способом ініціації на такі види [69, А.4.34, 16 – 21], що є також альтернативним підходом до пунктів 1.1.2.а і 1.1.2.б (рис. 3.24).

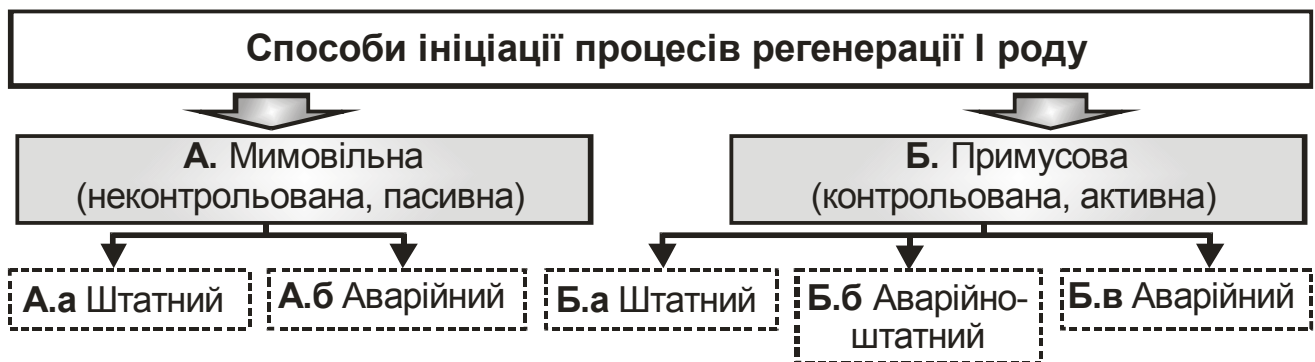


Рис. 3.24. Поділ процесів регенерації I роду за способом ініціації на види

А. Мимовільна (неконтрольована, пасивна) ініціація процесів регенерації реалізується при створенні умов (досягненні певних параметрів відпрацьованих газів), необхідних для початку і підтримання процесу окислення ТЧ у ФТЧ, при роботі дизеля без участі бортової системи регенерації. Залежно від кількості накопичених ТЧ у ФЕ цей процес може перебігати в таких режимах:

– штатний (**А.а**), за якого умови перебігу процесу не спричиняють негативних наслідків для матеріалу ФЕ, його каталітичного покриття і корпусу ФТЧ;

– аварійний (**А.б**), за якого відбувається швидке згоряння великої кількості накопичених ТЧ, що нерівномірно підвищує температуру матеріалу ФЕ і призводить до його термошокового руйнування;

– замикання ФЕ, що відбувається при зміщенні каналів для руху відпрацьованих газів та їхнього перекриття після їх розтріскування;

– пробій ФЕ, що відбувається при утворенні наскрізного отвору у ФЕ після його оплавлення або розтріскування;

- руйнування каталітичного покриття ФЕ;
- прогорання корпусу ФТЧ.

Наприклад, у 2011 р. компанія Ford відкликала 37400 одиниць вантажних АТЗ серії F з дизелями у зв'язку з пожежонебезпекою їхніх ФТЧ, чутливих до витоків палива при порушеннях процесу регенерації та схильних до спонтанної регенерації ФТЧ з великою кількістю накопичених ТЧ; фірма Jaguar у 2005 – 2007 роках з аналогічної причини відкликала всі АТЗ марки S-Type з дизелями XJ [632, 633].

Б. Примусова (контрольована, активна) ініціація процесів регенерації реалізується при створенні умов (досягненні певних параметрів відпрацьованих газів), необхідних для початку і підтримання процесу окислення ТЧ у ФТЧ за допомогою засобів бортової системи регенерації. Залежно від кількості накопичених ТЧ у ФЕ і ряду інших факторів процес примусової регенерації I роду може здійснюватися в таких режимах:

– штатний (**Б.а**) – при досягненні розрахункового рівня кількості накопичених ТЧ у ФЕ (або інших показників – див. далі), який нижче критичного, небезпечного для безаварійного здійснення процесу, проте створює такий гідравлічний опір ФТЧ, вище якого електронний блок керування дизелем визначає режим його роботи як аварійний (принцип дії бортової системи регенерації I роду системи зниження токсичності відпрацьованих газів фірми Woodward і конструкцію її камери згоряння подано на рис. 3.25 [634]).

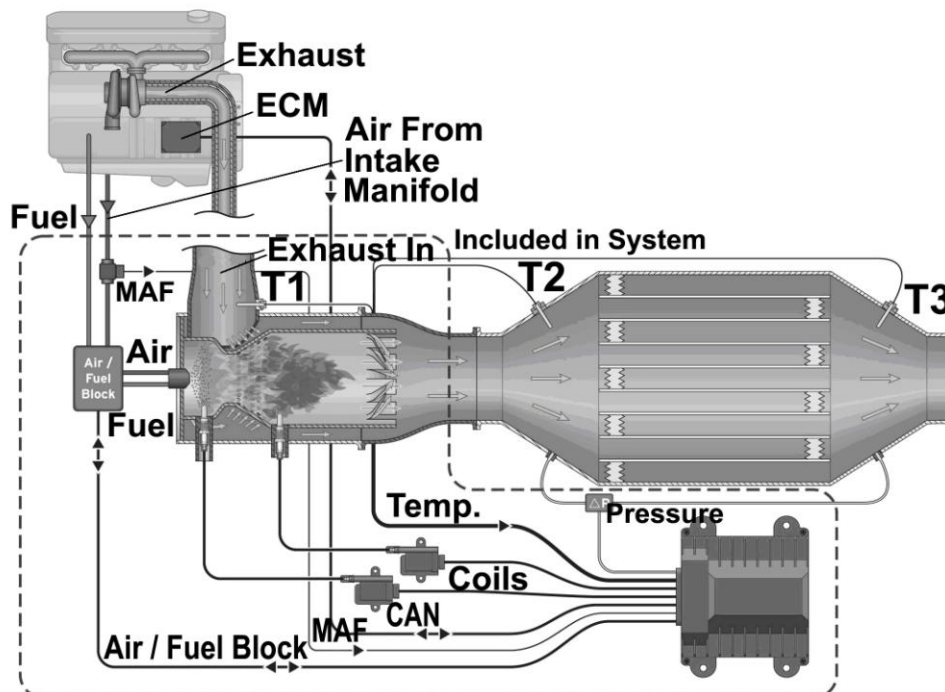


Рис. 3.25. Система зниження токсичності відпрацьованих газів дизеля фірми Woodward з бортовою системою термічної регенерації I роду з окремою камерою згоряння (мовою оригінала) [634]

– аварійно-штатний **(Б.б)** – при досягненні критичного значення розрахункового рівня кількості накопичених ТЧ у ФЕ (або інших показників), при якому є небезпека виходу з ладу елементів ФТЧ або переривання процесу регенерації, але регенерацію все ще можливо здійснити засобами бортової системи регенерації при переведенні дизеля на особливий режим роботи;

– аварійний **(Б.в)** – такий самий, що й попередній, але здійснення процесу штатною системою регенерації при заводських налаштуваннях електронного блока керування або на борту АТЗ взагалі неможливе.

Такий режим також реалізується при регенерації ФТЧ, ресурс яких вичерпано з причини фізичного зносу (через газову високотемпературну ерозію і абразивний знос, руйнування каталітичного покриття), або у зв'язку з необхідністю здійснення регенерації II роду, коли рівень накопичених нерозчинних і закоксованих розчинних фракцій ТЧ у ФЕ досягає критичного значення.

Здійснення примусової регенерації I роду в аварійно-штатному режимі можливе у таких локаціях [69, А.4.31, А.4.34, 16, 20, 21, 611, 595]:

– на борту АТЗ засобами бортової системи регенерації при ініціації процесу безпосереднім керуванням електронним блоком керування на станції технічного обслуговування;

– на борту АТЗ при використанні засобів перетворення (розчинення і перерозподілу в тілі ФЕ) накопичених ТЧ спеціальними засобами;

– поза бортом АТЗ промиванням ФЕ робочою рідиною (водою) під тиском до 1,5 МПа вручну або на спеціалізованому автоматичному стенді або здійсненням термічної регенерації на спеціальному обладнанні.

Так, наприклад, система очищення ФТЧ від ТЧ виробництва фірми LIQUI MOLY [630] (рис. 3.26, а) містить такі компоненти:

- рідину-розчинник Pro Line DPF Reiniger;
- промивач-ополіскувач Pro Line DPF Spülung;
- комплект розпилювальних зондів і розпилювач-пістолет.

Вона використовується у випадку неможливості (або небажання) проведення примусової аварійної регенерації ФТЧ у складі АТЗ. Рідина-розчинник (1 дм³) подається в ФТЧ безпосередньо на поверхню ФЕ розпилювачем-пістолетом порційно (по 5 – 10 упорскувань з перервами в 5 – 10 с) через один із спеціальних зондів, що вводиться в корпус ФТЧ через штуцер датчика температури, під тиском 6 – 8 бар. Після цього аналогічним чином ФЕ обробляється промивачем-ополіскувачем (0,5 дм³) (рис. 3.26, б). Обидві рідини самостійно випаровуються з поверхонь ФЕ і виводяться з випускної системи дизеля. Система придатна тільки для очищення ФТЧ легкових автомобілів і легких вантажівок (що обмежується довжиною каналів у ФЕ) відразу після зупинки дизеля, що не знаходиться в безпосередній близькості від турбокомпресора і випускного колектора, оскільки реагенти агресивні до матеріалів випускних клапанів і деталей камери згоряння дизеля. У процесі обробки ТЧ розчиняються і в такому

вигляді перерозподіляються в об'ємі ФЕ таким чином, що стає можливою примусова або пасивна регенерація ФТЧ у штатному режимі після пробної поїздки АТЗ тривалістю 20 хв. Рекомендована частота процедури – при кожній другій заміні моторної оливи або при кожному технічному обслуговуванні АТЗ [630].

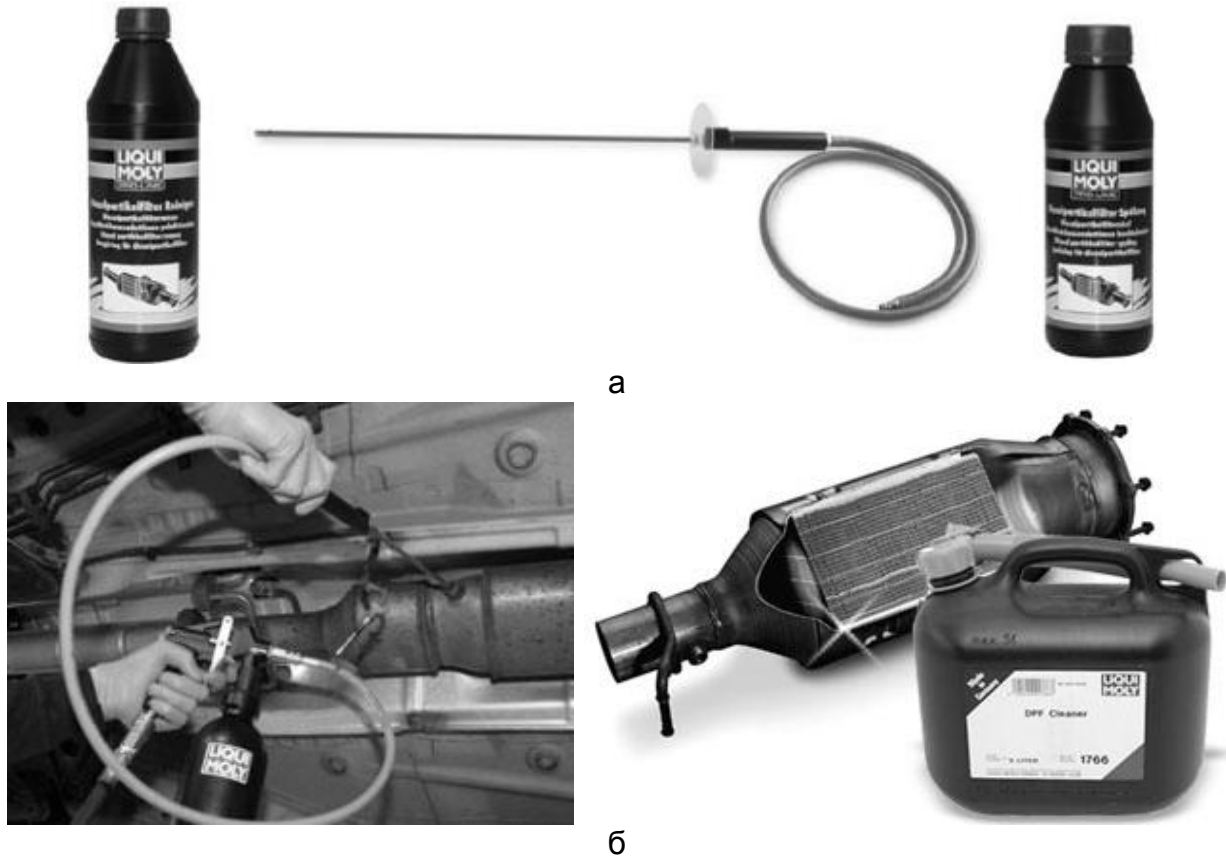


Рис. 3.26. Система очищення ФТЧ від ТЧ (примусової регенерації I роду в аварійно-штатному режимі) виробництва фірми LIQUI MOLY [630]

Виготовляються також системи очищення-розчинення-промивання ФЕ від ТЧ у форм-факторі аерозольних балонів, подібні до вищеописаної. Ці системи вирізняються такими недоліками [630]:

- низький тиск розпилювання;
- низька ефективність для аварійної регенерації;
- форма струменя допускає втрати до 1/3 реагентів;
- оснащення пластиковими зондами невисокої жорсткості (змінює характеристики струменя) і жаростійкості (потребує зупину АТЗ і дизеля, охолодження відпрацьованих газів до температури нижче 100 °С);
- мінливість тиску впорскування, неможливість використання реагенту після досягнення тиску в аерозольному балоні нижче 1 бар унаслідок перевитрати інертного газу;
- не містять ополіскувача, агресивні до матеріалів деталей ФТЧ.

Примусова регенерація ФТЧ I роду в штатному режимі поза бортом АТЗ широко використовується на промислових підприємствах і у

гірничодобувній галузі, особливо у вугільних шахтах, де наявність бортової системи регенерації (і, відповідно, здійснення цього процесу в шахті) заборонено вимогами техніки безпеки. Для автотранспортних підприємств з парком міського транспорту, будівельних і дорожніх машин, сільськогосподарської техніки стратегія регенерації ФТЧ поза бортом АТЗ не тільки можлива, а й широко застосовується, оскільки дозволяє здійснювати її централізовано і передбачає щоденний огляд ФЕ як однієї з найдорожчих і ненадійних деталей АТЗ [69, А.4.31, А.4.34, 16, 20, 21, 630, 631, 635].

Усі бортові системи регенерації, що здійснюють примусову регенерацію, потребують витрат енергії (а фактично – палива), ускладнюють конструкцію і компонування ДВЗ і АТЗ і потребують певного рівня автоматизації:

- окремої системи автоматичного керування;
- контуру управління у електронному блоці керування системи автоматичного керування дизелем;
- окремої гілки алгоритму керування у електронному блоці керування системи автоматичного керування дизелем.

Переважає більшість АТЗ, що відповідають нормам токсичності рівня EURO-IV і EURO-V, і оснащених у зв'язку з цим системами автоматичного керування паливоподачею, турбокомпресором і системою рециркуляції відпрацьованих газів, мають бортову систему регенерації ФТЧ, яка реалізується на базі вже наявних систем автоматичного керування і виконавчих органів цих систем [69, А.4.31, А.4.34, 7, 16, 20, 21, 630, 631, 635].

Так, наприклад, в електронному блоці системи автоматичного керування автомобіля Volkswagen Tuareg з дизелем VW 3.0 V6 TDI (з робочим об'ємом $z Vh = 3,2$ л і номінальною ефективною потужністю $N_e = 220$ к.с.) виконується визначення прогнозованого рівня засмічення ФТЧ двома видами розрахунку одночасно [631] і обирається більше значення:

1) за показаннями датчика перепаду тиску на ФТЧ, датчиків температури відпрацьованих газів на вході і виході з ФТЧ і масових витрат відпрацьованих газів;

2) за статистичною інформацією про стиль керування (пробіг АТЗ, витрати відпрацьованих газів, час експлуатації), показання датчиків кисню у відпрацьованих газах і температури відпрацьованих газів на вході і виході з ФТЧ.

Для здійснення пасивної регенерації ФТЧ I роду зазначеного АТЗ рекомендується дотримуватися швидкості руху АТЗ не нижче за 60 км/год при $n_{кв}$ дизеля не менше за 2000 $хв^{-1}$.

Примусова регенерація I роду [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51, 631] у описаного АТЗ автоматично починається при досягненні одної з таких умов:

- 1) розрахункового рівня заповнення ФТЧ 80 %;
- 2) перепаду тиску відпрацьованих газів на ФТЧ, рівного 25 кПа;
- 3) різниці температур відпрацьованих газів на ФТЧ 34 °С;
- 4) певної величини пробігу АТЗ без регенерації;
- 5) певної величини часу роботи дизеля без регенерації.

При цьому необхідними умовами для початку процесу регенерації I роду є такі:

- 1) тривалість роботи дизеля після запуску – більше за 2 хв.;
- 2) температура охолоджуючої рідини дизеля – не менше за 70 °С протягом останніх 2 хв., але не вище за 90 °С;
- 3) у електронному блоці керування немає інформації про відмови елементів систем паливоподачі, впуску і очищення відпрацьованих газів;
- 4) досягнуто мінімально необхідної швидкості АТЗ, що залежить від ступеня заповнення ФТЧ (для 80 % – 100 км/год);
- 5) рівень палива в баку – вище за 1/4.

При активній регенерації I роду його електронний блок керування подає такі керуючі імпульси:

- 1) закриття клапана системи рециркуляції відпрацьованих газів;
- 2) зміна нахилу лопаток напрямного апарата турбокомпресора;
- 3) подача дозованих порцій палива до камери згоряння дизеля після основної паливоподачі, які окислюються в каталітичному нейтралізаторі продуктів неповного згоряння палива, унаслідок чого підвищується температура відпрацьованих газів.

При цьому додаткова доза палива частково потрапляє в картер і систему змащення дизеля, що при частотному повторенні ситуації аварійного переривання процесу примусової регенерації може призвести до істотної втрати кондиції моторної оливи.

Умови закінчення примусової регенерації I роду:

- 1) досягнуто максимальний час, відведений на процес, визначений з умови термостійкості деталей ФТЧ і мінімізації витрат палива на здійснення процесу (20 – 25 хв);
- 2) дизель зупинено (аварійно);
- 3) дизель переведено на режим холостого ходу на 5 – 10 хв;
- 4) температура відпрацьованих газів досягла значення 1000 °С;
- 5) виявлено перебої в роботі систем паливоподачі, впуску і очищення відпрацьованих газів.

При виконанні всіх умов, необхідних для примусової або пасивної регенерації I роду, процес повністю завершується за 10 хв, при найменш сприятливому збігу чинників – за 25 хв.

Середньоексплуатаційні питомі ефективні витрати палива дизелем при використанні примусової регенерації I роду зазвичай підвищуються не більш, ніж на 10 г/(кВт·год) і збільшуються в міському циклі експлуатації, а викиди CO₂ (парниковий газ) дизелем зростають не більш, ніж на 0,05 %. При перших 1000 км пробігу АТЗ частота примусової регенерації у 2 – 3 рази більша, ніж у ході подальшої експлуатації. Це дозволяє

компенсувати явища, що супроводжують припрацювання дизеля і самого ФТЧ [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51, 631].

При тривалій неможливості здійснення примусової регенерації I роду в штатному режимі електронний блок керування сигналізує водієві АТЗ (індикатор «Check DPF» на контрольній панелі, рис. 3.27, а) і переводить дизель на аварійний режим роботи з обмеженням номінальної потужності на 30 – 40 %, про що також сигналізується водієві АТЗ (індикатор «Check Engine», рис. 3.27, б). Межею заповнення ФТЧ ТЧ, обмеженою з міркувань пожежної безпеки, є 105 – 125 % від його номінальної ємності [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51, 631].



Рис. 3.27. Типовий вигляд індикаторів панелі приладів АТЗ:
а – «Check DPF»; б – «Check Engine» [631]

Аварійна примусова регенерація в умовах СТО (ініціюється штучно) для того ж АТЗ здійснюється на режимі холостого ходу (стоянкове гальмо ввімкнено, коробка зміни передач – в положенні нейтральної передачі або в положенні «Parking») при $n_{ке} = 1500 \text{ хв}^{-1}$ при досягненні розрахункового рівня накопичених ТЧ у ФТЧ більше за 68 г і температурі моторної оливи не нижче 70 °С. При цьому температура відпрацьованих газів перед турбокомпресором повинна перевищувати 690 °С, а коефіцієнт надлишку повітря у відпрацьованих газах α має бути в межах 1,0 – 2,0. Процес здійснюється при включеному запаленні, але виключених споживачах електроенергії, що не беруть участі в процесі, і при закритому капоті. Час здійснення процесу – до 40 хв [А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51, 631].

Примусова регенерація дизеля Isuzu 4HL1 на відміну від попереднього прикладу, в штатному і аварійно-штатному режимах [А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51, 635] здійснюється після інформування водія про її необхідність і постановки АТЗ на стоянкове гальмо, ініціюється відповідною кнопкою (після чого водієві не слід робити які-небудь дії) – на режимі холостого ходу з $n_{ке} = 900 \text{ хв}^{-1}$, при цьому включається автомат прогрівання відпрацьованих газів, тривалість процесу 20 – 40 хв [635].

Ресурс системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ визначається ресурсом його ФЕ і становить 120 – 200 тис. км пробігу АТЗ; вичерпується з причини заповнення ФЕ продуктами коксування ТЧ і їхніми неокислюваними компонентами, а також абразивного зносу матеріалу ФЕ і можливого його термошокового пошкодження зі втратою пропускної здатності. Цей показник визначається умовами експлуатації й технічного обслуговування АТЗ [69].

Наприклад, при використанні неякісного палива строк експлуатації ФТЧ знижується до споживання 10 повних заправок паливом АТЗ.

При експлуатації АТЗ у міському циклі в умовах мегаполісу термін служби ФТЧ становить 50 тис. км пробігу [69].

Оскільки найгірша модель експлуатації з точки зору заповнення ФТЧ і можливості його регенерації I роду передбачає велику кількість нетривалих поїздок у міському циклі без великих навантажень (таксі, кур'єрська служба, міський громадський транспорт), це призводить до збільшеного викиду ТЧ, підвищеної витрати палива, розбавлення ним моторної оливи і частого переривання початку процесів примусової регенерації I роду, відсутності пасивної регенерації I роду.

За такої моделі експлуатації АТЗ водієві необхідно кожні 700 км пробігу не менш ніж на 20 хв при русі АТЗ виводити дизель на режим роботи з $n_{ке} = 3000 \text{ хв}^{-1}$ [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51, 635].

При цьому, якщо температура відпрацьованих газів у ФТЧ не досягає $450 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом 1 години після пуску дизеля, він автоматично переводиться в аварійний режим роботи.

Електронний блок керування відстежує динаміку засмічення ФТЧ не тільки між регенераціями I роду, але й протягом всього терміну експлуатації.

При цьому механічне очищення ФЕ від неокислюваних компонентів ТЧ під час чергового ремонту або технічного обслуговування АТЗ при досягненні граничного стану ФТЧ не обнуляє цей лічильник, що призводить до автоматичного переведення дизеля на аварійний режим роботи і може потребувати ручного обнулення кожні 500 – 600 км пробігу АТЗ. Також електронний блок керування може дати рекомендації щодо заміни ФЕ або всього ФТЧ [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51, 16, 20, 21, 631, 635]. Типовий алгоритм роботи бортової системи регенерації I роду ФТЧ подано на рис. 3.28 [69].

3.4. Класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації ФТЧ II роду

При регенерації II роду здійснюється очищення ФЕ від неокислюваних фракцій ТЧ і продуктів коксування окислюваних фракцій при досягненні ним критичного стану, що й є причиною необхідності здійснення регенерації II роду. Процес може бути неперіодичним або взагалі не входить до життєвого циклу ФТЧ [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51].

Для ФТЧ традиційної конструкції процес регенерації II роду здійснюється поза бортом АТЗ при черговому технічному обслуговуванні або при досягненні критичного рівня гідравлічного опору ФТЧ. Для ФТЧ нетрадиційної конструкції процес регенерації II роду ідентичний процесу регенерації I роду, тобто відбувається шляхом зміни робочої рідини з її подальшою фільтрацією або шляхом зміни одноразового робочого тіла (наприклад, паперового) з подальшим його знешкодженням.

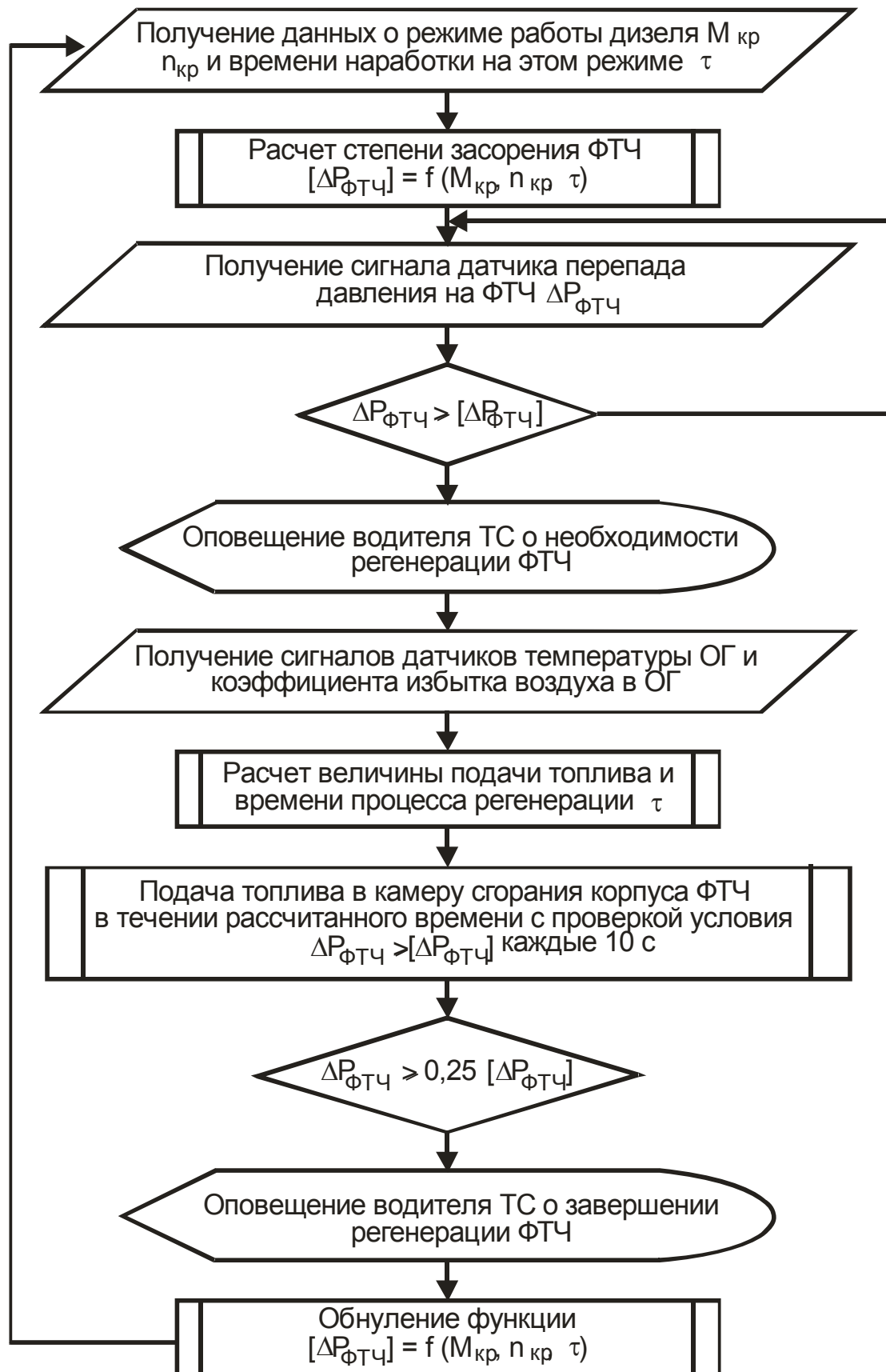


Рис. 3.28. Типовий алгоритм роботи бортової системи регенерації I роду ФТЧ [69] (мовою оригіналу)

Для ФТЧ традиційної конструкції процес регенерації II роду здійснюють одним з таких способів (рис. 3.29):

- способом **1.2.4** (згідно з класифікацією рис. 3.22) з подальшим очищенням зворотнім потоком атмосферного повітря (**2.1.1**);
- те саме, що й **2.1.1**, але без відпалу (**2.1.2**);
- шляхом зворотного промивання ФЕ робочою рідиною (водою) під тиском до 1,5 МПа вручну (**2.1.3**).

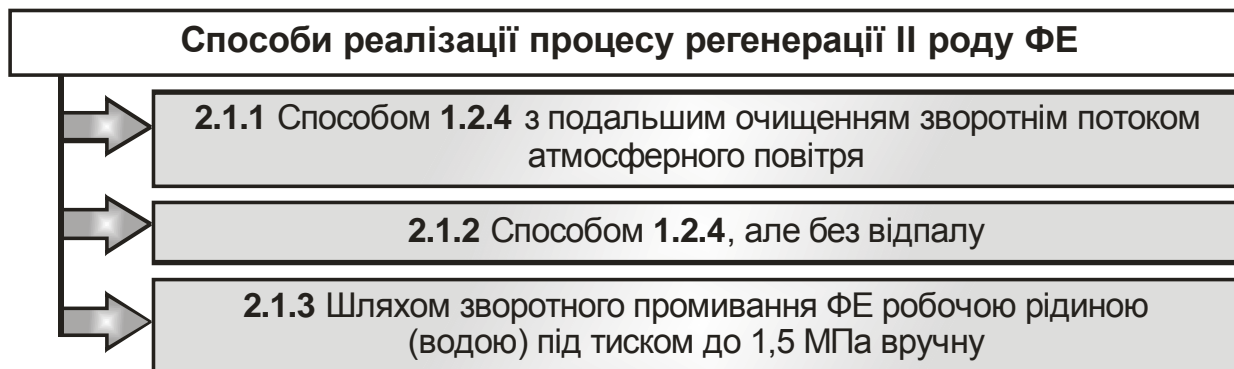


Рис. 3.29. Поділ процесів регенерації II роду ФЕ традиційної конструкції за способами реалізації

Спосіб **2.1.3** може здійснюватися за допомогою таких пристроїв (рис. 3.30):

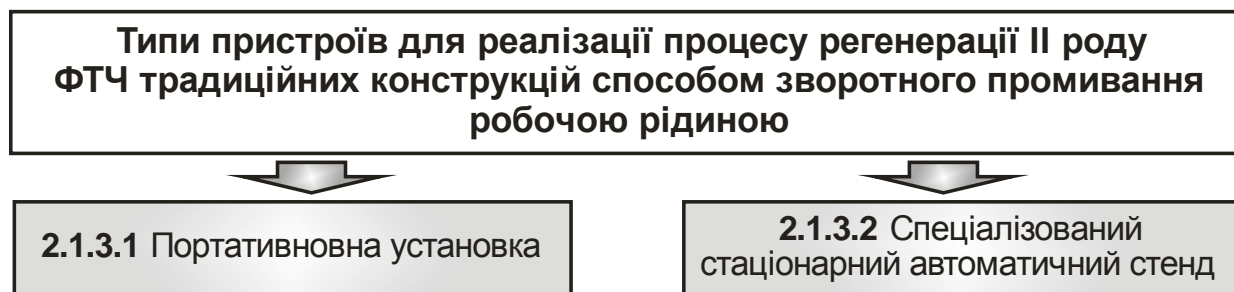


Рис. 3.30. Класифікація типів пристроїв для реалізації процесу регенерації II роду ФТЧ традиційних конструкцій способом зворотного промивання робочою рідиною

– портативновної установки (**2.1.3.1**), наприклад OTC Portable Diesel DPF Cleaner (рис. 3.31) [631, 636];

– спеціалізованому стаціонарному автоматичному стенді (**2.1.3.2**), наприклад FSX Complete Cleaning Package (рис. 3.32) [637].

Для ФТЧ нетрадиційної конструкції, що містять різного виду насипки і/або намотки, є подібними до традиційних за принципом роботи, процес регенерації II роду здійснюється шляхом зміни насипки з подальшим очищенням самої насипки і знешкодженням її продуктів – аналогічно до об'єктів регенерації традиційної конструкції.



Рис. 3.31. Портативна установка для регенерації II роду ФТЧ
OTC Portable Diesel DPF Cleaner [636]



Рис. 3.32. Станіонарний стенд для регенерації II роду ФТЧ
FSX Complete Cleaning Package [637]

Іноді, коли таку процедуру виконують у місцях централізованого технічного обслуговування АТЗ з дизелями, досягнення кожним конкретним ФТЧ критичного стану не відстежують, а проводять регенерацію ФЕ превентивно.

Однак для отримання інформації про режими і тривалість процесу, попередньо визначають стан кожного ФЕ на спеціальних стендах, наприклад компанії DPG (рис. 3.33) [638]. На тому ж стенді проводять регенерацію ФЕ, що знятий з АТЗ і демонтований з корпусу ФТЧ термічним

способом. Як джерело енергії використовують очищене дизельне паливо.

Усіма вищенаведеними позабортовими способами і засобами здійснення регенерації II роду можливо здійснити й регенерацію I роду.

Те саме відноситься і до випадку реалізації регенерації I роду шляхом застосування бортової системи регенерації зі зворотним продуванням ФЕ потоком відпрацьованих газів [69, А.4.31, А.4.34, А.4.36, А.4.48, А.4.51] – таким чином можливо реалізувати і регенерацію II роду механічним способом.

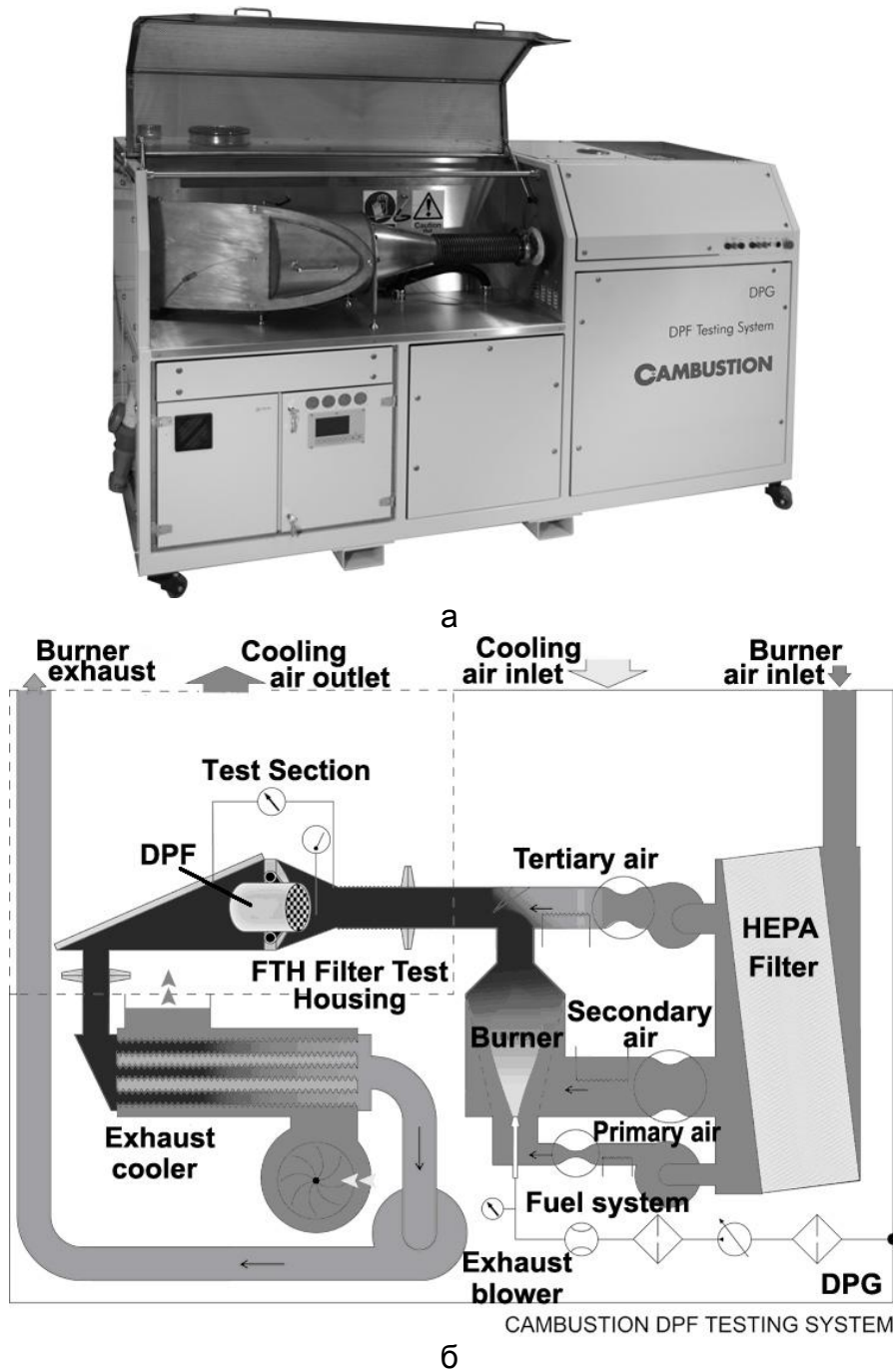


Рис. 3.33. Автоматизований спеціалізований стенд для діагностування стану ФЕ і термічної регенерації II роду компанії DPG (а) і схема його роботи (б) (мовою оригіналу) [638]

Схему класифікації сучасних способів і засобів реалізації процесу регенерації ФТЧ дизелів, яку побудовано авторами з використанням метода аналізу ієрархій подано на рис. 3.34.

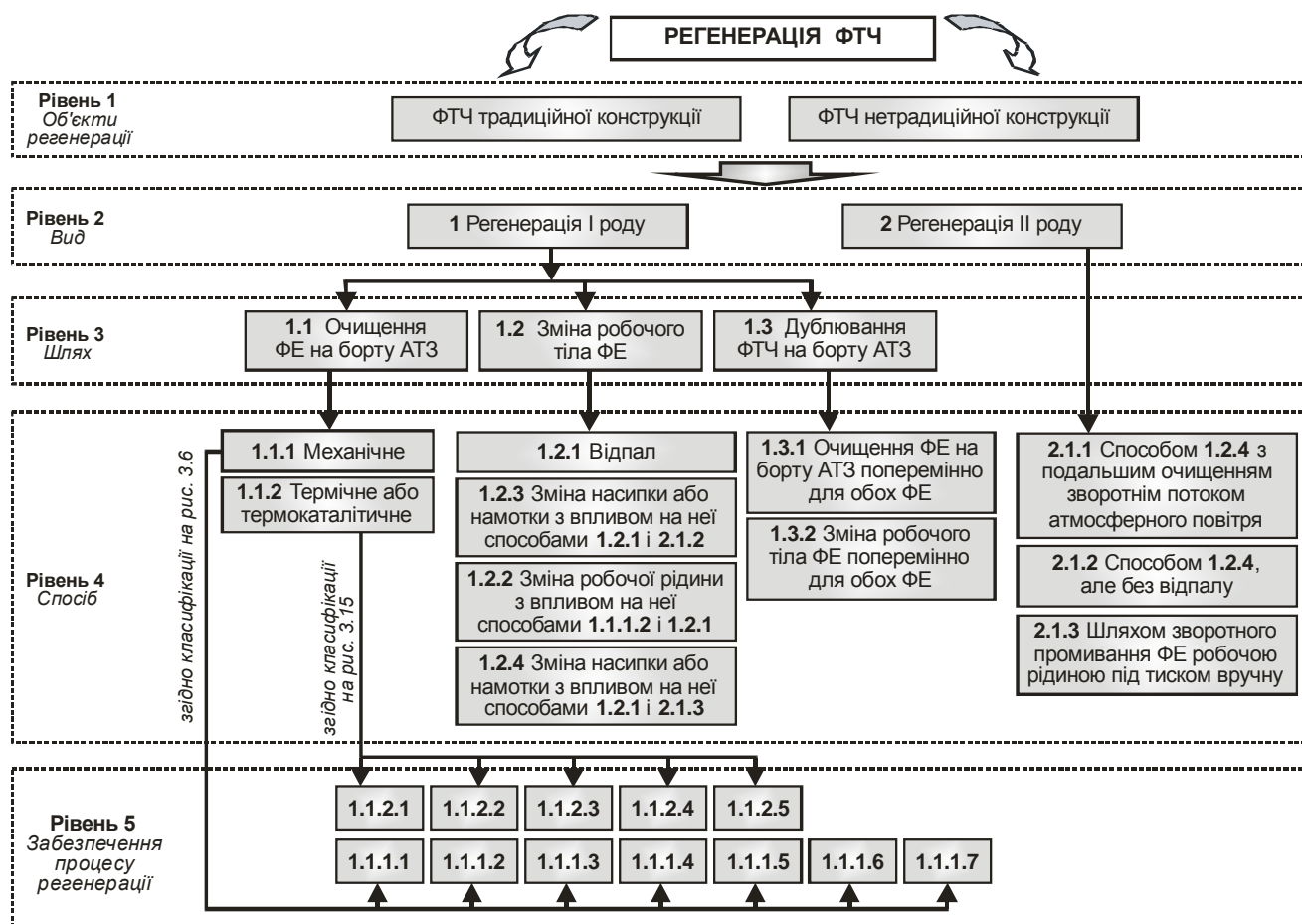


Рис. 3.34. Схема узагальненої класифікації сучасних способів і засобів реалізації процесу регенерації ФТЧ дизелів

3.5. Способи і засоби здійснення процесу регенерації I і II роду ФТЧ ІПМаш

Як указано у розд. 2, у відділі поршневих енергоустановок ІПМаш НАН України розроблено модульний ФТЧ з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах, модулі якого виготовлені з недорогих і недефіцитних матеріалів вітчизняного виробництва і не містять каталітичних покриттів [69, А.4.35]. Конструкцію ФТЧ можна віднести до нетрадиційних [А.4.1, А.4.31].

Метою дослідження, результати якого наведено у цьому підрозділі, є виявлення можливих способів регенерації I і II роду для ФТЧ ІПМаш, а також засобів їх реалізації. Об'єктом цього дослідження є способи і засоби регенерації I і II роду для ФТЧ ІПМаш.

Задачами цієї частини дослідження є такі.

1) вибір способів і засобів процесу регенерації I й II роду для ФТЧ ІПМаш з врахуванням його особливостей конструкції й моделі експлуатації;

2) виявлення аспектів екологічної й пожежної безпеки застосування ФТЧ ІПМаш.

З описаних у роботах [69, А.4.35] найближчих аналогів ФТЧ ІПМаш, бортовою системою регенерації оснащений тільки один – це ФТЧ фірми Ecopix, призначений для модернізації дизелів АТЗ, що знаходяться в експлуатації [568]. Це система термокаталітичної регенерації, що містить електронний блок керування, камеру згоряння у корпусі ФТЧ і систему подачі палива у неї.

Регенерація I роду ФТЧ фірми DCL (другого аналога ФТЧ ІПМаш) [595], що має аналогічне першому призначення, також здійснюється термокаталітичним способом, але поза бортом АТЗ на спеціальному стенді, на час якої на АТЗ встановлюється новий ФЕ.

ФТЧ системи очищення рециркульованих відпрацьованих газів фірми Engelhart (третій аналог ФТЧ ІПМаш) регенерується термічним способом (оскільки не має каталітичного покриття) також поза бортом АТЗ при його черговому технічному обслуговуванні [581].

ФТЧ ІПМаш має конструкцію, що дозволяє здійснити регенерацію I роду будь-яким із способів, описаних у розд. 2, за винятком каталітичних, оскільки не має каталітичного покриття, а каталітичними властивостями насипки з природного цеоліта, що міститься в його конструкції, можна знехтувати.

Регенерація II роду для нього може бути здійснена зміною насипки з природного цеоліта, а також промиванням сітчастих касет і порожнин модулів струменем води під високим тиском або ж повною заміною сітчастих касет, заповнених насипкою з природного цеоліта (завдяки їхній високій технологічності і малій собівартості, а також розбірним конструкціям ФЕ [69, А.4.35]). Отримана суспензія ТЧ у воді має бути відфільтрована, отриманий фільтрат – випарований (осушений), отриманий сухий концентрат ТЧ – спалений у сталому режимі (наприклад, у топці міні-котельні або 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 електронним блоком керування) і/або включення ФТЧ у повний комплекс очищення відпрацьованих газів дизеля і постановкою безпосередньо перед ним каталітичного окислювача продуктів неповного згоряння палива і моторної оливи (з метою ініціалізації дифузного горіння збагачених паливом відпрацьованих газів) або оксидів азоту (з метою окислення ТЧ у ньому за допомогою діоксиду азоту). У разі використання ФТЧ ІПМаш для зниження викиду ТЧ з відпрацьованими газами модернізованого дизеля, що знаходиться в

експлуатації, без зменшення викидів інших нормованих політантів відпрацьованих газів, тобто без розроблення і установки на АТЗ каталітичного доокислювача продуктів неповного згоряння палива і каталітичного поглинача оксидів азоту, регенерація I роду для нього може здійснюватися одним з таких способів [69, А.4.35]:

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

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

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

Перший спосіб дозволяє створити повністю автономну систему зниження викиду ТЧ з відпрацьованими газами дизеля, однак потребує 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 і ускладненням конструкції системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ при мінімальному 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 сьогодні систем термічної регенерації ФТЧ (див. розд. 2), що знаходяться в експлуатації, придатних для реалізації цього способу регенерації I роду, можна виділити такі.

1. Підвищення температури відпрацьованих газів на вході в ФТЧ за рахунок упорскування палива в них й ініціалізації його дифузного окислення залишковим киснем у відпрацьованих газах за допомогою електрогідравлічних форсунок універсальної конструкції (рис. 3.35), керованих електронним блоком керування і встановлених у камеру згоряння корпусу ФТЧ [20, 21]. При цьому резервуар з паливом, паливні фільтри і паливний насос, сам електронний блок керування і його контрольні-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. На борту АТЗ у складі корпусу ФТЧ при цьому повинні розміщуватися камера згоряння, паливна форсунка й ініціатор горіння: свічка розжарювання, каталітична сітка, каталітичний доокислювач продуктів неповного згоряння палива або свічка запалювання.

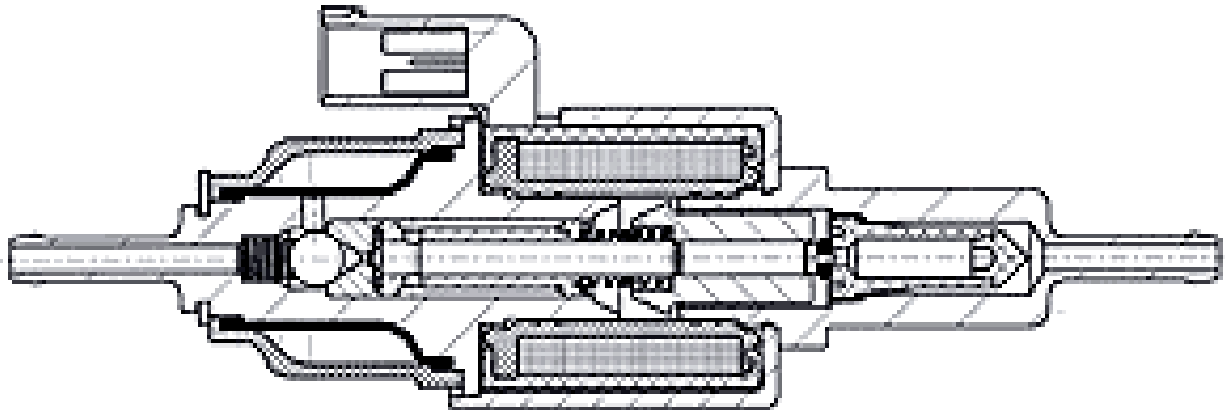


Рис. 3.35. Схема паливної електрогидравлічної форсунки системи регенерації ФТЧ фірми Bosch [20, 21]

Сама ж паливна форсунка також може знаходитися поза бортом АТЗ, при цьому на борту АТЗ потрібна лише наявність камери згоряння з місцями установки універсальної форсунки й ініціатора окислення, заглушеними спеціальними пробками під час експлуатації.

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

Аналіз способів і пристроїв для плазмової нейтралізації відпрацьованих газів ДВЗ у роботах [330] і [628] свідчить, що більшість технічних рішень базується на обробленні усього потоку відпрацьованих газів низькотемпературної плазмою; також іноді використовуються добавка іонізованого вторинного повітря і оброблення потоку відпрацьованих газів плазменно-паливними струменями. Як газ-плазмоносій згідно з даними дослідження [628], що виконано у відділі поршневих енергоустановок ІПМаш НАН України, раціонально використовувати самі відпрацьовані гази. Конструкція, зовнішній вигляд і спосіб установки плазмотрона подано на рис. 3.36.

До недоліків способу слід віднести такі:

- відносно велике енергоспоживання плазмотрона за його високої продуктивності;
- необхідність у використанні системи подачі газу-плазмоносія;
- використання як газ-плазмоносій повітря або кисню призводить до різкого збільшення емісії дизелем оксидів азоту.

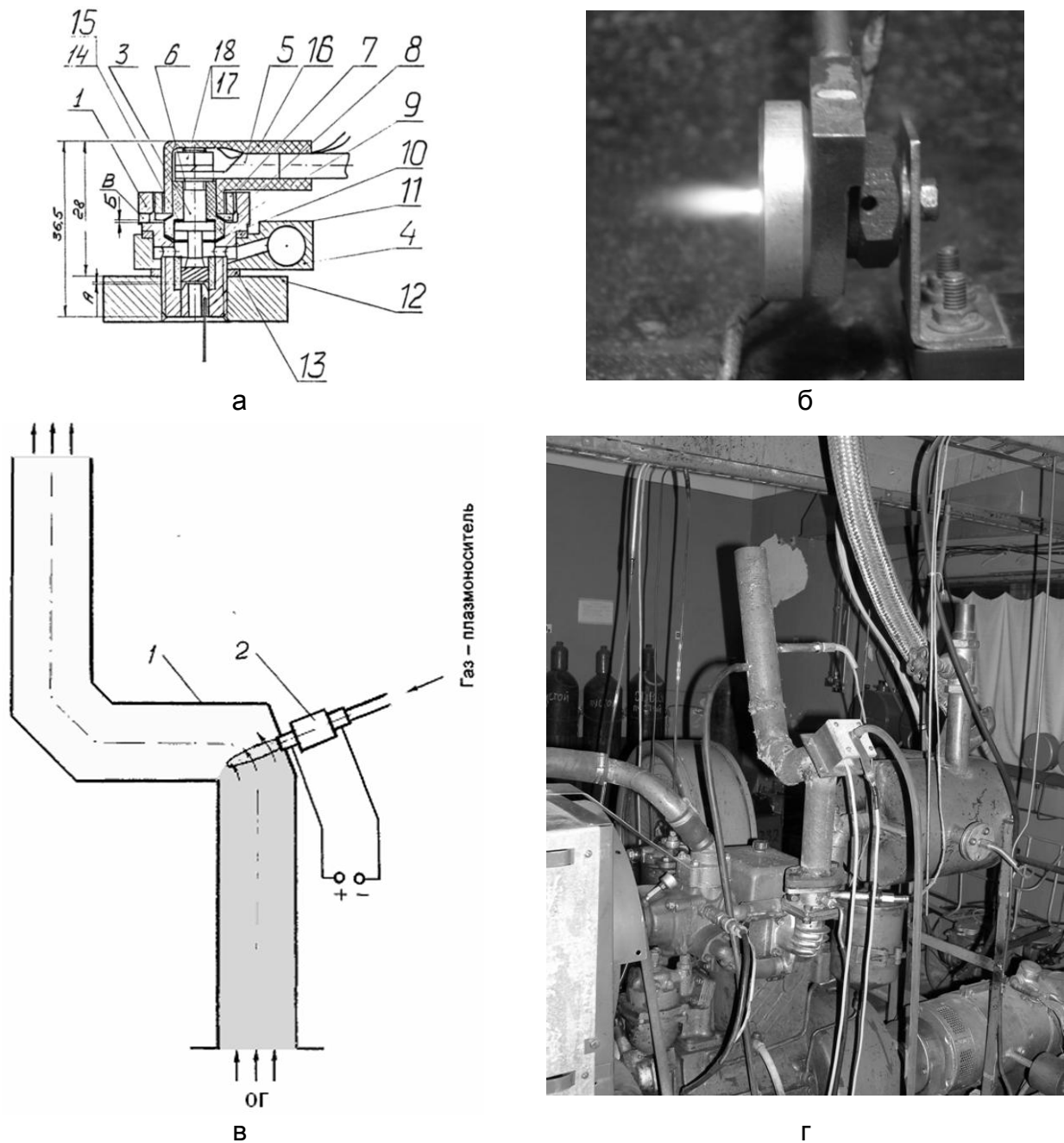


Рис. 3.36. Плазмотрон і місце його установки на моторному стенді відділу поршневих енергоустановок ІПМаш НАН України [628] (мовою оригіналу): а – ескіз плазмотрона; б – зовнішній вигляд працюючого плазмотрона; в – схема установки плазмотрона у випускній системі моторного стенда; г – зовнішній вигляд моторного стенду із встановленим плазмотроном

Дослідження [628] також показало таке:

- плазмова нейтралізація дозволяє знизити вміст у відпрацьованих газів продуктів неповного згоряння палива на 70 %, ТЧ – на 25 %;
- спільне використання низькотемпературної плазми з каталізаторами при нейтралізації відпрацьованих газів є перспективним технічним рішенням, яке дозволяє істотно підвищити ефективність способу. Так, процес нейтралізації відпрацьованих газів значно поліпшується, якщо каталітично

активна речовина введена в структуру електрода плазмотрону;

– для транспортних двигунів доцільно об'єднати плазмовий нейтралізатор відпрацьованих газів з глушником шуму системи випуску відпрацьованих газів.

При використанні плазмотрона, поданого на рис. 3.36, тільки для регенерації ФТЧ, його ефективності окислення ТЧ при споживаній ним потужності 5 кВт (за попередньою оцінкою) достатньо, щоб завершити процес регенерації ФТЧ ІПМаш, який накопичив до 60 г ТЧ, за 30 хв.

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

3. Підвищення температури відпрацьованих газів до порогу самовільного займання ТЧ у ФЕ нагріванням потоку відпрацьованих газів убудованими електронагріваючими елементами на вході в корпус ФТЧ або ж підведенням електричної напруги до самого ФЕ (виготовленого із сталевих прокату і сталевих сіток – див. розд. 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 установленні нагрівальних елементів поза АТЗ доцільно нагрівати ними не відпрацьовані гази, а повітря з навколишнього середовища, 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 [69, А.4.35].

4. Вплив на потік відпрацьованих газів і ТЧ в ньому НВЧ-випромінювача з метою підвищення температури відпрацьованих газів до порогу самозаймання ТЧ або для деструкції і знешкодження продуктів неповного згоряння палива (в основному вуглеводнів), що входять до складу ТЧ (адсорбовані на сажових ядрах) і являють собою основну частину окислюваних фракцій ТЧ [233, 235]. Варіанти розміщення самого НВЧ-випромінювача і його джерела енергії такі самі, як і для попередніх пунктів. Ескіз розробленого ФТЧ, який реалізує описані способи регенерації І роду, подано на рис. 3.37.

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 й температурою відпрацьованих газів при нульовій ефективній потужності дизеля [69, А.4.35].

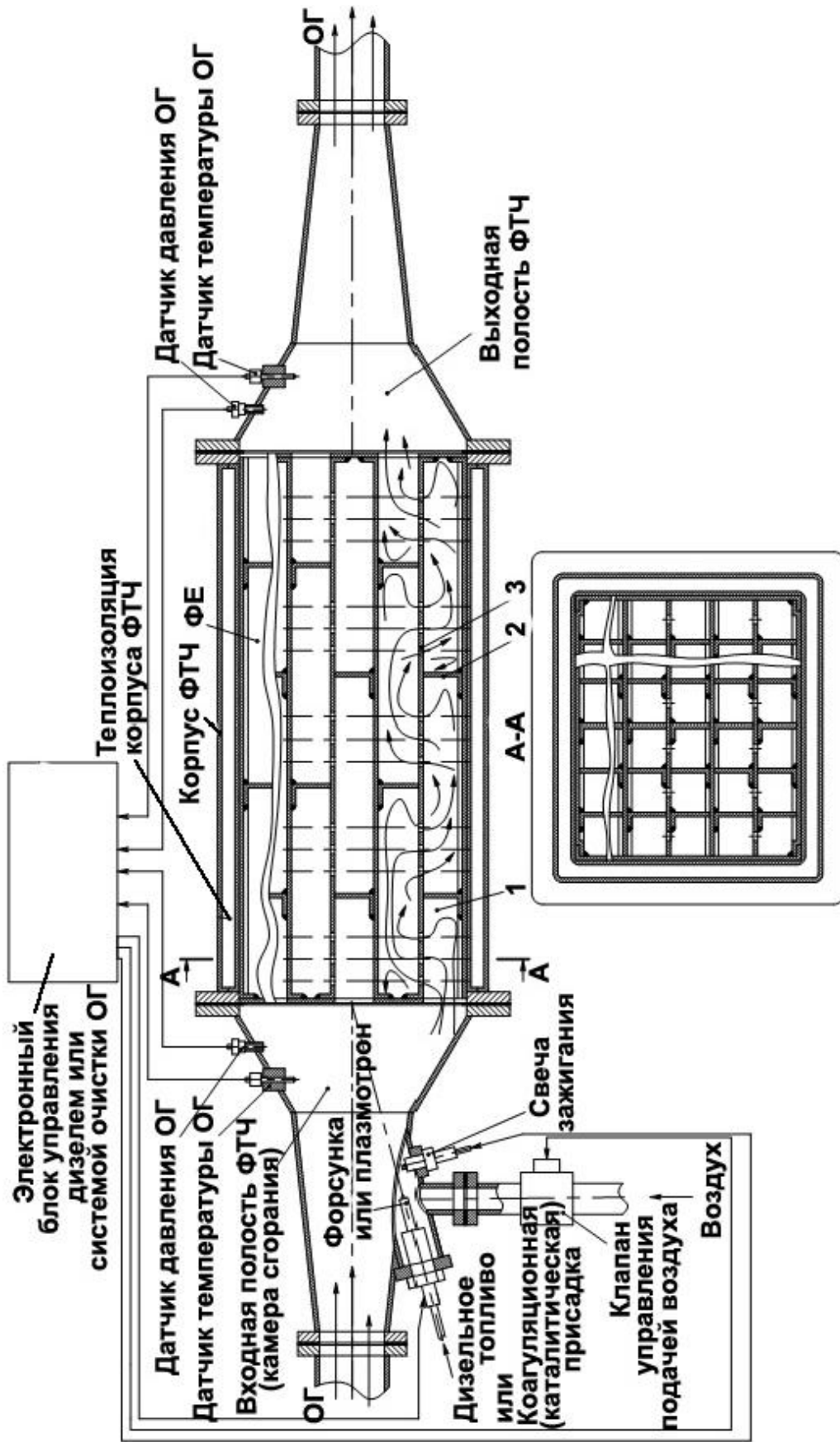


Рис. 3.37. Принципова схема ФТЧ ІПМаш і його системи регенерації (мовою оригіналу) [69, А.4.35]

Тривалість процесу, за попередніми оцінками, не повинна перевищувати 30 хв [69, А.4.35].

У будь-якому з вищеописаних варіантів реалізації системи регенерації демонтаж ФТЧ з випускної системи дизеля і ФЕ з самого ФТЧ не потрібен [69, А.4.35].

Періодичність необхідності здійснення регенерації I роду для розробленого ФТЧ визначається тими ж вимогами, що й для ФТЧ будь-якого іншого типу – рівнями створюваних заповненим ФТЧ гідравлічного опору і перепаду температур відпрацьованих газів у випускній системі дизеля. Ця величина також визначається питомою сажомісткістю ФТЧ (у грамах ТЧ на 1 дм^3 об'єму ФЕ), яка змінюється в ході експлуатації під впливом причин, які потребують необхідності проведення регенерації II роду.

ФТЧ ІПМаш відрізняється модульною конструкцією [69, А.4.35], що дозволяє вибирати найкращий варіант поєднання масогабаритних показників ФЕ (компонування на конкретному АТЗ), його гідравлічного опору (і середньоексплуатаційних витрат палива) і вартістю – з одного боку, і його сажомісткістю, періодом роботи до регенерації I роду (міжрегенераційним періодом), середньоексплуатаційними витратами енергії на її проведення і собівартістю всієї системи очищення відпрацьованих газів від ТЧ (залежить від моделі експлуатації АТЗ) – з іншого.

У дослідженнях [69, А.4.6 – А.4.8, А.4.12] проведено оцінювання кількості модулів ФЕ для дизеля 2Ч10,5/12 [44] з робочим об'ємом 2,0 дм^3 (не менш за 30 – 50 шт.); середньоексплуатаційного викиду ТЧ дизелем (до 1,23 г/(кВт × год)), ефективності очищення розробленим ФЕ його відпрацьованих газів від ТЧ і його гідравлічного опору залежно 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 середньоексплуатаційної питомої ефективної витрати палива (не більше за 4,35 %) [69, А.4.29].

Вимоги до рівня гідравлічного опору випускної системи дизеля 2Ч10,5/12 (до 10 кПа) і періоду між технічним обслуговуванням (до 250 мотогодин) [44] обмежують сажомісткість і тривалість міжрегенераційного періоду для розробленого ФТЧ, установленого на моторний випробувальний стенд лабораторії відділу поршневих ЕУ ІПМаш НАН України [69, А.4.29]. Питома сажомісткість ФЕ з об'ємом, що дорівнює робочому об'єму дизеля (близько 2 дм^3), імовірно, становить близько 30 г/ дм^3 [69, А.4.35].

Гідравлічний опір діючого макета 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 міжрегенераційний 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 [69, А.4.35].

3.6. Висновки з розділу 3

Таким чином, у цьому розділі, що присвячений дослідженню процесів регенерації ФТЧ, на основі проведеного аналізу даних, що містяться в спеціалізованих науково-технічних літературних джерелах щодо питань способів реалізації процесу регенерації ФТЧ різних типів і засобів їх реалізації, виявлено таке.

1. Процеси, які становлять суть і супроводжують процес регенерації ФТЧ, що являє собою очищення ФТЧ від накопичених у ньому ТЧ, є не менш важливими, різноманітними й складними, ніж власно процеси очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ, і чинять значний вплив на рівень екологічної безпеки експлуатації транспортних засобів.

2. Уперше у нашій країні запропоновано класифікацію родів, способів і засобів реалізації процесів регенерації ФТЧ. У цьому розділі розкрито зміст і проілюстровано окремі пункти запропонованої класифікації, подано її узагальнену схему. Встановлено, що ТЧ слід поділити на окислювані й неокислювані фракції. Дослідження показало, що слід розрізняти процес регенерації I і II роду – відповідно процес очищення ФЕ від окислюваних і неокислюваних фракцій ТЧ. Для ФТЧ традиційної конструкції й нетрадиційної конструкції з подібним першим принципом роботи це розходження є принциповим через відмінності в методах і засобах реалізації цих процесів. Для деяких типів ФТЧ нетрадиційної конструкції ці процеси ідентичні. При розкритті окремих пунктів запропонованої класифікації описано окремі випадки способів, пристроїв і систем регенерації, що перебувають у реальній експлуатації.

Регенерацію I роду поділено на шляхи реалізації за місцем здійснення на такі, що здійснюються очищенням на борту АТЗ, зміною робочого тіла ФЕ (поза бортом АТЗ) і дублюванням ФТЧ. Перша поділена за способами здійснення – на такі, що здійснюються механічним очищенням ФЕ, термічним або термokatалітичним. Механічну регенерацію класифіковано за способами здійснення, термічну – за видом окислювача, способом підвищення температури відпрацьованих газів. Також процеси регенерації I роду класифіковано за видами ініціалізації на самовільну і примусову, а за режимами – на штатну, аварійно-штатну і аварійну. Описано умови і алгоритми початку, перебігу і завершення процесу регенерації I роду.

Регенерацію I та II роду класифіковано за об'єктами – на ФТЧ традиційної і нетрадиційної конструкції. Обидва види регенерації можуть здійснюватись як на борту АТЗ так і поза ним, їх поділено за способами і засобами здійснення.

3. Описано можливі способи і засоби здійснення процесів регенерації ФТЧ з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах, розроблені у відділі поршневих ЕУ ІПМаш НАН України.

Аспекти техногенно-екологічної й пожежної і вибухової безпеки процесів регенерації подано у наступній частині дослідження.

4. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК З ДИЗЕЛЯМИ

4.1. Загальні положення

Дослідження різноманітних аспектів екологічної безпеки потребує конкретизації суті понятійного апарата, методології вирішення екологічних проблем. Управління екологічною безпекою являє собою складову частину системи управління, яка пов'язана з комплексом проблем життєзабезпечення людини. Питання щодо цієї проблематики конкретизують і деталізують наукові праці В. М. Навроцького, І. С. Масленнікової, Ю. М. Саталкіна, В. Я. Шевчука, О. Д. Липенкова, В. М. Федосєєва та інших учених. Останнім часом проводяться багатоаспектні теоретичні й практичні дослідження у даній галузі. В роботах М. М. Биченка, В. М. Шмандія, О. М. Касимова, Г. Д. Коваленка, С. С. Рижкова, Л. Д. Пляцука, М. С. Мальованого, В. М. Кобріна, М. В. Нечипорука та інших конкретизуються і поглиблюються підходи за різноманітними науковими напрямками, зокрема за технічними. Постійно поширюється сфера теоретичних і практичних досліджень. При цьому екологічна безпека розглядається як складова національної безпеки [660 – 696].

Таким чином, створення наукових основ методологічного забезпечення екологічної безпеки процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ є актуальною задачею, що вирізняється науковою новизною, а її вирішення дасть певну практичну цінність.

Ефективне і раціональне вирішення проблеми накопичення небезпечних відходів і нейтралізації поллютантів, джерелами яких виступають ЕУ з поршнеvim ДВЗ, полягає у створенні системи управління екологічною безпекою (СУЕБ) процесу їх експлуатації [661, 662, 666, 671, 672, 675 – 677, 686 – 696]. У цьому випадку доцільним і раціональним є застосування системного підходу до розроблення організаційно-технологічних рішень для основних складових процесу забезпечення екологічної безпеки. Це дозволить раціонально сформулювати і вирішити складні й комплексні науково-технічні проблеми шляхом структурування і виділення їхніх окремих задач як відносно самостійних частин з урахуванням їх взаємозв'язку і динамічної взаємодії.

Метою дослідження, що відображено у цьому розділі, є створення методологічних основ для побудови СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ на основі аналізу аспектів техногенно-екологічної і пожежо-вибухової безпеки цього процесу шляхом застосування системного підходу і принципу багаторівневої декомпозиції.

Об'єктом даного дослідження є управління екологічною безпекою процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ.

Предметом даного дослідження є аспекти екологічної безпеки процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ.

4.2. Аспекти техногенно-екологічної безпеки експлуатації ФТЧ

Аспекти техногенно-екологічної безпеки використання ФТЧ обумовлено такими чинниками [А.4.36, А.4.37, А.4.48, А.4.51].

1. Особливості дизелів як джерела забруднення навколишнього середовища взагалі, й кількісний і якісний склад їхніх відпрацьованих газів зокрема.

У процесі експлуатації ЕУ з дизелями основним забруднюючим фактором є їхні відпрацьовані гази. З наведеного у попередніх розділах випливає, що у відпрацьованих газах дизелів до 90 % приведеної токсичності становлять оксиди азоту NO_x і тверді частинки ТЧ, при цьому на ТЧ припадає 20 – 45 %. Це, у свою чергу, зумовлено тим, що у складі ТЧ містяться поліциклічні ароматичні вуглеводні, що вирізняються канцерогенною і мутагенною дією на людину і тварин. Крім того, до появи у відпрацьованих газах дизелів цих двох видів законодавчо нормованих політантів призводять антагоністичні фактори.

Під час інших етапів життєвого циклу дизелів (технічне обслуговування і ремонти), а також після виведення їх з експлуатації з причини досягнення критичного стану за основними показниками у навантаження АТЗ і його дизеля на навколишнє природне середовище відпрацьовані гази вносять значно менший внесок.

Це формує принциповий набір політантів і очікувані (теоретичні) межі рівнів екологічного навантаження ними навколишнього природного середовища.

2. Модель (тип, торгове найменування) і призначення дизеля, що визначає його конкретні особливості конструкції і, відповідно, певні показники екологічності (відносний внесок відпрацьованих газів у навантаження на навколишнє природне середовище, інтенсивний чинник) і продуктивності (прямий внесок відпрацьованих газів у навантаження на навколишнє природне середовище, екстенсивний чинник) у новому (щойно виготовленому, комплектному, підданому приймально-здавальним випробуванням і обкатці, тобто готовому до експлуатації) стані.

Це разом з наведеним вище у пункті 1 формує початкові значення навантаження на навколишнє природне середовище дизелем, причому рівень цих значень найнижчий за увесь життєвий цикл, оскільки дизель і АТЗ перебувають у своєму найкращому технічному стані.

3. Термін експлуатації дизеля, що за дотримання правил експлуатації, регламенту технічного обслуговування і ремонтів визначає його поточний технічний стан і, відповідно, зміну показників екологічності й продуктивності у часі.

Це разом з наведеним у двох попередніх пунктах формує усереднений і розподілений у часі експлуатації рівень екологічного навантаження дизелем, що експлуатувався без порушень відповідних правил і черговості технічного обслуговування і ремонтів.

Так, наприклад для автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 на моторному випробувальному стенді відділу поршневих ЕУ ІПМаш НАН України, що перебуває у експлуатації значний час, масовий викид ТЧ з потоком відпрацьованих газів становить за 13-режимним випробувальним циклом 1,233 г/(кВт·год) [69].

4. Модель експлуатації АТЗ, обладнаного дизелем – питання екологічної логістики.

Це разом з наведеним у трьох попередніх пунктах формує значення абсолютної величини масового викиду ТЧ з його відпрацьованими газами без застосування системи їхньої нейтралізації та очищення.

5. Ефективність роботи ФТЧ, тобто частина вилучених з потоку відпрацьованих газів і знешкоджених ТЧ із загального обсягу їхнього масового викиду дизелем.

Слід враховувати також зміну цієї робочої характеристики ФТЧ залежно від режимних, конструктивних, регулювальних та інших параметрів дизеля.

Це разом з наведеним у чотирьох попередніх пунктах формує значення абсолютної величини масового викиду ТЧ з його відпрацьованими газами із застосуванням системи їхньої нейтралізації та очищення у міжрегенераційний період.

Так, наприклад, для ФТЧ ІПМаш ефективність очищення потоку відпрацьованих газів дизеля 2Ч10,5/12 від ТЧ становит 63 % за 13-режимним випробувальним циклом [69].

6. Особливостями організації й перебігу процесів регенерації ФТЧ.

При цьому слід враховувати принципову різницю між процесами регенерації I і II роду.

З наведеного у попередньому розділі випливає, що найчастіше регенерацію I роду реалізують бортові системи регенерації АТЗ термokatалітичним способом. При цьому окислення ТЧ проходить у несталому режимі, може перериватися і продуктувати токсичні викиди. Найчастіше регенерацію II роду реалізують за допомогою позабортових систем, при цьому ФТЧ промивається у зворотному напрямку водою. Отримана суспензія ТЧ у воді має бути відфільтрована, отриманий фільтрат – випаруваний (осушений), отриманий сухий концентрат ТЧ – спалений у сталому режимі (наприклад, у топці міні-котельні або заводу зі спалювання твердих побутових відходів).

Це разом з наведеним у п'яти попередніх пунктах формує значення абсолютної величини масового викиду ТЧ з його відпрацьованими газами із застосуванням системи їхньої нейтралізації та очищення за весь період експлуатації дизеля.

Так, наприклад, для ФТЧ ІПМаш ці способи є предметом дослідження у попередньому розділі. Регенерація I і II роду для цього ФТЧ шляхом механічного очищення сітчастих касет промивкою водою і зміни насипки з природного цеоліта потребує 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 потребують особливих заходів із забезпечення екологічної безпеки, оскільки полютанти у складі ТЧ окислюються до нешкідливих речовин у ході самого процесу.

7. Спосіб знешкодження і/або утилізації робочого тіла або всього ФЕ та інших деталей ФТЧ.

Це разом з наведеним у шести попередніх пунктах формує значення абсолютної величини масового викиду ТЧ з відпрацьованими газами конкретного дизеля із застосуванням системи їхньої нейтралізації та очищення за весь його життєвий цикл.

4.3. Аспекти пожежо- і вибухобезпеки експлуатації ФТЧ

Аспекти пожежо- і вибухобезпеки використання ФТЧ полягають у такому [А.4.36, А.4.37, А.4.48, А.4.51].

1. ФТЧ можливо і раціонально застосувати для автотранспортних засобів і спеціальної техніки, що перебувають у експлуатації ДСНС України і не оснащені засобами зниження токсичності їхніх відпрацьованих газів з моменту випуску.

2. Особливо доцільне використання ФТЧ будь-якої конструкції для очищення відпрацьованих газів АТЗ і спеціальної техніки, що працюють в умовах обмеженого повітрообміну й місцях скупчення людей або тварин. Це будівельні, складські, шахтні машини, маневрові тепловози, міський транспорт, судна у акваторіях портів, АТЗ у природоохоронних і рекреаційних територіях, військова техніка.

3. Різноманітність способів регенерації ФТЧ зумовлена різноманітністю їхньої конструкції й моделей експлуатації, можливістю застосування деяких із них, наприклад ФТЧ ІПМаш, для АТЗ і спеціальної техніки, до яких висувують особливі вимоги до пожежо- і вибухобезпеки. Це АТЗ і спеціальна техніка, зайняті на роботах у приміщеннях, заповнених гримучими сумішами.

Прикладами таких сумішей є:

- суміш повітря з випарами паливно-мастильних матеріалів;
- суміш повітря з горючими газами;
- аерозоль з повітря і пилу горючих речовин (цукру, вугілля тощо).

Тобто це АТЗ і спеціальна техніка, що працюють у шахтах, на аеродромах, автозаправних станціях, сховищах паливно-мастильних матеріалів, складах сипкої продукції.

4. Здатність ФТЧ деяких конструкцій, наприклад ФТЧ ІПМаш, до іскрогасіння сприяє також можливості їх застосування для сільськогосподарської техніки в умовах збору, первинної переробки і зберігання врожаю.

5. Гуртовий і централізований спосіб зберігання й технічного обслуговування вищенаведених видів АТЗ і спеціальної техніки сприяє можливості застосування ФТЧ деяких конструкцій, таких, як ФТЧ ІПМаш, із притаманними їм способами і засобами здійснення процесів регенерації I і II роду.

4.4. Запобігання негативному впливу відпрацьованих газів дизелів на здоров'я студентів, курсантів і громадян, що здійснюють регулярні тренування на відкритих майданчиках у межах міста за допомогою ФТЧ

Дослідження, які мають на меті виявлення шляхів зниження навантаження на навколишнє природне середовище для забезпечення можливості проведення занять з фізичного виховання студентів і курсантів, а також регулярних оздоровлюючих аеробних вправ громадянами на відкритих майданчиках в межах міста, є вкрай актуальними.

В Україні захворювання серцево-судинної системи є основною причиною смертності населення у працездатному віці. На другому місці знаходяться онкологічні захворювання [644]. Така ситуація є загальносвітовою тенденцією [645].

Причинами такого стану здоров'я громадян, що не зайняті фізичною працею, насамперед, є пасивний спосіб життя і, як наслідок, гіподинамія. Серед інших причин – стресові навантаження нервової системи, недосипання, неправильне харчування, зловживання шкідливими звичками тощо [644, 645]. Для профілактики кардіологічних захворювань слід, у першу чергу, проводити регулярні тренування з переважанням у їх програмі аеробних вправ. Найбільш універсальною і через це широкодоступною серед таких вправ є біг. Його альтернативами є спортивна ходьба, їзда на велосипеді, на роликівих ковзанах, на лижах, плавання.

Проте з різних причин не всім громадянам доступними є стадіони, вело- і роллер-треки, басейни. Також не у всіх громадян є можливість придбати абонемент до спортивного клубу або велотренажер, бігову доріжку для занять вдома.

Тому все більшої популярності набуває практика регулярних оздоровлюючих пробіжок (щоденних або з іншою періодичністю, на дистанцію 3...10 км, перед робочим днем або після нього) вздовж вулиць міст, у паркових і рекреаційних зонах. До того ж значна частина вправ з фізичної підготовки студентів і курсантів у ВНЗ (і особливо майбутніх рятувальників) також проводиться на відкритих стадіонах і спортивних майданчиках.

Однак транспортними магістралями міст рухається значна кількість одиниць різноманітних АТЗ, що оснащені поршнеvim ДВЗ, які є джерелом викидів політантів.

Таким чином, за умови використання наведених заходів і конструктивних рішень для поліпшення екологічних показників АТЗ, оснащених поршневим ДВЗ, у тому числі й ФТЧ ІПМаш, принципово можливо знизити вплив досліджуваних факторів одразу на показники захворюваності населення міст України і серцево-судинними, і онкологічними захворюваннями, а також підвищити показники техногенно-екологічної безпеки занять з фізичної підготовки студентів і курсантів і громадян, що практикують регулярні оздоровлюючі пробіжки у межах міста.

4.5. Передумови формування системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршневим ДВЗ

Під час ліквідації надзвичайних ситуацій бойовими підрозділами ДСНС України використовується велике різноманіття АТЗ і спеціальної техніки, більшість з якого працює за допомогою поршневого ДВЗ, зокрема дизелів [51]. Те саме стосується АТЗ і спеціальної техніки, що використовується у службово-бойовій діяльності сил Національної гвардії України, Національної поліції України, Збройних сил України, Державної прикордонної служби України та інших силових структур.

Наразі дуже актуально стоїть питання щодо екологічної безпеки процесу експлуатації АТЗ і спеціальної техніки як під час локалізації й ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, так і під час бойового чергування. Це зумовлено тим, що при роботі ДВЗ виділяється велика кількість відпрацьованих газів – приблизно у 22 – 115 разів за масою більше (залежно від режиму роботи дизеля і, відповідно, від значення коефіцієнта надлишку повітря), ніж споживається палива, якого, у свою чергу, сучасні дизелі у середньому по експлуатаційному циклу споживають 230 – 270 г на 1 кВт ефективної потужності за годину.

Ці вимоги задовольняються, як указано у вступі, шляхом застосування нейтралізації відпрацьованих газів дизелів, що для ТЧ зазвичай здійснюються шляхом фільтрації їхнього потоку фільтрами ФТЧ. Як показано у розд. 2, існує значне різноманіття конструкцій ФЕ ФТЧ, більшість з яких має в своєму складі керамічні елементи і каталітичні покриття з коштовних металів, тому їм притаманна низка недоліків, що не дозволяють їх використовувати для модернізації АТЗ і спеціальної техніки ДСНС України.

Спираючись на проведеній аналіз, а також специфічні особливості створення СУЕБ [40, 71, 661], можна запропонувати використання такої послідовності при формуванні моделі управління екологічною безпекою процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ, зокрема і дизелями:

1. Визначення задач і вивчення інформації щодо ФТЧ вітчизняного виробництва.

2. Вибір критеріїв ефективності або критеріїв прийняття рішень для раціоналізації вищезазначеної системи.

3. Розроблення методів і засобів для вирішення визначеної задачі.

4. Проведення експериментальних досліджень теоретичних розробок, у тому числі й у виробничих умовах та умовах реальної експлуатації.

5. Опрацювання рекомендацій і нормативно-технічної документації для введення в експлуатацію ФТЧ вітчизняного виробництва.

Схему такого алгоритму подано на рис. 4.1.

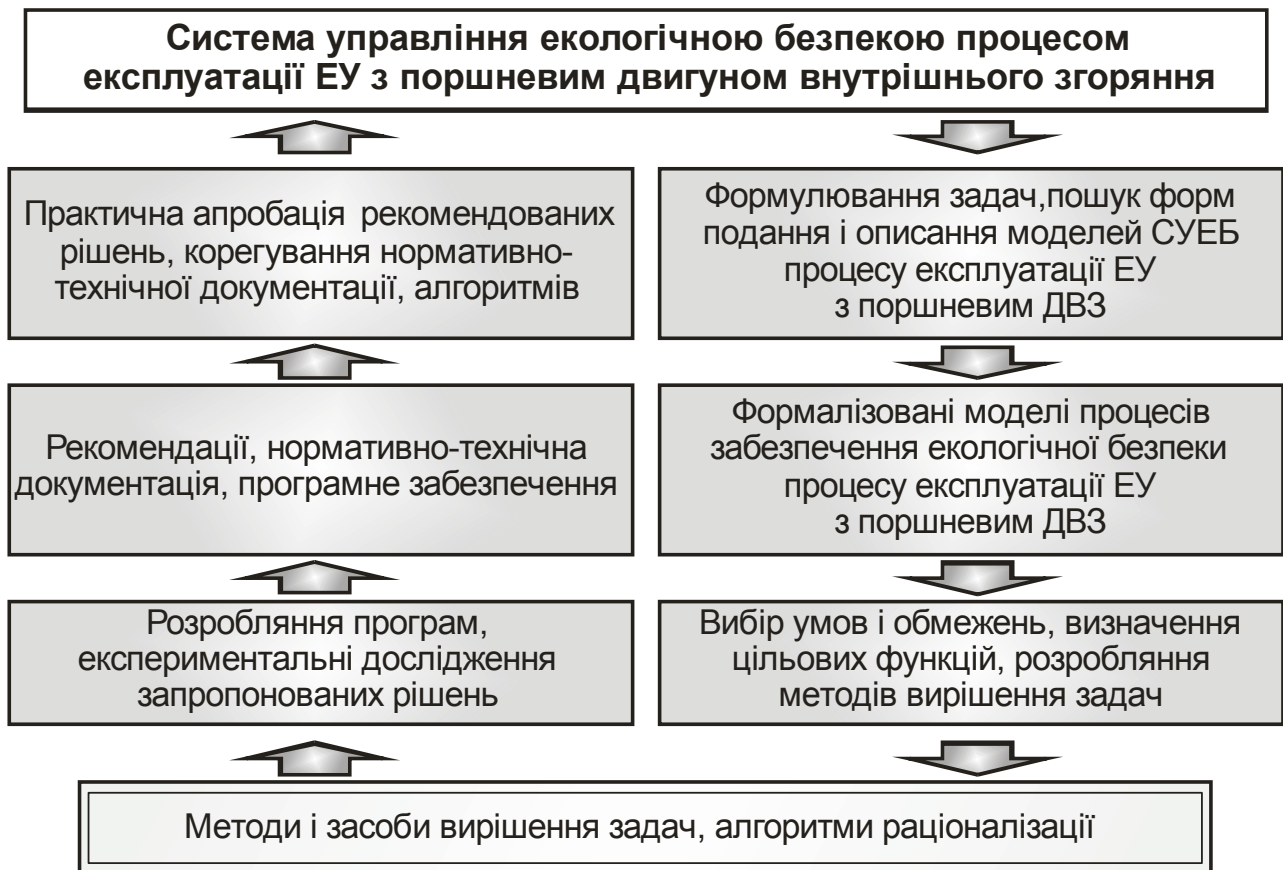


Рис. 4.1. Алгоритм побудови СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ

4.6. Класифікація видів забруднення навколишнього природного середовища енергетичними установками з поршневим ДВЗ

Суттєвий негативний вплив на рівновагу у навколишньому природному середовищі і екологічну безпеку в урбосистемах чинить транспорт та ЕУ з поршневим ДВЗ. Як указано у розд. 1, поршневі ДВЗ є потужним джерелом одразу декількох видів забруднення, які там же класифіковано за матеріальним носієм на речовини, енергетичні й інформаційні забруднення (див. рис. 1.3). Однак для побудови СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ зручніше використовувати класифікацію цих же видів забруднення з їхнім поділом на таке:

1) полютанти (забруднювачі, шкідливі речовини) – це усі газоподібні (токсичні компоненти відпрацьованих газів і аерозолі ТЧ у них, випари

рідких забруднювачів, парникові гази) й рідкі речовини-забруднювачі (палива, оливи, охолоджуючі рідини, електроліти, консистентні змазки);

2) шкідливі фактори впливу – це усі види енергетичного (електромагнітні поля, шум і вібрації, теплота) й інформаційного забруднення;

3) відходи – це тверді речовини-забруднювачі (деталі механізмів і систем двигуна, а також корпусні деталі, що вичерпали ресурс або вийшли з ладу).

Більш наочно таку класифікацію подано на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Класифікація видів забруднення навколишнього природного середовища поршневими ДВЗ

4.7. Формалізація вирішення задачі побудови системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршневим ДВЗ

Як і будь-яка складна система, СУЕБ складається з багатьох компонентів, що формуються виходячи з їх функціональних характеристик і взаємовідносин у процесі функціонування системи в цілому. Це дозволяє представити систему у вигляді моделі, зручної для аналітичного дослідження і синтезування компонентів-підсистем власне системи й зовнішнього середовища [40, 71, 661].

Вихідною позицією для розроблення такої системи може бути диференціація технологічного процесу забезпечення екологічної безпеки процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ як сукупності основних (нейтралізації, утилізації й очищення) та допоміжних (підготовка вихідних даних, сировини для основних процесів, транспортування, складування, управління, диспетчеризації тощо) процесів на характерні етапи.

Кожна складова СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ є складною і об'ємною цільовою підсистемою, що характеризується певними функціями, методами і засобами їх практичної реалізації.

Головними цілями побудови, організації й функціонування СУЕБ є [40, 71, 661]:

- запобігання (або суттєве обмеження) негативному впливу на навколишнє природне середовище факторів небезпеки;
- послаблення прояву небезпеки;
- послаблення дії джерел небезпеки.

Формалізація вирішення задачі ефективного управління екологічною безпекою процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ взагалі й побудова відповідної СУЕБ зокрема може бути виконана з використанням принципу багаторівневої декомпозиції [40, 71, 661].

Процес синтезу такої СУЕБ оснований на її розбитті на ієрархічні рівні функціонально завершених етапів вирішення комплексу підзадач цього рівня. Це наочно відображено на рис. 4.3 – 4.7.

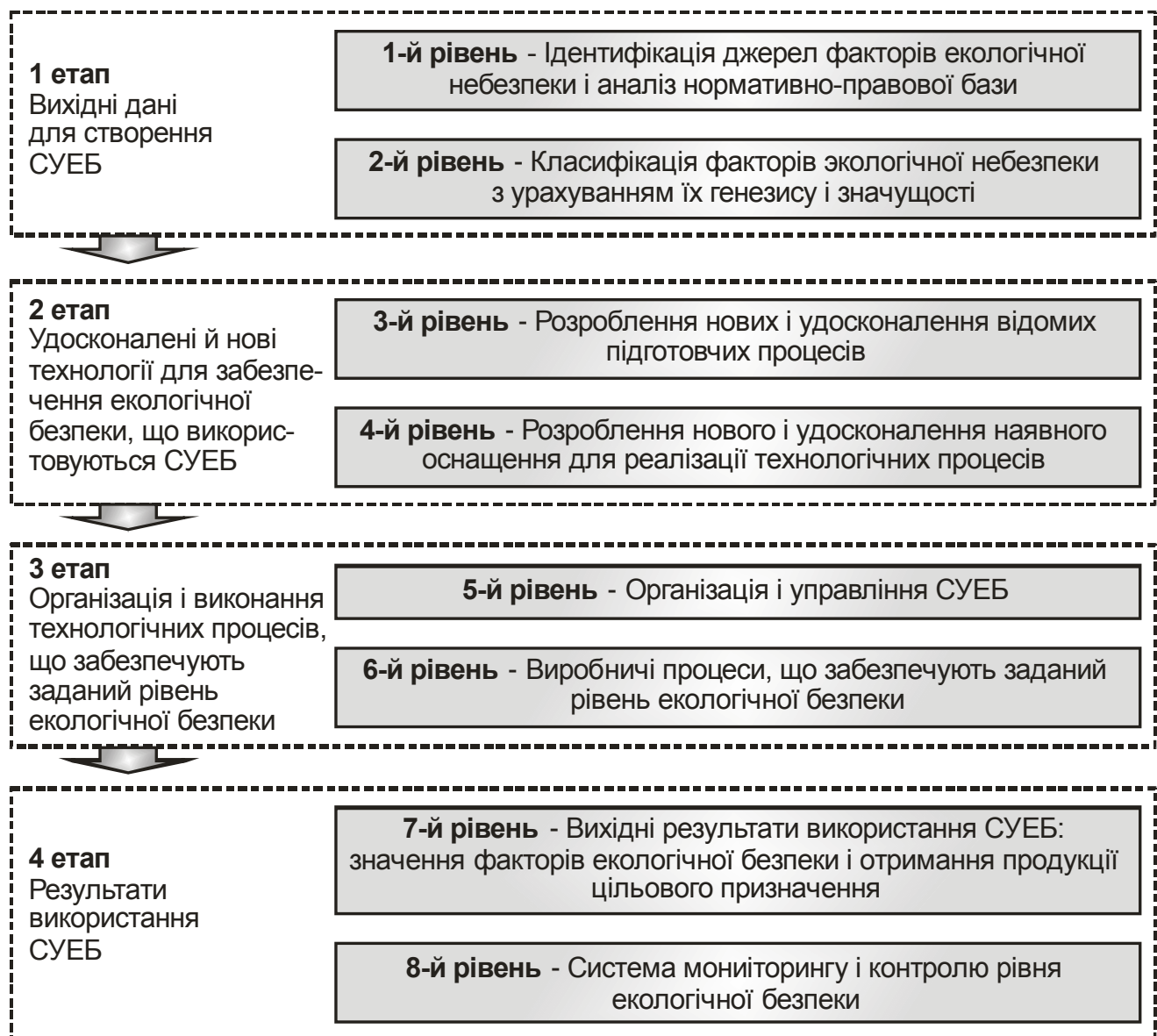


Рис. 4.3. Укрупнена схема багаторівневої декомпозиції СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ

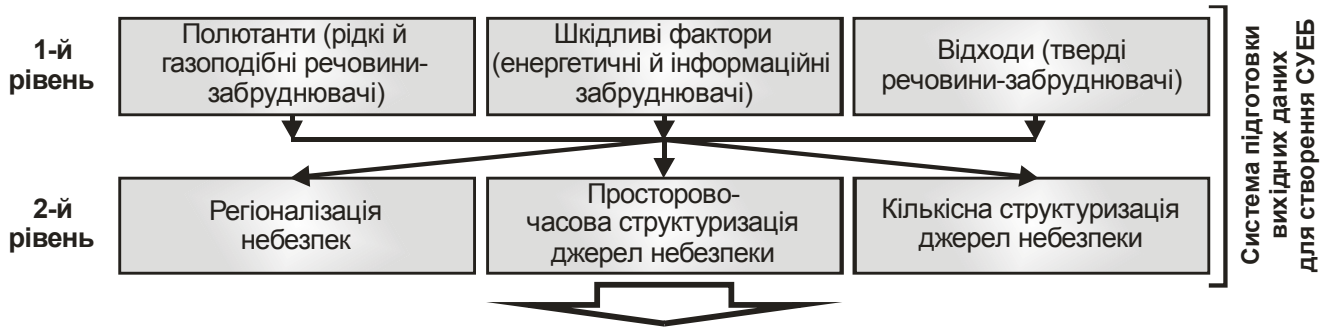


Рис. 4.4. Схема етапу формування вихідних даних для забезпечення екологічної безпеки експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ

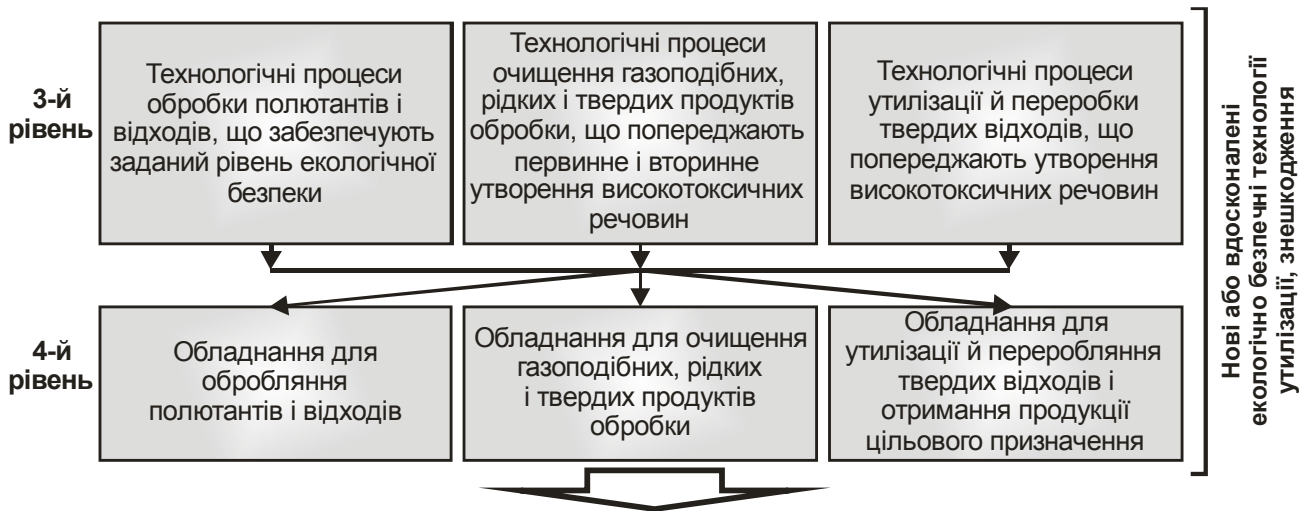


Рис. 4.5. Схема етапу нових і вдосконалених технологій забезпечення екологічної безпеки експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ

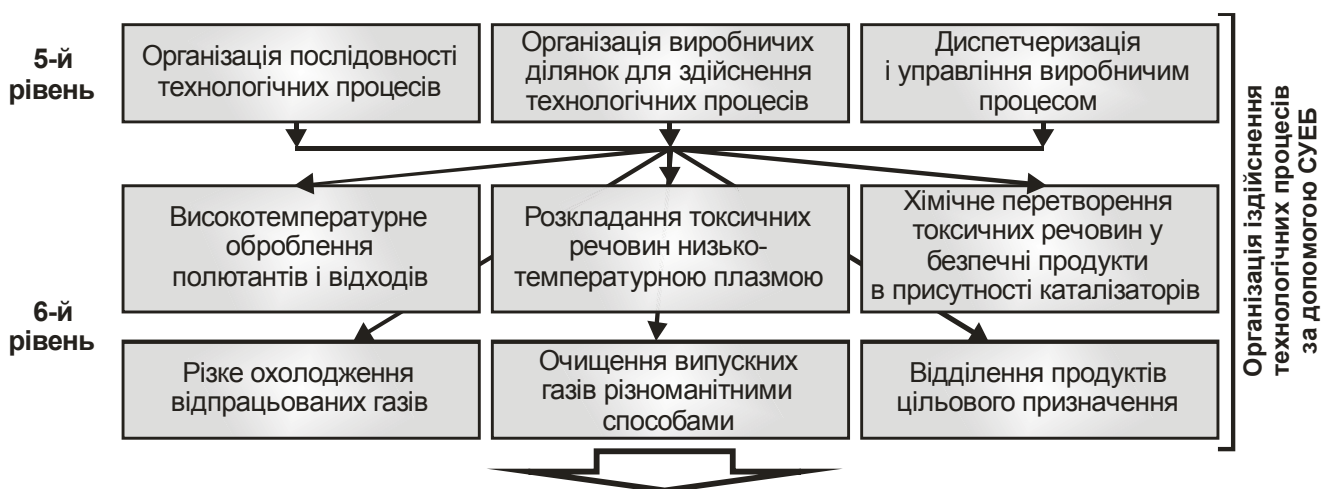


Рис. 4.6. Схема етапу організації і виконання технологій забезпечення екологічної безпеки експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ

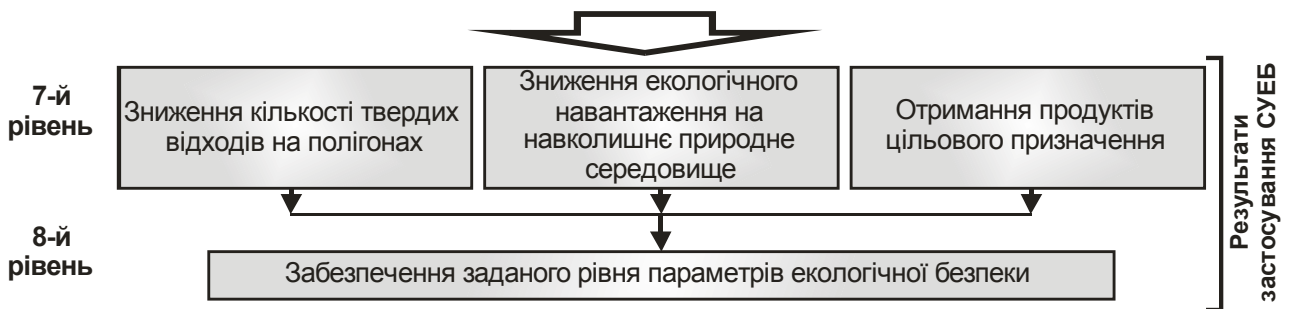


Рис. 4.7. Схема етапу забезпечення параметрів екологічної безпеки експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ

Етап 1 – «етап формування вихідних даних» (див. рис. 4.3 і 4.4) – включає два рівні, що визначають ідентифікацію відходів і небезпек, пов'язаних з ЕУ з поршнеvim ДВЗ [А.4.49, А.4.50].

На першому рівні, що носить назву «Ідентифікація джерел факторів екологічної небезпеки і аналіз нормативно-правової бази», визначаються типи факторів екологічної безпеки. Як указувалось вище, поршнеvi ДВЗ є джерелами таких факторів:

- поллютанти;
- шкідливі фактори впливу;
- відходи,

а також нормативні вимоги до їхніх рівнів (наприклад, Правила ЄЕК ООН № 49 і № 96). При цьому особливо виділяються групи, що сприяють утворенню і емісії у навколишнє природне середовище високотоксичних канцерогенних й мутагенних речовин.

Рівень 2, що називається «Класифікація факторів екологічної небезпеки з урахуванням їхніх генезису і значущості», передбачає:

- визначення й ідентифікацію небезпек з урахуванням характерних особливостей регіональної структури парку техніки, що оснащена поршнеvim ДВЗ;
- просторово-часову структуризацію джерел факторів екологічної небезпеки;
- кількісну структуризацію .

Останнє передбачає наявність статистичних даних за типами джерел небезпеки та їхніми окремими факторами. Цей рівень завершується розробленням варіантів принципів технологічних схем забезпечення екологічної безпеки експлуатації ЕУ з ДВЗ.

Етап 2 – «етап нових і вдосконалених технологій» – так само, як і попередній, складається з двох послідовних рівнів (див. рис. 4.3 і 4.5) – рівня 3 і рівня 4 [А.4.49, А.4.50].

Рівень 3, що називається «Розроблення нових і вдосконалення відомих підготовчих процесів», охоплює підготовчі процеси зі створення технологічної системи оброблення поллютантів і відходів для забезпечення допустимого рівня показників екологічної безпеки. Він включає такі технологічні процеси:

- оброблення (термічного, термокаталітичного, хімічного) поллютантів і відходів, що забезпечують заданий рівень екологічної безпеки;
- очищення газоподібних, рідких і твердих продуктів обробки, що попереджають первинне й вторинне утворення високотоксичних речовин;
- утилізації й перероблення твердих відходів, що попереджають утворення високотоксичних речовин у продукції цільового призначення.

На рівні 4, що носить назву «Розроблення нового і вдосконалення наявного оснащення для реалізації технологічних процесів», продукуються технічні умови і розробляється оснащення, необхідне для оброблення поллютантів і відходів, що може забезпечити допустимий рівень показників екологічної безпеки продуктів переробки – відпрацьованих газів, твердого залишка, рідкого конденсату, а також у продукції цільового призначення. Під цим розуміється забезпечення технологічних процесів основним, допоміжним і додатковим обладнанням з урахуванням виконання вимог щодо виробничої безпеки персоналу, а саме:

- для оброблення поллютантів і відходів;
- для очищення газоподібних, рідких і твердих продуктів обробки;
- для утилізації й перероблення твердих відходів і отримання продукції цільового призначення.

Для цього рівня характерною особливістю є урахування об'ємів, номенклатури і маршрутів виробничих процесів і термінів їх виконання.

Етап 3 – «організація і виконання технологічних процесів, що забезпечують заданий рівень екологічної безпеки, що використовуються СУЕБ».

На ньому відбувається безпосереднє виконання технологічних процесів, що забезпечують нормативний рівень показників екологічної безпеки процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ (див. рис. 4.3 і 4.6). Він містить два рівні – рівень 5 і рівень 6 [А.4.49, А.4.50].

Рівень 5, що носить назву «Організація і управління СУЕБ», характеризується вирішенням задач управління і організації вищезгаданих технологічних процесів. Він містить такі складові:

- організація послідовності технологічних процесів;
- організація виробничих ділянок для здійснення технологічних процесів;
- диспетчеризація і управління виробничим процесом.

Комплексне вирішення задач цього рівня потрібно виконувати сумісно з вирішенням задач рівня 6 (власне виробничого) (див. рис. 4.3 і 4.6).

Для досліджуваного процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ технологічними процесами є такі:

- високотемпературне оброблення поллютантів і відходів;
- розкладання токсичних речовин низькотемпературною плазмою;
- хімічне перетворення токсичних речовин у безпечні продукти у присутності каталізаторів;
- різке охолодження відпрацьованих газів;

- очищення випускних газів різноманітними способами;
- відділення продуктів цільового призначення (корисних продуктів).

Етап 4 – «Результати використання СУЕБ» (див. рис. 4.3 і 4.7) – є заключним і містить два рівні – рівень 7 і рівень 8 [А.4.49, А.4.50].

Рівень 7, що носить назву «Вихідні результати використання СУЕБ: значення факторів екологічної безпеки і отримання продукції цільового призначення», містить перелік показників результатів використання розробленої СУЕБ і способів їх визначення. Це показники за такими напрямками:

- зниження кількості твердих відходів на полігонах;
- зниження екологічного навантаження на навколишнє природне середовище;
- отримання продуктів цільового призначення (теплота, електроенергія, корисні речовини, будівельні матеріали тощо).

Рівень 8, що називається «Система моніторингу і контролю рівня екологічної безпеки», є заключним у СУЕБ і замикає її зворотним зв'язком шляхом застосування моніторингу показників екологічної безпеки процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ і контролю показників ефективності роботи самої СУЕБ, що дає відповідь на запитання «Чи досягнуто забезпечення заданого рівня параметрів екологічної безпеки?», і, якщо ні, то чому і на якому етапі функціонування СУЕБ (див. рис. 4.3 і 4.7).

Таким чином, на основі принципів багаторівневої декомпозиції запропоновано ієрархічну структуру СУЕБ, що передбачає формалізацію вирішення задачі забезпечення нормативного (а краще – якомога вищого) рівня показників екологічної безпеки процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ.

Структура запропонованої СУЕБ передбачає такі особливості [40, 71, 661, А.4.49, А.4.50]:

- наявність вертикальних (межрівневих) зв'язків;
- наявність горизонтальних (міжетапних) зв'язків;
- пріоритетність дії рівнів і етапів, що спрямована вздовж відповідних зв'язків;
- взаємозалежність рівнів і етапів;
- варіантність вибору і вирішення задач кожного рівня.

4.8. Функції системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршнеvim ДВЗ та її складових

Формалізація вирішення задачі створення СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ як важливого і невід'ємного етапу створення методологічних основ цього процесу передбачає описання вербальними формулами функцій як самої СУЕБ, так і окремих складових її структури. Вищенаведене і становить суть мети такого процесу [40, 71, 661].

Основою існування будь-якої системи є базис і наявність певної мети функціонування. При цьому взяті окремо складові системи виконують свої функції, підпорядковуючи свої дії кінцевій меті, і усі компоненти системи, перебуваючи у певному взаємозв'язку, мають проявляти узгодженість дій.

Функція СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ полягає у створенні екологічно безпечного процесу оброблення відходів і поллютантів, джерелом яких є поршнеvim ДВЗ, з можливістю отримання продукції цільового призначення.

Форму функції усієї СУЕБ, а також будь-якого її компонента, можливо формалізувати у вигляді вербально-логічної формули, що відображає взаємодію трьох компонентів і має такий вигляд [40, 71, 661]:

$$F_j^i = (A, B, C). \quad (4.1)$$

Тут під застосованими позначеннями слід розуміти таке:

A – дія системи (компонента), що спричиняє необхідний результат;

B – найменування об'єкта, на який спрямована дія;

C – формулювання особливих умов і обмежень, за яких виконується дія системи (компонента);

i – номер рівня СУЕБ;

j – номер структурного елемента рівня СУЕБ.

Тоді ця функція для СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ являє собою таке [A.4.49, A.4.50]:

$$\begin{aligned} F & \text{ (система забезпечення екологічної безпеки) =} \\ & = \text{ [показники екологічної безпеки (A)} \\ & \quad \text{технологічного процесу} \\ & \quad \text{вилучення і оброблення відходів й поллютантів,} \\ & \quad \text{джерелом яких є поршнеvim ДВЗ (B),} \\ & \quad \text{за раціональними організаційно-} \\ & \quad \text{технічними параметрами} \\ & \quad \text{із застосуванням нових або вдосконалених} \\ & \quad \text{технологій забезпечення екологічної безпеки (C)].} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Загальний підхід передбачає те, що кожен елемент системи (компонент-підсистема, компонент-елемент) також визначається власною функцією вигляду (4.1). Функції компонентів системи залежать від власних ознак компонентів як таких, а також їхніх зв'язків з іншими компонентами. Для формулювання основних функцій компонентів системи можна скористатися запропонованою схемою СУЕБ (див. рис. 4.3 – 4.7) і формулою (4.1) [A.4.49, A.4.50].

На рівні 1 у підсистемах виділяють небезпечні відходи і поллютанти за ознакою генезису (типу утворення) і ідентифікують з урахуванням можливого утворення високотоксичних речовин у процесі експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ і надходженні їх до навколишнього природного середовища.

Визначаючи основні закономірності формування екологічної небезпеки у підсистемах рівня 2, приймають таке:

$$\begin{aligned} F^2_1 \text{ (регіоналізація небезпек)} &= \\ &= \text{[в результаті аналізу особливостей} \\ &\quad \text{структури автопарку техніки,} \\ &\quad \text{оснащеної поршнеvim ДВЗ,} \\ &\quad \text{регіону (A) виділяються} \\ &\quad \text{пріоритети структур небезпек (B)} \\ &\quad \text{залежно від можливого} \\ &\quad \text{розвитку небезпек) (C)];} \end{aligned} \tag{4.3}$$

$$\begin{aligned} F^2_2 \text{ (просторово-часова} \\ \text{структуризація небезпек)} &= \\ &= \text{[в результаті аналізу екологічно} \\ &\quad \text{небезпечних об'єктів певного генезису,} \\ &\quad \text{які внаслідок взаємодії та взаємного впливу} \\ &\quad \text{генерують небезпеку (A),} \\ &\quad \text{позиціонують джерела небезпеки (B),} \\ &\quad \text{з урахуванням не лише просторового} \\ &\quad \text{розміщення джерел небезпеки} \\ &\quad \text{по відношенню до різноманітних об'єктів,} \\ &\quad \text{але і характер середовища,} \\ &\quad \text{у якому ця небезпека розповсюджується (C)];} \end{aligned} \tag{4.4}$$

$$\begin{aligned} F^2_3 \text{ (кількісна структуризація} \\ \text{джерел екологічної небезпеки)} &= \\ &= \text{[в результаті аналізу} \\ &\quad \text{різноманітних варіантів} \\ &\quad \text{принципових схем експлуатації ЕУ} \\ &\quad \text{з поршнеvim ДВЗ (A)} \\ &\quad \text{вони класифікуються з урахуванням} \\ &\quad \text{наявних ресурсів (B) і їхніх різновидів (C)].} \end{aligned} \tag{4.5}$$

Функції підсистеми рівня 3 описуються таким чином:

$$\begin{aligned} F^3_1 \text{ (технологічні процеси оброблення} \\ \text{полютантів і відходів,} \\ \text{джерелами яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ,} \\ \text{що забезпечують заданий рівень екологічної безпеки)} &= \\ &= \text{[вибір технологічних процесів (A),} \\ &\quad \text{що створюють необхідні умови (B)} \\ &\quad \text{для перетворення відходів і полютантів} \\ &\quad \text{у екологічно безпечні речовини} \\ &\quad \text{або продукцію цільового призначення(C)];} \end{aligned} \tag{4.6}$$

F^3_2 (технологічні процеси очищення газоподібних, рідких і твердих продуктів оброблення полютантів і відходів, що попереджують первинне й вторинне утворення високотоксичних речовин) =
 = [вибір технології (А) для створення процесів очищення (В) і організація їх (С) в області утворення високотоксичних хімічних з'єднань]; (4.7)

F^3_3 (технологічні процеси утилізації і перероблення твердих відходів, що попереджують утворення високотоксичних речовин у продукції цільового призначення) =
 = [вибір технологічних процесів (А), що зосновані на різноманітних фізичних принципах (В), які забезпечують відсутність високотоксичних хімічних з'єднань в продукцію цільового призначення (С)]. (4.8)

Для підсистем рівня 4 мають місце функції такого вигляду:

F^4_1 (обладнання для оброблення полютантів і відходів) =
 = [проекування, виготовлення і підбір (А) оснащення (В), що забезпечує екологічну безпеку при обробленні полютантів і відходів, джерелом яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ, які попереджують утворення токсичних продуктів (С), при мінімальних витратах на оснащення]; (4.9)

F^4_2 (обладнання для очищення газоподібних, рідких і твердих продуктів оброблення полютантів і відходів) =
 = [проекування, виготовлення і підбір (А) оснащення (В), що забезпечує якісне здійснення технологічних процесів очищення продуктів оброблення полютантів і відходів, джерелом яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ (С), при мінімальних витратах на оснащення]; (4.10)

F^4_3 (обладнання для утилізації й перероблення
 твердих відходів і отримання
 продукції цільового призначення) =
 = [проектування, виготовлення і підбір (А)
 оснащення (В), що забезпечує якісне здійснення
 технологічних процесів утилізації й перероблення
 твердих відходів і отримання продукції
 цільового призначення (С),
 при мінімальних витратах на оснащення]. (4.11)

У підсистемах рівня 5 визначено такі функції:

F^5_1 (організація послідовності
 технологічних процесів) =
 = [розроблення (А) циклових графіків (В)
 формування технологічних процесів
 оброблення відходів і полютантів,
 джерелом яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ,
 що забезпечують мінімальні витрати
 ресурсів забезпечення
 виробничої та екологічної безпеки (С)]; (4.12)

F^5_2 (організація виробничих ділянок
 для здійснення технологічних процесів) =
 = [проектування і організація (А)
 ділянок для забезпечення екологічної безпеки
 при реалізації технологічних процесів
 оброблення відходів і полютантів,
 джерелом яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ (В),
 з урахуванням особливостей
 нових і вдосконалених технологій(С)]; (4.13)

F^5_3 (диспетчеризація і управління
 виробничим процесом) =
 = [регулювання і мережне планування
 за часом (А) циклових графіків
 використання технологічних процесів
 забезпечення екологічної безпеки
 оброблення відходів і полютантів,
 джерелом яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ (В),
 з метою виконання заданих
 виробничих циклів (С)]. (4.14)

Основні закономірності рівня 6 можна описати такими функціями, однотипними й інваріантними відносно конкретного технологічного процесу:

$$\begin{aligned} F_{1-6}^6 & \text{ (технологічний процес оброблення} \\ & \text{відходів і полютантів,} \\ & \text{джерелом яких є ЕУ з поршневим ДВЗ) =} \\ & = \text{ [регулювання і мережне планування за часом (А)} \\ & \text{циклових графіків виробничих процесів} \\ & \text{оброблення відходів і полютантів, джерелом} \\ & \text{яких є ЕУ з поршневим ДВЗ (В), з метою} \\ & \text{виконання заданих виробничих процесів (С)} \\ & \text{із забезпеченням екологічної безпеки].} \end{aligned} \quad (4.15)$$

Функціональні закономірності підсистем рівнів 7 і 8 є складовою частиною у загальній закономірності для процесу утилізації відходів життєдіяльності з урахуванням забезпечення необхідного рівня екологічної безпеки [7]. Їх описує така формула:

$$\begin{aligned} F^{7,8} & \text{ (система забезпечення екологічної безпеки) =} \\ & = \text{ [Екологічна безпека (А)} \\ & \text{в процесі функціонування} \\ & \text{технологічного процесу} \\ & \text{оброблення полютантів і відходів,} \\ & \text{джерелом яких є ЕУ з поршневим ДВЗ (В),} \\ & \text{при раціональних організаційно-} \\ & \text{технічних параметрах із застосуванням} \\ & \text{нових і вдосконалених технологій} \\ & \text{забезпечення безпеки (С)].} \end{aligned} \quad (4.16)$$

Таким чином, здійснено описання вербально-логічними формулами функцій СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ і її складових.

4.9. Висновки з розділу 4

Як логічне завершення дослідження і його основного результату на основі застосування методологічного підходу і принципу багаторівневої декомпозиції було отримано таке.

1. Здійснено аналіз науково-технічної літератури, присвяченої різним аспектам екологічної безпеки взагалі і екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок, у першу чергу транспорту, що являє собою

допрацювання провідних вітчизняних і зарубіжних спеціалістів у цій галузі знань.

2. Досліджено аспекти техногенно-екологічної й пожежо-вибухової безпеки використання ФТЧ. Процес регенерації ФТЧ традиційної конструкції зазвичай здійснюється термічним або термokatалітичним способом, що є пожежонебезпечним процесом в особливих умовах експлуатації АТЗ. Пасивна регенерація і штатна активна регенерація ФТЧ, що близький до повного заповнення, також становить пожежну небезпеку у будь-яких умовах експлуатації. Існує багато різноманітних експлуатаційних факторів, що призводять ФТЧ до такого стану і не піддаються точному моделюванню і прогнозуванню. Розроблення плазмових способів регенерації ФТЧ і використання централізованого здійснення цього процесу дозволяє значно знизити пожежонебезпечність експлуатації АТЗ і спеціальної техніки, що може бути обладнана ФТЧ і використовується Державною службою з надзвичайних ситуацій України, а у деяких випадках є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки у транспортній галузі.

3. Наведено обґрунтування і аспекти запобігання негативному впливу відпрацьованих газів дизелів на здоров'я студентів, курсантів і громадян, що здійснюють регулярні тренування на відкритих майданчиках у межах міста за допомогою ФТЧ.

4. Запропоновано, обґрунтовано і проілюстровано послідовність формування системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ. Запропоновано і проілюстровано зміни у класифікації видів забруднення, джерелом яких є ЕУ з поршнеvim ДВЗ на полютанти, шкідливі фактори впливу і відходи.

5. Здійснено формалізацію вирішення задачі побудови СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ як складної технологічної системи на основі застосування методологічного підходу і принципу багаторівневої декомпозиції, запропоновано, описано і проілюстровано укрупнену і деталізовану схему багаторівневої декомпозиції такої СУЕБ на підсистеми і рівні, а також її особливості. Такий підхід дозволяє забезпечити досягнення заданого рівня показників екологічної безпеки досліджуваного процесу з урахуванням можливості отримання продукції цільового призначення.

6. Здійснено описання вербально-логічними формулами функції як самої СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршнеvim ДВЗ, так і окремих її складових – підсистем і рівнів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Таким чином, шляхом аналізу інформації, що міститься у спеціалізованій науково-технічній, довідковій і навчально-методичній літературі, як одним з основних методів дослідження, яке відображено у цій монографії, було виявлено і встановлено таке.

Щодо питань стану проблеми екологічної небезпеки експлуатації енергетичних установок з поршнеvim ДВЗ і способів її вирішення.

1. Обґрунтовано актуальність наукових досліджень з підвищення рівня екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок, обладнаних поршнеvim ДВЗ. Описано тенденції у питанні екологізації АТЗ і спеціальної техніки, обладнаних поршнеvim ДВЗ за останні 25 років. Виокремлено роботи провідних вітчизняних і іноземних фахівців і організацій у галузі екології й екологічної безпеки транспорту і спеціальної техніки, альтернативних палив і гібридних автомобілів.

2. Проаналізовано і описано особливості поршневих ДВЗ як джерела забруднення зовнішнього природного середовища. Складено загальну класифікацію видів факторів екологічної небезпеки, джерелами яких є поршневі ДВЗ. Відпрацьованим газам дизелів дано характеристику як забрудникам зовнішнього природного середовища.

3. Розглянуто характерні особливості ТЧ у відпрацьованих газах дизелів як об'єкта дослідження. Описано і проілюстровано розподіли характеристик ТЧ, виявлено, що вони мають характер, різко відмінний від закону нормального розподілу. Запропоновано використання бета-розподілу для описання цих розподілів.

4. Проаналізовано способи і методи визначення числових значень фізичних величин, що являють собою характеристики і властивості ТЧ. Класифіковано і описано принципи роботи, особливості конструкції і засобів вимірювальної техніки, що побудовані на їх використанні.

5. Розглянуто структуру парку АТЗ і спеціальної техніки в Україні й екологічні показники його одиниць порівняно з нормативно встановленими і виявлено значну частку застарілої техніки у ньому, що не відповідає чинному екологічному законодавству. Виявлено проблему протиріччя між наявними законодавчо встановленими нормами токсичності транспорту і відсутності контролю за їх додержанням, обґрунтовано її актуальність, проаналізовано її причини і запропоновано шляхи її вирішення.

Крім вищенаведеного, шляхом застосування методів упорядкування і синтезу інформації щодо питань способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від ТЧ у цьому дослідженні встановлено таке.

1. Проаналізовано і класифіковано способи зниження токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ. Виявлено, що способів, оснований на удосконаленні конструкції ДВЗ, оптимізації його робочого процесу та підвищенні якості дизельного палива і моторної оливи, а також організаційно-технічних і законодавчих способів недостатньо для задоволення сучасних норм токсичності. Тому є необхідним безпосередній вплив

на відпрацьовані гази поршневих ДВЗ (очищення від ТЧ, перетворення, нейтралізація) у комплексі з вищезгаданими способами..

2. Вперше у нашій країні запропоновано класифікацію способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від ТЧ. Розкрито зміст і проілюстровано окремі пункти запропонованої класифікації, подано її узагальнену схему. При розкритті окремих пунктів запропонованої класифікації описано окремі випадки способів, пристроїв і систем очищення потоку відпрацьованих газів дизелів від ТЧ, що перебувають у реальній експлуатації.

3. Визначено стратегії досягнення оптимальних екологічних показників дизелів. Описано склад повного комплексу засобів для очищення відпрацьованих газів дизелів від нормованих поллютантів. Визначено і проілюстровано види компонування агрегатів у системі зниження токсичності відпрацьованих газів дизелів.

4. Розкрито зміст поняття «фільтр твердих частинок» у технічному й історичному ракурсах. Наведено вимоги до матеріалів ФЕ, описано особливості їхньої конструкції, виявлено недоліки ФТЧ традиційних конструкцій.

5. Подано приклади систем очищення відпрацьованих газів дизелів від ТЧ, що серійно випускаються і мають ФЕ із сталевих тканих і нетканих сіток і металевої фольги – ФТЧ нетрадиційної конструкції. Проаналізовано принципи функціонування і конструктивні особливості діючих ФТЧ нетрадиційних конструкцій. Описано і проілюстровано декілька прикладів таких пристроїв і систем.

6. Наведено дані щодо ФТЧ, розроблених у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України. Обидва можна віднести до ФТЧ нетрадиційної конструкції.

Перший з них – двоступінчастий дизельний рідинний нейтралізатор, що дозволяє знизити викиди водорозчинних поллютантів, ТЧ і оксидів азоту з відпрацьованих газів дизеля, а також поглинати шум випускної системи дизеля у всьому діапазоні частот і ефективно охолоджувати і дезодорувати відпрацьовані гази, звести іскроутворення у відпрацьованих газах нанівець (особливо доречне для ЕУ, до яких висувуються найвищі вимоги пожежо- і вибухобезпеки). Принцип роботи оснований на ударно-інерційній, інерційно-барботажній і хімічній нейтралізації відпрацьованих газів. Такий пристрій може бути частиною системи зниження токсичності відпрацьованих газів дизеля транспортного засобу завдяки близьким показникам гідравлічного опору і масогабаритному до штатного глушника шуму. Його різні модифікації (члени типоряду) можуть призначатися для роботи із стаціонарними і автотракторними дизелями з потужністю до 200 кВт, а для дизелів більшої потужності – як складова модульної системи. Такий пристрій вирізняється відносною простотою конструкції, високою технологічністю, низькою собівартістю, як робоче тіло використовує технічну воду з домішками хімічних реагентів (за потреби), є можливість подачі у робочу рідину озонованого повітря. Процеси

регенерації I і II роду для нього ідентичні, здійснюються шляхом зміни, очищення і рециклінгу робочої рідини.

Другий – модульний ФТЧ з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах, модулі якого складаються з деталей, виконаних з недефіцитних матеріалів вітчизняного походження (вартість для одного модуля не перевищує 0,25 \$) – не містить каталітичних покриттів. Його принцип роботи є комбінованим і оснований на використанні таких способів очищення відпрацьованих газів дизеля від ТЧ: фільтрація конгломератів ТЧ сітчастою поверхнею касети і насипкою при проходженні потоку відпрацьованих газів крізь них; осадження ТЧ на поверхнях сталевих листів з великою шорсткістю і сітки при омиванні цих поверхонь спеціальним чином організованим (для реалізації інерційної складової процесу очищення) потоком аерозолу «відпрацьовані гази дизеля – ТЧ»; адсорбція ТЧ на поверхнях насипки при проходженні крізь неї потоку відпрацьованих газів. Ефективність роботи ФТЧ, тобто ступінь очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ, для автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 (Д21А1) досягає максимуму 77,5 % на режимі максимального крутного моменту дизеля (63 % за 13-режимним випробувальним циклом) і залежить від абсолютної величини масового часового викиду ТЧ, значення секундного масового потоку відпрацьованих газів у ФЕ, часу роботи дизеля на усталеному режимі. Гідравлічний опір ФТЧ не перевищує 4 кПа у всьому діапазоні робочих режимів дизеля для дизеля 2Ч10,5/12 і залежить від тих самих факторів, що й ефективність роботи ФТЧ, а разом з масогабаритними показниками (для автотракторного дизеля з робочим об'ємом 2,0 дм³ містить не менше 30 модулів і важить 2,0 кг, його габаритні розміри становлять 60 × 90 × 170 мм) не перевищують показників аналогів. Властивість такого ФТЧ до іскрогасіння в потоці відпрацьованих газів зумовлює можливість його використання для ЕУ, до яких висувуються найвищі вимоги пожежо- і вибухобезпеки. Можна очікувати, що розроблена конструкція ФЕ буде позбавлена переважної більшості недоліків ФТЧ традиційної конструкції. Описано способи здійснення процесів його регенерації I і II роду.

У розділі монографії, що присвячений дослідженню процесів регенерації ФТЧ, на основі проведеного аналізу даних, що містяться в спеціалізованих науково-технічних літературних джерелах щодо питань способів реалізації процесу регенерації ФТЧ різних типів і засобів їх реалізації, виявлено таке.

1. Процеси, які становлять суть і супроводжують процес регенерації ФТЧ, що являє собою очищення ФТЧ від накопичених у ньому ТЧ, є не менш важливими, різноманітними й складними, ніж власне процеси очищення потоку відпрацьованих газів від ТЧ, і чинять значний вплив на рівень екологічної безпеки експлуатації транспортних засобів.

2. Уперше у нашій країні запропоновано класифікацію родів, способів і засобів реалізації процесів регенерації ФТЧ. Розкрито зміст і проілюстровано окремі пункти запропонованої класифікації, подано її

узагальнену схему. Встановлено, що ТЧ слід поділити на окислювані й неокислювані фракції. Дослідження показало, що слід розрізняти процес регенерації I і II роду – відповідно процес очищення ФЕ від окислюваних і неокислюваних фракцій ТЧ. Для ФТЧ традиційної конструкції і нетрадиційної конструкції з подібним першим принципом роботи це розходження є принциповим через відмінності в способах і засобах реалізації цих процесів. Для деяких типів ФТЧ нетрадиційної конструкції ці процеси ідентичні. При розкритті окремих пунктів запропонованої класифікації описано окремі випадки способів, пристроїв і систем регенерації, що перебувають у реальній експлуатації.

3. Описано можливі способи і засоби здійснення процесів регенерації ФТЧ з насипкою з природного цеоліту у сітчастих касетах, який розроблений у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України.

Як логічне завершення дослідження і його основний результат на основі застосування методологічного підходу і принципу багаторівневої декомпозиції було отримано таке.

1. Здійснено аналіз науково-технічної літератури, присвяченої різним аспектам екологічної безпеки взагалі й екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок, у першу чергу транспорту, що являє собою допрацювання провідних вітчизняних і зарубіжних спеціалістів у цій галузі знань.

2. Досліджено аспекти техногенно-екологічної і пожежо-вибухової безпеки використання ФТЧ, у тому числі й розроблених у відділі поршневих енергоустановок ІПМаш НАН України.

3. Наведено обґрунтування і аспекти запобігання негативному впливу відпрацьованих газів дизелів на здоров'я студентів, курсантів і громадян, що здійснюють регулярні тренування на відкритих майданчиках у межах міста за допомогою ФТЧ.

4. Запропоновано, обґрунтовано і проілюстровано послідовність формування системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ. Запропоновано і проілюстровано зміни у класифікації видів забруднення, джерелом яких є ЕУ з поршневим ДВЗ, на полютанти, шкідливі фактори впливу і відходи.

5. Здійснено формалізацію вирішення задачі побудови СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ як складної технологічної системи на основі застосування методологічного підходу і принципу багаторівневої декомпозиції, запропоновано, описано і проілюстровано укрупнену і деталізовану схему багаторівневої декомпозиції такої СУЕБ на підсистеми і рівні та її особливості. Такий підхід дозволяє забезпечити досягнення заданого рівня показників екологічної безпеки досліджуваного процесу з урахуванням можливості отримання продукції цільового призначення.

6. Здійснено описання вербально-логічними формулами функції як самої СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ, так і окремих її складових – підсистем і рівнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Марченко, А. П. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. [Текст] / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов; за ред. А. П. Марченко й А. Ф. Шеховцова. – Х.: Прапор, 2004. – Т. 1. – 384 с.
2. Марченко, А. П. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. [Текст] / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов; за ред. А. П. Марченко й А. Ф. Шеховцова. – Х.: Прапор, 2004. – Т. 2. – 288 с.
3. Марченко, А. П. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. [Текст] / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов; за ред. А. П. Марченко й А. Ф. Шеховцова. – Х.: Прапор, 2004. – Т. 3.– 344 с.
4. Пильов, В. О. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. [Текст] / В. О. Пильов, А. Ф. Шеховцов; за ред. А. П. Марченко й А. Ф. Шеховцова. – Х.: Прапор, 2004. – Т. 4. – 336 с.
5. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. [Текст] / А. П. Марченко, І. В. Парсаданов, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, А. Ф. Шеховцов; за ред. А. П. Марченко й А. Ф. Шеховцова. – Х.: Прапор, 2004. – Т. 5. – 360 с.
6. Абрамчук, Ф. І. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. [Текст] / Ф. І. Абрамчук, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов; за ред. А. П. Марченко й А. Ф. Шеховцова. – Х.: ХНАДУ, 2004. – Т. 6. – 324 с.
7. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей [Текст] / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Гамбитов. – М.: МГТУ им. М. Э. Баумана, 2002. – 376 с.
8. Парсаданов, І.В. Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексного паливно-екологічного критерію: монографія [Текст] / І. В. Парсаданов – Х.: Центр НТУ «ХПІ», 2003. – 244 с.
9. Канило, П. М. Автомобіль та навколишнє середовище [Текст] / П. М. Канило, І. С. Бей, О. І. Ровенський. – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.
10. Канило, П. М. Токсичность ГТД и перспективы применения водорода [Текст] / П. М. Канило. – К.: Наукова думка, 1982. – 140 с.
11. Канило, П. М. Автотранспорт. Топливно-экологические проблемы и перспективы: монография [Текст] / П. М. Канило. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 270 с.
12. Канило, П. М. Глобальное потепление климата. Антропогенно-экологическая реальность: монография [Текст] / П. М. Канило. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 312 с.
13. Оценка и контроль выброса дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей [Текст] / В. А. Звонов, Г. С. Корнилов, А. В. Козлов, Е. А. Симонова. – М.: Прима-Пресс-М, 2005. – 312 с.
14. Сары, Л. О. Защита воздуха от выбросов автотранспорта. Аналитическая справка [Текст]. – Рига: Латвийский информационный центр, 1991. – 16 с.
15. Кульчицкий, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособ. [Текст] / А. Р. Кульчицкий. – Владимир: Владим. гос. ун-т., 2000. – 256 с.
16. Грехов, Л. В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей [Текст] / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.
17. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А. А. Александров, И. А. Ирхаров, В. В. Багров и др. – М.: ООО НИЦ "Инженер", 2012. – 791 с.
18. Mollenhauer, K. Handbook of Diesel Engines [Text] / K. Mollenhauer, H. Tschoke. – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 634 p.
19. Heywood John B. Internal combustion engine fundamentals [Text] / John B. Heywood // New York: McGraw-Hill inc., 1988. – 485 p.
20. BOSCH. Автомобильный справочник : перевод с английского [Текст] / Robert Bosch GmbH. – М.: ЗАО КЖИ "За рулем", 2002. – 896 с.
21. BOSCH. Системы управления дизельными двигателями : перевод с немецкого [Текст] / Robert Bosch GmbH. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 485 с.
22. Merkisz, J. New trends in emission control in the European Union. Springer tracts on transportation and traffic. Vol. 4 [Text] / J. Merkisz, J. Pielecha, S. Radzimirsky. – London: Springer Int. Publ. Switzerland, 2014. – 175 p.
23. Иващенко, Н. А. Многозонные модели рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Н. А. Иващенко, Р. З. Кавтарадзе. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана,

1997. – 60 с.

24. Eastwood, P. Particulate emissions from vehicles [Text] / P. Eastwood. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2008. – 513 p.

25. Bugarsky, A. D. Controlling exposure to diesel emissions in underground mines [Text] / A. D. Bugarsky, S. J. Janisko, E. G. Cauda. – Englewood: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., 2012. – 503 p.

26. Blanco-Rodriguez, D. Modelling and observation of exhaust gas concentration for diesel engine control [Text] / D. Blanco-Rodriguez. – London: Springer Int. Publ, 2014. – 197 p.

27. Diesel engine – combustion, emissions and condition monitoring [Text] / Edited by Bari S. – Rijeka: InTech, 2013. – 275 p.

28. Pulkrabek, W. W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine [Text] / W. W. Pulkrabek. – New Jersey: Prentice Hall, 2003. – 411 p.

29. Гутаревич, Ю. Ф. Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей : монографія [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич. – К.: Урожай, 1988. – 156 с.

30. Гутаревич, Ю. Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях : монографія [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич. – К.: Вища школа, 1991. – 148 с.

31. Говорун, А. Г. Транспорт і навколишнє середовище [Текст] / А. Г. Говорун, В. Ф. Скорченко, М. М. Худолій. – К.: Урожай, 1992. – 144 с.

32. Матейчик, В. П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів : монографія [Текст] / В. П. Матейчик. – К.: НТУ, 2006. – 216 с.

33. Гутаревич, Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посіб. [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич, А. Г. Говорун, Д. В. Зеркалов. – К.: Арістей, 2008. – 294 с.

34. Екологія автомобільних двигунів внутрішнього згоряння: навч. посіб. [Текст] / В. О. Звонов, Л. С. Заіраєв, В. І. Черних, А. В. Козлов. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2004. – 268 с.

35. Васильев, И. П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля : монографія [Текст] / И. П. Васильев. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2009. – 240 с.

36. Открывая двери чистому транспорту в развивающихся странах и государствах с переходной экономикой. Роль малосернистых видов топлива. Доклад рабочей группы Глобального партнерства PCFV по вопросам, связанным с серным компонентом топлива [Текст]. – Отпечатано Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) от имени Глобального партнерства в интересах применения экологически чистых видов топлива и транспортных средств (PCFV), Найроби, Кения, январь 2008 г. – 46 с.

37. Безрукова, С. А. Ароматические углеводороды. Способы получения. Химические свойства. Правила ориентации в ароматическом ядре : учеб. пособ. [Текст] / С. А. Безрукова. – Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2011. – 50 с.

38. Носырев, Д. А. Анализ выбросов загрязняющих веществ дизелями тепловозов: Методические указания к выполнению самостоятельной работы для студентов специальности 150700 [Текст] / Д. А. Носырев, Е. А. Скачкова. – Самара: СамГАПС, 2004. – 20 с.

39. Новоселов, А. Л. Совершенствование очистки отработавших газов дизелей на основе СВС-материалов [Текст] / А. Л. Новоселов, В. И. Полубников, Н. П. Тубалов. – Новосибирск: Наука, 2002. – 96 с.

40. Вамболь, С. А. Системы управления экологической безопасностью, которые используют многофазные дисперсные структуры [Текст] : монографія / С. А. Вамболь. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 204 с.

41. Бажинов, О. В. Гібридні автомобілі [Текст] / О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Серіков. – Х.: ХНАДУ, 2008. – 327 с.

42. Очистка промышленных газов от пыли [Текст] / В. Н. Ужов, А. Ю. Вальдберг, А. Ю. Мягков и др. – М.: Химия, 1981. – 392 с.

43. Страус, В. Промышленная очистка газов: пер. с англ. [Текст] / В. Страус. – М.: Химия, 1981. – 616 с.

44. Дизели с воздушным охлаждением Владимирского тракторного завода / В. В. Эфрос. – М.: Машиностроение, 1976. – 277 с.

45. Варшавский, И. Л. Токсичность дизельной сажи и измерение сажеобразования дизельного выхлопа [Текст] / И. Л. Варшавский, Ф. Ф. Мачульский // Сборник трудов ЛАНЭ, 1969. – С. 120 – 157.

46. Дьяченко, В. Г. Методические указания к курсовой работе: Расчет рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / В. Г. Дьяченко. – Х.: ХНАДУ, 2001. – 34 с.
47. Ассад, М. С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент [Текст] / М. С. Ассад, О. Г. Пенязьков. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 305 с.
48. Евгеньев, И. В. Автомобильные дороги в окружающей среде [Текст] / И. В. Евгеньев, Б. Б. Каримов. – М.: Трансдор наука, 1997. – 285 с.
49. Илькун, Г. М. Загрязнители атмосферы и растения / Г. М. Илькун. – К.: Наук. думка, 1971. – 146 с.
50. Дикун, П. П. Загрязнение атмосферного воздуха канцерогенными веществами [Текст] / П. П. Дикун. – Л.: Медгиз, 1959. – 240 с.
51. Сарапина, М. В. Топливно-экономические и экологические показатели двигателей пожарных автомобилей на примере автоцистерн [Текст] / М. В. Сарапина // Проблемы пожарной безопасности: сб. науч. тр. – Вып. 36. – 2014. – С. 218 – 233.
52. Ложкин, В. Н. О связи технического состояния, конструктивных особенностей и режимов эксплуатации пожарных автомобилей с токсичностью отработавших газов [Текст] / В. Н. Ложкин, А. И. Преснов, Р. И. Иншин // Вестник СПбВПТШ: сб. науч. тр. – СПб.: СПбВПТШ, 1997. – С. 76 – 84.
53. Ложкин, В. Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом: справ.-метод. и учеб. пособ. [Текст] / В. Н. Ложкин. – СПб.: НПК «Атмосфера» при ГГО им. А. И. Воейкова, 2002. – 297 с.
54. Наказ ДСНС України від 20.09.2013 р. № 618 «Про затвердження Положення про організацію екологічного забезпечення ДСНС України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/files/2013/10/8/618.pdf>.
55. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів: наказ Державного комітету статистики України від 13.11.2008 р. № 452 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uazakon.com/documents/date_3a/pg_gmcywc/index.htm.
56. 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 [Текст]. – E/ECE/ TRANS/ 505. – 4 May 2011. – 194 p.
57. 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 [Текст]. Geneva, 1995. – 109 p.
58. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний [Текст]. – М. Издательство стандартов, 1988. – 78 с.
59. ГОСТ 14846-87. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний [Текст]. – М. Издательство стандартов, 1987. – 42 с.
60. ГОСТ 3826-82. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия [Текст]. – М. Издательство стандартов, 1982. – 11 с.
61. ГОСТ 24028-80 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения [Текст]. – М. Издательство стандартов, 1980. – 56 с.
62. Парсаданов, І. В. Наукові основи комплексного поліпшення показників паливної економічності та токсичності відпрацьованих газів дизелів вантажних автомобілів і сільськогосподарських машин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки [Текст] / І. В. Парсаданов. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. Ін-т», 2003. – 347 с.
63. Матейчик, В. П. Повышение топливной экономичности многоцилиндровых бензиновых двигателей совершенствованием способа отключения группы цилиндров: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – теплові двигуни [Текст] / В. П. Матейчик. – Х.: Харьк. ин-т инж. ж.-д. трансп. им. С. М.Кирова, 1990. – 231 с.
64. Матейчик, В. П. Наукові основи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.02 автомобілі і трактори [Текст] / В. П. Матейчик. – К.: Нац. трансп. ун-т, 2004. – 386 с.

65. Полив'янчук, А. П. Удосконалення способу контролю викидів твердих частинок від тепловозів: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 – рухомий склад залізниць і тяга поїздів [Текст] / А. П. Полив'янчук. – Луганськ: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2004. – 190 с.
66. Полив'янчук, А. П. Науково-практичні основи підвищення ефективності визначення викидів твердих частинок з відпрацьованими газами дизеля: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки [Текст] / А. П. Полив'янчук. – Луганськ: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2013. – 311 с.
67. Шапко, С. В. Підвищення стабільності екологічних показників дизельного автомобіля, обладнаного каталітичним нейтралізатором [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.02 – автомобілі та трактори / С. В. Шапко. – Кременчук: Кременчуцький держ. політехнічний ун-т, 2004. – 156 с.
68. Краснокутський, Є. В. Закономірності кінетичних і масообмінних процесів конверсії газових викидів у каталітичному нейтралізаторі: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 – процеси та апарати хімічної технології [Текст] / Є. В. Краснокутський. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – 201 с.
69. Кондратенко, О. М. Зниження викиду твердих частинок транспортних дизелів, що перебувають в експлуатації [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки / О. М. Кондратенко. – Х.: ІПМаш НАН України, 2013. – 288 с.
70. Коритченко, К. В. Високовольтна електророзрядна техніка генерування ударних хвиль та нагрівання реагуючих газових середовищ [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.09.13 – техніка сильних електричних та магнітних полів / К. В. Коритченко. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – 339 с.
71. Вамболь, С. О. Наукові основи застосування диспергованих систем в управлінні екологічною безпекою в умовах дії чинників різного генезису [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01 – екологічна безпека / С. О. Вамболь. – Х.: Нац. ун-т цив. захисту України, 2013. – 370 с.
72. Мальберт, А. А. Повышение экологической безопасности мобильных машин в составе сельскохозяйственных агрегатов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства / А. А. Мальберт. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2004. – 272 с.
73. Шапошников, Ю. А. Методология повышения экологической безопасности двигателей автотранспортных средств в условиях эксплуатации [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта / Ю. А. Шапошников. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2006. – 438 с.
74. Яковлев, В. В. Снижение содержания твердых частиц в отработавших газах дизеля [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели / В. В. Яковлев. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2004. – 148 с.
75. Смайлис, В. И. Теоретические и экспериментальные основы создания малотоксичных дизелей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 – тепловые двигатели / В. И. Смайлис. – Л.: ЛПИ, 1998. – 464 с.
76. Якунчиков, В. В. Снижение вредных выбросов судового дизеля в переходных режимах [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели / В. В. Якунчиков. – М.: МГАВТ, 1997. – 30 с.
77. Медведев, Г. В. Снижение вредных выбросов дизелей в СВС – каталитических блоках нейтралізаторов путем организации селективной очистки [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели / Г. В. Медведев. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2009. – 208 с.
78. Новоселов, А. А. Снижение вредных выбросов транспортных дизелей методами каталитической нейтрализации отработавших газов в пористых СВС-блоках [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели / А. А. Новоселов. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2001. – 152 с.
79. Полухин, Е. Е. Улучшение эксплуатационно-технических показателей транспортного дизеля путем совершенствования системы регулирования угла опережения впрыскивания топлива [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели / Е. Е. Полухин. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 152 с.
80. Угнефук, А. А. Экспериментальные исследования структуры и состава твердых частиц в отработавших газах вихрекамерного дизеля [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / А. А. Угнефук. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2012. – 163 с.

81. Альхассанат, Р. Расчетно-экспериментальное исследование влияния металлосодержащих антидымных присадок в топливо на рабочий процесс и выбросы твердых частиц с отработавшими газами дизеля [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / Раед Альхассанат. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2001. – 125 с.
82. Босьяков, В. П. Прогнозирование содержания вредных веществ в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания с использованием искусственных нейронных сетей [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / В. П. Босьяков. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2012. – 120 с.
83. Пугач, Р. А. Дезактивация каталитических блоков нейтрализаторов отработавших газов дизелей и определение сроков их регенерации [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / Р. А. Пугач. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2004. – 120 с.
84. Шевченко, Д. В. Метод снижения содержания дисперсных частиц в отработавших газах дизеля [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / Д. В. Шевченко. – М.: Российский ун-т дружбы народов, 2014. – 119 с.
85. Кульчицкий, А. Р. Исследование процессов образования и разработка методов снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей внедорожных машин [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / А. Р. Кульчицкий. – Владимир: Владимирский гос. ун-т, 2006. – 345 с.
86. Тактак, А. А. Улучшение рабочего процесса дизеля присадкой воды к топливу [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / А. А. Тактак. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2005. – 128 с.
87. Бабикер, Э. Ф. Х. Экспресс-диагностика концентрации двуокиси азота отработавших газов дизелей методом двухлучевой лазерной спектроскопии [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / Эль Фатих Хасан Бабикер. – Одесса: Одесский политехн. ин-т, 1983. – 122 с.
88. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / А. А. Анфилатов. – Киров: ФГУ ВПО «Вятская гос. сельскохозяй. ак-я», 2009. – 184 с.
89. Лопатин, О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / О. П. Лопатин. – Киров: ФГУ ВПО «Вятская гос. сельскохозяй. ак-я», 2004. – 200 с.
90. Сергеев, С. С. Снижение концентрации оксидов азота и сажи в отработавших газах дизеля путем усовершенствования рабочего процесса [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / С. С. Сергеев. – М.: Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана, 2011. – 134 с.
91. Олейник, М. А. Улучшение экологических показателей дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / М. А. Олейник. – Киров: ФГУ ВПО «Вятская гос. сельскохозяй. ак-я», 2007. – 166 с.
92. Зонов, А. В. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч11,0/12,5 при работе на этаноле-топливной эмульсии путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах: дис. ... канд. техн. наук [Текст]: 05.04.02 – тепловые двигатели / А. В. Зонов. – Киров: ФГУ ВПО «Вятская гос. сельскохозяй. ак-я» 2011. – 208 с.
93. Скрыбин, М. Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели / М. Л. Скрыбин. – Киров: ФГУ ВПО «Вятская гос. сельскохозяй. ак-я», 2009. – 202 с.
94. Мажитов, Б. Ж. Методы снижения токсичности отработавших газов дизеля и теплонагруженности тормозной системы автомобилей при эксплуатации в горных условиях [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – тепловые двигатели, 05.22.10 / Б. Ж. Мажитов. – С-Пб.: ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский гос. аграрный ун-т», 2011. – 182 с.
95. Елисеева, И. С. Становление и развитие производства синтетических цеолитов: автореф. диссертации на соискание уч. степени канд-та техн. наук: специальности 02.00.13 нефтехимия и 07.00.10 история науки и техники [Текст] / И. С. Елисеева. – Уфа, 2003. – 20 с.

96. Strom, H. Particulate Flows in Aftertreatment Systems. Model Development and Numerical Simulations [Text]: A Thesis for Degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering / Henric Strom. – Goteborg: Chalmers University of Technology, 2011. – 84 p.
97. Bugarski, A. D. Characterization of Particulate Matter and Hydrocarbon Emissions from In-use Havy-Duty Diesel Engines [Text]: A Thesis for Degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering / A. D. Bugarski. – Morgantown: College of Engineering and Mineral Resources at West Virginia University, 1999. – 282 p.
98. Bane, B. R. A Comparison of Steady State and Transient Emissions from a Havy-Duty Diesel Engine: a Thesis ... Master of Science in Mechanical Engineering [Text] / B. R. Bane. – Morgantown: West Virginia University, 2002. – 187 p.
99. Rosepiler, S. G. Performance Evaluation of Diesel Particulate Filter on Havy Duty Vehicles: a Thesis ... Master of Science in Mechanical Engineering [Text] / G. S. Rosepiler. – Morgantown: West Virginia University, 2003. – 126 p.
100. Taylor, E. Filter Weighting Procedure for 2007 and Newer Heavy Duty Diesel Engine: a Thesis ... Master of Science in Mechanical Engineering [Text] / E. Taylor. – Morgantown: West Virginia University, 2006. – 112 p.
101. Venkatasubramaniam, K. C. Effect of Dillution Method on Diesel Exhaust Particulate Matter Concentrations and Size Distribution: a Thesis ... Master of Science in Mechanical Engineering [Text] / K. C. Venkatasubramaniam. – Morgantown: West Virginia University, 2007. – 64 p.
102. Faison, I. L. The Effect of Ozone on Diesel Soot Precursors: a Thesis ... Master of Science in Mechanical Engineering [Text] / I. L. Faison. – Blackburg: Virginia Polytechnic Inst., 1997. –83 p.
103. Ahn, K. Microscopic Fuel Consumption and Emission Modeling: a Thesis ... Master of Science in Civil and Enviromtmental Engineering [Text] / K. Ahn. – Blackburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998. – 141 p.
104. Shasby, B. M. Alternative Fuels: Incomplatly Addressing the Problems of the Automobile: a Thesis ... Master of Urban and Regional Planning [Text] / B. M. Shasby. – Alexandria: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004. – 48 p.
105. Saijasitpanich, P. Control of Diesel Particulate and Gaseous Emissions Using a Single-Stage Tubular Wet Electroctatic Precipitator: a Thesis ... PhD in Civil and Enviromtmental Engineering [Text] / P. Saijasitpanich. – Cincinnati: University of Cincinnati, 2006. – 186 p.
106. Youngquist, A. D. Development Of an Accelerated Ash Loading Protocol for Rapid Evaluation of Diesel Particulate Filters Including Comprehensive Characterization of Ash-Loaded Substrates: a Thesis ... Master of Science in Enviromtmental Engineering [Text] / A. D. Youngquist. – Knoxville: University of Tennessee, 2008. – 226 p.
106. Van Setten, B.A.A.L. Science and technology of catalytic diesel particulate filters [Text] / B.A.A.L. Van Setten, M. Makkee, J.A. Moulijn // Catalysis reviews. – № 43 (4). – 2001. – pp. 489 – 564.
108. Kim, D.–H. Modelling Nucleation and Coagulation Modes in the Formation of Particulate Matter inside a Turbulent Exhaust Plume of a Diesel Engine [Text] / D.–H. Kim, M. Guatam, D. Gera // Journal of Colloid and Interface Science. – № 249. – 2002. – pp. 96 – 103.
109. Karin, P. Particulate Matter Trapping and Oxidation on a Diesel Particulate Filter [Text] / P. Karin, K. Hanamura // The First TSME International Conference on Mechanical Engineering (20 – 22 october 2010). – Ubon Ratchathani, 2010. – pp. 1 – 10.
110. Poschl, U. Atmospheric Aerosols: Composition, Transformation, Climat and Health Effects [Text] / U. Poschl // Angevante Chemie Int. Ed. – № 44. – 2005. – pp. 7520 – 7540.
111. Kettelson, D. B. Review of diesel particulate matter sampling methods. Supplemental report # 2. Aerosol dynamics, laboratory and on-road studies [Text] / D. B. Kettelson, W. F. Watts, M. Arnold. – Minneapolis: University of Minnesota, 1998. – 60 p.
112. Marjamaki, M. PARTICULATES. Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicle. Derivable 2: Vehicle exhaust particulates characterization, properties, instrumentation and sampling requirements [Electronic resource] / M. Marjamaki, J. Kiskien. – European Commission – DG TrEn 5th Framework Programme Competitive and Sustainable Growth Sustainable Mobility and Intermodality, 2001. – 79 p. – Access mode: <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/particulates>.
113. Di, P. Diesel Particulate Matter Exposure Assessment Study for the Ports of Los Angeles and Long Beach. Final Report [Text] / P. Di and etc. – California Enviromtmental Protection Agency. Air Resources Board, 2006. – 87 p.

114. Grenier, M. Sampling for Diesel Particulate Matter in Mines. Diesel Emissions Evaluation Program DEEP. Technology Transfer Initiative. CANMET – Mining and Mineral Sciences Laboratories Report MMSL 01-052 (TR) [Text] / M. Grenier, M. Gandal, N. Goyer and etc. – Ontario: Mining and Mineral Sciences Laboratories, 2001. – 33 p.
115. Air Quality Guidness – Seond edittion. Chapter 5.9: Polycyclic aromatic hydrocarbones [Text]. – Copenhagen: WHO Regional office in Europe, 2000. – 24 p.
116. I Made, A. Removal of marine diesel particulate matter by electrostatic precipitatir [Text] / A. Made, O. Nishida, H. Fujita and etc. // ICESP X – Australia. Paper 4F2. – Kobe: Kobe University, 2006. – 10 p.
117. Lyon, S. The Massachusetts 2002 Diesel Particulate Matter Inventory [Text] / S. Lyon, R. Blanchet and etc. – Boston: Massachusetts Department of Environmental Protection, 2002. – 122 p.
118. Boothe, B.J. Goniometric Characteristics of Optical Fibres for Temperature Measurement in Diesel Engine Exhaust Filters [Text] / B. J. Boothe, A. J. Shih, J. Kong, W. L. Roberts // Measyrement Science and Technology. – № 14. – 2003. – pp. 563 – 572.
119. Majewsky, W. A. New Filtration Systems for the Control of Exhaust Emissions from Light-Duty Diesel Engines: SAE Technical Paper № 920365. [Text] / W. A. Majewsky, G. Swiatek, D. Bordin // International Congress & Exposition (24 – 28 feb. 1992). – Detroit, 1992. – pp. 141 – 148.
120. Bickel, K. Evaluation of a Catalyzed Ceramic Diesel Particulate Filter and Catalytic Converter on an Underground Mine Vehicle: SAE Technical Paper № 932493 [Text] / K. Bickel, W. A. Majewsky / 1993 International Off-Highway & Powerplant Congress & Exposition (13 – 15 sept. 1993). – Milwaukee, 1993. – pp. 1 – 7.
121. Majewsky, W. A. Nitrogen Oxides Reactions in Diesel Oxidation Catalyst [Text] / W. A. Majewsky, J. L. Ambs, K. Bickel // SAE Technical Paper № 950374. International Congress & Exposition (27 feb. – 2 march 1995). – Detroit, 1995. – pp. 147 – 154.
122. Alexio, J. A Predictive Model for Catalytic Converters on Stationary Internal Combustion Engines [Text] / J. Alexio, M. Chen, T. Leprince, S. Williams. – CLIMAC Comgress 2004. – Paper 226. – Kyoto, 2004. – 12 p.
123. Williams, S. Field Expirience and Laboratory Analysis of Oxidation Catalyst on Dual Fuel Engines [Text] / S. Williams, M. Naseri, J. Alexio, K. Sandelin // Proceedings of ICES 06: ASME Internal Engine Combustion Devision 2006 Spring Technical Conference (7 – 10 may 2006). – Paper 1362. – Aachen, 2006. – 9 p.
124. Leone, E. A. Microstructure of Thin-Gauge Austenitic and Ferritic Stainless Steel Joints Brazed Using Metglas Amorphous Foil [Text] / E.A. Leone, A. Rabinkin, B. Sarna // Welding in the World. – Vol. 50. – no 1/2. – 2006. – pp. 3 – 15.
125. Swiatek, G. Catalytic Exhaust Emission Control of Small Internal Combustion Engines: SAE Technical Paper № 891799 [Text] / G. Swaitek, R. Rudnicki, L. Gettel, T. Under // Small Engine Tecnology Conference (11 – 13 sept. 1989). – Milwaukee, 1989. – 12 p.
126. Campbell, M. G. Substrate Selection for a Diesel Catalyst: SAE Technical Paper № 9503 72 [Текст] / M. G. Campbell, E. P. Martin // International Congress & Exposition (27 feb. – 2 march 1995). – Detroit, 1995. – pp. 127 – 133.
127. Russel J. A Pilit Project to Access the Effectiveness of an Emission Control System for Gas Compressor Engines in Northeast Texas. Final Report [Text] / J. Russel, C. Lindhjem, G. Yarwood // ENVIRON Int. Corp. – Novato, 2005. – 33 p.
128. Majewsky, W. A. On-Vehicle Exhaust Gas Cooling in a Diesel Emissions Control System: SAE Technical Paper № 921676 [Text] / W. A. Majewsky, E. Pletrasz // International Off-Highway & Powerplant Congress & Exposition (14 – 17 sept. 1992). – Milwaukee, 1992. – pp. 191 – 198.
129. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. 30 CFR Parts 7, 31, 32, 36, 70, 75. RIN 1219-AA27. Approval, Exhaust Gas Monitiring and Safety Requirements for the Use of Diesel-Powered Equipement in Underground Coal Mines. Finel Rule [Текст]. – Federal Register. – Vol. 61. – No 208. – 25 oct. 1996. – pp 55413 – 55461.
130. Travel, M. L. Neural Network-Based Diesel Engine Emissions Prediction Using In-Cylinder Combustion Pressure: SAE Technical Paper № 1999-01-1532 [Text] / M. L. Travel, R. J. Atkinson, C. M. Atkinson // International Spring Fuels & Lubricants Meeting & Exposition (3 – 6 may 1999). – Dearborn, 1999. – 17 p.
131. Zirker, L. Diesel Engine Idling Test. FreedomCAR & Vehicle Technologies Proram: Technical Report [Text] / L. Zirker, J. Francfort, J. Fielding, P. McGuire. – Idaho Falls: Idaho National Laboratory, 2006. – 58 p.

132. Silva, L. Colorado Diesel Exhaust Emissions Study: Technical Report [Text] / L. Silva. – Colorado: Colorado Air Pollution Control Division, 2003. – 86 p.
133. Kittelson, D. B. Review of Diesel Particulate Matter Sampling Methods. Supplemental Report # 2. Aerosol Dynamics, Laboratory and On-Roads Studies [Text] / D. B. Kittelson, W. F. Watts, M. Arnold. – Minneapolis: University of Minnesota, 1998. – 60 p.
134. Pontikakis G. 3-D Catalytic Regeneration Modeling of SiC Diesel Particulate Filters [Text] / G. Pontikakis, A. Stamatelos. – Volos: University of Thessaly, 2011. – 36 p.
135. Yue, H. Microscopic Fuel Consumption and Emission Modeling: a Thesis ... PhD in Civil and Environmental Engineering [Text] / H. Yue. – Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2008. – 139 p.
136. Fiveland, S. B. A Four-Stroke Homogenous Charge Compression Ignition Engine Simulation for Combustion and Performance Studies [Text] / S. B. Fiveland, D. N. Assanis. – SAE Paper 2000-01-0332, 2000. – 17 p.
137. Yandle, B. Regulation by Legislation: The Diesel Engine Episode [Text] / B. Yandle, A. P. Morris, L.-R. Kosnik. – PREC Policy Series, 2011. – 28 p.
138. Risk Reduction Plan to Reduce Particulate Matter Emission from Diesel-Fuelled Engines and Vehicles. Technical Report [Text] / California Environmental Protection Agency, 2000. – 38 p.
139. Griffiths, D. British Marine Industry and the Diesel Engine [Text] / D. Griffiths // The Northern Mariner. – VII, No 3. – 1997. – pp. 11 – 40.
140. Aik, O. I. Electromagnetic Filter for a Diesel Engine Exhaust System. Part 4 Final Report [Text] / O. I. Aik, E. Lai, D. Kacprzak. – Auckland: University of Auckland, 2004. – 39 p.
141. Hebbar, G. S. Control of NOx from a DI diesel engine with hot EGR and ethanol fumigation: an experimental investigation Find out how to access preview-only content [Text] / G. S. Hebbar, A. K. Bhat // International Journal of Automotive Technology. – 2013. – Vol. 14. – P. 333 – 341.
142. Tat, M. E. Fuel Property Effects on Injection Timing, Ignition Timing, and Oxides of Nitrogen Emissions from Biodiesel-Fueled Engines [Text] / M. E. Tat, J. H. Van Gerpen, P. S. Wang // American Society of Agricultural and Biological Engineers. – 2007. – Vol. 50, № 4. – P. 1123 – 1128.
143. D.E.W. Controlling Automobile Emissions [Text] / D.E.W. // Platinum Metals Review. – 1991. – № 35 (2). – pp. 94 – 95.
144. C.J., R.D.O'S. Advances and Developments in Emissions Control. A review of the 1992 SAE International Congress [Text] / C.J., R.D.O'S. // Platinum Metals Review. – 1992. – № 36 (2). – pp. 86 – 89.
145. C. J. Substantial Emissions Control Progress to Meet Future Legislation. Selective report of the 1994 International SAE Congress [Text] / C. J. // Platinum Metals Review. – 1994. – № 38 (2). – pp. 57 – 59.
146. D.E.W. Progress in Emission Control Technology. A selective report of the SAE Detroit Meeting [Text] / D.E.W. // Platinum Metals Review. – 1995. – № 39 (2). – pp. 73 – 74.
147. Twigg, M. V. Emission Control Technology: Progress Reported at the Spring SAE Conference [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 1996. – № 40 (3). – pp. 110 – 111.
148. Twigg, M. V. Emission Control Technology at Detroit. A selective report from the 1997 SAE Annual Congress [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 1997. – № 41(2). – pp. 76 – 78.
149. Twigg, M. V., Emission Control Technology at Detroit: A Selective Report from the 1998 SAE Annual Congress [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 1998. – № 42(2). – pp. 56 – 59.
150. Twigg, M. V. Developments in Emission Control Technology [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 1999. – № 43 (1). – p. 28.
151. Twigg, M. V. Aftertreatment for Low Emission Vehicle: A Selective Report from the 1999 SAE Annual Congress [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 1999. – № 43(3), – pp. 119 – 121.
152. Twigg, M. V. Advanced Exhaust Emissions Control. A selective review of the Detroit 2000 SAE World Congress [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 2000 – № 44(2). – pp. 67 – 71.
153. Twigg, M. V. Exhaust Emissions Control Developments: A selective review of the Detroit 2001 SAE World Congress [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 2001. – № 45 (2). – pp. 71 – 73.

154. Twigg, M. V. Vehicle Emissions Control Technologies [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 2003. – № 47 (1). – pp. 15 – 19.
155. Twigg, M. V. Automotive Exhaust Emissions Control [Text] / M. V. Twigg // Platinum Metals Review. – 2003. – № 47 (4). – pp. 157 – 162.
156. York, A.P.E. 2007 Fuel and Emissions Conference: A selective report on the SAE International Conference [Text] / A.P.E. York // Platinum Metals Review. – 2007. – № 51 (3). – pp. 145 – 149.
157. Johnson, T. SAE 2008 World Congress: Vehicle emissions technology highlights from the SAE Annual International Congress [Text] / T. Johnson // Platinum Metals Review. – 2008 – № 53 (1). – pp. 37 – 39.
158. Johnson, T. V. SAE 2009 World Congress: Key developments in diesel emissions control and catalysis [Text] / T. V. Johnson // Platinum Metals Review. – 2009. – № 54 (1). – pp. 37 – 43.
159. Johnson, T. V. SAE 2010 World Congress: Diesel emissions control highlights of the annual Society of Automotive Engineers (SAE) International Congress [Text] / T. V. Johnson // Platinum Metals Review. – 2010. – № 54 (4). – pp. 216 – 222.
160. Johnson, T. V. SAE 2011 World Congress: Vehicular emissions control highlights of the annual Society of Automotive Engineers (SAE) International Congress [Text] / T. V. Johnson // Platinum Metals Review. – 2012. – № 56 (2). – pp. 75 – 82.
161. Johnson, T. V. SAE 2012 World Congress: Vehicular emissions control highlights of the annual Society of Automotive Engineers (SAE) International Congress [Text] / T. V. Johnson // Platinum Metals Review. – 2013. – № 57 (2). – pp. 117 – 122.
162. Gorsmann, C. SAE 2014 Havy-Duty Diesel Emissions Control Symposium [Text] / C. Grossman // Platinum Metals Review. – 2014. – № 59 (2). – pp. 139 – 151.
163. Twigg, Martyn V. Automotive Exhaust Emissions Control [Text] / Martyn V. Twigg // Platinum Metal Review. – 2003. – № 47 (4). – pp. 157 – 162.
164. Totbati, R. 6th International Worksop on Catalytic Combustion. Platinum, Palladium and Rhodium Catalytic Feature in Combustion Development [Text] / R. Totbati // Platinum Metal Review. – 2006. – № 50 (2). – pp. 64 – 66.
165. Twigg, Martyn V. Cleaning the Air We Breathe – Controlling Diesel Particulate Emissions from Passenger Cars [Text] / Martyn V. Twigg, Paul R. Phillips // Platinum Metals Rev. – 2009. – № 53 (1). – pp. 27 – 34.
165. Смайлис, В. И. Малотоксичные дизели [Текст] / В. И. Смайлис. – Л.: Машиностроение, 1974. – 126 с.
166. Смайлис, В. И. Проблемы снижения токсичности и дымности отработавших газов дизелей [Текст] / В. И. Смайлис // Двигателестроение. – 1979. – № 1. – С. 19 – 21.
167. Смайлис, В. И. Современное состояние и новые проблемы экологии дизелестроения [Текст] / В. И. Смайлис // Двигателестроение. – 1991. – № 1. – С. 3 – 6.
168. Парсаданов, И. В. Нормирование выбросов вредных веществ дизелей грузовых автомобилей и сельскохозяйственных машин в Украине [Текст] / И. В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2002. – № 1. – С. 4 – 7.
169. Парсаданов, И. В. Оценка влияния угла начала подачи топлива на показатели токсичности отработавших газов быстроходного дизеля [Текст] / И. В. Парсаданов, С. И. Третьяков // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 2. – С. 92 – 95.
170. Марченко, А. П. Проблемы экологизации двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А. П. Марченко, И. В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2005. – № 2. – С. 3 – 9.
171. Звонов, В. А. Оценка выброса твердых частиц с отработавшими газами автотракторного дизеля [Текст] / В. А. Звонов, А. П. Марченко, И. В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2006. – № 2. – С. 64 – 67.
172. Парсаданов, И. В. Топливно-экологическая оценка дизеля городского автобуса с учетом условий эксплуатации [Текст] / И. В. Парсаданов, Е. А. Кунах // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2006. – № 2. – С. 139 – 144.

173. Парсаданов, И. В. Оценка показателей дизелей городских автобусов при использовании альтернативных энергоносителей [Текст] / И. В. Парсаданов, П. М. Канило, А. П. Строков // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2008. – № 2. – С. 9 – 12.
174. Канило, П. М. Анализ эффективности использования альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / П. М. Канило, И. В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 8 – 14.
175. Поливянчук, А. П. Определение и анализ уровней выбросов твердых частиц с отработавшими газами автомобильного дизеля на неустановившихся режимах работы [Текст] / А. П. Поливянчук, И. В. Парсаданов, И. В. Рыкова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 92 – 96.
176. Парсаданов, И. В. Оценка влияния гальваноплазменного покрытия поршня на выбросы твердых частиц с отработавшими газами дизеля [Текст] / И. В. Парсаданов, А. П. Поливянчук // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 97 – 100.
177. Канило, П. М. Проблемы сжигания ископаемых топлив и глобальное потепление климата [Текст] / П. М. Канило, И. В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 2. – С. 104 – 109.
178. Парсаданов, И. В. Применение водотопливной эмульсии в автотракторном дизеле. Экологическая эффективность. (Часть I) [Текст] / И. В. Парсаданов, А. А. Теплицкий, В. В. Солодовников // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 2. – С. 118 – 120.
179. Применение водотопливной эмульсии в автотракторном дизеле. Энергетические и экономические показатели (Часть II) [Текст] / И. В. Парсаданов, А. А. Теплицкий, И. Н. Карягин и др. // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 2. – С. 121 – 123.
180. Парсаданов, И. В. Теоретическое и экспериментальное исследования процесса теплоотдачи в разбавляющем туннеле [Текст] / И. В. Парсаданов, А. П. Поливянчук // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 2. – С. 96 – 101.
181. Парсаданов, И. В. Особенности внутрицилиндрового экологического катализа в ДВС [Текст] / И. В. Парсаданов, И. В. Рыкова, А. Н. Маклаков // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 84 – 87.
182. Прохоренко, А. А. Новационная конструкция глушителя шума выпуска тракторного дизеля [Текст] / А. А. Прохоренко, И. В. Парсаданов, Д. Е. Самойленко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 61 – 65.
183. Парсаданов, И. В. Определение состава твердых частиц отработавших газов дизелей [Текст] / И. В. Парсаданов, И. П. Васильев // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 97 – 100.
184. Парсаданов, И. В. Комплексна оцінка ефективності рециркуляції відпрацьованих газів дизеля [Текст] / И. В. Парсаданов, И. В. Рыкова, О. М. Маклаков // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 105 – 109.
185. Природный газ – наиболее эффективный заменитель нефтяных топлив на автотранспорте [Текст] / П. М. Канило, Ф. И. Абрамчук, А. П. Марченко, И. В. Парсаданов // Автомобильный транспорт: сб. науч. ст. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 86 – 92.
186. Комплексное исследование параметров автотракторного дизеля при работе на метиловом эфире рапсового масла [Текст] / А. П. Марченко, И. В. Парсаданов, А. А. Прохоренко и др. // Двигатель – 2007: сб. науч. тр. МГТУ им. Н. Э. Баумана. – М., 2007. – С. 389 – 393.
187. Канило, П. М. Минимизация канцерогенной опасности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания [Текст] / П. М. Канило, А. П. Марченко, И. В. Парсаданов, // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 1. – С. 7 – 14.

188. Испытания нейтрализатора на эффективность очистки отработавших газов двигателя с принудительным зажиганием [Текст] / А. А. Лисовал, И. В. Парсаданов, Ю. А. Свистула, И. В. Рыкова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 1. – С. 44 – 48.
189. Канило, П. М. Тепловая энергетика, ДВС и глобальное потепления климата [Текст] / П. М. Канило, А. П. Марченко, И. В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 2. – С. 57 – 69.
190. Дослідження дизеля з каталітичним покриттям поверхні камери згоряння [Текст] / І. В. Парсаданов, М. Д. Сахненко, М. В. Ведей и др. // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 2. – С. 69 – 71.
191. Исследование выбросов твердых частиц с отработавшими газами на неустановившихся режимах работы автотракторного дизеля [Текст] / И. В. Парсаданов, А. П. Поливянчук, Е. А. Холкина, Е. А. Гречишкина // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 2. – С. 72 – 77.
192. Marchenko, A. P. The problems of utilization of flare gases in internal combustion engines [Текст] / A. P. Marchenko, D. E. Samoilenko, Omar Adel Hamzah // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 2. – С. 55 – 60.
193. Поливянчук, А. П. Моделирование процесса охлаждения отработавших газов дизельного двигателя в разбавляющем туннеле [Текст] / А. П. Поливянчук // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2005. – № 1. – С. 121 – 125.
194. Поливянчук, А. П. Совершенствование измерительного комплекса для оценки выброса твердых частиц [Текст] / А. П. Поливянчук, С. В. Зубов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 1. – С. 133 – 137.
195. Поливянчук, А. П. Исследование степени токсичности вредных веществ, выбросы которых нормируются европейскими экологическими стандартами [Текст] / А. П. Поливянчук, Е. Ю. Щепак, Е. Ю. Титова // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: сб. науч. тр. : серия: Транспортное машиностроение. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 2. – С. 112 – 115.
196. Полив'янчук, А. П. Оцінка індивідуального внеску основних забруднюючих речовин у сумарну токсичність відпрацьованих газів тепловозів [Текст] / А. П. Полив'янчук, С. О. Львов, С. В. Зубов // Локомотивинформ : междунар. информ. науч.-техн. журн. – 2010. – № 5. – С. 61 – 62.
197. Поливянчук, А. П. Повышение универсальности и точности системы контроля выбросов дизельных твердых частиц – микротуннеля МКТ-2 [Текст] / А. П. Поливянчук, Т. С. Харитоновна, Т. В. Несмашная // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2007. – № 9/45. – С. 67 – 70.
198. Поливянчук, А. П. Анализ влияния условий стабилизации рабочих фильтров на массу навески дизельных твердых частиц [Текст] / А. П. Поливянчук // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 1. – С. 88 – 91.
199. Поливянчук, А. П. Повышение точности гравиметрического метода измерений удельного выброса твердых частиц с отработавшими газами дизеля [Текст] / А. П. Поливянчук // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 2. – С. 110 – 113.
200. Поливянчук, А. П. Сравнительный анализ дифференциального и компенсационного способов измерения массового расхода отработавших газов дизеля в микротуннеле [Текст] / А. П. Поливянчук // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 2. – С. 123 – 126.
201. Поливянчук, А. П. Оценка неопределенности результатов измерений выбросов твердых частиц в ходе экологических испытаний дизелей [Текст] / А. П. Поливянчук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2012. – № 5 (176), Ч. 2. – С. 121 – 128.
202. Поливянчук, А. П. Исследование результирующей погрешности измерений среднеэксплуатационного выброса взвешенных частиц с отработавшими газами [Текст] /

- А. П. Поливянчук, О. Р. Игнатов // Прикладна екологія: зб. наук. пр. – Луганськ: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2012. – № 1 (4). – С. 121 – 130.
203. Поливянчук, А. П. Методика и экспериментальная установка для исследования процесса теплоотдачи в трубопроводе разбавления отработавших газов дизеля воздухом (туннеле) [Текст] / А. П. Поливянчук // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 1. – С. 93 – 96.
204. Поливянчук, А. П. Повышение точности гравиметрического метода измерений выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизеля [Текст] / А. П. Поливянчук, С. А. Львов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 93 – 97.
205. Поливянчук, А. П. Комплексная оценка эффективности сажевого фильтра по показателям счетной, поверхностной и массовой концентраций дисперсных частиц [Текст] / А. П. Поливянчук, С. А. Львов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 2. – С. 101 – 105.
206. Поливянчук, А. П. Прогнозування стану сажевого фільтра на різних режимах роботи автомобільного дизеля [Текст] / А. П. Полив'янчук, Ю. І. Шеховцов, Л. С. Заїграєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 1. – С. 96 – 104.
207. Аналіз методу динамічних вимірювань концентрацій твердих частинок у відпрацьованих газах дизелів з оптико-електричним чуттєвим елементом [Текст] / А. П. Поливянчук, М. Ф. Смирний, О. О. Холкіна, Ю. І. Шеховцов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 1. – С. 52 – 57.
208. Газовый двигатель на базе дизеля Д21А [Текст] / А. М. Левтеров, В. Н. Бганцев, А. А. Кайдалов и др. // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2002. – Вип. 30. – С. 24 – 27.
209. Левтеров, А. М. Экспериментальный образец водородного автомобиля на базе модели ГАЗ-2705 [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова, В. Д. Савицкий // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 17 – 23.
210. Левтеров, А. М. Экспериментальная оценка энерго-экологических показателей автомобильного двигателя на бензоэтаноле [Текст] / А. М. Левтеров, В. П. Мараховский, В. Н. Бганцев // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 98 – 101.
211. Результаты расчетно-экспериментальных исследований характеристик автомобильного двигателя при использовании бензоэтанольных смесей [Текст] / А. М. Левтеров, В. П. Мараховский, Л. И. Левтерова, Н. Ю. Гладкова // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 23. – С. 90 – 94.
212. Левтеров, А. М. Використання альтернативних палив у транспортних ДВЗ [Текст] / А. М. Левтеров, Л. І. Левтерова, Н. Ю. Гладкова // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 27. – С. 65 – 68.
213. Левтеров, А. М. Експериментальні дослідження моторних властивостей сумішевого біодизельного палива [Текст] / А. М. Левтеров, В. Д. Савицький, Л. І. Левтерова // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 28. – С. 81 – 84.
214. Левтеров, А. М. Вивчення впливу моторних властивостей біопалива на енергоекологічні характеристики дизельного двигуна [Текст] / А. М. Левтеров, В. П. Мараховський, В. Д. Савицький // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 31. – С. 57 – 61.
215. Левтеров, А. М. Підвищення ефективної потужності дизеля, що працює на сумішевому біодизельному паливі [Текст] / А. М. Левтеров, В. Д. Савицький // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 34. – С. 32 – 38.
216. Левтеров, А. М. Анализ энергопотребления в стране и в мире. Методология исследования основных показателей транспортных ДВС [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 42. – С. 89 – 98.

217. Левтеров, А. М. Метод аналитического исследования характеристик поршневых двигателей внутреннего сгорания на альтернативных топливах [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова, Н. Ю. Гладкова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 42. – С. 130 – 141.

218. Расчетно-экспериментальные исследования характеристик автомобильного двигателя на бензоэтанольных смесях [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова, Н. Ю. Гладкова и др. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 27. – С. 107 – 113.

219. Левтеров, А. М. Прогнозирование эмиссии сажи и оксидов азота в дизеле с непосредственным впрыском [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 39 (1082). – С. 97 – 107.

220. Левтеров, А. М. Анализ математических моделей механизма сажеобразования при сжигании углеводородных топлив [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 5 (979). – С. 130 – 141.

221. Левтеров, А. М. Численное моделирование рабочего цикла дизеля с непосредственным впрыском. Прогнозирование эмиссии сажи и оксидов азота [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 5 (979). – С. 141 – 155.

222. Левтеров, А. М. Сравнительная экспериментальная оценка энергэкологических показателей конвертированного газового двигателя на базе дизеля [Текст] / А. М. Левтеров, В. Н. Бганцев, П. Ю. Нечволод // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит : общегос. науч.-производ. и информ. журн. – № 6 (137). – 2015. – С. 20 – 27.

223. Левтеров, А. М. Особенности эмиссии оксидов азота при работе дизеля на биодизельном топливе и возможные методы ее снижения [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова, В. Д. Савицкий // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 18(1127). – С. 76 – 86.

224. Левтеров, А. М. Результаты численного исследования характеристик автомобильного двигателя, работающего на бензоэтаноле [Текст] / А. М. Левтеров, Л. И. Левтерова, Н. Ю. Гладкова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 2. – С. 17 – 21.

225. Левтеров, А. М. Вивчення впливу моторних властивостей біопалива на енергэкологічні характеристики дизельного двигуна [Текст] / А. М. Левтеров, В. П. Мараховський, В. Д. Савицький // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 31. – С. 57 – 61.

226. Левтеров, А. М. Исследование характеристик двигателя с искровым зажиганием, работающего на бензоэтанольных топливных композициях [Текст] / А. М. Левтеров, Л. Л. Левтерова, Н. Ю. Гладкова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2008. – № 1. – С. 52 – 57.

227. Левтеров, А. М. Образование монооксида азота и исследование влияния на его эмиссию регулируемых параметров двигателя и вида используемого топлива [Текст] / А. М. Левтеров, Л. Л. Левтерова, Н. Ю. Гладкова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 2. – С. 113 – 117.

228. Левтеров, А. М. Покращення екологічних характеристик дизеля, що працює на біодизельних паливних композиціях [Текст] / А. М. Левтеров, В. Д. Савицький // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2015. – Вып. 36. – С. 56 – 62.

229. Токсичность отработавших газов дизеля при использовании топлив растительного происхождения [Текст] / А. П. Марченко, А. П. Строков, А. Ф. Минак и др. // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2002. – № 1. – С. 22 – 25.

230. Строков, А. П. Результаты испытаний автобусного дизеля Д6112 с одноступенчатой системой охлаждения наддувочного воздуха [Текст] / А. П. Строков, А. И. Харченко, В. С. Червяк // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 23. – С. 113 – 116.

231. Строков, А. П. Улучшение энергоэкологических показателей автономной энергоустановки за счет использования смесевых моторных топлив и системы утилизации теплоты [Текст] / А. П. Строков, А. М. Левтеров, П. Ю. Нечволод // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 47. – С. 139 – 144.

232. Строков, А. П. Утилизация шахтного метана в экологической когенерационной установке с поршневым ДВС [Текст] / А. П. Строков, А. М. Левтеров, П. Ю. Нечволод // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 89 – 93.

233. Отработка конструкции СВЧ-плазменной горелки на основе численного исследования течения пылеугольной аэросмеси [Текст] / П. М. Канило, Н. И. Расюк, А. В. Тымчик и др. // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 2. – С. 47 – 53.

234. Канило, П. М. Экологохимические показатели автомобильных ДВС с учетом канцерогенности отработавших газов [Текст] / П. М. Канило, М. В. Шадрин // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2006. – № 2. – С. 154 – 158.

235. Канило, П. М. Термохимическое преобразование пылеугольного топлива в СВЧ-плазме [Текст] / П. М. Канило, И. Н. Колупаев, К. В. Костенко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 1. – С. 147 – 150.

236. Канило, П. М. Пути улучшения экологических показателей автомобилей при использовании высокоароматизированных нефтяных топлив [Текст] / П. М. Канило, К. В. Костенко, М. В. Сарапина // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 31 – 37.

237. Канило, П. М. Перспективы становления водородной энергетики и транспорта [Текст] / П. М. Канило, К. В. Костенко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 23. – С. 109 – 112.

238. Канило, П. М. Будущее автотранспорта – альтернативные топлива и канцерогенная безопасность [Текст] / П. М. Канило, М. В. Сарапина // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 31. – С. 40 – 49.

239. Соловей, В. В. Водородные экотехнологии – инновационная составляющая проблемы повышения экологической безопасности транспортной и стационарной энергетики [Текст] / В. В. Соловей, П. М. Канило, А. В. Гриценко // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 31. – С. 77 – 82.

240. Канило, П. М. Влияние автотранспорта и энергетики на потепление климата [Текст] / П. М. Канило, Н. В. Внукова, К. В. Костенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 170 – 175.

241. Канило, П. М. Минимизация канцерогенной опасности автомобилей [Текст] / П. М. Канило, К. В. Костенко, М. В. Сарапина // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 60. – С. 133 – 143.

242. Канило, П. М. Анализ европейских требований к экологической безопасности легковых автомобилей [Текст] / П. М. Канило, А. Л. Шубенко, К. В. Костенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 63. – С. 67 – 75.

243. Канило, П. М. Методология планирования и математической обработки результатов экоисследований автомобилей [Текст] / П. М. Канило // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 64. – С. 79 – 86.

244. Аналіз ефективності використання нафтових та альтернативних палив в автомобільному транспорті [Текст] / П. М. Канило, К. В. Костенко, Е. А. Почаї, В. А. Беседіна // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 27. – С. 121 – 126.

245. Канцерогенність відпрацьованих газів автомобілів [Текст] / П. М. Каніло, К. В. Костенко, Н. В. Внукова, С. О. Коверсун // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 29. – С. 160 – 167.

246. Каніло, П. М. Проблеми забруднення атмосфери міст канцерогенно-мутагенними супертоксикантами [Текст] / П. М. Каніло, В. В. Соловей, К. В. Костенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 47 – 53.

247. Каніло, П. М. Глобальне потепління клімату і автотранспорт [Текст] / П. М. Каніло, В. В. Соловей, Н. В. Внукова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 53. – С. 103 – 110.

248. Гутаревич, Ю. Ф. Вплив типу системи живлення бензинового двигуна на ефективність системи нейтралізації відпрацьованих газів [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич, В. В. Славін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 8 (1051). – С. 47 – 53.

249. Гутаревич, Ю. Ф. Вплив рециркуляції відпрацьованих газів на показники сучасного бензинового двигуна з відключенням групи циліндрів [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич, С. В. Караєв // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 9 (1118). – С. 114 – 120.

250. Матейчик, В. П. Визначення оптимальних регулювань автомобільного бензинового двигуна з відключенням групи циліндрів [Текст] / В. П. Матейчик, А. К. Колодійчук, Н. Г. Куць // Автошляховик України: окремих випуск. – К., Укравтодор. – 1998. – № 2. – С. 37 – 40.

251. Матейчик, В. П. Оцінка впливу регулювань системи живлення двигуна з відключенням групи циліндрів на показники автомобіля при русі за їздовим циклом [Текст] / В. П. Матейчик, А. К. Колодійчук, Н. Г. Куць // Вісник ТАУ та УТУ. – К.: ТАУ, УТУ. – 1998. – № 2. – С. 137 – 142.

252. Гутаревич, Ю. Ф. Характеристика автомобільного транспорту як штучного джерела забруднення атмосфери України [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич, В. П. Матейчик, Л. П. Мержієвська // Вісник НТУ і ТАУ. – К.: ТАУ, УТУ. – 2000. № 4. – С. 66 – 70.

253. Основні напрямки розвитку екологічно-прийнятної транспортної системи в Україні та шляхи їх реалізації [Текст] / Г. М. Легенький, А. М. Редзюк, А. М. Білоус і др. // Автошляховик України: окремих випуск. – К., Укравтодор. – 2000. – № 3. – С. 24 – 26.

254. Гутаревич, Ю. Ф. Методика визначення оптимального ступеня рециркуляції відпрацьованих газів бензинового двигуна з відключенням групи циліндрів [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич, В. П. Матейчик, С. В. Ковбасенко // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів: зб. наук. пр. – К.: НТУ, ТАУ. – 2000. – Вып. 9. – С. 112 – 115.

255. Гутаревич, Ю. Ф. Вплив методу регулювання потужності на екологічні показники та паливну економічність сучасного бензинового двигуна [Текст] // Ю. Ф. Гутаревич, О. В. Сирота, С. В. Карєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 1. – С. 74 – 80.

256. Сахно, В. П. Економічні та екологічні показники автомобіля з різними типами двигунів [Текст] / В. П. Сахно, В. П. Матейчик, О. П. Сітовський // Автошляховик України: окремих випуск. – К., Укравтодор. – 2001. – № 4. – С. 27 – 30.

257. Матейчик, В. П. Шляхи ефективного використання природного газу як моторного палива для автомобілів [Текст] / В. П. Матейчик, В. В. Яновський, Р. В. Сидоренко // Вісник НТУ і ТАУ. – К.: ТАУ, УТУ. – 2001. – № 5. – С. 60 – 64.

258. Гутаревич, Ю. Ф. Перевірка адекватності математичної моделі руху дорожнього транспортного засобу за їздовим циклом при роботі на природному газі [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич, В. П. Матейчик, Р. В. Сидоренко // Вісник НТУ і ТАУ. – К.: НТУ, ТАУ. – 2002. – № 6. – С. 300 – 304.

259. Матейчик, В. П. Система для дослідження впливу енергоустановки на економічні та екологічні показники дорожніх транспортних засобів [Текст] / В. П. Матейчик // Системні методи керування, технологія та організація в-тва, ремонту та експлуатації автомобілів: зб. наук. пр. – К.: НТУ, ТАУ. – 2002. – Вып. 13. – С. 83 – 88.

260. Матейчик, В. П. Енергоустановка транспортного засобу: системний підхід до дослідження [Текст] / В. П. Матейчик // Автошляховик України: окремих випуск. – К., Укравтодор. – 2002. – № 5. – С. 33 – 35.

261. Матейчик, В. П. Структура проблеми і логічна організація вибору енергоустановки для дорожніх транспортних засобів [Текст] / В. П. Матейчик // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів: зб. наук. пр.: спец. вип. – К.: НТУ, ТАУ. – 2002. – С. 112 – 115.
262. Матейчик, В. П. Методи оцінки показників енергоустановок на різних етапах їх вибору для ДТЗ [Текст] / В. П. Матейчик // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів: зб. наук. пр. – К.: НТУ, ТАУ. – 2002. – Вип. 14. – С. 73 – 76.
263. Матейчик, В. П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів [Текст] / В. П. Матейчик // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2002. – № 7. – Т. 2. – С. 162 – 167.
264. Матейчик, В. П. Моделі універсальних екологічних характеристик двигунів дорожніх транспортних засобів [Текст] / В. П. Матейчик // Автошляховик України: окремих випуск. – К., Укравтодор. – 2003. – № 6. – С. 39 – 45.
265. Матейчик, В. П. Выбор энергоустановки для дорожного транспортного средства по критериям экологической безопасности [Текст] / В. П. Матейчик // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ. – 2003. – Вып. 13. – С. 238 – 240.
266. Матейчик, В. П. Обґрунтування методології вибору енергоустановки для забезпечення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів [Текст] / В. П. Матейчик // Управління якістю транспортних засобів і перевезень: зб. наук. пр. – Автошляховик України: окремих випуск. – К., Укравтодор. – 2003. – № 10. – С. 38 – 40.
267. Матейчик, В. П. Вплив ступеня стискання на показники дорожнього транспортного засобу при роботі на бензині і природному газі [Текст] / В. П. Матейчик, В. В. Яновський // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів: зб. наук. пр. – К.: НТУ, ТАУ. – 2003. – Вип.16. – С. 136 – 141.
268. Матейчик, В. П. Вплив рециркуляції відпрацьованих газів на показники бензинового двигуна з системою нейтралізації [Текст] / В. П. Матейчик, М. П. Цюман, А. Б. Сінкевич // Автошляховик України: окремих випуск. – К., Укравтодор. – 2009. – №.12. – С. 137 – 141.
269. Матейчик, В. П. Впровадження екологічної логістики як складової сталого розвитку транспорту [Текст] / В. П. Матейчик, М. А. Смешек, В.О. Хрутьба // Проблеми транспорту. – К.: НТУ. – 2011. – Вип. 8. – С. 56 – 62.
270. Матейчик, В. П. До оцінки життєвого циклу транспортних засобів [Текст] / В. П. Матейчик, М. Ф. Дмитриченко, С. В. Коломієць // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2011. – Вип. 22. – С. 3 – 10.
271. Матейчик, В. П. Особливості оцінки етапу експлуатації життєвого циклу транспортних засобів [Текст] / В. П. Матейчик, С. В. Коломієць, Н. М. Горідько // Systemy i srodki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Monografia n. 2, seria: TRANSPORT / Pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2011. – P. 217 – 222.
272. Особливості моделювання утворення оксидів азоту в робочому процесі двигуна [Текст] / В. П. Матейчик, І. С. Козачук, В. В. Яновський, М. С. Мошко // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2011. – № 23. – С. 17 – 22.
273. Матейчик, В. П. Застосування логістичних підходів в системі поведінки з відходами автотранспортного підприємства [Текст] / В. П. Матейчик, М. А. Смешек, В. О. Хрутьба // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ, 2011. – Вип. 8. – С. 15 – 20.
274. Уточнення закону згоряння газового палива в математичній моделі робочого процесу двигуна [Текст] / В. П. Матейчик, В. В. Яновський, І. С. Козачук, О. В. Захарчук // Вісник Національного транспортного університету – К.: НТУ, 2009. – Вип. 18. – С. 171 – 176.
275. Впровадження системи менеджменту навколишнього середовища в університеті [Текст] / М. Ф. Дмитриченко, М. М. Дмитрієв, В. П. Матейчик й ін. // Вісник Національного транспортного університету – К.: НТУ, 2009. – Вип. 19. – С. 9 – 13.
276. Матейчик, В. П. Математичне моделювання процесу згоряння бензинового двигуна з електронним управлінням системами живлення та запалювання [Текст] / В. П. Матейчик, В. В. Яновський, М. П. Цюман // SAKON'09 Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojedznych. – Tom XX. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza, 2009. – С. 171 – 176.

277. Формування структури інформаційно-аналітичної системи оцінювання забруднення довкілля транспортними потоками [Текст] / В. П. Матейчик, Г. О. Мальго, В. І. Зюзюн, К. В. Римарук // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2012. – Вип. 25. – С. 355 – 359.

278. Аналіз екологічних та соціальних ризиків у проектах розвитку транспортних систем [Текст] / В. Матейчик, В. Хрутьба, В. Зюзюн, І. Самойленко // Systemy i srodki transportu samochodowego / Seria: TRANSPORT. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza. – 2012. – № 3. – P. 105 – 112.

279. Mateichyk, V. Program-target model of environmental logistics system of a transport enterprise [Text] / V. Mateichyk, V. Hrut'ba, N. Gorid'ko // Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Rachunkowosc w logistyce przedsiębiorstw. Seria: Zarzadzanie i Marketing. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza, 2012. – P. 84 – 94.

280. Mateichyk, V. Systems approach for waste management logistics [Text] / V. Mateichyk, V. Hrut'ba // Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Rachunkowosc w logistyce przedsiębiorstw. Seria: Zarzadzanie i Marketing. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza, 2012. – P. 94 – 100.

281. Семикин, В. М. Система нейтрализации отработавших газов дизельных двигателей [Текст] / В. М. Семикин // Прогресс – Технология – Качество: тр. 2-го конгр. двигателестр. Украины с иностр. уч. – К.-Х.-Рыбачье. – 1997. – С. 223.

282. Семикин, В. М. Гидродинамическая очистка отработавших газов дизелей [Текст] / В. М. Семикин // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: сб. науч. тр. ХГПУ. – Х.: ХГПУ, 1998. – Вып. 6. – Ч. 2. – С. 136 – 138.

283. Семикин, В. М. Влияние скорости течения ОГ дизеля на жидкостную нейтрализацию оксидов азота [Текст] / В. М. Семикин // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 1998. – Вип. 5. – С. 195 – 197.

284. Семикин, В. М. Очистка от сажи рабочей жидкости системы нейтрализации отработавших газов дизелей [Текст] / В. М. Семикин, А. П. Кудряш, В. Н. Киреева // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 1998. – Вип. 5. – С. 550 – 551.

285. Кудряш, А. П. Нейтрализация оксидов азота ОГ дизелей в стационарных условиях [Текст] / А. П. Кудряш, В. Н. Киреева, В. М. Семикин // Двигуни внутрішнього згорання: Вісник Харківського державного політехнічного університету: зб. наук. пр. – Х.: ХДПУ, 1999. – Вип. 58. – С. 139 – 146.

286. Семикин, В. М. Испытания стационарной жидкостной системы нейтрализации отработавших газов дизелей [Текст] / В. М. Семикин // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: сб. науч. тр. ХГПУ. – Х.: ХГПУ, 1999. – Вып. 7. – Ч. 2. – С. 371 – 373.

287. Кудряш, А. П. Озонный метод нейтрализации оксидов азота отработавших газов дизелей [Текст] / А. П. Кудряш, В. Н. Киреева, В. М. Семикин // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 1999. – Вип. 9. – С. 124 – 129.

288. Семикин, В. М. Дизельный рідинний нейтралізатор відпрацьованих газів [Текст] / В. М. Семикин // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2001. – Вип. 23. – С. 83 – 86.

289. Семикин, В. М. Система рідинної нейтралізації відпрацьованих газів дизелів [Текст] / В. М. Семикин, Н. П. Васильченко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2002. – Вип. 31. – С. 56 – 58.

290. Семикин, В. М. Анализ области применения жидкостной нейтрализации отработавших газов дизелей [Текст] / В. М. Семикин // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 128 – 130.

291. Авраменко, А. М. Чисельне моделювання робочого циклу та оцінка теплонапруженого стану поршня автотракторного дизеля [Текст] / А. М. Авраменко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 26. – С. 73 – 77.

292. Авраменко, А. М. Чисельне моделювання робочого циклу дизеля [Текст] / А. М. Авраменко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 27. – С. 32 – 37.

293. Авраменко, А. М. Покращення екологічних показників швидкохідного дизеля за рахунок багатостадійного впорскування палива [Текст] / А. М. Авраменко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 28. – С. 43 – 47.
294. Мараховський, В. П. Показники роботи автомобільного двигуна на бензоетанолі різного складу [Текст] / В. П. Мараховський, А. М. Авраменко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 32. – С. 29 – 35.
295. Авраменко, А. Н. Оценка экономических, экологических и прочностных показателей быстроходного дизеля [Текст] / А. Н. Авраменко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 47. – С. 127 – 132.
296. Авраменко, А. Н. Улучшение энергоэкологических и прочностных показателей быстроходного дизеля [Текст] / А. Н. Авраменко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 20. – С. 110 – 115.
297. Авраменко, А. Н. Оценка экономических, экологических и прочностных показателей быстроходного дизеля [Текст] / А. Н. Авраменко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 47. – С. 127 – 132.
298. Абрамчук, Ф. И. Программный комплекс для моделирования внутрицилиндровых процессов ДВС [Текст] / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Авраменко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 2. – С. 7 – 13.
299. Абрамчук, Ф. И. Улучшение технико-экономических и экологических показателей высокооборотных дизелей малой мощности путем изменения условий смесеобразования [Текст] / Ф. И. Абрамчук, Д. И. Тимченко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2006. – № 1. – С. 86 – 89.
300. Абрамчук, Ф. И. Пути снижения вредных веществ с отработавшими газами дизелей [Текст] / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Кабанов, Г. В. Майстренко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 93 – 97.
301. Автоматизированный стенд для исследования и доводки газового малолитражного быстроходного двигателя внутреннего сгорания [Текст] / А. М. Туренко, Ф. И. Абрамчук, А. Н. Пойда и др. // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 23. – С. 88 – 92.
302. Пневмодвигатель для автомобильной гибридной силовой установки [Текст] / А. Н. Туренко, В. А. Богомолова, Ф. И. Абрамчук и др. // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 24. – С. 7 – 10.
303. Абрамчук, Ф. И. Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесового топлива [Текст] / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Кабанов, Г. В. Майстренко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 24. – С. 45 – 49.
304. Абрамчук, Ф. И. Спосіб подачі водню для живлення автомобільного двигуна [Текст] / Ф. И. Абрамчук, О. М. Кабанов, О. А. Дзюбенко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 26. – С. 63 – 66.
305. Шляхи підвищення надійності запалювання паливоповітряної суміші газових двигунів від іскри електричного розряду [Текст] / Ф. И. Абрамчук, О. М. Кабанов, А. П. Кузьменко, Е. Р. Муртазаев // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 27. – С. 25 – 31.
306. Вибір параметрів роботи малолітражного двигуна, що працює на суміші природного газу і водню [Текст] / Ф. И. Абрамчук, О. М. Кабанов, Р. Маамрі й ін. // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 29. – С. 152 – 159.
307. Выбор и обоснование топливной элемента для экомобиля [Текст] / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Врублевский, А. П. Кузьменко, С. О. Подлещук // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 33. – С. 50 – 54.
308. Грицюк, А. В. Методика определения показателей дизеля 4ДТНА1 при дорожных испытаниях [Текст] / А. В. Грицюк, Ф. И. Абрамчук, А. Н. Врублевский // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 33. – С. 44 – 49.
309. Абрамчук, Ф. И. О достоинствах и целесообразности применения поршневого пневмодвигателя в составе автомобильной гибридной силовой установки [Текст] / Ф. И. Абрамчук, А. И. Воронков, И. Н. Никитченко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 200 – 206.

310. Семенов, В. Г. Вплив типу сумішоутворення на показники дизеля при роботі на біодизельному і дизельному паливі [Текст] / В. Г. Семенов, І. П. Васильєв, А. І. Атамась // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2008. – № 2 (49). – Ч. 1. – С. 101 – 105.
311. Крайнюк, А. І. Комплексная оценка экономических и эксплуатационных показателей использования топлив растительного происхождения в дизелях [Текст] / А. І. Крайнюк, І. П. Васильєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 2. – С. 77 – 80.
312. Васильєв, І. П. Теоретические основы разработки комплексной системы нейтрализации отработавших газов дизелей при работе на альтернативных топливах [Текст] / І. П. Васильєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2008. – № 1. – С. 156 – 160.
313. Васильєв, І. П. Методика оценки ущерба, наносимого отработавшими газами ДВС при использовании в качестве топлива метана [Текст] / І. П. Васильєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 2. – С. 94 – 97.
314. Васильєв, І. П. Методы нейтрализации вредных выбросов и парниковых газов при работе двигателей на альтернативных топливах [Текст] / І. П. Васильєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 1. – С. 91 – 96.
315. Васильєв, І. П. Перспективы совершенствования селективного каталитического восстановления оксидов азота дизелей при использовании альтернативных топлив [Текст] / І. П. Васильєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 2. – С. 83 – 87.
316. Васильєв, І. П. Повышение эффективности очистки отработавших газов дизелей [Текст] / І. П. Васильєв // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 1. – С. 84 – 88.
317. Семёнов, В. Г. Сравнение экономических и экологических показателей дизеля при работе на биодизельных топливах разных сортов [Текст] / В. Г. Семёнов, І. П. Васильєв // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 33. – С. 165 – 170.
318. Дядин, А. П. Разработка и совершенствование способов замера дымности дизельных двигателей [Текст] / А. П. Дядин, І. П. Васильєв, В. І. Васильєв // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. Х.: ХНАДУ, 2008. – № 1 (6). – С. 28 – 31.
319. Семенов, В. Г. Показники дизеля під час роботи на біодизельних паливах рослинного та тваринного походження [Текст] / В. Г. Семенов, І. П. Васильєв, А. І. Атамась // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 2 (55). Ч. 1. – С. 78 – 81.
320. Звонов, В. А. Исследование механизмов образования оксидов азота в условиях камеры сгорания дизеля [Текст] / В. А. Звонов, М. П. Гиринович // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2008. – № 1. – С. 29 – 33.
321. Звонов, В. А. Влияние на рабочий процесс ДВС активирования топлива внешними физическими воздействиями [Текст] / В. А. Звонов, Н. А. Макаров // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2008. – № 2. – С. 112 – 120.
322. Бганцев, В. Н. Результаты испытаний дизеля на смесях дизельного топлива и биодобавки из побочных продуктов масложирового и спиртового производств [Текст] / В. Н. Бганцев, В. П. Мараховский, С. П. Хожайнов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 119 – 123.
323. Бганцев, В. Н. Анализ показателей работы дизеля по замкнутому циклу в составе когенерационной установки [Текст] / В. Н. Бганцев, В. П. Мараховский // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 1. – С. 26 – 29.
324. Бганцев, В. Н. Оценка чувствительности биодизельного топлива к магнитной обработке по изменению цетанового числа [Текст] / В. Н. Бганцев // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 23. – С. 117 – 119.
325. Бганцев, В. М. Підвищення ефективності конденсації водяної пари з відпрацьованих газів дизеля безвикидної автотранспортної енергоустановки [Текст] / В. М. Бганцев // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 28. – С. 58 – 61.

326. Бганцев, В. Н. Исследование коррозионной активности бензоэтанолов различного состава, полученных с использованием новых технологий [Текст] / В. Н. Бганцев, В. Н. Киреева // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета [Текст]: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 60. – С. 118 – 122.

327. Бганцев, В. Н. Снижение расхода кислорода при осуществлении замкнутого цикла работы дизеля с механическим удалением избыточных продуктов сгорания топлива [Текст] / В. Н. Бганцев // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 56. – С. 97 – 101.

328. Бганцев, В. Н. Результаты испытаний дизеля на смесях дизельного топлива и биодобавки из побочных продуктов масложирового и спиртового производств [Текст] / В. Н. Бганцев, В. П. Мараховский, С. П. Хожайнов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 119 – 123.

329. Бганцев, В. Н. Основные направления адаптации транспортных двигателей к бензоспиртовым допливам [Текст] / В. Н. Бганцев // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 35. – С. 106 – 109.

330. Шеховцов, Ю. И. Исследование термокаталитической регенерации сажевого фильтра дизелей [Текст] / Ю. И. Шеховцов, Л. С. Заиграев // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 2. – С. 57 – 59.

331. Клименко, О. М. Експериментальне дослідження можливості покращення еколого-економічних показників та надійності транспортного дизеля [Текст] / О. М. Клименко, В. О. Пильов, С. В. Обозний // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 2. – С. 35 – 40.

332. Argun, Shch. Types of alternative energy and prospects for their use in Ukraine [Текст] / Shch. Argun // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 35. – С. 29 – 35.

333. Сериков, С. А. Адаптивное управление силовой установкой гибридного автомобиля [Текст] / С. А. Сериков // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 35. – С. 48 – 59.

334. Воронков, А. И. Изменение энергетических индикаторных показателей пневмодвигателя по скоростным характеристикам без подогрева заряда на впуске [Текст] / А. И. Воронков // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 35. – С. 94 – 99.

335. Экспериментальный комплекс для контроля эффективности процессов очистки отработавших газов дизельных двигателей в каталитических нейтрализаторах [Текст] / А. Л. Новоселов, В. В. Бразовский, Г. В. Медведев, Д. С. Печенникова // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2010. – № 1. – С. 76 – 79.

336. Мальберт, А. А. Метод исследования качества очистки газов в каталитическом нейтрализаторе дизельного двигателя [Текст] / А. А. Мальберт, В. В. Бразовский, Г. В. Медведев // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2010. – № 1. – С. 80 – 86.

337. Диапазон рабочих температур катализаторов для очистки отработавших газов дизелей [Текст] / А. А. Мальберт, М. Л. Тихомиров, Г. В. Медведев, Б. Ф. Бекбаев // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2009. – № 1-2. – С. 93 – 98.

338. Бразовский, В. В. Параметры, влияющие на качество очистки отработавших газов дизелей [Текст] / В. В. Бразовский, Г. М. Кашкаров // Ползуновский альманах. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2011. – № 4. – С. 197 – 205.

339. Методика определения удельного гидравлического сопротивления пористых СВС-материалов [Текст] / В. В. Евстигнеев, Д. В. Колесников, В. И. Пролубников и др. // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2005. – № 2. – С. 227 – 231.

340. Евстигнеев, В. В. Использование оптического метода зондирования для определения качества фильтрования конденсированных фаз в пористых СВС-структурах [Текст] / В. В. Евстигнеев, Ж. М. Исаева // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2005. – № 2. – С. 232 – 235.

341. Исаева, Ж. М. Приборный комплекс для анализа дисперсного состава и концентрации конденсированной фазы отработавших газов в процессах фильтрации СВС-материалами [Текст] / Ж. М. Исаева // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2005. – № 2. – С. 236 – 237.

342. Евстигнеев, В. В. Теоретические модели и экспериментальные методы исследования механизма формирования тепловой структуры в волне горения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [Текст] / В. В. Евстигнеев, П. Ю. Гуляев, В. И. Иордан // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2005. – № 1. – С. 313 – 320.

343. Оценка эффективности использования металлокерамических фильтров для очистки технических взвесей от жидкостей [Текст] / В. В. Евстигнеев, С. В. Кожурин, В. Н. Красов и др. // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2005. – № 1. – С. 321 – 324.

344. Угнефук, А. А. Твердые частицы в отработавших газах дизелей [Текст] / А. А. Угнефук, А. Л. Новоселов // Ползуновский альманах. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2009. – № 3. – С. 331.

345. Моделирование процессов очистки отработавших газов химических производств и дизельных агрегатов от твердых частиц свс-фильтрами [Текст] / В. В. Евстигнеев, А. Л. Новоселов, В. И. Пролубников, Н. П. Тубалов // Известия Томского политехнического университета. – Томск: ТПУ, 2005. – Т. 308. – № 1. – С. 138 – 143.

346. Бразовский, В. В. Дисперсный состав конденсированной фазы в продуктах сгорания в ДВС [Текст] / В. В. Бразовский // Электронный физико-техн. журн. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2006. – Т. 1. – С. 63 – 75.

347. Бразовский, В. В. Исследование процессов многоступенчатой очистки [Текст] / В. В. Бразовский // Электронный физико-техн. журн. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2008. – Т. 3. – С. 26 – 34.

348. Бразовский, В. В. Комплексный контроль параметров отработавших газов в различных сечениях каталитических нейтрализаторов [Текст] / В. В. Бразовский // Электронный физико-техн. журн. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2009. – Т. 4. – С. 12 – 22.

349. Голографический метод исследования дисперсного состава аэрозоля [Текст] / В. В. Бразовский, В. А. Вагнер, В. В. Евстигнеев и др. // Горизонты образования, 2006. – № 8. – С. 1 – 9.

350. Распределение твердых частиц выхлопных газов по размерам [Текст] / В. В. Бразовский, В. А. Вагнер, В. В. Евстигнеев // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2006. – № 4. – С. 187 – 193.

351. Механические напряжения тепловой природы в изделиях из СВС- материалов [Текст] / П. Ю. Гуляев, В. В. Евстигнеев, Д. В. Колесников и др. // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2005. – № 2. – С. 230 – 231.

353. Внукова, Н. В. Шумове забруднення приміських територій як фактор впливу на здоров'я населення [Текст] / Н. В. Внукова, Г. М. Желванович // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 13 – 15.

354. Внукова, Н. В. Можливість оцінки ризику забруднення атмосферного середовища та ґрунтів придорожного простору автодоріг [Текст] / Н. В. Внукова, Г. М. Желновач, О. С. Карпенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 11 – 14.

355. Внукова, Н. В. Оцінка ризику акустичного та вібраційного забруднення придорожного простору ділянки автомобільної дороги [Текст] / Н. В. Внукова, Г. М. Желновач, Н. В. Пархін // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 15 – 18.

356. Внукова, Н. В. Оцінка автомобільної дороги з точки зору її екологічної безпеки [Текст] / Н. В. Внукова, Г. М. Желванович, Т. В. Подгорна // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 108 – 111.

357. Внукова, Н. В. Показники впливу комплексу АДС на навколишнє середовище і методи їх оцінки [Текст] / Н. В. Внукова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 51. – С. 173 – 179.

358. Внукова, Н. В. Вибір екологічно значимих параметрів автотранспортних систем для оцінки екологічної небезпеки придорожного простору [Текст] / Н. В. Внукова, Г. М. Желновач // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – №2 (12). – С. 119 – 123.

359. Желновач, Г. М. Аналіз втілення природоохоронних вимог при оцінці впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище [Текст] / Г. М. Желновач // Вестник Харьковського національного автомобільно-дорожного університета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып.48. – С. 29 – 32.

360. Желновач, Г. М. Комплексний екологічний моніторинг автомобільних доріг України [Текст] / Г. М. Желновач // Вестник Харьковського національного автомобільно-дорожного університета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 15 – 18.

361. Экологическое совершенствование дизелей путем использования водотопливных эмульсий [Текст] / А. П. Кудряш, П. Я. Перерва, В. Н. Киреева, А. А. Потапченко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 2. – С. 6 – 10.

362. Мараховский, В. П. Низкотемпературный пуск форсированных дизельных двигателей [Текст] / В. П. Мараховский // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 2. – С. 135 – 138.

363. Нейтрализация отработавших газов дизелей с помощью плазменной технологии [Текст] / Ю. С. Бородин, П. Я. Перерва, А. П. Кудряш и др. // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2000. – Вип. 19. – С. 11 – 13.

364. Шапко, С. В. Забезпечення стабільності екологічних характеристик автомобіля, обладнаного каталітичним нейтралізатором, в умовах експлуатації [Текст] / С. В. Шапко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 8 (1117). – С. 82 – 88.

365. Шапко, С. В. Показники оцінки стабільності екологічних характеристик автомобіля з каталітичним нейтралізатором відпрацьованих газів [Текст] / С. В. Шапко, В. Ф. Шапко // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 1 (11). – С. 78 – 80.

366. Шапко, С. В. Методика експериментальних досліджень екологічних показників дизельних автомобілів [Текст] / С. В. Шапко, В. Ф. Шапко, А. І. Атамась // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 1 (11). – С. 81 – 85.

367. Шапко, В. Ф. Покращання екологічності автомобіля з дизелем під час зупинок з працюючим двигуном використанням біопалива [Текст] / В. Ф. Шапко // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2013. – № 2 (16). – С. 107 – 110.

368. Шапко, В. Ф. Математичне моделювання газодинамічних і очисних властивостей автомобільного нейтралізатора з каталітичним блоком [Текст] / В. Ф. Шапко, С. В. Шапко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2006. – № 5 (40). Ч. 1. – С. 91 – 93.

369. Шапко, С. В. Дослідження стабільності екологічних показників дизельного автомобіля з каталітичним нейтралізатором [Текст] / С. В. Шапко, В. Ф. Шапко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 1 (54). Ч. 1. – С. 89 – 92.

370. Шапко, В. Ф. Методика експериментальних досліджень впливу іонізації відпрацьованих газів на екологічні показники автомобіля, оснащеного каталітичним нейтралізатором [Текст] / В. Ф. Шапко, С. В. Шапко, А. І. Атамась // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 2 (67). – Ч. 1. – С. 136 – 139.

371. Екологічні показники дизельних двигунів з різними умовами сумішоутворення під час роботи на біодизельному паливі [Текст] / А. І. Атамась, В. Ф. Шапко, С. М. Черненко, В. Г. Семенов // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 3 (68). Ч. 1. – С. 137 – 140.

372. Атамась, А. І. Підвищення екологічних показників дизельного автомобіля під час використання біодизельного палива [Текст] / А. І. Атамась, В. Ф. Шапко, С. В. Шапко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 3 (74). Ч. 1. – С. 126 – 130.

373. Шапко, В. Ф. Метод розрахунку екологічних характеристик автомобіля [Текст] / В. Ф. Шапко, А. І. Атамась, С. В. Шапко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – № 3 (80). – С. 180 – 185.

374. Атамась, А. І. Результати досліджень екологічних характеристик автомобіля з дизелем під час використання біопалива [Текст] / А. І. Атамась // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2013. – № 2 (16). – С. 60 – 64.

375. Тропина, А. А. Об разование оксидов азота при диффузионном горении метановоздушной смеси [Текст] / А. А. Тропина // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2005. – № 1. – С. 30 – 34.
376. Тропина, А. А. Математическое моделирование взаимодействия дугового разряда с турбулентным потоком газа [Текст] / А. А. Тропина. // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 1. – С. 150 – 158.
377. Снижение токсичности двигателей путем совершенствования процесса воспламенения [Текст] / А. А. Тропина, А. П. Кузьменко, В. И. Стаценко, Г. В. Майстренко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 24. – С. 50 – 56.
378. Gorbik, Y. Main directions of increase of ecological safety of motor transport [Текст] / Y. Gorbik, E. Voronova, N. Vnukova // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 58 – 60.
379. Karlina, A. Ecology-economical analysis of road transport gaseous energy carrier [Текст] / A. Karlina, E. Voronova, P. Kanilo // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 23. – С. 104 – 108.
380. Sukhorukov, I. The perspective solution of problems of wastes treatment in megapolises of Ukraine [Текст] / I. Sukhorukov, E. Voronova, N. Gorokh // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 41. – С. 137–139.
381. Statilko, M. Improvement of ecological situation in Ukraine by utilization of worn out tires [Текст] / M. Statilko, E. Voronova, E. Pozdrjakova // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 41. – С. 137 – 139.
382. Voronova, Ye. The role of motor vehicles in creation of unfavorable situation in cities [Текст] / Ye. Voronova, P. Kanilo, I. Kurilo // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 45. – С. 22 – 24.
383. Voronova, Ye. Substantiation of necessary of performing regular monitoring resercheas of the Azov See water pollution by oilproductes [Текст] / Ye. Voronova, A. Volekhan // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 45 – С. 25 – 27.
384. Voronova, Ye. Estimation method of highway impact on atmospheric air state of roadside area [Текст] / Ye. Voronova, O. Kapenko // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 19 – 21.
385. Voronova, Ye. Highway as a source of negative impact on environment [Текст] / Ye. Voronova, T. Podgorna // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 22 – 24.
386. Yurchenko, V. Detoxication of petrochemicals in soil ecosystems of roadside area [Текст] / V. Yurchenko, Ye. Voronova // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 41 – 43.
387. Корогодский, В. А. Оценка показателей рабочих процессов двигателя с искровым зажиганием и непосредственным впрыскиванием углеводородных топлив различного состава [Текст] / В. А. Корогодский, С. В. Обозный, В. Г. Степанко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2005. – № 1. – С. 21 – 25.
388. Ерощенко, С. А. Анализ экономических и экологических показателей двухтактного двигателя ДН-4М с карбюратором и непосредственным впрыском топлива [Текст] / С. А. Ерощенко, В. А. Корогодский, О. В. Василенко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 1. – С. 70 – 75.
389. Экспериментальные исследования двигателя с искровым зажиганием и непосредственным впрыскиванием топлива при работе на бензо-этанольной смеси [Текст] / С. А. Ерощенко, В. А. Корогодский, А. А. Каграманян и др. // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 1. – С. 8 – 10.
390. Корогодский, В. А. Повышение топливно-экологических показателей двухтактного ДВС с искровым зажиганием за счет совершенствования процессов внутреннего смесеобразования [Текст] / В. А. Корогодский // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 2. – С. 23 – 26.
391. Кабанов, О. М. Адаптація методики розрахунку нерівноважного хімічного складу продуктів згоряння газового двигуна з іскровим запалюванням [Текст] / О. М. Кабанов, О. О. Приходькін // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 31. – С. 71 – 76.

392. Драгобецкий, В. В. Экологическая безопасность и устойчивость процесса импульсного формоизменения листовых деталей ДВС замкнутой формы [Текст] / В. В. Драгобецкий, В. М. Шмандий, Е. В. Харламова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 1. – С. 96 – 99.
393. Оценка эффективности применения глушителей шума со слоем дисперсного материала в системе управления экологической безопасностью [Текст] / В. М. Шмандий, В. С. Полищук, Д. В. Полищук, Е. О. Котенко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – № 6 (83). – С. 135 – 139.
394. Мальований, М. С. Оцінка впливу поля вітру та коефіцієнта турбулентності при моделюванні розповсюдження викидів в атмосфері [Текст] / М. С. Мальований, Г. В. Сакалова, Н. Ю. Черномаз // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № (66). Ч. 1. – С. 14 – 144.
395. Пляцук, Л. Д. Моделювання поширення викидів від автотранспорту у селітебних територіях міст [Текст] / Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, І. В. Васькіна // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 2 (12). – С. 36 – 38.
396. Оцінка викидів шкідливих речовин від автотранспортних засобів [Текст] / Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, В. О. Соляник, І. В. Васькіна // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 2 (12). – С. 116 – 118.
397. Бойко, В. В. Аналіз методів математичного моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері [Текст] / В. В. Бойко, Л. Д. Пляцук // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2010. – № 6 (65). – Ч. 1. – С. 148 – 151.
398. Біоіндикаційна оцінка впливу техногенного навантаження від забруднення атмосферного повітря в умовах змін промислової інфраструктури регіону [Текст] / В. В. Бойко, Л. Д. Пляцук, Л. Г. Філатов, І. О. Трунова // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 2 (73). – Ч. 1. – С. 150 – 153.
399. Дослідження стану забруднення атмосферного повітря в умовах змін сучасної забудови населених міст [Текст] / В. С. Бахарєв, О. Л. Корцова, В. В. Костиця, Д. В. Маринін // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ ім. М. Остроградського, 2012. – № 1 (13). – С. 43 – 47.
400. Саньков, П. М. Рекомендації щодо організації екологічно безпечного розміщення місць паркування для транспортних засобів з урахуванням фактору шуму [Текст] / П. М. Саньков, Н. О. Ткач, В. С. Бахарєв // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2014. – № 2 (18). – С. 35 – 42.
401. Дейна, І. П. Способи та методи оцінки зниження рівнів шумового забруднення атмосферного повітря [Текст] / І. П. Дейна, В. С. Бахарєв, О. І. Єлізаров // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 2 (73). Ч. 1. – С. 154 – 156.
402. Бахарєв, В. С. Підвищення рівня екологічної безпеки при проектуванні та експлуатації автостоянок торговельних центрів [Текст] / В. С. Бахарєв, О. Л. Корцова, М. К. Журавська // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – № 4 (87). – С. 140 – 145.
403. Улучшение экологических показателей двухтактного форсированного дизеля за счет интенсификации процесса топливоподачи [Текст] / Ю. С. Бородин, П. Я. Перерва, Ю. П. Долгополов и др. // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2002. – № 1. – С. 25 – 28.
404. Иванов, В. А. Комплексная оптимизация ходкости малых судов и их двигательных комплексов по экономическим и экологическим критериям [Текст] / В. А. Иванов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 1. – С. 10 – 13.
405. Экологические показатели 2-х и 4-х тактных форсированных двигателей военно-гусеничных машин [Текст] / Н. К. Рязанцев, В. З. Бычков, П. Я. Перерва, Г. В. Щербаненко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 1. – С. 52 – 54.
406. Дьяченко, В. Г. Дизель или двигатель с искровым зажиганием? [Текст] / В. Г. Дьяченко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 1. – С. 27 – 29.

407. Матиевский, Д. Д. Влияние степени эффективного использования воздушного заряда цилиндра дизеля на сажевыделение и индикаторный КПД [Текст] / Д. Д. Матиевский, А. Е. Свистула // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 2. – С. 53 – 57.

408. Пути улучшения экологических показателей работы двухтактного дизельного двигателя типа 6ТД с регулируемым давлением наддува [Текст] / П. Е. Куницын, Н. А. Шевченко, А. Ф. Доровской, А. Г. Крушедольский // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2004. – № 2. – С. 63 – 66.

409. Методика оценки уровня экологической безопасности и экологического совершенства двигателя транспортного средства [Текст] / Л. П. Клименко, О. Ф. Прищепов, В. И. Андреев, А. П. Гожий // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2005. – № 1. – С. 17 – 21.

410. Столяренко, Г. С. Озонный метод снижения токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Г. С. Столяренко, А. В. Громыко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2005. – № 1. – С. 47 – 53.

411. Примиский, В. Ф. Газоаналитический микропроцессорный комплекс контроля отработавших газов [Текст] / В. Ф. Примиский // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2005. – № 1. – С. 111 – 117.

412. Шокотов, Н. К. Эффективность химически чистого автомобильного двигателя без наддува на различных топливах [Текст] / Н. К. Шокотов, Е. И. Янтовский // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2006. – № 2. – С. 67 – 77.

413. Мищенко, Н. И. Влияние степени сжатия и разделенной топливоподачи на содержание СО и NO_x в отработавших газах двухтактного бензинового двигателя [Текст] / Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, С. Н. Крамарь // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2006. – № 2. – С. 109 – 113.

414. Романов, В. А. Повышение мощностных, экономических и экологических показателей поршневых ДВС путем использования систем аккумулирования энергии [Текст] / В. А. Романов, В. С. Кукис // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 1. – С. 53 – 57.

415. Клименко, Л. П. Методологические аспекты решения проблемы повышения экологической безопасности двигателей внутреннего сгорания технологическими методами [Текст] / Л. П. Клименко, О. Ф. Прищепов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2007. – № 1. – С. 96 – 101.

416. Трунов, О. М. Программе забезпечення для визначення складу пального та викидних газів за даними спектрограм [Текст] / О. М. Трунов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: НТУ «ХПИ», 2007. – № 1. – С. 137 – 140.

417. Матиевский, Д. Д. Уменьшение токсичности выбросов с отработавшими газами перспективных тракторных дизелей серии Д-3040 [Текст] / Д. Д. Матиевский, А. Е. Свистула, А. С. Фролкин // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2008. – № 1. – С. 153 – 155.

418. Тимошевский, Б. Г. Моторные свойства альтернативных топлив, полученных из отходов полимеров [Текст] / Б. Г. Тимошевский, М. Р. Ткач // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 83 – 88.

419. Иващенко, Н. А. Технология питания автомобильного дизеля смесями с использованием диметилового эфира [Текст] / Н. А. Иващенко, Л. В. Грехов, А. А. Жердев // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 89 – 91.

420. Горбов, В. М. Комплексний критерій ефективності застосування альтернативних палив в СЕУ [Текст] / В. М. Горбов, В. С. Мітенкова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 1. – С. 123 – 127.

421. Кулманов, С. П. Биотоплива для дизелей: направления и основные результаты исследований [Текст] / С. П. Кулманов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 1. – С. 85 – 87.

422. Шашев, А. В. Особенности топливоподачи и сгорания топлив на основе рапсового масла [Текст] / А. В. Шашев // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 1. – С. 32 – 35.

423. Матиевский, Д. Д. Обеспечение перспективных экологических норм ДВС за счет применения смесевых биотоплив [Текст] / Д. Д. Матиевский, С. С. Кулманов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 1. – С. 96 – 98.

424. Грабовский, А. А. Способ повышения экономических и экологических показателей поршневых двигателей [Текст] / А. А. Грабовский, И. И. Артемов // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 1. – С. 88 – 92.

425. Кукис, В. С. Особенности рабочего процесса дизеля с пневматическим распыливанием топлива [Текст] / В. С. Кукис, В. А. Романов, Ю. А. Постол // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 1. – С. 131 – 138.

426. Горбов, В. М. Оценка выбросов диоксида углерода судовыми дизельными установками [Текст] / В. М. Горбов, В. С. Митенкова // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 2. – С. 92 – 96.

427. Осипов, К. Н. Расчет длительности впрыскивания топлива для снижения концентрации токсичных компонентов в продуктах сгорания дизелей [Текст] / К. Н. Осипов, Е. Л. Первухина, Ю. Л. Рапацкий // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 80 – 83.

428. Дослідження системи передпускового розігріву газового двигуна на основі використання теплового акумулятора з теплоакumulюючим матеріалом, що має фазовий перехід [Текст] / В. С. Вербовський, І. В. Грицук, Д. С. Адров, З. І. Краснокутська // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 110–115.

429. Оксень, Д. Е. Исследование процесса формирования виброакустического поля в механизмах двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Д. Е. Оксень, Е. И. Оксень // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 116 – 121.

430. Samoilenko, D. E. New design of the tractor exhaust muffler based on Computational fluid dynamics analysis [Текст] / D. E. Samoilenko // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 72 – 75.

431. Морозова, В. С. Прогнозирование содержания сажи в отработавших газах дизеля с использованием оценки эффективности сгорания [Текст] / В. С. Морозова, В. С. Гун, В. Л. Поляцко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 2. – С. 105 – 109.

432. Ведь, М. В. Организация рабочего процесса в камере сгорания ДВС в присутствии каталитических материалов [Текст] / М. В. Ведь, Н. Д. Сахненко, Е. В. Богоявленская // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 2. – С. 109 – 111.

433. Яманин, А. И. Численное моделирование виброактивности поршневых двигателей с продолженным расширением рабочего тела [Текст] / А. И. Яманин, В. А. Жуков // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 1. – С. 27 – 30.

434. Оксень, Д. Е. Исследование влияния технического состояния пары кривошип-шатун на характер вибрации корпуса двигателя [Текст] / Д. Е. Оксень, Е. И. Оксень // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 1. – С. 78 – 83.

435. Формирование каталитически активных покрытий на рабочих поверхностях камер сгорания ДВС [Текст] / М. В. Ведь, Н. Д. Сахненко, Д. С. Андрощук, Т. П. Ярошок // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 2. – С. 73 – 75.

436. Особливості передпускового прогріву стаціонарного газового двигуна з використанням теплового акумулятора з фазовим переходом [Текст] / В. С. Вербовський, І. В. Грицук, Д. С. Адров, З. І. Краснокутська // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 2. – С. 85 – 90.

437. Безюков, О. К. Анализ перспективности газопоршневых ДВС [Текст] / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. И. Яценко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 2. – С. 45 – 51.
438. Горбачов, П. Ф. Аналіз забрудненості повітря транспортними потоками [Текст] / П. Ф. Горбачов, О. О. Холодова // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 77 – 81.
439. Електромагнітні забруднення біосфери автотранспортом (автомобілі, електроавтомобілі, гібридні автомобілі) [Текст] / С. Е. Селиванов, В. В. Філенко, А. В. Бажинов, Э. Н. Будянская // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 25. – С. 24 – 32.
440. Бажинов, А. В. Улучшение экономических и экологических автомобиля в режиме принудительного холостого хода [Текст] / А. В. Бажинов, В. Я. Двядненко, А. В. Колесников // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 25. – С. 141 – 144.
441. Бажинов, А. В. Методика определения основных параметров электросилового установки гибридного автомобиля [Текст] / А. В. Бажинов, А. С. Паникарский, В. С. Боженков // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 25. – С. 145 – 150.
442. Кравченко, А. П. Солнечные элементы питания на автомобильном транспорте. Современное состояние и перспективы использования [Текст] / А. П. Кравченко, Д. В. Дуба, Е. А. Верительник // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 25. – С. 151 – 154.
443. Венцель, Є. С. Механізм протизносної та антифрикційної дії кондиціонера Tech-Lube у складі дизельного палива [Текст] / Є. С. Венцель, О. С. Голубов, В. М. Криворотько // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 25. – С. 174 – 177.
444. Транспортний засіб із пневматичною силовою установкою на базі автомобіля ВАЗ-2104 [Текст] / А. І. Воронков, І. М. Нікітченко, А. В. Подоляка й ін. // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 28. – С. 75 – 80.
445. Ворона, А. В. До вибору їздового циклу гібридного автомобіля [Текст] / А. В. Ворона // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 29. – С. 277 – 330.
446. Савенков, Н. В. Оптимізація режиму роботи двигуна й безступеневої трансмісії автомобіля на основі комплексного паливно-екологічного критерію [Текст] / Н. В. Савенков // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 29. – С. 235 – 238.
447. Кривоконь, О. Г. Стратегія та перспективи розвитку легкового автомобілебудування в Україні [Текст] / О. Г. Кривоконь, А. І. Бондаренко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 30. – С. 23 – 28.
448. Літовка, С. В. Вплив технічного стану гідроприводу трансмісії зернозбирального комбайна на викиди забруднювальних речовин [Текст] / С. В. Літовка, М. О. Сабліна, М. І. Кулик // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 30. – С. 33 – 37.
449. Сараєва, І. Ю. Діагностування стану роботи каталітичного нейтралізатора вихлопної системи автомобіля [Текст] / І. Ю. Сараєва, А. О. Глухов // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 30. – С. 38 – 44.
450. Сорока, М. Л. Використання текстильних відходів як сорбентів для ліквідації розливів нафтопродуктів на транспорті [Текст] / М. Л. Сорока, Л. О. Яришкіна // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 31. – С. 129 – 135.
451. Радкевич, М. В. Выявление значимости некоторых факторов, влияющих на загрязнение воздуха автомобильно-дорожным комплексом [Текст] / М. В. Радкевич // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 32. – С. 106 – 110.
452. Мотлохов, А. В. Направления улучшения показателей современных ДВС [Текст] / А. В. Мотлохов // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 32. – С. 47 – 50.
453. Лежнева, О. І. Результати дослідження забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом на вулицях м. Харкова [Текст] / О. І. Лежнева // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2013. – Вып. 33. – С. 110 – 114.
454. Угненко, Є. Б. Експериментальні дослідження з урахування охорони навколишнього природного середовища при реконструкції автомобільних доріг [Текст] / Є. Б. Угненко, О. М. Ужвієва // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 41. – С. 132 – 134.

455. Пути решения проблемы загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом в мегаполисах [Текст] / С. В. Бахмутов, В. В. Селифонов, В. В. Ломакин, К. Е. Карпухин // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 42. – С. 28 – 35.

456. Вальтер, Г. А. Біоіндикація та екологічне нормування навантаження викиду автотранспорту за допомогою рослинних співтовариств [Текст] / Г. А. Вальтер // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 10 – 12.

457. Дяченко, О. В. Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря на міських магістралях від автомобільного транспорту з урахуванням організації руху [Текст] / О. В. Дяченко, Л. О. Коваленко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 16 – 19.

458. Лежнева, О. І. Оцінка забруднення навколишнього середовища при функціонуванні автобусних маршрутів на територіях великого міста [Текст] / О. І. Лежнева // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 20 – 22.

459. Позднякова, Е. И. Сравнительный анализ свойств твердых и газообразных продуктов пиролиза автопокрышек и оценка возможности их применения в качестве топлива [Текст] / Е. И. Позднякова, О. А. Шапарь, О. С. Половинка // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 23 – 25.

460. Шпачук, В. П. Модель функціонування системи «людина–автомобіль–дорога–приземний простір» у замкненому стані [Текст] / В. П. Шпачук, Т. М. Григорова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 26 – 28.

461. Юрченко, В. А. Исследование влияния автомобильной дороги на экосистемы придорожного пространства [Текст] / В. А. Юрченко, Л. С. Михайлова, М. В. Беспалова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 29 – 32.

462. Вольвач, М. В. Влияние геометрических параметров автомобильных дорог на загрязнение атмосферного воздуха [Текст] / М. В. Вольвач, А. Г. Батракова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 33 – 35.

463. Нечитайло, Н. А. Использование ЭкоГИС при экологической оценке проектов автомобильных дорог [Текст] / Н. А. Нечитайло // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 40 – 43.

464. Поваляева, А. В. Прогнозування рівня забруднення ґрунтів важкими металами на придорожніх територіях за допомогою математичної моделі [Текст] / А. В. Поваляева // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 48 – 51.

465. Сень, Є. В. Вплив автомобільно-дорожнього комплексу на техногенну безпеку Харківщини [Текст] / Є. В. Сень, А. Л. Шаповалов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 52 – 54.

466. Тимченко, И. И. Научные основы эффективного применения биотоплив в ДВС как альтернативных моторных [Текст] / И. И. Тимченко, Д. И. Тимченко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2008. – Вып. 43. – С. 132 – 135.

467. Каталитические материалы на основе сплавов Co–W, Ni–W, Co–Mo, Fe–Co для экотехнологий [Текст] / Т. Н. Байрачная, В. О. Савченко, В. В. Штефан и др. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2009. – Вып. 44. – С. 111 – 114.

468. Батракова, А. Г. Оценка акустического загрязнения от автомобильного транспорта [Текст] / А. Г. Батракова, А. Н. Вольнович // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 7 – 10.

469. Коваленко, Л. О. Забруднення атмосферного повітря придорожного простору від автомобільного транспорту [Текст] / Л. О. Коваленко, Ю. К. Сідак // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 33 – 36.

470. Кожемякин, Г. Б. Исследование процесса гетерогенного окисления углеродсодержащих компонентов промышленных газов на интерметаллидных катализаторах [Текст] / Г. Б. Кожемякин, К. В. Савела, В. Г. Рышков // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 60 – 63.
471. Позднякова, О. І. Визначення можливостей застосування піролізної рідини від автопокришок для отримання альтернативного дизельного палива [Текст] / О. І. Позднякова, О. В. Шапар, І. Ю. Ширяєва // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 77 – 80.
472. Захаренков, В. В. Влияние широкополосного транспортного шума на работоспособность водителя [Текст] / В. В. Захаренков, А. Л. Шаповалов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 116 – 121.
473. Шаповалов, А. Л. Кількісна оцінка забруднення навколишнього природного середовища в Україні [Текст] / А. Л. Шаповалов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 48. – С. 185 – 188.
474. Смирнов, О. П. Шляхи вдосконалення гібридних силових установок автомобілів [Текст] / О. П. Смирнов, О. І. Репницький // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 49. – С. 26 – 28.
475. Карнаух, М. В. Розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування етилових ефірів жирних кислот рослинних олій [Текст] / М. В. Карнаух // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 49. – С. 47 – 51.
476. Кіценко, Ю. О. Розрахунок викидів одиночного джерела домішок за допомогою функцій Гріна [Текст] / Ю. О. Кіценко, Л. М. Кіценко, О. Б. Кіценко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 49. – С. 133 – 138.
477. Селіванов, С. Є. Екологічні проблеми Харкова – транспортний аспект [Текст] / С. Є. Селіванов, О. В. Бажинов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 49. – С. 143 – 153.
478. Гецович, Е. М. Пути снижения экологической нагрузки в транспортных системах мегаполисов [Текст] / Е. М. Гецович, М. А. Казакова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 50. – С. 22 – 24.
479. Гецович, Е. М. Методика экспериментальной оценки зависимости транспортной экологической нагрузки от режимов движения [Текст] / Е. М. Гецович, М. А. Казакова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 50. – С. 25 – 29.
480. Гриценко, А. В. Водневі технології – інноваційна складова енергетичної стратегії України [Текст] / А. В. Гриценко, В. В. Соловей // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 51. – С. 162 – 166.
481. Гриценко, А. В. Роль інноваційних технологій індустріального симбіозу у вирішенні проблеми техногенної безпеки територіально-промислових комплексів [Текст] / А. В. Гриценко, В. В. Соловей // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2010. – Вып. 51. – С. 167 – 172.
482. Лежнева, О. І. До питання екологічних аспектів дорожньо-транспортних пригод [Текст] / О. І. Лежнева // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 11 – 14.
483. Коваленко, Л. О. Розрахунок викидів та концентрацій забруднюючих речовин від автомобільного транспорту в атмосферному повітрі [Текст] / Л. О. Коваленко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 19 – 22.
484. Стороженко, М. С. Зниження впливу на навколишнє середовище удосконаленням дорожньо-транспортної системи [Текст] / М. С. Стороженко, Н. С. Арінушкіна, Т. М. Грищенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 35 – 38.
485. Коваленко, О. М. Утилізація відходів теплових електростанцій України, що використовують пиловугільне та рідке паливо [Текст] / О. М. Коваленко, О. М. Касімов,

- О. О. Ковальов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 72 – 77.
486. Позднякова, О. І. Оцінка еколого-економічної привабливості застосування продуктів піролізу шин для альтернативного дизельного палива [Текст] / О. І. Позднякова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 101 – 104.
487. Галушко, Т. І. Підвищення екологічної безпеки на етапі проектування автомобільних доріг [Текст] / Т. І. Галушко, А. Г. Батракова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 52. – С. 133 – 137.
488. Смирнов, П. О. Концептуальні рішення створення екологічно чистих автотранспортних засобів з електроприводом [Текст] / О. П. Смирнов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 54. – С. 52 – 57.
489. Омеляненко, Е. В. Безпека праці при роботі з паливно-мастильними матеріалами [Текст] / Е. В. Омеляненко, О. І. Богатов, В. М. Попов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2012. – Вып. 59. – С. 123 – 125.
490. Доля, В. К. Закономірності зміни рівня автомобілізації в Харкові [Текст] / В. К. Доля, О. О. Лобашов, Д. Л. Бурко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 1. – С. 160 – 163.
491. Тырловой, С. И. К моделированию эксплуатационных режимов высокооборотных дизелей [Текст] / С. И. Тырловой // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 29 (1002). – С. 93 – 99.
492. Ільченко, А. В. Оцінка способу удосконалення фільтра-нейтралізатора відпрацьованих газів дизеля [Текст] / А. В. Ільченко, В. Ю. Балюк, Ю. В. Тростенюк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 29 (1002). – С. 79 – 85.
493. Смирнов, О. П. Розрахунок еквівалентної витрати палива електроавтомобілями у різних раїнах [Текст] / О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський, А. О. Смирнова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 29 (1002). – С. 114 – 119.
494. Смирнова, А. О. Методика оцінки паливної економічності гібридних автомобілів [Текст] / А. О. Смирнова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 30 (1003). – С. 114 – 120.
495. Захарчук, В. І. Оцінка доцільності переведення транспортних засобів на альтернативні палива з технічної та екологічної позицій [Текст] / В. І. Захарчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 30 (1003). – С. 79 – 84.
496. Деркач, В. Л. Визначення впливу передпускового підігріву на показники роботи двигуна в режимі холостого ходу [Текст] / В. Л. Деркач // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 8 (1051). – С. 89 – 92.
497. Ільченко, А. В. Спосіб удосконалення фільтра-нейтралізатора відпрацьованих газів дизеля за допомогою відцентрово-струменевого завихрувача [Текст] / А. В. Ільченко, В. Ю. Балюк, Ю. В. Тростенюк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 8 (1051). – С. 78 – 83.
498. Монастирський, Ю. А. Аналіз парків кар'єрних самоскидів підприємств центральної частини України [Текст] / Ю. А. Монастирський, А. В. Гальченко, А. С. Вівчарик // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 9 (1052). – С. 38 – 42.
499. Смирнов, О. П. Перспективні напрями розвитку сучасного автомобілебудування [Текст] / О. П. Смирнов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. ст.:

серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 9 (1052). – С. 61 – 65.

500. Захарчук, О. В. Покращення екологічних показників колісного трактора використанням газового палива [Текст] / О. В. Захарчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 10 (1053). – С. 27 – 32.

501. Захарчук, В. І. Оцінка перспективності застосування альтернативних палив в технологічних транспортних засобах [Текст] / В. І. Захарчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 8 (1117). – С. 82 – 88.

502. Славін, В. В. Вплив типу системи живлення на екологічні показники автомобіля в умовах експлуатації [Текст] / В. В. Славін, І. В. Манько, А. В. Гунько // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 9 (1118). – С. 69 – 75.

503. Борисенко, А. Н. Современные информационно–измерительные системы вибродиагностики ДВС [Текст] / А. Н. Борисенко, П. С. Обод, О. В. Лавриненко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 39. – С. 132 – 137.

504. Рыкова, И. В. Пути экологизации рабочего цикла ДВС [Текст] / И. В. Рыкова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 31 (1004). – С. 111 – 116.

505. Абляскін, О. І. Методи підвищення паливної економічності та екологічної безпеки автомобілів з дизельними двигунами [Текст] / О. І. Абляскін, Є. В. Курило // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 32 (1005). – С. 3 – 9.

506. Кравцова, Ю. В. Анализ статистических данных загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами [Текст] / Ю. В. Кравцова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 40 (1005). – С. 144 – 149.

507. Кравцова, Ю. В. Влияние загрязнения атмосферы выбросами отработавших газов автомобилей на коррозионный износ металлических конструкций [Текст] / Ю. В. Кравцова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – № 40 (1005). – С. 149 – 154.

508. Лега, Ю. Г. Шляхи покращення очищення димових газів теплоелектростанцій [Текст] / Ю. Г. Лега, О. О. Мислюк, Н. М. Корнелюк // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2008. – № 1. – С. 42 – 50.

509. Каграманян, А. А. Совершенствование технологи диагностирования и экологического контроля маневровых тепловозов [Текст] / А. А. Каграманян, А. Б. Бабанін, Ю. В. Сиротинко // Екологічна безпека. – Кременчук, 2008. – № 1. – С. 100 – 111.

510. Алферов, В. П. Альтернативные дополнения к мерам по проблеме теплового загрязнения биосферы [Текст] / В. П. Алферов // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2008. – № 2. – С. 15 – 21.

511. Применение разнофункционального газогенератора с многофазным разгонным устройством при ликвидации нефтяного загрязнения компонентов геосферы [Текст] / С. В. Епифанов, Ю. А. Гусев, Н. В. Нечипорук и др. // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2008. – № 2. – С. 73 – 77.

512. Калинихин, О. Н. Исследование газообразных продуктов сгорания топливных брикетов [Текст] / О. Н. Калинихин, М. Е. Краснянский, А. И. Панасенко // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2008. – № 2. – С. 95 – 101.

513. Батлук, В. А. Математичне моделювання процесу очищення повітря від пилу у відцентрово-інерційних пиловловлювачах [Текст] / В. А. Батлук, Р. М. Василів, Р. Ю. Сукач // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2008. – № 3 – 4. – С. 17 – 20.

514. Солошич, І. О. Вплив транспортних потоків центральної частини м. Кременчука на рівень забруднення атмосферного повітря [Текст] / І. О. Солошич, О. М. Андрусенко // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 1 (5). – С. 40 – 44.

515. Гурець, Л. Л. Вибір вискоєфективного газоочисного обладнання з метою запобігання забруднення атмосфери [Текст] / Л. Л. Гурець // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 2 (6). – С. 69 – 72.
516. Заславський, О. М. Покращення екологічних характеристик автомобільних палив шляхом вилучення сірковмісних сполук природними сорбентами [Текст] / О. М. Заславський, А. Д. Кустовська // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 3 (7). – С. 64 – 67.
517. Васькіна, І. В. Аналіз впливу автотранспортних засобів на навколишнє середовище в селітебних зонах міст [Текст] / І. В. Васькіна // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 4 (8). – С. 16 – 19.
518. Мозговий, А. М. Підвищення рівня екологічної безпеки на морському транспорті шляхом звукоізоляції приміщень композитними матеріалами [Текст] / А. М. Мозговий // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ ім. М. Остроградського, 2009. – № 4 (8). – С. 20 – 23.
519. Солошич, І. О. Дослідження забруднення повітря транспортними потоками центральної частини м. Банська-Бистриця (Словацька Республіка) [Текст] / І. О. Солошич, В. В. Підліснюк, Е. А. Штрбова // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 4 (8). – С. 43 – 48.
520. Федюкіна, Д. В. Оцінка забруднення нафтопродуктами басейну Південного Бугу та Бузького лиману в Миколаївській області [Текст] / Д. В. Федюкіна, Г. Г. Трохименко // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2010. – № 1 (9). – С. 43 – 48.
521. Войтенко, А. В. Европейський підхід к решению проблем загрязнения и обеспечения качества атмосферного воздуха [Текст] / А. В. Войтенко // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2010. – № 2 (10). – С. 23 – 25.
522. Лазненко, Д. О. Аналіз сучасного стану та шляхи вдосконалення нормування викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Україні [Текст] / Д. О. Лазненко, С. В. Сидоренко, І. Ю. Матюшенко // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 2 (12). – С. 17 – 21.
523. Атаєв, С. В. Оцінка ризику хронічних захворювань населення, викликаних емісіями диоксида азоту (на прикладі вул. Тимірязівської Печерського району м. Києва) [Текст] / С. В. Атаєв // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 2 (12). – С. 106 – 110.
524. Кочанов, Е. О. Оцінка екологічних ризиків пов'язаних з використанням застарілого промислового обладнання й функціонуванням військової індустрії [Текст] / Е. О. Кочанов // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 2 (12). – С. 124 – 127.
525. Мельник, В. М. Заходи підвищення екологічної безпеки автотранспортних підприємств [Текст] / В. М. Мельник, Т. Й. Войцехівська // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ ім. М. Остроградського, 2012. – № 1 (13). – С. 18 – 21.
526. Роїк, І. В. Покращення експлуатаційно-екологічних характеристик автомобільних бензинів за допомогою поверхнево-активних присадок [Текст] / І. В. Роїк, О. І. Василькевич, М. Б. Степанов // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 2 (14). – С. 85 – 89.
527. Мельник, В. М. Дослідження змішувача для утворення паливних сумішей сивушних масел з товарними паливами [Текст] / В. М. Мельник // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2013. – № 2 (16). – С. 93 – 96.
528. Одержання біопалива на основі соапстоку [Текст] / Л. А. Безденежних, Н. О. Перфілова, Т. В. Мартинова, М. І. Сокур // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2014. – № 1 (17). – Ч. 1 – С. 98 – 102.
529. Степук, А. В. Термоэлектродинамическая модель дизельного фильтра с СВЧ регенерацией [Текст] / А. В. Степук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Математичне моделювання у техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – № 13 (1005). – С. 160 – 165.
530. Батлук, В. А. Еколого-економічне обґрунтування впровадження пиловловлювачів [Текст] / В. А. Батлук, Н. М. Параняк, Н. П. Олексів // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. ст.: серія: Математичне моделювання у техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 27. – С. 33 – 44.
531. Корпач, А. О. До визначення оптимальних регульовальних параметрів двигуна при живленні сумішевим бензином з різним вмістом високооктанової кисневмісної добавки [Текст] / А. О. Корпач, А. Г. Говорун, О. М. Захарченко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2006. – № 2 (37). – Ч. 1. – С. 60 – 62.

532. Мосьпан, В. А. Система эконоаналитического контроля параметров атмосферы [Текст] / В. А. Мосьпан, А. В. Берг А. В. // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2006. – № 5 (40). – Ч. 1. – С. 120 – 124.
533. Шейкіна, О. Ю. Акустичне забруднення селітебного середовища міста від транспортних потоків [Текст] / О. Ю. Шейкіна, О. О. Мислюк // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2007. – № 5 (46). – Ч. 1. – С. 144 – 147.
534. Полищук, В. С. Оценка вклада источников шума предприятия и автомагистрали при их совместном действии в шумовое загрязнение атмосферы [Текст] / В. С. Полищук, Д. В. Полищук, Е. О. Котенко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2008. – № 2 (49). – Ч. 2. – С. 133 – 137.
535. Васькін, Р. А. Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря України викидами автотранспорту [Текст] / Р. А. Васькін, І. В. Васькіна // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2009. – № 5 (58). – Ч. 1. – С. 109 – 112.
536. Черепанов, В. П. Машины Стирлинга – энергосбережение и экологические проблемы [Текст] / В. П. Черепанов // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2011. – № 3 (68). – Ч. 1. – С. 141 – 144.
537. Латишев, К. О. Аналіз концепції стабільного розвитку європейської автомобільної промисловості [Текст] / К. О. Латишев // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 2 (73). – Ч. 1. – С. 100 – 103.
538. Шаго, Є. П. Аналіз існуючих технологій термічного знешкодження відходів [Текст] / Є. П. Шаго // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 2 (73). – Ч. 1. – С. 179 – 183.
539. Громико, А. В. Вплив озону на екологічні показники двигуна внутрішнього згорання [Текст] / А. В. Громико, Г. С. Столяренко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 4 (75). – Ч. 1. – С. 145 – 149.
540. Kanianska, R. Potential and risk of Slovak agriculture in second generation biofuels crops production [Текст] / R. Kanianska // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 4 (75). – Ч. 1. – С. 109 – 112.
541. Musial, M. Legal conditions and fiscal policy for using biofuels in poland [Текст] / M. Musial // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 4 (75). – Ч. 1. – С. 123 – 127.
542. Fortunsky, B. The relations between european union energy policy, biofuels of the second generation and sustainable development [Текст] / B. Fortunsky // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 4 (75). – Ч. 1. – С. 118 – 123.
543. Игнатенко, А. С. Использование «зелёной» энергии в республике беларусь [Текст] / А. С. Игнатенко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 4 (75). – Ч. 1. – С. 132 – 134.
544. Sakun, O. Noise pollution of the territory of prydniprovskiy park as a forming factor of environmental hazard [Текст] / O. Sakun // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 6 (77). – С. 101 – 103.
545. Підліснюк, В. В. Екологічні ризики при вирощуванні біопаливних культур [Текст] / В. В. Підліснюк, Я. М. Колісник // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – № 2 (79). – С. 72 – 77.
546. Моделирование процессов очистки отработавших газов химических производств и дизельных агрегатов от твердых частиц СВС-фильтрами [Текст] / В. В. Евстигнеев, А. Л. Новоселов, В. И. Полубников и др. // Известия Томского политехнического университета. – Томск: ТПУ, 2005. – Т. 308. – №1. – С. 138 – 143.
547. Ільченко, А. В. Визначення гідравлічного опору пористого матеріалу фільтруючого елемента фільтра відпрацьованих газів [Текст] / А. В. Ільченко, В. Ю. Балюк // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 29. – С. 148 – 151.
548. Улучшение экологических показателей автомобильных дизелей путем применения водотопливных эмульсий [Текст] / В. Н. Ложкин, Ю. А. Пименов, Р. Н. Сафиуллин, А. А. Акодес // Вопросы охраны атмосферы от загрязнения: информ. бюл. – СПб.: НПК «Атмосфера», 2005. – С. 67 – 76.

549. Кудряш, А. П. Использование водорода для очистки выпускного тракта дизеля от нагароотложений [Текст] / А. П. Кудряш, В. П. Мараховский // Проблемы машиностроения. – Х.: Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 1983. – Вып. 20. – С. 46 – 49.
550. Бразовский, В. В. Приборы и методы исследования параметров дисперсного состава продуктов горения в ДВС [Текст] / В. В. Бразовский, О. В. Бразовская, В. Е. Бразовский // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2008. – 124 с.
551. Распределение твердых частиц выхлопных газов по размерам [Текст] / В. В. Бразовский, В. А. Вагнер, В. В. Евстигнеев и др. // Ползуновский вестник. – Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2006. – № 4. – С. 187 – 193.
552. Взаимосвязь между выбросами сажи и бенз(а)пирена тепловыми двигателями на углеводородном топливе / С. Г. Матвеев, М. Ю. Орлов, И. В. Чечет, А. В. Семенов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С. П. Королева. – Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т им. ак. С. П. Королева, 2009. – № 3 (19). – Часть 2. – С. 210 – 215.
553. Долганов, К. Е. О концепции дизелизации украинских автомобилей [Текст] / К. Е. Долганов // Автошляховик України: окремі випуски. – К.: Укравтодор, 1995. – №5. – С. 12 – 15.
554. Филимонов, А. И. Согласование требований стандартов в части норм и методов определения выбросов вредных веществ [Текст] / А. И. Филимонов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – К.: Укравтодор, 2002. – №5. – С. 5 – 6.
555. Ожерельев, Л. В гармонии с природой [Электронный ресурс] / Л. Ожерельев // Автопарк. – Режим доступа: <http://www.cstore.ru/materials/articles/5>.
556. Взаимосвязь между выбросами сажи и бенз(а)пирена тепловыми двигателями на углеводородном топливе [Текст] / С. Г. Матвеев, М. Ю. Орлов, И. В. Чечет, А. В. Семёнов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т им. ак. С. П. Королева, 2009. – № 3 (19). – Ч. 2. – С. 210 – 213.
557. Мальберт, А. А. Развитие систем каталитической очистки отработавших газов ДВС / А. А. Мальберт, А. А. Новоселов, А. Л. Новоселов // Совершенствование систем автомобилей, тракторов и агрегатов: сб. ст. в 2 ч. – Барнаул: АлтГТУ, 1999. – Ч. 2. – С. 52 – 57.
558. Скляр, Н. В. Анализ проблем совершенствования автотехнических экспертиз дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Н. В. Скляр // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 29. – С. 250 – 254.
559. Рынок автомобилей с пробегом в Украине. Независимое исследование Ассоциации дилеров автомобилей с пробегом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sprobegom.ua.
560. Украинский автопарк начал стареть. Информационно-аналитическая группа AUTO-Consulting [Электронный ресурс]. Опубликовано: 2011-03-01. Режим доступа: <http://www.autoconsulting.ua/news.php?catid=16>.
561. Очистка поверхности водоемов и грунта при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов с применением сорбента на основе терморасширенного графита [Текст] / А. П. Кожан, В. М. Дмитриев, Е. В. Стративнов и др. // Экология и промышленность. – Х.: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2012. – № 4. – С. 33 – 42.
562. Нефтепоглощающий сорбент на основе терморасширенного графита. Исследование термохимической регенерации [Текст] / А. П. Кожан, В. М. Дмитриев, О. Б. Бондаренко и др. // Хімічна промисловість України. – К.: АТ «ВНДІХІМПРОЕКТ», 2007. – № 6. – С. 23 – 28.
563. Manus, W. Electrostatic particulate filter for nanoparticle reduction [Text] / W. Manus, R. Bruck, J. Hogdson // MTZ: Motortechn. Z., 2011. – Vol. 72. – p. 22 – 27.
564. Jeryembek, M. Weisse Weste für den Diesel [Text] / M. Jeryembek // Autofachmann, 2003. – № 4. – С. 8 – 11.
565. Diesel-Partikelfilter in Serie [Text] // KFZ-Betrieb. – 2003. – № 46, – p. 54.
566. Fili, W. Neues innovatives Material für die Filtrationstechnik [Text] / W. Fili // Draht, 2004. – № 1. – p. 25.
567. Knab, C. AKONDIES Abgaskonzept für einen Euro-IV-Pkw-DI-Dieselmotor [Text] / C. Knab, K. Wiedmann, H.-U. Franke, C. Jutka, H. Tschoke, G. Hauser, M. Hojgr, C. Smolenski // MTZ: Motortechn. Z., 2003. – № 11. – С. 960 – 965.
568. Boshart Engineering. Econix Next Generation® DPF-A [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://econixdpf.com>.

569. Компания Volkswagen. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.volkswagen.ua>.
570. Schafer-Sindlinger, A. Filtermaterialien für die additivegestützte und Katalytische Dieselpartikelreduktion [Текст] / A. Schafer-Sindlinger, C. Vogt // MTZ: Motortechn. Z., 2003. – № 3. – С. 200 – 207.
571. Макормик, К. Управляя автомобилем с дизельным двигателем [Электронный ресурс] / К. Макормик // Никель. – 2007. – № 3. – Режим доступа: http://www.nickelinstitute.org/multimedia/magazine/June_2007/Diesel.
572. Семенов, В. Грузовики MAN компании MAN Nutzfahrzeuge [Электронный ресурс] / В. Семенов // Грузовикпресс. – 2007. – № 3. – Режим доступа: <http://www.manservice.ru/articles/1/68.html>.
573. Антонов, В. П. Чистые вилочные погрузчики [Электронный ресурс] / В. П. Антонов // Склад и Техника. – 2005. – № 6. – Режим доступа: http://www.logist.com.ua/warehouse/tehnika/clean_forklifts.htm.
574. Никитин, Р. М. Нейтрализаторы: евро не пахнет [Электронный ресурс] / Р. М. Никитин // За рулем – Украина. – 2001. – № 1. – Режим доступа: http://old.uzr.com.ua/pbs.php?pbl_action=view&pbl_id=615.
575. Volkswagen Service Training. Пособие по программе самообразования 336. Сажевый фильтр с каталитическим покрытием. Устройство и принцип действия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.volkswagen-training-online.com.
576. Заявка № 10219415 ФРГ, МПК⁷ F 01 N 3/021. Abgasfilter zum beseitigen von in dem abgasstrom einer brennkraftmaschine enthaltenen partikeln [Текст] / Karft Franz (ФРГ); HJS Fahrzeugtechnik GmbH & Co (ФРГ). – № 10 219415.7; заявл. 02.05.02; опубл. 20.11.03. – 9 с.
577. Пат. 2075606 РФ, МПК⁶ F 01 N 3/28. Нейтрализатор от работавших газов [Текст] / А. Л. Новоселов, А. А. Новоселов (РФ); Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (РФ). – № 940 20087/ 06; заявл. 31.05.94; опубл. 20.03.97. – 8 с.
578. Заявка 2008123153 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/021. Устройство фракционного фильтра [Текст] / Штигльбауэр Херберт (ФРГ); АРК-Холдинг АГ (Швейцария). – № 2008123 153/06; заявл. 22.12.06; опубл. 27.01.10; приоритет 22.12.05, № 102005062050.7 (Швейцария). – 8 с.
579. Пат. 58845 Украина, МПК⁸ B 01 D 46/24, B 01 D 46/52, F 01 N 3/02. Пристрій для очищення відпрацьованих газів дизельних двигунів [Текст] / А. А. Ткаченко, Ю. І. Катков, С. Б. Кім [та ін.] (Україна); Національна академія оборони України (Україна). – № 2002118893; заявл. 08.11. 02; опубл. 15.08. 03, Бюл. № 8. – 4 с.
580. Пат. 89920 Украина, МПК⁸ B 01 D 53/86, B 01 J 23/76, F 01 N 3/022. Спосіб виготовлення керамічного фільтра [Текст] / П. М. Силенко, О. В. Іщенко, А. М. Шлапак [та ін.] (Україна); Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України (Україна). – № а2009024 83; заявл. 19.03. 09; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5. – 5 с.
581. Пат. 6301887 В1 США, МПК F 02 B 33/34. Low pressure EGR system for diesel engines [Текст] / Alexander Gorel, John Lawrence; Calabrese Engelhart Corporation (NJ, США). – № 09/ 580534; заявл. 26.06.2000; опубл. 16.10.2001. – 17 с.
582. Заявка 2000108783 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/00. Фильтрующий элемент [Текст] / Г. М. Левкин, А. А. Капустин, С. К. Корабельников [и др.] (РФ); Санкт-Петербургский Государственный институт сервиса и экономики (РФ). – № 2000108783/06; заявл. 31.03.00; опубл. 27.08.00. – 8 с.
583. Пат. 2200851 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/021. Сажевый фильтр [Текст] / А. Л. Новоселов, А. А. Мельберт, Н. А. Гулак [и др.] (РФ); Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (РФ). – № 2000130 455/06; заявл. 04.12.00; опубл. 20.03.03. – 7 с.
584. Пат. 2166104 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/28. Многоступенчатый каталитический нейтрализатор дизеля [Текст] / А. Л. Новоселов, А. С. Павлюк, Ю. А. Цехмейструк (РФ); Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (РФ). – № 9911 2879/06; заявл. 15.06.99; опубл. 27.04. 01. – 7 с.
585. Пат. 2189464 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/023. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателей внутреннего сгорания с регенерацией очистки [Текст] / А. В. Угнефук, А. Л. Новоселов, В. В. Яковлев [и др.] (РФ); Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (РФ). – № 2000130828/06; заявл. 08.12.00; опубл. 20.09.02. – 5 с.
586. Пат. 2343961 РФ, МПК⁸ B 01 D 46/52, F 01 N 3/021. Устройство для очистки выхлопных газов [Текст] / Сарай Сусуму, Окавара Сейдзи (Япония); Тойота дзидося кабусики кайся (Япония); Эмитэк гезельшафт фюр эмиссионстехнологи МБХ (ФРГ). – № 2006139958/15; заявл. 12.04.05; опубл. 20.05.08; приоритет 12.04.04, № 2004-117189 (Япония). – 9 с.

587. Пат. 2297544 РФ, МПК⁸ F 01 N 3/00. Нейтрализатор отработавших газов дизеля [Текст] / О. И. Поливаев, В. С. Воищев, В. П. Иванов [и др.] (РФ); Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный аграрный университет им. К. Д. Глинки», Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский военный авиационный инженерный институт» (РФ). – № 2005119855/06; заявл. 27.06.05; опубл. 20.04.07. – 7 с.

588. Пат. 62145 Україна, МПК⁸ F 01 N 3/021, F 01 N 3/035. Сажовий фільтр [Текст] / Л. С. Заіграєв, В. О. Гречка, Ю. Г. Ушаков [та ін.] (Україна); Національна академія оборони України (Україна). – № 2002121066; заявл. 27.12.02; опубл. 15.12.03, Бюл. № 12. – 5 с.

589. Пат. 2183751 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/022. Фильтр для очистки отработавших газов дизеля [Текст] / В. И. Цыпцын, С. В. Истомин, С. А. Гиевой (РФ). – № 2000131037/06; заявл. 14.12.00; опубл. 20.06.02. – 8 с.

590. Пат. 2213230 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/00. Сотовый элемент с адсорбирующим материалом, прежде всего для углеводородной лопушки [Текст] / Брюк Рольф, Хирт Петер (ФРГ); Эмитэк гезельшафт фюр эмиссионстехнологи МБХ (ФРГ). – № 20001277 23/06; заявл. 22.03.99; опубл. 27.09.03; приоритет 22.03.99, № 99/01923 (ФРГ). – 8 с.

591. Пат. 2364732 РФ, МПК⁸ F 01 N 3/022. Фильтр для улавливания частиц с волокнистым слоем из металлических волокон [Текст] / Брюк Рольф, Хирт Петер, Хэрит Томас (ФРГ); Эмитэк гезельшафт фюр эмиссионстехнологи МБХ (ФРГ). – № 20061287 89/06; заявл. 23.12.04; опубл. 20.08.09; приоритет 09.01.04, № 102004001417.5 (ФРГ). – 9 с.

592. Пат. 2338577 РФ, МПК⁸ B 01 D 46/24, F 01 N 3/022. Фильтрующий элемент для фильтрации частиц, содержащихся в выхлопных газах двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Бардон Себастьян (Франция); Сен-Гобен Сантр де Решерш эд Этюд Эропен (Франция). – № 2006104979/15; заявл. 15.07.04; опубл. 20.11.08; приоритет 18.07.03, № 0308776 (Франция). – 12 с.

593. Пат. 2295380 РФ, МПК⁸ B 01 D 46/10, F 01 N 3/022. Теплостойкий слоистый фильтрующий элемент, фильтр и способ его изготовления [Текст] / Брюк Рольф, Ходгзон Ян (ФРГ); Эмитэк гезельшафт фюр эмиссионстехнологи МБХ (ФРГ). – № 20041164 70/15; заявл. 18.10.02; опубл. 20.03.07; приоритет 29.10.01, № 10153283.0 (ФРГ). – 12 с.

594. Пат. 2333788 РФ, МПК⁸ B 01 D 53/94, F 01 N 3/022, B 01 D 39/20. Улавливатель твердых частиц, содержащий волокнистый слой с покрытием [Текст] / Брюк Рольф (ФРГ); Эмитэк гезельшафт фюр эмиссионстехнологи МБХ (ФРГ). – № 2005121123/ 15; заявл. 07.11.03; опубл. 20.09.08; приоритет 05.12.02, № 10257113.9 (ФРГ). – 10 с.

595. Пат. № 7655194 В2 США, Catalyst Substrate Support [Текст] / John P. Muter; DCL International Inc. – № 11/037811; заявл. 18.01.2005; опубл. 20.07.2006.

596. А.с. 1712636 СССР, МКИ F 01 N 3/04. Жидкостный нейтрализатор отработавших газов [Текст] / В. М. Семикин, А. А. Потапенко, А. П. Кудряш и др. (СССР). – № 4732670/06; Заявлено 24.08.89; Опубл. 15.02.92, Бюл. № 6.

597. Пат. на полезную модель 46048 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/021. Устройство для очистки выхлопных газов [Текст] / А. М. Фридкин, Н. П. Гребенщиков, В. М. Сафин [и др.] (РФ); ООО «Акватория» (РФ). – № 2005103320/22; заявл. 10.02.05; опубл. 10.06.05. – 12 с.

598. Пат. 12339 Україна, МПК⁸ F 01 N 3/02. Пристрій для очистки відпрацьованих газів дизельного двигуна внутрішнього згорання [Текст] / Зіґфрід Вернер, Ретер Райзер, Петер Принц (ФРН); Й. Ебершпехер (ФРН)). – № 4742860/SU; заявл. 12.12.89; опубл. 25.12.96; пріоритет 12.06.87, № 87/ 00270 (ФРН), Бюл. № 4. – 9 с.

599. Пат. 2184249 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/02. Каталитический нейтрализатор отработавших газов дизеля [Текст] / В. И. Цыпцын, В. А. Стрельников, А. П. Гришин (РФ). – № 2000117570/06; заявл. 03.07.00; опубл. 27.06.02. – 5 с.

600. Пат. 2438777 РФ, МПК⁶ B01J23/40. Фильтр твердых частиц выхлопных газов дизельного двигателя с каталитическим покрытием, способ его изготовления и применение [Текст] / М. Кегель, М. Пфайфер, Г. Йэске и др. (DE). – № 20091 09744/04; заявл. 17.08.2007; опубл. 10.01.2012; приоритет 19.08.2006. – 7 с.

601. Пат. 2078952 РФ, МПК⁶ F01N3/02. Способ очистки отработавших газов и устройство для его осуществления [Текст]. – № 92016564/06; заявл. 01.07.1991; опубл. 10.05.1997. – 12 с.

602. Пат. 2187000 РФ, МПК7 F 01 N 3/01. Устройство для очистки от сажи отработавших газов и уменьшения шума дизельного двигателя [Текст] / 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.
603. Пат. 2516720 РФ, МПК7 F 01 N 3/023,01. Устройство и способ очистки содержащего частицы сажи отработавшего газа [Текст] / Петер Хирт, Вольфганг Маус, Рольф Брюк (DE); Эмитек гезельшафт фюр эмиссионстехнологи МБХ (DE). – №202114686/06; заявл. 01.09.2010. опубл. 20.05.2014. – 19 с.
604. Пат. РФ № 2187663, Комбинированная система нейтрализации отработавших газов дизелей [Текст] / Ю. С. Медведев, П. К. Агеев, И. А. Пирожков, А. Н. Кедров; Военный автомобильный институт – № 200012 1937/06; заявл. 17.08.2000; опубл. 20.08. 2002. – 5 с.
605. Пат. РФ № 2270051 Способ и устройство для очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Геран Сундхольм; Мариофф Корпрейшн. – № 2003103858 /15; заявл. 09.07.2001; опубл. 20.02.2006. – 6 с.
606. Пат. 2255228 РФ, МПК F01N3/023. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с регенерацией очистки [Текст] / А. Л. Новоселов, Р. А. Пугач, А. А. Мальберт (RU); ГОУВ ПО Алтайский гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – № 20031 37359/06. заявл. 24.12.2003; опубл. 27.06.2005. – 7 с.
607. Пат. 2075603 РФ, МПК7 F 01 N 3/01. Регенерируемый сажевый фильтр выхлопных газов [Текст] / В. А. Васин, В. А. Невровский, Л. Л. Сухих (РФ). – № 9402 5293/06; заявл. 05.07.1994; опубл. 20.03.1997. – 4 с.
608. Пат. 2119065 РФ, МПК7 F 01 N 3/01. Термический нейтрализатор отработавших газов дизеля [Текст] / В. И. Цыпцын, В. А. Стрельников, С. В. Истомина (РФ). – № 9612289 4/06; заявл. 03.12.1996; опубл. 20.09.1998. – 5 с.
609. Пат. 2044135 РФ, МПК7 F 01 N 3/01. Устройство для очистки фильтров отработавших газов двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Г. Г. Валеев, Ю. В. Карпенко, С. В. Корнеев, В. Н. Нефедов (РФ); Малое предприятие Научно-технический центр «Альфа-1» (РФ). – № 9301 4024/06; заявл. 18.03.1993; опубл. 20.09.1995. – 7 с.
610. Пат. 2256803 РФ, МПК7 F 01 N 3/023. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с регенерацией очистки [Текст] / А. Л. Новоселов, Р. А. Пугач, А. А. Мальберт (РФ); ГОУВПО Алтайский гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова (РФ). – № 2003137360/06; заявл. 24.12.2003; опубл. 20.07.2005. – 6 с.
611. 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 engines [Текст] / Jagtoyen Marit, M. Kimber Geoffrey (США); Lexington Carbon Co., LLC (США). – № 10/0249 10; заявл. 19.12.01; опубл. 24.06.03. – 12 с.
612. Пат. 73368 Україна, МПК⁸ В 01 D 53/32, F 01 N 3/00. Спосіб каталітичної нейтралізації газів, що відходять від автотранспорту та пристрій для його здійснення [Текст] / Г. С. Столяренко, Н. М. Фомина, В. М. Вязовик [та ін.] (Україна); Черкаський державний технологічний університет (Україна). – № 2003032034; заявл. 07.03.03; опубл. 15.07.05, Бюл. № 12. – 5 с.
613. Свидетельство на полезную модель 31263 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/021 Сажевый фильтр [Текст] / В. А. Жиздюк, Ю. А. Калиниченко. А. В. Карякин (РФ). – № 20011121062/ 20; заявл. 26.07.01; опубл. 27.07.03. – 10 с.
614. Пат. 2455069 РФ, МПК В01J37/025. Способ получения катализатора дожигания дизельной сажи [Текст] / В. С. Руднев, Н. В. Лебухова, П. Г. Чигрин и др.; Федеральное бюджетное учреждение науки Институт химии Дальневосточного отделения РАН, Федеральное бюджетное учреждение науки Институт материаловедения Хабаровского научного центра Дальневосточного отделения РАН. – № 2011106251/04; заявл. 17.02. 2011; опубл. 10.07.2012. – 5 с.
615. Пат. 2064595 РФ. Способ очистки отработавших газов от твердых частиц и газообразных вредных веществ [Текст] / И. И. Кутыш. – № 940066 20/06; заявл. 22.02. 1994; опубл. 27.07.1996. – 5 с.
616. Пат. 2392456 РФ, МПК⁸ F 01 N 3 /035. Способ и устройство для очистки выхлопного газа [Текст] / Сузуки Дзудзи, Огаи Масахико (Япония); Тойота дзидося кабусики кайся (Япония). – № 2008133619/06; заявл. 10. 01.07; опубл. 20.06.10; приоритет 17.01.06, № 2006008916 (Япония). – 12 с.

617. Пат. 2338896 РФ, МПК⁸ F 01 N 3/022. Фильтрационная структура для выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Бардон Себастьян, Глэз Венсан, Ромейе Жюльен (Франция); Сен-Гобен Сантр де Решерш э д Этюд Эропен (Франция). – № 2005133625/06; заявл. 29.03.04; опубл. 20.11.08; приоритет 01.04.03, № 030 4052 (Франция). – 10 с.

618. Пат. 2455505 РФ, МПК F01N3/02. Система доочистки выхлопных газов [Текст] / 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.

619. Пат. № 7788901 В2 США, Apparatus and Method for Regenerating Exhaust Treatment Devices [Текст] / Yiqun Huang; Southwest Research Institute. – № 11/676441; заявл. 19.02.2007; опубл. 21.09.2008. – 7 с.

620. Пат. 2405947 РФ, МПК⁸ F 01 N 3/00. Компактная система обработки отработавших газов [Текст] / Кистнер Андреас, Деринг Андреас (ФРГ); МАН Нутцфарцойге АГ (ФРГ). – № 2009105733/06; заявл. 18.02.00; опубл. 10.12.10; приоритет 19.02.08, № 10 2008010071.4 (ФРГ). – 12 с.

621. Пат. 2256804 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/023. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с регенерацией очистки [Текст] / А. Л. Новоселов, Р. А. Пугач, А. А. Мельберт (РФ); Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (РФ). – № 2003137361/06; заявл. 24.12.03; опубл. 20.07.05. – 7 с.

622. Пат. 2258815 РФ, МПК⁷ F 01 N 3/021. Двухступенчатый сажевый фильтр отработавших газов дизеля [Текст] / А. В. Кушнарев, В. М. Подчинок, С. Ю. Князев (РФ). – № 2003114537/06; заявл. 15.05.03; опубл. 20.08.05. – 6 с.

623. Заявка № 1298111 ЕВП, МПК⁷ C 04 B 38/00. Porous silicon nitride article and method for production thereof [Text] / Inoue Katsuhiko, Morimoto Kenji, Masuda Masaaki, Kawasaki Shinji, Sakai Hiroaki; NGK Insulators, Ltd. – № 02705469.1; заявл. 25.03.2002; опубл. 02.04.2003. – 6 с.

624. Пат. 2408412 РФ, МПК⁸ B 01 D 39/20, F 01 N 3/022. Способ удаления твердых частиц из отработавших газов, а также используемые для этого волокнистый слой и фильтр для улавливания твердых частиц [Текст] / Хирт Петер, Брюкк Рольф, Хэриг Томас (ФРГ); Эмитэк гезельшафт фюр эмиссионс-технологи МБХ (ФРГ), Тойота мотор корпорейшн (Япония). – № 2007129924/05; заявл. 06.01.06; опубл. 10.01.11; приоритет 07.01.05, № 102005000890.9 (ФРГ). – 10 с.

625. Жидкостный инерционный нейтрализатор отработавших газов дизельных двигателей: отчет о НИР (заключит) / Институт пробл. машиностроения АН УССР (ИПМаш АН УССР); рук. Попов В. А.; исполн. Попов В. А. – Х., 1990. – 25 с. – № ГР 01890030586.

626. Система очистки отработавших газов дизельных двигателей для испытательной станции НТЦ КамАЗ: отчет о НИР (заключит) / Институт пробл. машиностроения АН УССР (ИПМаш АН УССР); рук. Попов В. А.; исполн. Попов В. А. – Х., 1990. – 31 с. – № ГР 01890060472.

627. Разработка технологии конвертации дизеля средней мощности в газовый двигатель с искровым зажиганием: отчет о НИР [Текст] / ИПМаш НАН Украины; рук. Левтеров А. Н. – Х., 2002. – 83 с. – № ГР 0102U001477.

628. 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. Левтеров А. Н. – Х., 2005. – 319 с. – № ГР 0101U 003588.

629. Вивчення енергоекологічних параметрів етилових естерів гірчиної олії: звіт про НДР (заключ.) / кер. Левтеров А. М.; відп. викон. В. Д. Савицький; викон.: Авраменко А. М., Гладкова Н. Ю., Хожайнов С. П., Депарма Г. – Х.: ИПМаш НАНУ, 2015. – № ДР 0115U 004237. – 35 с.

630. Компания LIQUI MOLY. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://liquimoly.ua/Dizelnyy-sagevyu-filtr-ochistka-vmesto-remonta-i-dnovremennaya-ekonomiya>.

631. Компания Volkswagen. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.volkswagen.ua>.

632. Ford Motor Co. отзывает для ремонта 37,4 тыс пикапов F-Series Super Duty [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.streetracing.in.ua/news/ /8315.html>.

633. Jaguar отозвал S-Type и XJ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zavedi.ru/world-news/?id=950>.

634. Офіційний сайт компанії Woodward [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.wood-ward.com/emissioncontrols.aspx>.

635. Офіційний сайт компанії Isuzu [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://isuzu.com.ua>.
636. Офіційний сайт компанії OTC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.otctools.com/products/otc-portable-diesel-particulate-filter-cleaner>.
637. Офіційний сайт компанії FSX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fsxinc.com>.
638. Офіційний сайт компанії DPG [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cambustion.com/products/dpg>.
639. Завод им. Фрунзе. Каталог продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.frunze.ua/catalog/caccular/woven_mesh.html.
640. ООО "Харьковметалл" Каталог товаров / Листовой прокат [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.xm.ua/catalog/1696>.
641. Природный цеолит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: zeolit.spb.ru.
642. Natural and Synthetic Zeolites. U.S. Bureau of Mines Information Circular 9140 [Text], 1987.
643. The International Zeolite Association (IZA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iza-online.org>.
644. Регіональні особливості рівня здоров'я народу України: аналіт.-статист. посіб. / За ред. В. М. Коваленка, В. М. Корнацького. – К.: Нац. наук. центр «Інститут кардіології ім. акад. М. Д. Стражеска» НАМНУ, 2011. – 165 с.
645. Joep Perk, Guy De Backer, Helmut Gohlke, Ian Graham, Zeljko Reiner (2012), "European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012)", European Heart Journal, no. 33, pp. 1635 – 1701.
646. Адсорбция и десорбция паров воды различными цеолитами [Текст] / В. Г. Колобородов, В. Б. Кулько, Л. В. Карнацевич и др. // Вопросы атомной науки и техники. – Х.: Нац. науч. центр «ХФТИ», 2002. – № 1. С. 50 – 55.
647. Колобородов, В. Г. Адсорбция паров воды цеолитами в динамическом режиме [Текст] / В. Г. Колобородов, Л. В. Карнацевич, М. А. Хажмурадов // Вопросы атомной науки и техники. – Х.: Нац. науч. центр «ХФТИ», 2002. – № 1. – С. 56 – 61.
648. Колобородов, В. Г. Развитие адсорбционных исследований в криогенном отделе ННЦ ХФТИ [Текст] / В. Г. Колобородов // Вопросы атомной науки и техники. – Х.: Нац. науч. центр «ХФТИ», 2006. – № 4. – С. 38 – 46.
649. Разделение компонент биогаза методами физической адсорбции на украинских цеолитах [Текст] / В. Г. Колобородов, Л. В. Карнацевич, Т. К. Григорова и др. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – К.: Институт газа НАН Украины, 2001. – № 4. – С. 29 – 36.
650. Колобородов, В. Г. Повышение качества биогаза при помощи адсорбционных процессов / В. Г. Колобородов, М. А. Хажмурадов, Л. В. Карнацевич [Электронный ресурс] // Сотрудничество для решения проблем отходов : тр. 2-й междунар. конф. – Х.: ХНЭУ, 2005. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2005/theses/kolobrodov.html>.
651. Адсорбционная очистка природного газа от сернистых соединений / Н. М. Кузьменко, Ю. М. Афанасьев, Г. С. Фролов, В. Н. Глупанов. – М.: ЦИНТИ-ХИМНЕФТМАШ, 1987. – 39 с.
652. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст] / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 1989. – 464 с.
653. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники [Текст] / Н. В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
654. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость [Текст] / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1984. – 310 с.
655. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей [Текст] / А. Адамсон. – М.: Мир. 1979. – 568 с.
656. Введение в физику поверхности [Текст] / К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин и др., под ред. В.И. Сергиенко. – М.: Наука, 2006. – 490 с.
657. Карнаухов, А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов [Текст] / А. П. Карнаухов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 470 с.

658. Дерягин, Б. В. Адгезия твердых тел [Текст] / Б. В. Дерягин, Н. А. Кротова, В. П. Смилга. – М.: Наука, 1973.
659. Яворский, Б. М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов [Текст] / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – М.: Наука, 1968. – 940 с.
660. РД 03-409-01 «Методика оценки аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. пост. Госгортехнадзора России от 26.06.2001 г. № 25) [Текст]. – Сер. 27. – Вып. 2. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. – 208 с.
661. Екологічна безпека, природно-техногенна безпека і цивільний захист в Україні [Текст]: навч. посібн. / В. М. Кобрін, П. М. Куліков, М. В. Нечипорук й ін.; Мін-во освіти і науки України. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2007. – 406 с.
662. Биченок, М. М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні [Текст] / М. М. Биченок, О. М. Трофімчук. – К.: УІНСіР, 2002. – 268 с.
663. Берлянд, М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы [Текст] / М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
664. Берлянд, М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы [Текст] / М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
665. Біляховський, Г. О. Основи екологічних знань [Текст] / Г. О. Біляховський. – К.: Либідь, 1997. – 286 с.
666. Боков, В. А. Основы экологической безопасности [Текст] / В. А. Боков, А. В. Лущик. – Симф.: СОНАТ, 1998. – 224 с.
667. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році [Текст] / керівники підготовки Г. В. Рева й ін.; Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, НАН України. – К.: 2004. – 436 с.
668. Безуглая, Э. Ю. Чем дышит промышленный город [Текст] / Э. Ю. Безуглая, Г. П. Расторгуева, И. В. Смирнова. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 256 с.
669. Борьба с угольной пылью в шахтах [Текст] / Б. Д. Бекирбаев, Г. С. Гродель, Н. И. Жилаев и др. – М.: Недра, 1981. – 271 с.
670. Грин, Х. Аэрозоли пыли, дымы, туманы [Текст] / Х. Грин. В. Лейп, Н. А. Фукс. – М.: Химия, Ленингр. отд., 1979. – 428 с.
671. Зеркалов, Д. В. Экологическая безопасность [Текст]: учеб. пособие / Д. В. Зеркалов. – К.: Основа, 2009. – 513 с.
672. Измалков, В. И. Экологическая безопасность, методология прогнозирования антропогенных загрязнений и основы построения химического мониторинга окружающей среды [Текст] / В. И. Измалков. – С.-Пб.: Наука, 1994. – 131 с.
673. Инженерная защита окружающей среды [Текст]: учеб. пособие / под ред. О. Г. Воробьева. – С.-Пб.: Лань, 2002. – 288 с.
674. Касимов, А. М. Современные методы контроля загрязнения атмосферного воздуха при управлении техногенной безопасностью на региональном уровне [Текст] / А. М. Касимов, В. М. Шмандий, А. Н. Кучук // Б-ка журн. ІТЕ. – Х.: КДПУ. – 2001. – № 3. – 136 с.
675. Качинський, А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення [Текст] / А. Б. Качинський. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.
676. Лозанський, В. Р. Екологічне управління в розвинутих країнах світу у порівнянні з Україною [Текст] / В. Р. Лозанський. – Х.: УкрНДІЕП, 2000. – 68 с.
677. Масленникова, И. В. Управление экологической безопасностью [Текст] / И. В. Масленникова. – С.-Пб.: СПбУ, 2001. – 130 с.
678. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 176 с.
679. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 183 с.
680. Семенов, В. Ф. Екологічний менеджмент: навч. посібн. [Текст] / В. Ф. Семенов, О. Л. Михайлюк, Т. П. Галушкіна. – К.: Центр навч. літ-ри, 2004. – 516 с.

681. Сугак, Е. В. Очистка газовых выбросов от высокодисперсных частиц в дисперсионно-кольцевом потоке [Текст] / Е. В. Сугак, М. А. Войнов, Н. Ю. Желткова // Химия растительного сырья. – М., 2000. – № 4. – С. 85 – 91.
682. Залесский, Л. Б. Экологический менеджмент: учеб. пособие для вузов [Текст] / Л. Б. Залесский. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 220с.
683. Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения [Текст]: монография / А. М. Касимов, Л. Л. Товажнянский, В. И. Тошинский, Д. В. Сталинский. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2009. – 500 с.
684. Физико-химические процессы в газовой динамике [Электронный ресурс]: компьютеризованный справ. в 3 т.; под ред. Г. Г. Черного, С. А. Лосева. – М.: Науч.-изд. центр механики, 2002. – Т. 2: – 386 с.
685. Хван, Т. А. Промышленная экология [Текст] / Т. А. Хван. – Ростов/н.Д.: Феникс, 2003. – 320 с.
686. Черняховский, Э. Р. Управление экологической безопасностью: учеб.-практ. пособ. [Текст] / Э. Р. Черняховский. – М.: Альфа-Пресс, 2007. – 248 с.
687. Шевчук, В. Я. Екологічне управління: підручник [Текст] / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г. О. Білявський. – К.: Либідь, 2004. – 432 с.
688. Шмандий, В. М. Теоретические и практические основы управления техногенной безопасностью на региональном уровне [Текст] / В. М. Шмандий // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – Вип. 4(6). – Кременчук: КрНУ, 2001.– С. 95 – 100.
689. Шмандий, В. М. Управление техногенной безопасностью урбосистемы на стадии образования и поступления отходов в окружающую среду [Текст]: монография / В. М. Шмандий. – Х.: КДПУ, 2001. – 152 с.
690. Шмандий, В. М. Управление экологической безопасностью на региональном уровне: дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01; защищена 22.01.04; увр. 14.04.04 / Шмандий Владимир Михайлович. – Кременчук: Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, 2003. – 381 с.
691. Шмандій, В. М. Екологічна безпека [Текст]: підручник / В. М. Шмандій, В. Ю. Некос. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2008. – 436 с.
692. Шмандій, В. М. Практичні основи розробки комплексної системи заходів по управлінню техногенною безпекою в техногенно навантаженому регіоні [Текст] / В. М. Шмандій // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2002. – № 20. – С. 217 – 221.
693. Экологическая безопасность, устойчивое развитие и природоохранные проблемы [Текст] / под ред. К. Ф. Фролова. – М.: Знание, 1999. – 704 с.
694. Экология, охрана окружающей среды, экологическая безопасность [Текст]: учеб. пособие / под общ. Ред. А. Т. Никитина, С. А. Степанова. – М.: Новь, 2000. – 648 с.
695. Экология, охрана природы, экологическая безопасность [Текст] / под ред. В. И. Данилова-Данильяна. – М.: МИЭПУ, 1997. – 744 с.
696. Яцик, А. В. Екологічна безпека в Україні [Текст] / А. В. Яцик. – К.: Вид. Генеза, 2003. – 216 с.
697. Twigg, M. V. Cleaning the Air We Breathe – Controlling Diesel Particulate Emissions from Passenger Cars [Text] / Martyn V. Twigg, Paul R. Phillips // Platinum Metals Rev. – 2009. – № 53(1), pp. 27 – 34.
698. LEV III PM Technical Support Document [Text]: Appendix P // Carb, 2011. – California Air Resources Board, December 7, 2011.
699. Gradon, L. Deposition and Retention of Ultrafine Aerosol Particles in the Human Respiratory System. Normal and Patalogical Cases [Text] / L. Gradon, D. Orlicki , A. Podgorski // International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 2000. – Vol. 6. – № 2. – P. 189 – 207.
700. In-Situ Optical Analysis of Ash Formation and Transport in Diesel Particulate Filters During Active and Passive DPF Regeneration Processes / A. Sappok, I. Govani, C. Kamp et al. // SAE Int. J. Fuels Lubr., 2001. – № 6 (2).

ДОДАТОК А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МОНОГРАФІЇ

А.1. Звіти про НДР:

А.1.1. Разработка малозатратной технологии и автоматизированной системы очистки отработавших газов дизеля от твердых частиц. Отчет о НИР (заключ.) (2011 – 2012) [Текст] / рук. **А. П. Строков**; отв. исполн.: А. Н. Авраменко, В. М. Семикин; исполн.: А. М. Левтеров, В. П. Мараховский, В. Н. Киреева, Н. Ю. Гладкова, **А. Н. Кондратенко**, Е. Ткачик, Г. Депарма. – Х.: ИПМаш им. А. Н. Подгорного НАН Украины, 2012. – 131 с. – № ГР 0111U001762.

А.1.2. Научно-технические основы повышения уровня экономических и экологических показателей энергоустановок с ДВС за счет разработки новых структурных схем и совершенствования методов использования альтернативных моторных топлив. Отчет о НИР (заключ.) (2010 – 2013) [Текст] / рук. **А. П. Строков**; отв. исполн.: А. М. Левтеров, В. Н. Бганцев; исполн.: А. Н. Авраменко, К. Р. Умеренкова, В. П. Мараховский, Л. И. Левтерова, В. Н. Киреева, Н. Ю. Гладкова, А. И. Бицюра, С. П. Хожайнов, **А. Н. Кондратенко**, В. М. Семикин, В. Д. Савицкий, Н. М. Карасиченко, Е. Ткачик, Г. Депарма. – Х.: ИПМаш им. А. Н. Подгорного НАН Украины, 2013. – 386 с. – № ГР 0110U002660.

А.1.3. Визначення енергоекологічних характеристик етилових естерів кукурудзяної олії. Звіт про НДР (заключний) (2014) [Текст] / кер. А. М. Левтеров; відпов. вик.: В. Д. Савицький, викон.: **О. М. Кондратенко**, Н. Ю. Гладкова, А. І. Біцюра, С. П. Хожайнов, Г. Депарма. – Х.: ИПМаш ім. А. М. Підгорного НАН України, 2014. – 35 с. – № ДР 0114U 004211.

А.1.4. Науково-технічні засади застосування у транспортних двигунах біоетанолу та біодизеля, отриманих за новітніми технологіями. Етап 2: Розрахунково-експериментальні дослідження шляхів порашення екологічних характеристик дизеля, що працює на сумішевому біодизельному паливі. Звіт про НДР (2014) [Текст] / кер. А. М. Левтеров; відп. викон.: А. М. Авраменко, В. П. Мараховський, В. Д. Савицький, викон.: В. М. Бганцев, **О. М. Кондратенко**, Н. Ю. Гладкова, В. М. Кірєєва, Л. І. Левтерова, С. П. Хожайнов, А. І. Біцюра, В. М. Семикін, М. М. Карасиченко, О. Ткачик, Г. Депарма. – Х.: ИПМаш ім. А. М. Підгорного НАН України, 2014. – 104 с. – № ДР 0113U003754.

А.1.5. Підвищення техногенної безпеки та надійності систем температурного контролю промислових об'єктів. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. **С. О. Вамболь**; відп. викон М. М. Кузнецова. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2012. – 33 с. – № ДР 0107U003087.

А.1.6. Дослідження систем управління екологічною безпекою процесів розвантаження сипких матеріалів. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. **С. О. Вамболь**; відп. викон М. М. Кузнецова. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2012. – 52 с. – № ДР 0113U002407.

А.1.7. Дослідження систем управління екологічною безпекою у виробництві цементу за неповним циклом. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. **С. О. Вамболь**; відп. викон. М. М. Кузнецова. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2013. – 43 с. – № ДР 0113U002406.

А.1.8. Дослідження систем управління екологічною безпекою процесів за наявності небезпеки, спричиненої степовими або лісовими пожежами. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. **С. О. Вамболь**; відп. викон М. С. Оберемок. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2013. – 37 с. – № ДР 0113U002408.

А.1.9. Використання енергії струменя для подрібнення та транспортування технологічних рідин. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. В. М. Кобрін; відп. викон. **С. О. Вамболь**; викон. М. В. Нечипорук, О. М. Ляшенко, І. М. Берешко, **В. В. Вамболь**. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2010. – 78 с. – № ДР Г203-29/00.

А.1.10. Основи математичного моделювання і прогнозування безпеки техногенних об'єктів аерокосмічної техніки. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. В. М. Кобрін; відп. викон. М. В. Нечипорук; викон. І. М. Берешко, **В. В. Вамболь** й ін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2011. – 103 с. – № ДР 0100U002200.

А.1.11. Математичне моделювання етапів життєвого циклу аерокосмічних виробів та методика визначення чисельних критеріїв безпеки. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. В. М. Кобрін; відп. викон М. В. Нечипорук; викон. **В. В. Вамболь**, І. М. Берешко й ін. – Х.: Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – 93 с. –

№ ДР 0106U001029.

А.1.12. Математичне моделювання процесів утилізації літальних апаратів та об'єктів спецтехніки. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. М. В. Нечипорук; викон. **В. В. Вамболь**, І. М. Берешко й ін. – Х.: Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – 84 с. – № ДР 0106U001030.

А.1.13. Моделювання процесів утилізації елементів літальних апаратів, ракетного палива, боєприпасів генераторами плазми з попереднім спалюванням. Звіт про НДР (заключ.) [Текст] / кер. В. М. Кобрин; відп. викон М. В. Нечипорук; викон. **В. В. Вамболь**, І. М. Берешко й ін. – Х.: Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – 75 с. – № ДР 0109U001391.

А.2. Дисертації:

А.2.1. **Кондратенко, А. Н.** Снижение выброса твердых частиц транспортных дизелей, находящихся в эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки [Текст] / **Александр Николаевич Кондратенко**. – Х.: Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, 2013. – 288 с.

А.2.2. **Вамболь, С. А.** Научные основы применения диспергированных систем в управлении экологической безопасностью в условиях действия факторов разного генезиса [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01 – екологічна безпека / **Сергей Александрович Вамболь**. – Кременчук.: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2013. – 370 с.

А.3. Наукові монографії

А.3.1. **Вамболь, С. А.** Системы управления экологической безопасностью, которые используют многофазные дисперсные структуры [Текст]: монографія / **С. А. Вамболь**. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 204 с.

А.3.2. Утилизация летательных аппаратов [Текст]: монографія / Н. В. Нечипорук, В. Н. Кобрин, **В. В. Вамболь**, Е. А. Полищук. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2014. – 304 с.

А.4. Статті:

У 2010 р.:

А.4.1. **Строков, А. П.** Современные методы очистки отработавших газов дизелей от твердых частиц [Текст] / **А. П. Строков, А. Н. Кондратенко** // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – № 2. – С. 99 – 104.

А.4.2. Физические аспекты пылеподавления и распылительные устройства для их реализации [Текст] / А. М. Ляшенко, Н. В. Нечипорук, Н. В. Кобрин, **С. А. Вамболь** // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аерокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАІ, 2010. – Вып. 48. – С. 234 – 239.

А.4.3. Моделирование обеспечения экологической безопасности при использовании оросительной системы пылеподавления в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки сыпучих материалов [Текст] / Н. В. Кобрин, В. Е. Костюк, **С. А. Вамболь**, Н. В. Нечипорук // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2010. – Вып. 2(10). – С. 20 – 22.

А.4.4. **Вамболь, С. О.** Система комп'ютерних інформаційних технологій прогнозування негативних екологічних і соціально-економічних наслідків імовірних пожеж на будівлях (спорудах, інших складових) пожежонебезпечних об'єктів – СКІТ ПНО [Текст] / **С. О. Вамболь**, В. Л. Клеєвська // Открытые информационные и компьютерные технологии: сб. науч. тр. Нац. аерокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАІ, 2010. – Вып. 46. – С. 256 – 259.

А.4.5. **Вамболь, С. О.** Система комп'ютерних інформаційних технологій прогнозування негативних екологічних і соціально-економічних наслідків імовірних пожеж на пожежонебезпечних ділянках природних екологічних систем – СКІТ ПЕС [Текст] / **С. О. Вамболь**, В. Л. Клеєвська // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аерокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАІ, 2010. – Вып. 47. – С. 147 – 155.

У 2011 р.:

А.4.6. **Строков, А. П.** Расчетная оценка гидравлического сопротивления модуля фильтра твердых частиц быстроходного дизеля [Текст] / **А. П. Строков, А. Н. Кондратенко** // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 28. – С. 48 – 53.

А.4.7. **Строков, А. П.** Расчетная оценка гидравлического сопротивления модуля фильтра твердых частиц быстроходного дизеля [Текст] / **А. П. Строков, А. Н. Кондратенко** // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – Ч. 2. – № 2. – С. 86 – 90.

А.4.8. **Строков, А. П.** Экспериментальное определение гидравлического сопротивления макета модуля фильтра твердых частиц быстроходного дизеля [Текст] / **А. П. Строков, А. Н. Кондратенко** // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2011. – Вып. 29. – С. 144 – 147.

А.4.9. Исследование оросительных систем пылеподавления при погрузке и разгрузке сыпучих материалов с целью снижения влияния на окружающую среду шахт [Текст] / В. Н. Кобрин, Н. В. Нечипорук, **С. А. Вамболь**, Н. В. Кобрина // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. – Вип. XXXIII. – Х.: Райдер, 2011. – С. 186 – 198.

У 2012 р.:

А.4.10. **Кондратенко, А. Н.** Моделирование тепло- и массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, А. Н. Авраменко** // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 1. – С. 82 – 88.

А.4.6. **Кондратенко, А. Н.** Моделирование тепло- и массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, В. М. Семикин** // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 2. – С. 87 – 92.

А.4.7. **Строков, А. П.** Экспериментальное определение гидравлического сопротивления макета модуля фильтра твердых частиц быстроходного дизеля [Текст] / **А. П. Строков, А. Н. Кондратенко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – №19. – С. 121 – 128.

А.4.8. **Кондратенко, А. Н.** Моделирование тепло- и массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля. Часть 3: вопросы использования цеолита в конструкции фильтрующего элемента [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 60 (966). – С. 83 – 89.

А.4.9. Исследование средств снижения последствий взрывов метано-воздушной смеси и угольной пыли в подземных горных выработках угольных шахт [Текст] / **С. А. Вамболь**, Ю. А. Скоб, М. Л. Угрюмов и др. // Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды: сб. науч. тр. 1-й Межотраслевой науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Х.: УкрГНТЦ «Энергосталь». – 2012. – С. 386 – 390.

А.4.10. Установки для пылеподавления на основе конверсионного использования авиационных газотурбинных двигателей [Текст] / О. М. Бугаенко, В. Н. Кобрин, Н. В. Нечипорук, **С. А. Вамболь** // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 1/2012 (13). – С. 73 – 76.

А.4.11. **Вамболь, С. А.** Исследование численным методом процесса постановки дисперсной водяной завесы в системах управления экологической безопасности / **С. А. Вамболь** // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. ст.: у 2 т. / Укр-НДІЕП. – Х.: Райдер, 2012. – Т. 2. – С. 154 – 159.

А.4.12. **Вамболь, С. О.** Система управління екологічною безпекою при використанні пилопригнічувальних систем зрошення у процесі навантаження та розвантаження сипких матеріалів у портах [Текст] / **С. О. Вамболь**, Н. В. Кобрина, О. О. Трухмаєв // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАИ, 2012. – Вып. 55. – С. 161 – 167.

А.4.13. **Вамболь, С. А.** Моделирование газовой фазы процесса установки дисперсных водяных завес в системах управления экологической безопасностью [Текст] / **С. А. Вамболь** // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського: зб. наук. пр. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 6/2012 (77). – С. 91 – 93.

А.4.14. **Вамболь, С. А.** Моделирование дисперсной фазы процесса установки водяных завес в системах управления экологической безопасностью [Текст] / **С. А. Вамболь** // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 2/2012 (14). – С. 15 – 18.

У 2013 р.:

А.4.15. **Кондратенко, О. М.** Моделювання тепло- і масообмінних процесів у фільтри твердих частинок дизеля. Частина 4: розрахункове дослідження робочих характеристик фільтра [Текст] / **О. М. Кондратенко, О. П. Строков** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 5 (979). – С. 100 – 109.

А.4.16. **Кондратенко, А. Н.** Моделирование тепло- и массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля. Часть 5: расчетное исследование гидравлического сопротивления фильтра с цеолитовой насыпкой [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 37 (1010). – С. 68 – 75.

А.4.17. **Кондратенко, А. Н.** Экспериментальное исследование действующего макета фильтрующего элемента фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита. Часть 1 [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, Н. М. Карасиченко** // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 1. – С. 88 – 92.

А.4.18. **Кондратенко, А. Н.** Экспериментальное исследование действующего макета фильтрующего элемента фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита. Часть 2 [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, С. П. Хожайнов** // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2013. – № 2. – С. 92 – 97.

А.4.19. **Кондратенко, А. Н.** Применение природного цеолита для повышения экологических характеристик транспортных дизелей, находящихся в эксплуатации [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков** // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: вежвуз. сб. ст. – Белгород: БелГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. – Вып. XII. – С. 210 – 215.

А.4.20. **Вамболь, С. А.** Системный подход к управлению экологической безопасностью, использующий многофазные дисперсные структуры [Текст] / **С. А. Вамболь, А. В. Метелев** // Пожаротушение, проблемы, технологии, инновации: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – С. 347 – 351.

А.4.21. **Вамболь, С. А.** Система экологической безопасности с многофазными дисперсными структурами [Электронный ресурс] / **С. А. Вамболь, А. В. Метелев** // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – Вып. 3 (49). – С. 1 – 7. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2013-3/2013-3.html>.

А.4.22. Математическая модель поведения дисперсных структур в атмосфере [Электронный ресурс] / В. Е. Костюк, Е. И. Кириладш, В. Н. Кобрин, **С. А. Вамболь** // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – Вып. 4 (50). – С. 1 – 11. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2013-4/2013-4.html>.

А.4.23. Чубенко, А. С. Экологически чистая утилизация отходов жизнедеятельности [Текст] / А. С. Чубенко, В. Н. Кобрин, **В. В. Вамболь** // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАИ, 2013. – Вып. 62. – С. 98 – 102.

У 2014 р.:

А.4.24. **Вамболь, С. О.** Стендові випробування автотракторного дизеля 2410,5/12 за стандартизованими циклами для визначення ефективності роботи ФТЧ [Текст] / **С. О. Вамболь, О. П. Строков, О. М. Кондратенко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 10 (1053). – С. 11 – 18.

А.4.25. **Кондратенко, О. М.** Оцінка впливу гідравлічного опору ФТЧ на паливну економічність дизеля [Текст] / **О. М. Кондратенко, О. П. Строков, С. О. Вамболь** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Транспортне машинобудування. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 14 (1057). – С. 57 – 66.

А.4.26. **Кондратенко, О. М.** Аналіз діючих ФТЧ нетрадиційної конструкції на відповідність сучасним нормам екологічних показників [Текст] / **О. М. Кондратенко, С. О. Вамболь, О. П. Строков** // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2014. – № 1 (17). – С. 25 – 30.

А.4.27. **Кондратенко, А. Н.** Математическая модель гидравлического сопротивления фильтра твердых частиц дизеля. Ч. 1: настроечный коэффициент [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 18 (1061). – С. 68 – 80.

А.4.28. **Кондратенко, А. Н.** Математическая модель гидравлического сопротивления фильтра твердых частиц дизеля. Ч. 2: температурный коэффициент [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 18 (1061). – С. 80 – 89.

А.4.29. Регенерация фильтров твердых частиц дизелей [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, С. А. Вамболь**, В. М. Семикин // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 1. – С. 89 – 95.

А.4.30. Регенерация фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, С. А. Вамболь**, А. Н. Авраменко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2014. – № 2. – С. 76 – 81.

А.4.31. **Кондратенко, О. М.** Регенерація фільтрів твердих частинок дизелів як аспект екологічної безпеки експлуатації автотранспортних засобів. Ч. 1 [Текст] / **О. М. Кондратенко, О. П. Строков, С. О. Вамболь** // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – № 6 (89), Част. 1. – С. 158 – 165.

А.4.32. Шляхи регенерації модульного ФТЧ дизеля з насипкою з природного цеоліту як засіб підвищення екологічної безпеки експлуатації транспорту [Текст] / **О. М. Кондратенко, О. П. Строков, С. О. Вамболь**, В. П. Мараховський // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2014. – № 2 (18). – С. 107 – 113.

А.4.33. Особенности визначення масового викиду твердых частинок у відпрацьованих газах дизеля [Текст] / **О. М. Кондратенко, О. П. Строков, С. О. Вамболь**, В. М. Бганцев // Автомобільний транспорт: сб. науч. тр. – Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 35. – С. 100 – 105.

А.4.34. Кобрин, В. Н. Система управления экологической безопасностью при утилизации твердых бытовых и производственных отходов [Текст] / В. Н. Кобрин, Н. В. Нечипорук, **В. В. Вамболь** // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2014. – 2/2014 (18). – С. 25 – 30.

А.4.35. **Вамболь, В. В.** Обеспечение экологической безопасности при обращении с отходами [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. Н. Кобрин, Н. В. Нечипорук // Междунар. науч.-исслед. журнал. – Екатеринбург, 2014. – № 11-2 (30). – С. 8 – 10.

А.4.36. **Вамболь, В. В.** Численное моделирование процесса охлаждения генераторного газа установки утилизации твердых бытовых и опасных отходов [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. Е. Костюк, Е. И. Кирилл // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАИ, 2014. – Вып. 66. – С. 178 – 187.

А.4.37. **Вамболь, В. В.** Математическое моделирование газовой фазы охлаждения генераторного газа установки утилизации отходов жизнедеятельности [Текст] / **В. В. Вамболь** // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського: зб. наук. пр. – Кременчук: КрНУ, 2014. – № 6/2014 (89). – Ч. 1. – С. 148 – 152.

У 2015 р.:

А.4.38. **Кондратенко, А. Н.** Факторы опасности экспериментальных исследований на моторном испытательном стенде. Часть 1 [Электронный ресурс] / **А. Н. Кондратенко, С. А. Вамболь**, А. С. Стельмах // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – М.: АГПС МЧС РФ, 2015 – Вып. 2 (60). – С. 01 – 06. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-2>.

А.4.39. **Кондратенко, А. Н.** Математическая модель гидравлического сопротивления фильтра твердых частиц дизеля. Часть 3: компоновочный коэффициент [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 6 (1115). – С. 29 – 40.

А.4.40. **Vambol, V. V.** The systematic approach to solving the problem of management of ecological safety during process of biowaste products utilization [Текст] / **V. V. Vambol**,

V. M. Shmandij, **S. O. Vambol**, **O. M. Kondratenko** // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2015. – № 1 (19). – С 7 – 11.

А.4.41. **Кондратенко, А. Н.** Математическая модель гидравлического сопротивления фильтра твердых частиц дизеля. Ч. 4: временной коэффициент [Текст] / **А.Н. Кондратенко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 18 (1127). – С. 53 – 61.

А.4.42. Апроксимація закону розподілу експериментальних даних за допомогою бета-розподілу. Ч. 1 [Текст] / **С. О. Вамболь**, І. В. Міщенко, **О. М. Кондратенко**, О. А. Бурменко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 18 (1127). – С. 36 – 44.

А.4.43. **Кондратенко, О. М.** Регенерація фільтрів твердих частинок дизелів як аспект екологічної безпеки експлуатації автотранспортних засобів. Ч. 2 [Текст] / **О. М. Кондратенко, О. П. Строков, С. О. Вамболь** // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – № 3 (92). – С. 137 – 143.

А.4.44. Методологический подход к построению системы управления экологической безопасностью эксплуатации энергетических установок [Текст] / **С. А. Вамболь, А. П. Строков, В. В. Вамболь, А. Н. Кондратенко** // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. науч.-техн. журн. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 1. – С. 48 – 52.

А.4.45. **Кондратенко, А. Н.** Функции системы управления экологической безопасностью эксплуатации энергетических установок [Текст] / **А. Н. Кондратенко, С. А. Вамболь, В. В. Вамболь** // Науковий вісник ХНАДУ – Х.: ХНАДУ, 2015. – Вип. 69. – С. 95 – 100.

А.4.46. **Кондратенко, О. М.** Регенерація фільтрів твердих частинок дизелів як аспект екологічної безпеки експлуатації автотранспортних засобів. Ч. 3 [Текст] / **О. М. Кондратенко, О. П. Строков, С. О. Вамболь** // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 4/2015 (93). – С. 96 – 102.

А.4.47. Система відбору проб відпрацьованих газів дизеля моторного випробувального стенду як об'єкт метрологічних досліджень [Текст] / **О. П. Строков, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко, О. А. Бурменко** // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – № 4. – С. 113 – 118.

А.4.48. **Вамболь, В. В.** Моделирование газодинамических процессов в блоке охлаждения генераторного газа установки для утилизации отходов [Электронный ресурс] / **В. В. Вамболь** // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – Вып. 1 (59). – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-1/2015-1.html>.

А.4.49. **Вамболь, В. В.** Математическое описание процесса охлаждения генераторного газа при утилизации отходов жизнедеятельности [Текст] / **В. В. Вамболь, В. Е. Костюк, Е. И. Кирилл** // Технологический аудит и резервы производства. – Х.: НИП ЧП «Технологический Центр», 2015. – № 2/4 (22). – С. 23 – 29.

А.4.50. **Вамболь, В. В.** Выбор структуры и параметров газодинамического потока в блоке охлаждения газа, полученного при термической обработке отходов [Текст] / **В. В. Вамболь, В. Е. Костюк, Е. И. Кирилл** // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х.: ХАИ, 2015. – Вып. 67. – С. 186 – 196.

А.4.51. **Вамболь, В. В.** Математическое моделирование дисперсной фазы охлаждения генераторного газа установки утилизации отходов жизнедеятельности [Текст] / **В. В. Вамболь** // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського : зб. наук. пр. – Кременчук: КрНУ, 2015. – № 2/2015 (91). – Ч. 1. – С. 165 – 169.

А.4.52. **Вамболь, В. В.** Математическое описание процесса охлаждения генераторного газа в установке утилизации отходов жизнедеятельности [Текст] / **В. В. Вамболь, В. Е. Костюк, Е. И. Кирилл** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 18 (1127). – С. 24 – 35.

А.4.53. Апроксимація закону розподілу експериментальних даних за допомогою бета-розподілу. Ч. 2 [Текст] / **С. О. Вамболь, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко, О. А. Бурменко** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне

модельовання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 41 (1150). – С. 11 – 16.

А.4.54. Апроксимація закону розподілу експериментальних даних за допомогою бета-розподілу. Ч. 3 [Текст] / **С. О. Вамболь**, І. В. Міщенко, **О. М. Кондратенко**, О. А. Бурменко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 41 (1150). – С. 16 – 21.

А.4.55. Шахов, Ю. В. Математическая модель энерготехнологической установки для разделения многокомпонентных газовых смесей / Ю. В. Шахов, И. И. Петухов, **В. В. Вамболь** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр.: серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – № 41 (1150). – С. 134 – 139.

А.5. Документи до об'єктів права інтелектуальної власності

А.5.1. Деклараційний патент на корисну модель № 78922 Україна МПК В24В 1/00. F42D 5/05. Спосіб захисту від пилу при підричних роботах у кар'єрах / Ерсамбетов В. Ш., Кобрін В. М., **Вамболь С. О.**, Нечипорук М. В.; Заявник й патентоволодар Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»; опубліков. 10.04.2013, Бюл. № 7. – 4 с.

А.5.2. Патент № 104219 Україна МПК А62С 3/02 E21F 5/00. Пристрій для попередження пожеж і вибухів у шахтах і тунелях / Ерсамбетов В. Ш., Кобрін В. М., **Вамболь С. О.**; Заявник й патентоволодар Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». опубліков. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 4 с.

А.5.3. Патент № 96684 Україна, МПК F23G 5/027 (2006.01). Спосіб утилізації твердих відходів виробництва / Кривцов В. С., Нечипорук М. В., **Вамболь В. В.** й ін.; Заявник і патентоволодар Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». – № а201008094; заявл. 29.06.2010; опубл. 25.11. 2011, Бюл. № 22. – 3 с.: ил.

А.6. Тези доповідей:

У 2006 р.:

А.6.1. Нечипорук, Н. В. Об утилизации авиационной техники [Текст] / Н. В. Нечипорук, **В. В. Вамболь**, Н. В. Кобрин // Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2006: міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2006. – С. 40.

А.6.2. **Вамболь, В. В.** Утилизация авиационной техники и охрана окружающей среды [Текст] / Н. В. Нечипорук, **В. В. Вамболь**, Н. В. Кобрин // Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України: II Всеукр. наук.-практ. конф. – Запоріжжя: ЗДІА, 2006. – С. 92 – 94.

А.6.3. Планковский, С. И. Утилизация элементов аэрокосмической техники, выполненных из композиционных материалов [Текст] / С. И. Планковский, Н. В. Кобрин, **В. В. Вамболь** // Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України: II Всеукр. наук.-практ. конф. – Запоріжжя: ЗДІА, 2006. – С. 95 – 97.

У 2007 р.:

А.6.4. **Вамболь, С. А.** Обеспечение экологической безопасности при утилизации РДТТ [Текст] / **С. А. Вамболь**, Н. В. Нечипорук, В. В. Вамболь // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: VI міжвуз. наук.-практ. конф. – Х.: УЦЗУ, 2007. – С. 27 – 28.

А.6.5. Экологические аспекты утилизации отходов [Текст] / В. Н. Кобрин, Н. В. Нечипорук, С. И. Планковский, **В. В. Вамболь** // Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2007. – С. 88.

У 2008 р.:

А.6.6. Выбор системы распыла для пылеподавления при погрузочно-разгрузочных работах с сыпучими материалами [Текст] / **С. А. Вамболь**, А. М. Ляшенко, Д. Н. Макаренко, О. М. Бугаенко // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: VII міжвуз. наук.-практ. конф. – Х.: УЦЗУ, 2008. – С. 12.

А.6.7. **Вамболь, В. В.** К вопросу утилизации композиционных материалов с применением плазменной газификации [Текст] / **В. В. Вамболь**, Н. В. Нечипорук, Н. В. Кобрин // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: VII міжвуз. наук.-практ. конф. – Х.: УЦЗУ, 2008. – С. 4 – 5.

У 2010 р.:

А.6.8. **Кондратенко, О. М.** Вдосконалення методів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих часток [Текст] / **О. М. Кондратенко** // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVIII міжнар. наук.-практ. конф. MICROCAD. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2010. – С. 202.

А.6.9. **Строков, А. П.** Современные методы очистки отработавших газов дизелей от твердых частиц [Текст] / **А. П. Строков, А. Н. Кондратенко** // XV Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2010. – С. 86.

А.6.10. **Кондратенко, А. Н.** Совершенствование процесса очистки отработавших газов дизелей от твердых частиц [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Сучасні проблеми машинобудування. конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2010. – С. 60.

А.6.11. **Вамболь, В. В.** Плазменная газификация при утилизации элементов летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов [Текст] / **В. В. Вамболь, Д. Н. Макаренко** // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: IX міжвуз. наук.-практ. конф. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – С. 64 – 65.

У 2011 р.:

А.6.12. **Кондратенко, О. М.** Визначення основних конструктивних параметрів та попередня оцінка гідравлічного опору модуля фільтра твердих частинок дизеля [Текст] / **О. М. Кондратенко** // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XIX міжнар. наук.-практ. конф. MICROCAD. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2011. – С. 164.

А.6.13. **Строков, А. П.** Расчетная оценка гидравлического сопротивления модуля фильтра твердых частиц быстроходного дизеля. Ч. 2 [Текст] / **А. П. Строков, А. Н. Кондратенко** // XVI Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2011. – С. 72.

А.6.14. **Кондратенко, А. Н.** Экспериментальное определение параметров отработавших газов дизеля 2Ч10,5/12 после модернизации моторного испытательного стенда [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Сучасні проблеми машинобудування: конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2011. – С. 53.

А.6.15. **Вамболь, С. А.** Элементный состав пыли как источника загрязнения атмосферного воздуха в мариупольском торговом порту [Текст] / **С. А. Вамболь, Н. В. Кобрина, О. А. Трухмаев** // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: X міжвуз. наук.-практ. конф. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – С. 53 – 54.

А.6.16. **Вамболь, В. В.** Экологический мониторинг малых предприятий [Текст] / **В. В. Вамболь, В. Н. Кобрин** // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: IX міжвуз. наук.-практ. конф. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – С. 40 – 41.

У 2012 р.:

А.6.17. **Кондратенко, А. Н.** Моделирование тепло-массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля. Уточнение базы данных по свойствам пористых тел [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XX міжнар. наук.-практ. конф. MICROCAD. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – С. 175.

А.6.18. **Кондратенко, А. Н.** Моделирование тепло- и массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля. Ч. 1: модернизация конструкции фильтра и дополнение базы данных по свойствам пористого тела [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, А. Н. Авраменко** // XVII Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2012. – С. 87.

А.6.19. **Кондратенко, А. Н.** Моделирование тепло- и массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля. Ч. 2: дополнение баз данных по свойствам материалов фильтра и рабочего тела, определение значений краевых условий [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, В. М. Семикин** // XVII Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2012. – С. 88.

А.6.20. **Кондратенко, А. Н.** Экспериментальное определение характеристик пористых тел, необходимых для моделирования тепло- и массообменных процессов в фильтре твердых частиц дизеля [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Сучасні проблеми машинобудування. конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2012. – С. 55.

А.6.21. **Вамболь, С. А.** Иерархическая структура системы управления экологической безопасностью, использующей многофазные дисперсные структуры [Текст] / **С. А. Вамболь** // Технологический аудит и резервы производства: науч.-практ. конф. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2012. – № 6/1(8). – С. 41 – 42.

А.6.22. Разработка технологии получения альтернативных видов топливопродуктов с использованием плазменной обработки медико-биологических и токсичных отходов [Текст] / Н. В. Нечипорук, В. Н. Кобрин, В. Ш. Эрсамбетов, **В. В. Вамболь** // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2012. – С. 89.

У 2013 р.:

А.6.23. **Кондратенко, А. Н.** Экспериментальное исследование действующего макета фильтрующего элемента фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита. Ч. 1 [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков**, Н. М. Карасиченко // XVIII Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2013. – С. 82.

А.6.24. **Кондратенко, А. Н.** Экспериментальное исследование действующего макета фильтрующего элемента фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита. Ч. 2 [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков**, С. П. Хожайнов // XVIII Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2013. – С. 82.

А.6.25. **Кондратенко, А. Н.** Экспериментальное определение рабочих характеристик действующих макетов фильтрующего элемента фильтра твердых частиц дизеля [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Сучасні проблеми машинобудування: конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2013. – С. 34.

А.6.26. **Кондратенко, О. М.** Методи регенерації фільтрів твердих частинок сучасних дизелів [Текст] / **О. М. Кондратенко** // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: всеукр. наук.-практ. конф. – Х.: НУЦЗУ, 2013. – С. 84 – 86.

А.6.27. **Вамболь, В. В.** Разработка плазменного газогенератора установки для утилизации отходов жизнедеятельности [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. Ш. Эрсамбетов, В. Н. Кобрин, // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2013. – С. 90.

А.6.28. **Вамболь, В. В.** Разработка конструкции термохимического газогенератора с плазменным дожиганием [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. Ш. Эрсамбетов, Н. В. Нечипорук // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2013. – С. 91.

У 2014 р.:

А.6.29. **Кондратенко, О. М.** Розвиток наукової думки і світові тенденції у питанні забезпечення виконання законодавчо встановлених норм токсичності відпрацьованих газів двигунів автотранспортних засобів за період з 1991 по 2010 роки [Текст] / **О. М. Кондратенко** // Наукове забезпечення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів (теорія і практика): всеукр. наук.-практ. конф. – Х.: НУЦЗУ, 2014. – С. 146 – 148.

А.6.30. **Кондратенко, А. Н.** Использование ФТЧ дизелей в качестве искрогасителей выпускной системы автотранспортного средства [Текст] / **А. Н. Кондратенко** // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 221 – 222.

А.6.31. **Кондратенко, А. Н.** Проблемы использования дизельных фильтров твердых частиц традиционной конструкции [Текст] / **А. Н. Кондратенко**, А. В. Бражененко // Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: УГГУ, 2014. – С. 57 – 58.

А.6.32. Регенерация фильтров твердых частиц дизелей [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, С. А. Вамболь**, В. М. Семикин // XIX Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2014. – С. 59.

А.6.33. Регенерация фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. П. Строков, С. А. Вамболь**, А. Н. Авраменко // XIX Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2014. – С. 59.

А.6.34. **Кондратенко, А. Н.** Аспекты пожарной безопасности эксплуатации фильтров твердых частиц дизелей [Текст] / **А. Н. Кондратенко**, Д. А. Плужниченко // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. ст. по материалам V междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х част. Ч. 1. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ин-т ГПС МЧС РФ, 2014. – С. 267 – 269.

А.6.35. **Кондратенко, О. М.** Актуальні аспекти техногенно-екологічної безпеки процесу регенерації ФТЧ дизелів [Текст] / **О. М. Кондратенко**, Б. Б. Раманов // Проблемы екологічної безпеки: міжнар. наук.-практ. конф. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 10.

А.6.36. **Вамболь, С. О.** Забезпечення пожежної та вибухової безпеки в процесах регенерації ФТЧ дизелів / **С. О. Вамболь**, П. А-о. Рафієв // Проблеми екологічної безпеки: міжнар. наук.-практ. конф. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 11.

А.6.37. **Кондратенко, О. М.** Розрахункова оцінка впливу гідравлічного опору ФТЧ на паливну економічність дизеля за 13-режимним випробувальним циклом [Текст] / **О. М. Кондратенко**, А. Д. Тертиченко // Новейшие технологии развития конструкции, производства, эксплуатации, ремонта и экспертизы автомобиля: междунар. науч.-практ. конф. – Х.: ХНАДУ, 2014. – С. 235 – 236.

А.6.38. **Кондратенко, О. М.** Методика розрахункової оцінки впливу гідравлічного опору ФТЧ на паливну економічність дизеля з урахуванням моделі його експлуатації [Текст] / **О. М. Кондратенко** // Сучасні проблеми машинобудування: конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2014. – С. 37.

А.6.39. **Кондратенко, О. М.** Фактори небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. Дизель 2410,5/12 [Текст] / **О. М. Кондратенко**, Д. О. Плужніченко, К. Ю. Мусієнко // Сучасні проблеми машинобудування: конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2014. – С. 36.

А.6.40. **Кондратенко, О. М.** Фактори небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. Навантажувальний пристрій [Текст] / **О. М. Кондратенко**, О. В. Єжелій, К. В. Семянніков // Сучасні проблеми машинобудування: конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2014. – С. 34.

А.6.41. **Кондратенко, О. М.** Фактори небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. ФТЧ ІПМаш [Текст] / **О. М. Кондратенко**, Ю. В. Маложон, О. І. Філіпов // Сучасні проблеми машинобудування: конф. молодих вчених та спеціалістів. – Х.: ІПМаш НАНУ, 2014. – С. 35.

А.6.42. **Кондратенко, О. М.** Фактори небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. Засоби виміральної техніки [Текст] / **О. М. Кондратенко**, Н. В. Хохлова, Д. І. Жигер // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: VI міжнар. наук.-практ. конф. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2014. – С. 334 – 335.

А.6.43. **Вамболь, С. А.** Система управління екологічною безпекою технологічного процесу виробництва цементу [Текст] / **С. А. Вамболь**, А. В. Гончарова // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский институт ГПС МЧС России, 2014. – С. 201 – 203.

А.6.44. **Вамболь, С. А.** Формирование концепции создания модели управления экологической безопасностью [Текст] / **С. А. Вамболь**, М. М. Кузнецова // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 32 – 33.

А.6.45. **Вамболь, С. А.** Рациональное управление экологической безопасностью на основе принципа многоуровневой декомпозиции [Текст] / **С. А. Вамболь**, А. В. Метелев // Проблеми екологічної безпеки: XIII міжнар. наук.-техн. конф. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 9.

А.6.46. **Вамболь, С. А.** Применение мелкодисперсных заградительных завес для обеспечения экологической безопасности при ликвидации лесных пожаров [Текст] / **С. А. Вамболь**, В. М. Шмандий // Теория и практика тушения пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций: VI міжнар. наук.-практ. конф. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2014. – С. 332 – 333.

А.6.47. **Вамболь, С. А.** Концептуальные основы создания модели управления экологической безопасностью, использующей многофазные дисперсные структуры [Текст] / **С. А. Вамболь**, А. С. Стельмах, В. М. Шмандий // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: III всерос. Науч.-практ. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ин-т ГПС МЧС России, 2014. – С. 562 – 565.

А.6.48. **Вамболь, В. В.** Метанирование генераторного газа, полученного при газификации отходов [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. Н. Кобрин, Н. В. Нечипорук // Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2014. – С. 92.

А.6.49. **Вамболь, В. В.** Проблема скопления ТБО и методы их утилизации [Текст] / **В. В. Вамболь**, М. Р. Мірсултанова // Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2014. – С. 86.

А.6.50. **Вамболь, В. В.** Экологически чистая переработка отходов с последующим метанированием продуктов плазменной газификации [Текст] / **В. В. Вамболь**, А. С. Чубенко // Проблемы техносферной безопасности: III междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 230 – 232.

А.6.51. **Вамболь, В. В.** Пути утилизации медицинских отходов [Текст] / **В. В. Вамболь**, С. С. Зинченко // Проблеми екологічної безпеки: міжнар. наук.-техн. конф. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 45.

А.6.52. **Вамболь, В. В.** Возможность рациональной утилизации опасных отходов [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. М. Кобрін, М. В. Нечипорук // Проблеми екологічної безпеки: міжнар. наук.-техн. конф. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 46.

А.6.53. **Вамболь, В. В.** Системный подход к процессу утилизации опасных и твердых бытовых отходов [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. М. Кобрін, М. В. Нечипорук // Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2014: всеукр. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2014. – С. 16.

А.6.54. **Вамболь, В. В.** Получение топливных продуктов при утилизации опасных ТБО [Текст] / **В. В. Вамболь**, С. С. Зинченко // Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2014: всеукр. наук.-техн. конф. – Х.: ХАІ, 2014. – С. 13.

А.6.55. **Вамболь, В. В.** Методологический подход обеспечение экологической безопасности физико-химического процесса утилизации композиционных материалов [Текст] / **В. В. Вамболь**, В. М. Шмандій, Т. Є. Рігас // Теория и практика тушения пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций: VI міжнар. наук.-практ. конф. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2014. – С. 331.

А.6.56. **Вамболь, В. В.** Снижение уровня диоксидов при утилизации отходов [Текст] / **В. В. Вамболь** // Проблемы безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: всерос. науч.-практ. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ин-т ГПС МЧС России, 2014. – С. 175 – 177.

А.6.57. **Вамболь, В. В.** Аспекты безопасности при обращении с отходами жизнедеятельности [Текст] / **В. В. Вамболь**, А. С. Чубенко // Стратегия «Казахстан-2050»: совершенствование системы защиты от чрезвычайных ситуаций, развитие научных исследований в сфере безопасности и жизнедеятельности населения: II науч.-практ. конф. курсантов и студентов. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2014. – С. 301 – 303.

У 2015 р.:

А.6.58. Ежелий, О. В. Двигуни внутрішнього згоряння як фактор забруднення навколишнього середовища твердими частинками / О. В. Ежелий, М. Р. Форсюк, **О. М. Кондратенко** // Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: міжнар. наук.-практ. конф. курсантів та студентів. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 329.

А.6.59. Бершацький, С. А. Двигуни внутрішнього згоряння як фактор забруднення навколишнього середовища оксидами азоту // С. А. Бершацький, К. В. Торяник, **О. М. Кондратенко** // Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: міжнар. наук.-практ. конф. курсантів та студентів. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 322.

А.6.60. Маложон, Ю. В. Двигуни внутрішнього згоряння як фактор забруднення навколишнього середовища незгорілими вуглеводнями / Ю. В. Маложон, В. Ю. Мороз, **О. М. Кондратенко** // Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: міжнар. наук.-практ. конф. курсантів та студентів. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 337.

А.6.61. Семянников, К. В. Двигуни внутрішнього згоряння як фактор забруднення навколишнього середовища викидами монооксиду вуглецю / К. В. Семянников, К. Ю. Мусієнко, **О. М. Кондратенко** // Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: міжнар. наук.-практ. конф. курсантів та студентів. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 343.

А.6.62. Правдюк, А. О. Двигуни внутрішнього згоряння як фактор забруднення навколишнього середовища викидами діоксиду вуглецю і оксидами сірки / А. О. Правдюк, М. А. Довгаль, **О. М. Кондратенко** // Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: міжнар. наук.-практ. конф. курсантів та студентів. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 340.

А.6.63. Stel'makh, H. S. Development of scientific thought and global trends in questions of ensure compliance with legislative established norms of vehicle exhaust gas toxicity between 1991 and

2010 [Текст] / Н. С. Stel'makh, **S. O. Vambol**, **O. M. Kondratenko** // Роль местной противовоздушной обороны и пожарной охраны в годы великой отечественной войны: междунар. науч.-практ. конф. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2015. – С. 238 – 240.

А.6.64. Stel'makh, Н. С. Structure of vehicle fleet of Ukraine as a factor of ecological safety [Текст] / Н. С. Stel'makh, **S. O. Vambol**, **O. M. Kondratenko** // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: IX науч.-практ. конф. молодых ученых. – Минск: ГУО КИИ МЧС РБ, 2015. – С. 140 – 141.

А.6.65. **Kondratenko, O. M.** The basis of classification of methods of regeneration of diesel particulate matter filters [Текст] / **O. M. Kondratenko, S. O. Vambol**, Н. С. Stel'makh // Новітні технології для захисту повітряного простору: XI наук. конф. Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба МОУ, 2015. – С. 265.

А.6.66. **Кондратенко, О. М.** Основа класифікації методів регенерації фільтрів твердих частинок дизелів [Текст] / **О. М. Кондратенко, С. О. Вамболь**, Г. С. Стельмах // Наукове забезпечення службово-бойової діяльності Національної гвардії України: VI наук.-практ. конф. – Х.: НАНГУ МВСУ, 2015. – С. 99 – 100.

А.6.67. Моторний випробувальний стенд як джерело факторів небезпеки експериментальних досліджень [Електронний ресурс] / **С. О. Вамболь, О. П. Строков, О. М. Кондратенко** й ін. // Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: III міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 38 – 41. – Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2015.pdf>.

А.6.68. Система відбору проб відпрацьованих газів дизеля моторного випробувального стенду як об'єкт метрологічних досліджень [Електронний ресурс] / **О. П. Строков, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко, О. А. Бурменко** // Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: III міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 24 – 28. – Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2015.pdf>

А.6.69. **Вамболь, С. А.** К вопросу определения массового выброса твердых частиц в отработавших газах дизеля / **С. А. Вамболь, А. Н. Кондратенко, А. С. Стельмах** // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: VI всерос. науч.-практ. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский инс-т ГПС МЧС России. – С. 225 – 228.

А.6.70. **Кондратенко, О. М.** Емулятори роботи системи очищення відпрацьованих газів ДВЗ [Текст] / **О. М. Кондратенко, Н. В. Хохлова, Г. С. Стельмах** // Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: 77-ї міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: УкрДАЗТ, 2015. – С. 83.

А.6.71. **Кондратенко, А. Н.** Моторный испытательный стенд как источник факторов опасности экспериментальных исследований [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. С. Стельмах** // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: XV междунар. науч.-техн. конф. – Гомель: УО ГГТУ им. П.О. Сухого, 2015. – С. 94 – 95.

А.6.72. **Кондратенко, А. Н.** Моторный испытательный стенд как сложная метрологическая система [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. О. Бурменко** // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: XV междунар. науч.-техн. конф. – Гомель: УО ГГТУ им. П.О. Сухого, 2015. – С. 108 – 111.

А.6.73. Стельмах, Г. С. Передумови формування моделі управління екологічною безпекою експлуатації дизелів [Електронний ресурс] / Г. С. Стельмах, **С. О. Вамболь, О. М. Кондратенко** // Підсумкова наук.-практ. конф. слухачів, курсантів і студентів Національної академії Національної Гвардії України. – Х.: НАНГУ МВСУ, 2015. – С. 69 – 70. – Режим доступу: <http://avv.gov.ua>.

А.6.74. **Кондратенко, А. Н.** Поллютанты в отработавших газах поршневых ДВС [Текст] / **А. Н. Кондратенко, А. А. Бурменко** // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі: всеукр. науч.-практ. конф. молодих учених і студентів. – Чернігів: ЧНТУ, 2015. – С. 48 – 49.

А.6.75. Стельмах, Г. С. Основні поллютанти у відпрацьованих газах дизелів [Текст] / Г. С. Стельмах, **С. О. Вамболь, О. М. Кондратенко** // Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів: міжнар. щорічна наук.-техн. конф. – Х.: ХНУБА, 2015. – С. 77.

А.6.76. Стельмах, Г. С. Поллютанти у відпрацьованих газах поршневих ДВЗ [Текст] / Г. С. Стельмах, **С. О. Вамболь, О. М. Кондратенко** // Безпека людини і суспільства в сучасних умовах життєдіяльності: VI студ. Наук. конф. – Х.: НЮУ ім. Ярослава Мудрого, 2015. – С. 170 – 172.

A.6.77. **Vambol', S. O.** Emulators of exhaust gas cleaning system of internal combustion engines / **S. O. Vambol', O. M. Kondratenko**, O. A. Burmenko [Текст] // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 75 міжнар. наук.-практ. конф. – Дн.: ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «ДІІТ», 2015. – С. 342.

A.6.78. **Kondratenko, O. M.** Prevent the negative impact of diesel exhaust gases on health of students and cadetes during their physical training using the DPF [Текст] / **O. M. Kondratenko**, O. A. Burmenko, **S. O. Vambol'** // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 75 міжнар. наук.-практ. конф. – Дн.: ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «ДІІТ», 2015. – С. 343 – 344.

A.6.79. **Kondratenko, A. N.** Fire safety of engine bench researches [Текст] / **A. N. Kondratenko**, N. V. Khokhlova, A. S. Stel'makh // Чрезвычайные ситуации: теория, практика: междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: ГУО ГИУ МЧС РБ, ГГТУ им. П.О. Сухого, 2015. – С. 215 – 216.

A.6.80. **Kondratenko, O. M.** Aspects of technogenic and ecological safety of the DPF regeneration process [Текст] / **O. M. Kondratenko, S. O. Vambol'**, O. A. Burmenko // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика: XIV між нар. наук.-мет. конф. – Х.: ХНУМГ ім. А.Н. Бекетова, 2015. – С. 139.

A.6.81. **Кондратенко, О. М.** Трансмiсія моторного випробувального стенду як джерело небезпеки [Текст] / **О. М. Кондратенко**, Г. С. Стельмах // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXIII міжнар. наук.-практ. конф. MICROCAD. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – С. 176.

A.6.82. **Кондратенко, О. М.** Навантажувальний пристрій моторного випробувального стенду як джерело небезпеки [Текст] / **О. М. Кондратенко**, О. В. Єжелій, Ю. В. Малоожон // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXIII міжнар. наук.-практ. конф. MICROCAD. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – С. 174.

A.6.83. **Кондратенко, О. М.** Автотракторний дизель 2410,5/12 моторного випробувального стенду як джерело небезпеки [Текст] / **О. М. Кондратенко**, К. В. Семянников, К. Ю. Мусієнко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXIII міжнар. наук.-практ. конф. MICROCAD. – Х.: Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т», 2015. – С. 175.

A.6.84. **Вамболь, С. А.** Методологический подход к построению системы управления экологической безопасностью эксплуатации энергетических установок [Текст] / **С. А. Вамболь, А. П. Строков, В. В. Вамболь, А. Н. Кондратенко** // XX Міжнародний конгрес двигунобудівників. – Х.: ХАІ, 2015. – С. 37.

A.6.85. **Кондратенко, О. М.** Фактори небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. Трансмiсія стенду [Текст] / **О. М. Кондратенко, С. О. Вамболь**, О. А. Бурменко // Іновації у суднобудуванні та океанотехніці: VI міжнар. наук.-техн. конф. – Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова, 2015. – С. 1 – 4.

A.6.86. Бганцев, В. М. Особливості та результати адаптації поршневого двигуна до використання бензоспиртових сумішей [Текст] / В. М. Бганцев, А. М. Авраменко, **О. М. Кондратенко** // Іновації у суднобудуванні та океанотехніці: VI міжнар. наук.-техн. конф. – Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова, 2015. – С. 5 – 8.

A.6.87. Алгоритм побудови емпіричного закону розподілу даних непрямого визначення нелінійних величин на прикладі геометричних характеристик тіл кочення підшипників [Текст] / **С. О. Вамболь**, І. В. Міщенко, **О. М. Кондратенко**, О. А. Бурменко // Іновації у суднобудуванні та океанотехніці: VI міжнар. наук.-техн. конф. – Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова, 2015. – С. 11 – 14.

A.6.88. **Kondratenko, O. M.** Main pollutants in diesel exhaust gases [Текст] / **О. М. Kondratenko**, К. V. Skrynnyk, R. Gurbanov // Проблеми екологічної безпеки: XIII міжнар. наук.-практ. конф. – Кременчук: КрНУ, 2015. – С. 25.

A.6.89. Шмандий, В. М. Системный подход к решению задачи управления экологической безопасностью при утилизации отходов жизнедеятельности [Текст] / В. М. Шмандий, **В. В. Вамболь** // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: IV междунар. науч. экологической конф. – Краснодар: Кубанский госагроуниверситет, 2015. – Ч. 2. – С. 680 – 685.

A.6.90. **Вамболь, В. В.** Раннее обнаружение несанкционированных мест складирования отходов, как способ предупреждения техногенных ЧС [Текст] / **В. В. Вамболь**, С. С. Зинченко // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: междунар. науч.-

практ. конф. молодых ученых. – Минск: ГУО КИИ МЧС РБ, 2015. – С. 152.

А.6.91. **Вамболь, В. В.** Способ раннего обнаружения несанкционированных мест складирования отходов [Текст] / **В. В. Вамболь, С. С. Зинченко** // Роль местной противовоздушной обороны и пожарной охраны в годы великой отечественной войны: междунар. науч.-практ. конф. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2015. – С. 84 – 88.

А.6.92. **Вамболь, В. В.** Управление отходами на торговом предприятии [Текст] / **В. В. Вамболь, Ю. С. Лещенко** // Роль местной противовоздушной обороны и пожарной охраны в годы великой отечественной войны: междунар. науч.-практ. конф. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2015. – С. 153 – 155.

А.6.93. **Вамболь, В. В.** Математическое описание разделения многокомпонентных газовых смесей, полученных при газификации отходов [Текст] / **В. В. Вамболь, Н. В. Нечипорук, Ю. В. Шахов** // Проблеми екологічної безпеки: XIII міжнар. наук.-практ. конф. – Кременчук: КрНУ, 2015. – С. 27.

А.6.94. **Шмандий, В. М.** Дистанционное зондирование и методы математического моделирования в задаче мониторинга несанкционированных мест скопления отходов [Текст] / **В. М. Шмандий, С. А. Вамболь, В. В. Вамболь** // Проблеми екологічної безпеки: XIII міжнар. наук.-практ. конф. – Кременчук: КрНУ, 2015. – С. 15.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.	5
ВСТУП.	8
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ПОРШНЕВИХ ДВЗ І СПОСОБІВ ЇЇ ВИРІШЕННЯ (О. П. Строков, С. О. Вамболь, О. М. Кондратенко)	12
1.1. Загальні положення	12
1.2. Загальносвітові тенденції у питанні екологізації поршневих ДВЗ за останні 25 років	17
1.3. Поршневі двигуни внутрішнього згорання як джерело забруднення навколишнього природного середовища	18
1.4. Характеристика відпрацьованих газів дизелів як забруднювача навколишнього природного середовища	21
1.5. Тверді частинки як об'єкт дослідження	22
1.6. Засоби визначення вмісту твердих частинок у потоці відпрацьованих газів дизелів	29
1.7. Структура парку автотранспортних засобів України	36
1.8. Основні проблеми забезпечення виконання законодавчо встановлених норм екологічної безпеки енергетичних установок, оснащених поршневим ДВЗ, в Україні	38
1.9. Висновки з розділу 1	40
2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ ПОТОКУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ПОРШНЕВИХ ДВЗ ВІД ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК І ЗАСОБІВ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ (О. П. Строков, О. М. Кондратенко, В. В. Вамболь)	42
2.1. Способи зниження токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ	42
2.2. Класифікація способів і засобів очищення відпрацьованих газів дизелів від твердих частинок	47
2.3. Стратегії досягнення оптимальних екологічних показників дизелів	60
2.4. Повний комплекс засобів для очищення відпрацьованих газів дизелів від нормованих політантів	62
2.5. Компонування агрегатів у системі зниження токсичності відпрацьованих газів дизелів	62
2.6. Сажові фільтри і фільтри твердих частинок	66
2.7. Діючі ФТЧ нетрадиційної конструкції.	70
2.8. Фільтри твердих частинок, розроблені у відділі поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України.	73
2.9. Висновки з розділу 2.	91

3. РЕГЕНЕРАЦІЯ ФІЛЬТРІВ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК (<i>О. П. Строков, С. О. Вамболь, О. М. Кондратенко</i>).	94
3.1. Загальні положення.	94
3.2. Основний принцип класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації ФТЧ	95
3.3. Класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації ФТЧ I роду	97
3.4. Класифікації способів і засобів здійснення процесу регенерації ФТЧ II роду.	117
3.5. Способи і засоби здійснення процесу регенерації I і II роду ФТЧ ІПМаш	122
3.6. Висновки з розділу 3.	130
4. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК З ДИЗЕЛЯМИ (<i>С. О. Вамболь, В. В. Вамболь, О. М. Кондратенко</i>)	131
4.1. Загальні положення	131
4.2. Аспекти техногенно-екологічної безпеки експлуатації ФТЧ	132
4.3. Аспекти пожежо- і вибухобезпеки експлуатації ФТЧ	134
4.4. Запобігання негативному впливу відпрацьованих газів дизелів на здоров'я студентів, курсантів і громадян, що здійснюють регулярні тренування на відкритих майданчиках у межах міста за допомогою ФТЧ	135
4.5. Передумови формування системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршнеvim ДВЗ.	136
4.6. Класифікація видів забруднення навколишнього природного середовища енергетичними установками з поршнеvim ДВЗ	137
4.7. Формалізація вирішення задачі побудови системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршнеvim ДВЗ	138
4.8. Функції системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергетичних установок з поршнеvim ДВЗ та її складових	143
4.9. Висновки з розділу 4	148
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	150
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	154
ДОДАТОК А. СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МОНОГРАФІЇ	195

Авторський колектив



Вамболь Сергій Олександрович,

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної механіки факультету техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України

Вамболь Сергей Александрович,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной механики факультета техногенно-экологической безопасности Национального университета гражданской защиты Украины

Vambol' Sergij Olexandrovych,

Dr.Sci.(Tech.), Professor, Head of Dept. of Applied Mechanics of Technogenic and Ecological Safety Faculty of National University of Civil Defence of Ukraine



Строков Олександр Петрович,

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України у 2007 – 2015 рр.

Строков Александр Петрович,

доктор технических наук, профессор, заведующий отделом поршневых энергоустановок Института проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины в 2007 – 2015 гг.

Strokov Olexandr Petrovych,

Dr.Sci.(Tech.), Professor, Head of Dept. of Piston Power Plants of A. N. Podgorny Institute for Problems in Mashinery of National Academy of Science of Ukraine in 2007 – 2015



Вамболь Віола Владиславівна,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, екології й експертних технологій Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Вамболь Виола Владиславовна,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры химии, экологии и экспертных технологий Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»

Vambol' Viola Vladislavivna,

Cand.Csi.(Tech.), Docent, Docent of Dept. of Chemistry, Ecology and Expert Technologies of N. E. Zhukovsky National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"



Кондратенко Олександр Миколайович,

кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної механіки факультету техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України, провідний інженер відділу поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України

Кондратенко Александр Николаевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики факультета техногенно-экологической безопасности Национального университета гражданской защиты Украины, ведущий инженер отдела поршневых энергоустановок Института проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины

Kondratenko Olexandr Mykolaiovych,

Cand.Csi.(Tech.), Docent of Dept. of Applied Mechanics of Technogenic and Ecological Safety Faculty of National University of Civil Defence of Ukraine, Lead Engineer of Dept. of Piston Power Plants of A. N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of National Academy of Science of Ukraine