

УДК 66.011

В.Ю. Балюк, аспирант,

Ю.В. Тростенюк,

А.В. Ильченко, доцент, канд. техн. наук

Житомирский государственный технологический университет

ул. Черняховского, 103, г. Житомир, Украина, 10000

avi_7@rambler.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФИЛЬТРА-НЕЙТРАЛИЗАТОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ

Проведен газодинамический анализ прототипов системы очистки отработавших газов дизельного двигателя внутреннего сгорания, определена оптимальная конструкция завихрителей в фильтре-нейтрализаторе отработавших газов дизеля.

Ключевые слова: *отработавшие газы, фильтр-нейтрализатор, завихритель, компьютерное моделирование*

Очистка отработанных газов (ОГ), в том числе от частиц сажи, дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей является одной из важнейших экологических проблем и сложной технической задачей, решение которой зависит от различных факторов. Для оптимизации конструкции, учета различных факторов и исключения их влияния на полученные результаты на стадии натурных испытаний, нужно до их выполнения провести аналитический анализ работы разрабатываемой системы. Для решения данной задачи сегодня в руках научных и инженерных сотрудников есть ряд комплексов для компьютерного моделирования различных процессов, в том числе и таких, как моделирование потока жидкости или газа. В статье рассмотрены модели процесса фильтрации в разрабатываемой системе очистки ВГ с использованием пористых материалов и с использованием различных завихрителей для более равномерного распределения ОГ по площади поперечного сечения фильтрующего элемента.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ литературных источников [1-3] показал, что для повышения качества очистки и увеличения срока службы фильтров-нейтрализаторов дизелей до их технического обслуживания широко используются различного рода завихрители потока ОГ. Основной задачей данного элемента является равномерное распределение ОГ на фильтрующие поверхности пористого материала, что также должно позволить снизить противодавление в выпускной системе. Последнее приведет к тому, что при равномерном распределении ОГ по поверхности фильтра эффективность очистки будет увеличена, при этом возможно применение фильтров с более крупным размером пор без ухудшения качества фильтрации.

Постановка задачи. Провести моделирование работы прототипов системы очистки ОГ для автомобиля с дизельным ДВС в CFD-Комплексе COSMOSFlowWorks, определить параметры его работы при различных вариантах конструкций завихрителей, найти оптимальную конструкцию завихрителя, сделать выводы по дальнейшему совершенствованию фильтра-нейтрализатора ВГ с завихрителем.

Материалы и результаты исследования. За основу конструкции прототипа был взят существующий фильтр-нейтрализатор, который используется на многих современных автомобилях с дизельными ДВС, в частности таких, как FIAT DOBLO, VOLKSWAGEN CADDY т.д. Основными параметрами для исследования были выбраны равномерность распределения ОГ по плоскости поперечного сечения фильтра-нейтрализатора непосредственно перед входом в фильтрующий элемент и общий гидравлическое сопротивление фильтра-нейтрализатора при различных вариантах конструкции завихрителя. Для определения этих параметров было принято решение провести газодинамический анализ работы фильтра-нейтрализатора с помощью компьютерного моделирования. На рисунке 1 представлена типовая расчетная модель прототипа системы очистки ВГ автомобиля с дизельным ДВС с отображаемыми предельными и начальными условиями, которая использовалась во время исследований. Дополнительно следует отметить следующие условия:

- параметры материала корпуса и завихрителя – нержавеющая сталь;
- параметры ОГ соответствуют [4-5];
- параметры пористости фильтрующего элемента определены согласно [6].

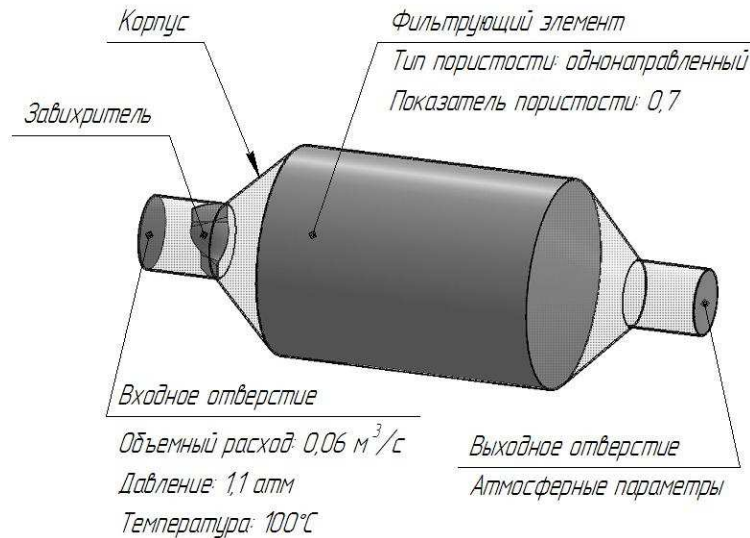


Рисунок 1 – Типовая расчетная модель прототипа системы очистки ОГ для автомобиля с дизельным ДВС в CFD-комплексе COSMOSFlowWorks

Согласно [1] завихритель представляет собой изогнутую по винтовой линии пластину. Согласно [2] двухлопастной завихритель потока текучей среды содержит установленные в трубе под углом к потоку текучей среды плоские лопатки, при этом он состоит из двух одинаковых лопаток, установленных в трубе с круглым поперечным сечением, каждая лопатка имеет профиль половинки эллипса, разрезанного вдоль большей его оси на две лопатки и полученного наклонным сечением трубы, выполненным под углом к оси трубы, равным углу наклона края лопатки, образованного большой осью эллипса к оси трубы при установке лопаток в трубе, причем угол наклона края лопаток, образованного большой осью эллипса, обратно симметричен оси трубы и равен от 5 до 85°. Также двухлопастной завихритель потока текучей среды может быть снабжен разделительной пластиной, установленной на входе в завихритель между краями лопаток, образованными большой полуосью указанного выше эллипса.

Во время исследования были созданы 3 модели систем очистки с завихрителями, конструкции которых описаны выше. Для исследования были выбраны следующие основные геометрические параметра конструкций завихрителей:

- винтового: высота винтовой части – A , мм; ширина пластины – B , мм; угол закручивания – Δ , град;
- лопастного и лопастного с разделительной перегородкой: угол наклона края лопаток, образованного большой осью эллипса, обратно симметричен оси трубы – соответственно β и β_p , град.

Оценка способов усовершенствования фильтра-нейтрализатора выполнялась по следующей методике:

1. После проведения моделирования работы прототипов системы очистки ОГ для каждой конфигурации конструкции было получено изображение полей проекций скоростей на продольную ось в плоскости поперечного сечения на расстоянии 5 мм до фильтрующего элемента. Все значения были разбиты на 10 диапазонов. Первый диапазон соответствовал всем отрицательным значениям скорости. Остальные 9 диапазонов разбивали общий диапазон значений на равные части.

2. Определены площади каждого из полей на каждом из полученных изображений.

3. Проведен аналитический анализ полученных значений. За основные параметры для определения оценки способов усовершенствования фильтра-нейтрализатора было взято значение суммарной площади полей скоростей с положительным направлением – η , %; и общее гидравлическое сопротивление – ΔP , Па.

Предварительно также было проведено моделирование работы фильтра-нейтрализатора без завихрителя. Для данной конструкции получены следующие показатели: $\eta = 46\%$; $\Delta P = 591$ Па.

Результаты исследования (рисунок 2 и 3) показали, что применение завихрителя перед входом в фильтр-нейтрализатор позволяет значительно улучшить равномерность распределения ОГ по площади поперечного сечения фильтрующего элемента. Также стоит отметить, что при условии тщательного расчета и подбора оптимальных параметров завихрителя общее гидравлическое сопротивление фильтра-нейтрализатора увеличивается незначительно. Так оптимальными параметрами рассматриваемых завихрителей будут:

- для винтового $\eta = 67\%$, $\Delta P = 853$ Па при $A = 25$ мм, $B = 25$ мм та $\Delta = 36^\circ$

- для лопастного $\eta = 98\%$, $\Delta P = 973$ Па при $\beta = 75^\circ$;
- для лопастного с разделительной перегородкой: $\eta = 98\%$, $\Delta P = 2977$ Па при $\beta_n = 75^\circ$;

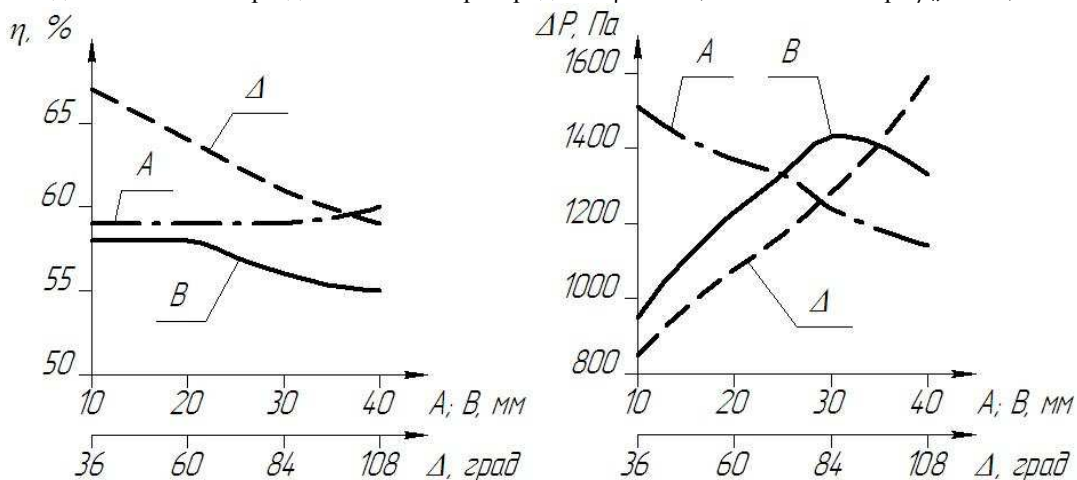


Рисунок 2 – Зависимости значений η и ΔP от геометрических параметров A , B и Δ винтового завихрителя

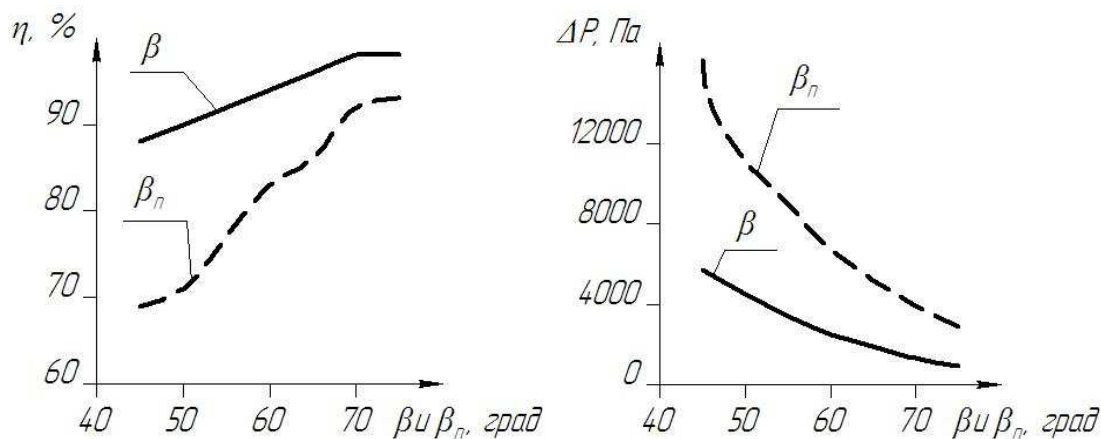


Рисунок 3 – Зависимости значений η и ΔP от угла наклона β и β_n края лопаток в соответственно лопастном завихрителе и лопастном завихрителе с разделительной перегородкой

Для более тщательного определения оптимальной конструкции завихрителя необходимо улучшить методику, использованную в данном исследовании: она должна иметь возможность отображать также равномерность распределения потока ОГ по поверхности поперечного сечения перпендикулярно продольной оси фильтрующего элемента. После этого ее помощью можно будет исследовать фильтр-нейтрализатор с завихрителем типа центробежно-струйная форсунка.

Выводы. 1. Проведен анализ литературных источников, в которых описывается усовершенствование фильтров-нейтрализаторов ОГ дизелей путем распределения потока ОГ по площади фильтрующего элемента.

Описана расчетная модель прототипов системы очистки ОГ автомобиля с дизельным ДВС с отображаемыми предельными и начальными условиями в CFD-комплексе COSMOS FlowWorks.

Доказано рациональность применения завихрителей в фильтрах, которые используются на многих современных автомобилях с дизельными ДВС, со следующими параметрами: винтовой – $A = 25$ мм, $B = 25$ мм та $\Delta = 36^\circ$; лопастной – $\beta = 75^\circ$; лопастной с разделительной перегородкой – $\beta_n = 75^\circ$.

Библиографический список использованной литературы

1. Нейтрализатор 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. Нейтрализатор отработавших газов : пат. 2175391 Рос. Федерация : МПК F01N3/02 / Гордивский В.Н., Шестаков С.В., Залобовский 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. Нейтрализатор 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. Методические указания к выполнению курсовой работы №1 по дисциплине "Локомотивы (общий курс)" / Д.Я. Носырев, Ю.Е. Просвиоров, А.Д. Росляков, С.Г. Фролов. – Самара: СамИИТ, 2001. – 24 с.

5. Евстигнеев В.В. Моделирование процессов очистки отработавших газов химических производств и дизельных агрегатов от твердых частиц СВС-фильтрами / В.В. Евстигнеев, А.Л. Новоселов, В.И. Пролубников, Н.П. Тубалов // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. №1 – С. 138 – 143.

6. 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.

7. 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.

Поступила в редакцию 4.06.2013 г.

Балюк В.Ю., Ильченко А.В. Тростенюк Ю.В. Аналіз ефективності способів удосконалення фільтра-нейтралізатора відпрацьованих газів дизеля

Проведено газодинамічний аналіз прототипів системи очищення відпрацьованих газів дизельного двигуна внутрішнього згорання, визначена оптимальна конструкція завихрувачів у фільтрі-нейтралізаторі відпрацьованих газів дизеля.

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

Baljuk V.Y., Il'chenko A.V. Trostenjuk Y.V. Ways of improving the efficiency analysis exhaust filter-converter of diesel engines

It was conducted the gas-dynamic analysis of prototypes of exhaust gases cleaning system of diesel internal combustion engine. It was determined the optimal design of swirlers in the exhaust gases filter-neutralizer of diesel.

Keywords: exhaust gases, filter- neutralizer, swirler, computer simulation