

УДК 53.072.127

А. В. ІЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., Житомирський державний технологічний університет;

В. Ю. БАЛЮК, аспірант Житомирський державний технологічний університет;

Ю. В. ТРОСТЕНЮК, аспірант Житомирський державний технологічний університет

СПОСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ ФІЛЬТРА-НЕЙТРАЛІЗАТОРА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІДЦЕНТРОВО- СТРУМЕНЕВОГО ЗАВИХРУВАЧА

Проведено газодинамічний аналіз прототипу фільтра-нейтралізатора відпрацьованих газів дизельного двигуна внутрішнього згорання, визначено показники підвищення ефективності відносно початкової конструкції фільтра. Описано конструкцію запропонованого відцентрово-струменевого завихрувача ВГ у фільтрі-нейтралізаторі. Описано розрахункову модель прототипу системи очищення ВГ автомобіля з дизельним ДВЗ. Доведено раціональність застосування відцентрово-струменевого завихрувача у фільтрах, які використовуються на багатьох сучасних автомобілях з дизельними ДВЗ.

Ключові слова: відпрацьовані гази, фільтр-нейтралізатор, завихрувач, комп'ютерне моделювання.

Вступ. Проведені дослідження присвячені рішенням проблем одного зі шляхів зниження викидів сажі у відпрацьованих газах (ВГ) дизельними поршневими двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ), а саме каталітичного очищення у фільтрі-нейтралізаторі з використанням завихрувача потоку ВГ для розподілення їх по об'єму фільтруючого елемента.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літературних джерел [1-3] показав, що для підвищення якості очищення та збільшення строку служби фільтрів-нейтралізаторів дизелів до їх технічного обслуговування широко використовуються різного роду завихрувачі потоку ВГ. Основною задачею даного елемента є рівномірний розподіл ВГ на фільтруючі поверхні пористого матеріалу. В той же час наявність завихрувача у випускній системі в будь-якому разі призводить до збільшення її загального гідравлічного опору потоку ВГ. В [4-5] приведено результати оцінки способів підвищення ефективності фільтрів-нейтралізаторів за допомогою завихрувачів, описаних в [1] та [6]. Відповідно результатам цих досліджень застосування завихрувача, описаного в [6], є більш ефективним та дозволяє досягти розподілу ВГ на 98% площі вхідного торця фільтруючого елемента. При цьому гідравлічний опір фільтра-нейтралізатора складе 1361 Па. Варто зазначити, що показники початкової конструкції фільтра-нейтралізатора, яка дослужувалася в [4-5], відповідно складають 46% та 591 Па.

Постановка задачі. Провести моделювання роботи прототипу системи очищення ВГ для автомобіля з дизельним ДВЗ в CFD-Комплексі COSMOSFloWorks, визначити параметри його роботи при різних варіантах конструкції відцентрово-струменевого завихрувача, визначити показники підвищення ефективності відносно початкової конструкції фільтра, зробити висновки щодо подальшого удосконалення фільтра-нейтралізатора ВГ із відцентрово-струменевим завихрувачем.

Матеріали та результати дослідження. За основу конструкції прототипу було взято існуючий фільтр-нейтралізатор, який використовується на багатьох сучасних автомобілях з дизельними ДВЗ, зокрема таких, як FIAT DOBLO, VOLKSWAGEN CADDY тощо. Для досягнення найкращого розподілу ВГ по об'єму фільтруючого

© А. В. Ільченко, В. Ю. Балюк, Ю. В. Тростенюк, 2014

матеріалу з відносно невеликим збільшенням загального гідравлічного опору фільтра-нейтралізатора пропонується встановлювати завихрувач не у вхідному патрубку, а в корпусі фільтра, де площа поперечного перерізу більша, а тиск ВГ менший. Для створення турбулентного потоку при розподілі ВГ пропонується використати завихрувач на основі відцентрово-струменевої форсунки, описаної в [7].

На рис. 1. представлено загальний вигляд та поздовжній розріз завихрувача із зазначенням основних розмірів, які були обрані за змінні параметри, які впливатимуть на показники ефективності фільтра-нейтралізатора. Завихрувач працює наступним чином. ВГ поступають через тангенціальні та центральний отвори в камеру завихрувача. Тангенціальні отвори спрямовують потоки ВГ вздовж камери завихрувача, які створюють рівномірний кільцевий потік. Останній в свою чергу взаємодіє з центральним суцільним потоком. При цьому створюється рівномірно заповнений факел ВГ, спрямований на фільтруючий елемент.

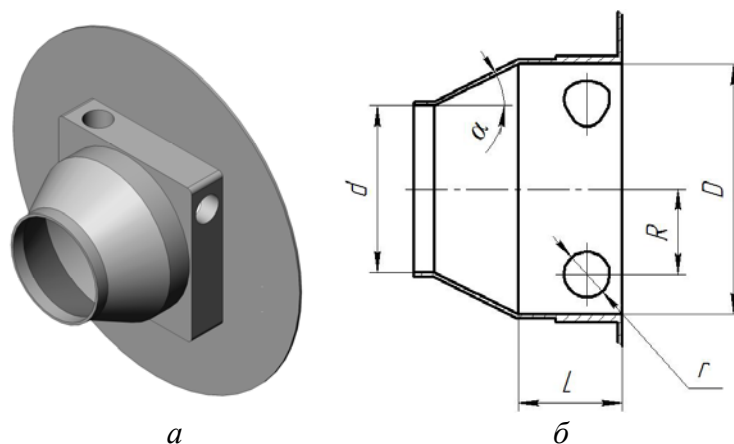


Рисунок 1 – Відцентрово-струменевого завихрувача: *a* – загальний вигляд; *б* – поздовжній розріз

На рис. 2 представлена розрахункова модель прототипу фільтра-нейтралізатора ВГ автомобіля з дизельним ДВЗ з відображеними граничними й початковими умовами. Варто зазначити, що встановлення завихрувача в корпусі фільтра-нейтралізатора вимагає подовження корпусу останнього. Тому для визначення ефективності застосування відцентрово-струменевого завихрувача розглядається саме така конфігурація корпусу фільтра. Для порівняння були отримані результати моделювання роботи фільтра з подовженим корпусом та без завихрувача. Додатково слід зазначити наступні умови розрахункової моделі:

- параметри матеріалу корпусу та завихрувача – нержавіюча сталь;
- параметри ВГ відповідають [8-9];
- параметри пористості фільтрувального елемента визначені згідно [10].

Основними параметрами для дослідження було обрано:

- 1) відсоткова частка площі вхідного торця фільтруючого елемента, на якому проекція вектора на поздовжню вісь має додатне значення – η , %;
- 2) загальний гідравлічний опір фільтра-нейтралізатора – ΔP , Па.

Оцінка способу удосконалення фільтра-нейтралізатора виконувалася за наступною методикою:

1. Після проведення моделювання роботи прототипу фільтра-нейтралізатора ВГ для кожної конфігурації конструкції було отримано зображення полів проекцій

швидкостей на поздовжню вісь в площині поперечного перерізу на відстані 5 мм до фільтрувального елемента. Всі значення було розбито на 10 діапазонів. 1-ий діапазон відповідав всім від'ємним значенням швидкості. Інші 9 діапазонів розбивали загальний діапазон значень на рівні частини. На рис. 3 представлено зразок одного з отриманих зображень.

2. Визначено площі кожного з полів на кожному із зображень.

3. Отримані показники суми полів проєкцій швидкостей із додатковим значенням на поздовжню вісь в площині поперечного перерізу на відстані 5 мм до фільтрувального елемента та загального гідравлічного опору фільтра занесені до протоколу.

4. Складено порівняльну таблицю, в якій зведено змінні параметри завихрувача та показники параметрів дослідження (табл. 1).

5. Зроблено висновки з аналізу порівняльної таблиці.

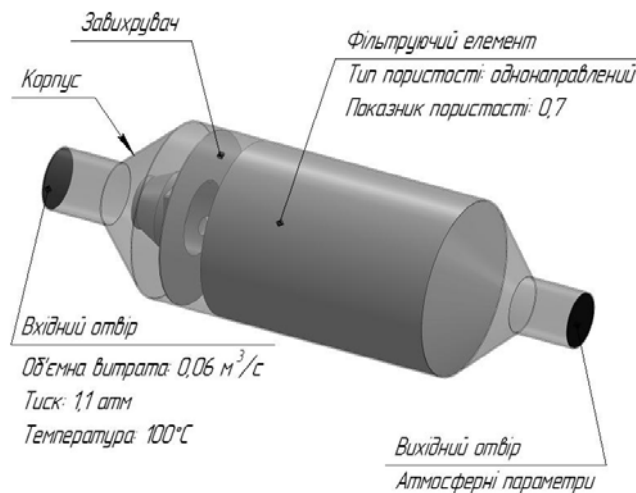


Рисунок 2 – Розрахункова модель системи очищення ВГ для автомобіля з дизельним ДВЗ в CFD-Комплексі COSMOSFloWorks

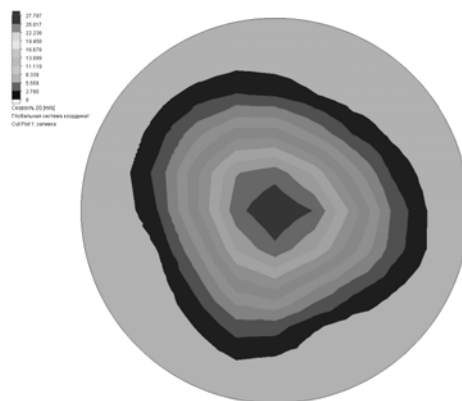


Рисунок 3 – Поля проєкцій швидкостей на поздовжню вісь в площині поперечного перерізу на відстані 5 мм до фільтрувального елемента в початковій конструкції фільтра

Таблиця 2 – Основні параметри для оцінки способу удосконалення фільтра-нейтралізатора

ЗМІННІ ПАРАМЕТРИ ЗАВИХРУВАЧА						РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ	
d, мм	D, мм	r, мм	R, мм	α , град	L, мм	ρ , %	ΔP , Па
10	30	11	20,5	45	25	73%	11164
15	30	11	20,5	45	25	80%	2971
20	30	11	20,5	45	25	55%	1059
25	30	11	20,5	45	25	49%	674
30	30	11	20,5	45	25	57%	608
20	20	11	14,5	45	25	46%	1490
20	25	11	19,5	45	25	58%	1050
20	30	11	20,5	45	25	55%	1059
20	35	11	29,5	45	25	96%	1076
20	40	11	34,5	45	25	94%	1084
20	30	9	20,5	45	25	63%	1115
20	30	10	20,5	45	25	56%	1089
20	30	11	20,5	45	25	55%	1059
20	30	12	20,5	45	25	56%	1028
20	30	13	20,5	45	25	57%	996
20	30	11	18,5	45	25	55%	1047
20	30	11	19,5	45	25	56%	1051
20	30	11	20,5	45	25	55%	1059
20	30	11	21,5	45	25	54%	1062
20	30	11	22,5	45	25	50%	1053
20	30	11	20,5	35	25	55%	1060
20	30	11	20,5	40	25	53%	1023
20	30	11	20,5	45	25	55%	1059
20	30	11	20,5	50	25	52%	1032
20	30	11	20,5	55	25	54%	1050
20	30	11	20,5	45	20	52%	1019
20	30	11	20,5	45	22,5	54%	1043
20	30	11	20,5	45	25	55%	1059
20	30	11	20,5	45	27,5	54%	1020
20	30	11	20,5	45	30	55%	1056
Без завихрувача						53%	611

Проаналізувавши, представлені вище результати, можна дійти висновку, що оптимальною конфігурацією досліджуваного завихрувача, для удосконалення фільтра-нейтралізатора, який використовується на багатьох сучасних автомобілях з дизельним ДВЗ, є конфігурація з такими параметрами $d = 20$ мм, $D = 35$ мм, $r = 11$ мм, $R = 29,5$ мм, $\alpha = 45^\circ$, $L = 25$ мм. При застосуванні завихрувача даної конфігурації площа розподілу ВГ збільшується на 82% при збільшенні гідравлічного опору на 465 Па відносно показників фільтра-нейтралізатора без завихрувача. Отже можна стверджувати, що відцентрово-струменевий завихрувач є більш ефективним за лопатний, який досліджувався в [5].

Підводячи підсумки аналізу отриманих результатів дослідження, можна сказати, що застосування завихрувача дає змогу значно покращити показники очистки ВГ у фільтрах, які використовуються на багатьох сучасних автомобілях з дизельними ДВЗ. В той же час розрахунок та підбір параметрів завихрувача має проводитися для кожного окремого фільтра. Подальші дослідження мають бути спрямовані на визначення показників ефективності фільтра-нейтралізатора в залежності від взаємодії всіх змінних параметрів завихрувача, оскільки на даному етапі розглядаються лише одиничні зміни кожного з них.

Висновки. 1. Проведено аналіз літературних джерел, в яких описується удосконалення фільтрів-нейтралізаторів ВГ дизелів шляхом розподілу потоку ВГ по площі фільтрувального елемента.

2. Описано конструкцію запропонованого відцентрово-струменевого завихрувача ВГ у фільтрі-нейтралізаторі.

3. Описано розрахункову модель прототипу системи очищення ВГ автомобіля з дизельним ДВЗ з відображеними граничними й початковими умовами, створену у CFD-комплексі COSMOSFloWorks.

4. Доведено раціональність застосування відцентрово-струменевого завихрувача у фільтрах, які використовуються на багатьох сучасних автомобілях з дизельними ДВЗ, з наступними параметрами: висота гвинтової частини $d = 20$ мм, $D = 35$ мм, $r = 11$ мм, $R = 29,5$ мм, $\alpha = 45^\circ$, $L = 25$ мм.

Список літератури: 1. Нейтралізатор отработавших газов для дизеля : пат. 2280177 Рос. Федерация : МПК F01N3/035 / *Поливаев О.И., Байбарин В.А., Божко А.В., Можейко А.В.* ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки" – 2005105377/06 ; заявл. 24.02.2005 ; опубл. 20.07.2006 – 4 с. : ил. 2. Нейтралізатор отработавших газов : пат. 2175391 Рос. Федерация : МПК F01N3/02 / *Гордивский В.Н., Шестаков С.В., Залюбовский А.Ф., Медведев Ю.С.* ; заявитель и патентообладатель Военный автомобильный институт – 2000100245/06 ; заявл. 05.01.2000 ; опубл. 27.10.2001 – 3 с. : ил. 3. Нейтралізатор отработавших газов : пат. 2433285 Рос. Федерация : МПК F01N3/02 / *Носырев Д.Я., Плетнев А.И.* ; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный университет путей сообщения" – 2010105462/06 ; заявл. 15.02.2010 ; опубл. 27.03.2011 – 3 с. : ил. 4. Балюк В.Ю. Оцінка

способу удосконалення фільтра-нейтралізатора відпрацьованих газів дизеля / *В.Ю. Балюк, А.В. Ильченко, Ю.В. Тростенюк* // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування – 2013. – № 29 (1002). – С. 79-85. **5.** Балюк В.Ю. Анализ эффективности способов усовершенствования фильтра-нейтралізатора отработавших газов дизеля / *В.Ю. Балюк, А.В. Ильченко, Ю.В. Тростенюк* // Вісник СевНТУ. – 2013 - №143 – С. 62-65. **6.** Завихритель потока : пат 2323386 Рос. Федерация : F23D14/24 / Маркова Т.В., Тишин А.П. ; заявитель и патентообладатель Тишин А.П. 2006128198/06 ; заявл. 03.08.2006 ; опубл. 27.04.2008 – 2 с. : ил. **7.** А.с. 2271872 РФ, МПК В05В1/34. Центробежно-струйная форсунка / *Ибрагимов И.Г., Туманова Е.Ю* (РФ). – № 2004119943/12; заявл. 29.06.2004 ; опубл. 20.03.2006. **8.** *Носырев Д. Я., Просвилов Ю. Е., Росляков А. Д., Фролов С. Г.* Методические указания к выполнению курсовой работы №1 по дисциплине "Локомотивы (общий курс)." – Самара : СамИИТ, 2001. – 24 с. **9.** *Евстигнеев В.В.* Моделирование процессов очистки отработавших газов химических производств и дизельных агрегатов от твердых частиц СВС-фильтрами / *Евстигнеев В.В., Новоселов А.Л., Пролубников В.И., Тубалов Н.П.* // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. №1 – С. 138-143. **10.** *Ильченко А.В.* Спосіб визначення гідравлічного опору пористого матеріалу фільтруючого елемента фільтра відпрацьованих газів / *А.В. Ильченко, В.Ю. Балюк* // Автомобильный транспорт. – 2011. – Вып. 29. – С. 148–151. **11.** SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов и др. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.

Надійшла до редколегії 03.03.2014

УДК 53.072.127

Спосіб удосконалення фільтра-нейтралізатора відпрацьованих газів дизеля за допомогою відцентрово-струменевого завихрувача / А. В. Ильченко, В. Ю. Балюк, Ю. В. Тростенюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 8 (1051). – С. 78-83. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.

Проведен газодинамический анализ прототипа фильтра-нейтралізатора отработавших газов дизельного двигателя внутреннего сгорания, определено показатели повышения эффективности относительно начальной конструкции фильтра.

Ключевые слова: отработавшие газы, фильтр-нейтралізатор, завихритель, компьютерное моделирование.

Way of the improvement of the filter-neutralizer gas of diesel exhaust gases by means of center stream swirl / A. V. Ichenko, V. U. Baluk, U. V. Trostenuk // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – № 8 (1051). – P. 78-83. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2078-6840.

A gas-dynamic analysis of the filter-neutralizer prototype of diesel exhaust gases was made. Indicators of increasing the efficiency relative to primary design of the filter were defined.

Keyword: exhaust gases, filter-neutralizer, swirl, computer simulation.