

ОЧИСТКА ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ОБОРУДОВАННЫХ СИСТЕМОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИИ

конф. унив. ПЕТРОВ Олег, конф. унив. МАНОЛИ Илие,
преподаватель БЕЮ Илие, конф. унив. ДЫНТУ Сержиу

Технический университет Молдовы

Abstract: *The shortcomings of the known technical solutions for the purification of exhaust gases of internal combustion engines are given. A device for cleaning exhaust gases from internal combustion engines equipped with an exhaust gas recirculation system is provided. The device and the operating principle of the device are described. The calculation of the speed of electric wind created in the proposed device for the purification of exhaust gases is carried out. The chemical processes in the exhaust gases caused by the electric wind are described. The cost of creating the proposed device has been calculated and a cost comparison with a known technical solution has been performed.*

Keywords: *cleaning of exhaust gases of car engines; corona and precipitating electrodes; device for controlling the phases of the gas distribution of ICE.*

1. Введение

Жидкие и твердые фракции отработанного газа ДВС, в частности дизеля, являются сложной совокупностью твердого и жидкого материалов, которые агломерируют канцерогенные вещества – полициклические ароматические углеводороды. Частицы имеют очень сложный состав и могут содержать до 43 % сажи, до 5 % нерастворимых фракций масла, до 10 % растворимых фракций топлива и до 13 % сульфатов и паров воды [1].

Оксид углерода – поражает нервную систему и вызывает кислородное голодание. Альдегиды – поражают нервную систему и раздражают слизистые оболочки, бенз(а)перин, антрацены, полициклические ароматические углеводороды – канцерогенные вещества, вызывают пищевые отравления, разрушают дыхательную систему и ЦНС.

Наибольшую опасность представляют мельчайшие частицы диаметром менее 50 нм, известные как нано частицы, способные проникать глубоко в легкие человека и способствовать возникновению раковых заболеваний в большей степени, чем более крупные образования. Причем новые дизели выделяют большее количество мелких частиц, чем дизели, изготовленные по старой технологии [2]. Национальный институт профессиональной безопасности и здоровья (NIOSH, США) признал выбросы дизеля канцерогеном (то есть веществом, вызывающим раковые заболевания).

Поэтому очистка выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания является актуальной задачей.

2. Известные технические решения

Из предшествующего уровня техники известны основные типы устройств для очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания [3]:

а) каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя автомобиля;

Недостатки Перегрев катализатора является одной из наиболее распространенных причин блокирования и повреждения. Это обычно связано с обогащением топливной смеси и следовательно, попаданию не сгоревшего топлива в выхлопную систему.

б) пламенный нейтрализатор отработавших газов двигателя автомобиля;

Недостатки Альдегиды, окись углерода и углеводороды пламенные нейтрализаторы не обезвреживают, из-за температура пламени ниже 550° С. Кроме того, они имеют много других известных недостатков (невозможность использования в ограниченном пространстве, воспламенение) Кроме того, их недостаток состоит в значительных энергозатратах, в расходе дополнительного топлива,

в) термический нейтрализатор отработавших газов двигателя автомобиля;

Недостатки Высокие тепловые потери из-за недостаточности применения только одной теплоизоляции, неэффективное использование электрической спирали (электрического подогревателя) ввиду невозможности ее автоматического включения и отключения в зависимости от температуры ОГ,

а также невозможность обслуживания нейтрализатора (очистка от сажи) из-за неразъемности конструкции.

г) жидкостный нейтрализатор отработавших газов двигателя автомобиля;

Недостатки Большой вес и габариты, нечувствительность к окиси углерода, необходимость часто менять растворы реагента и периодически очищать внутренние поверхности аппарата от сажи.

д) рециркуляция отработавших газов двигателя автомобиля;

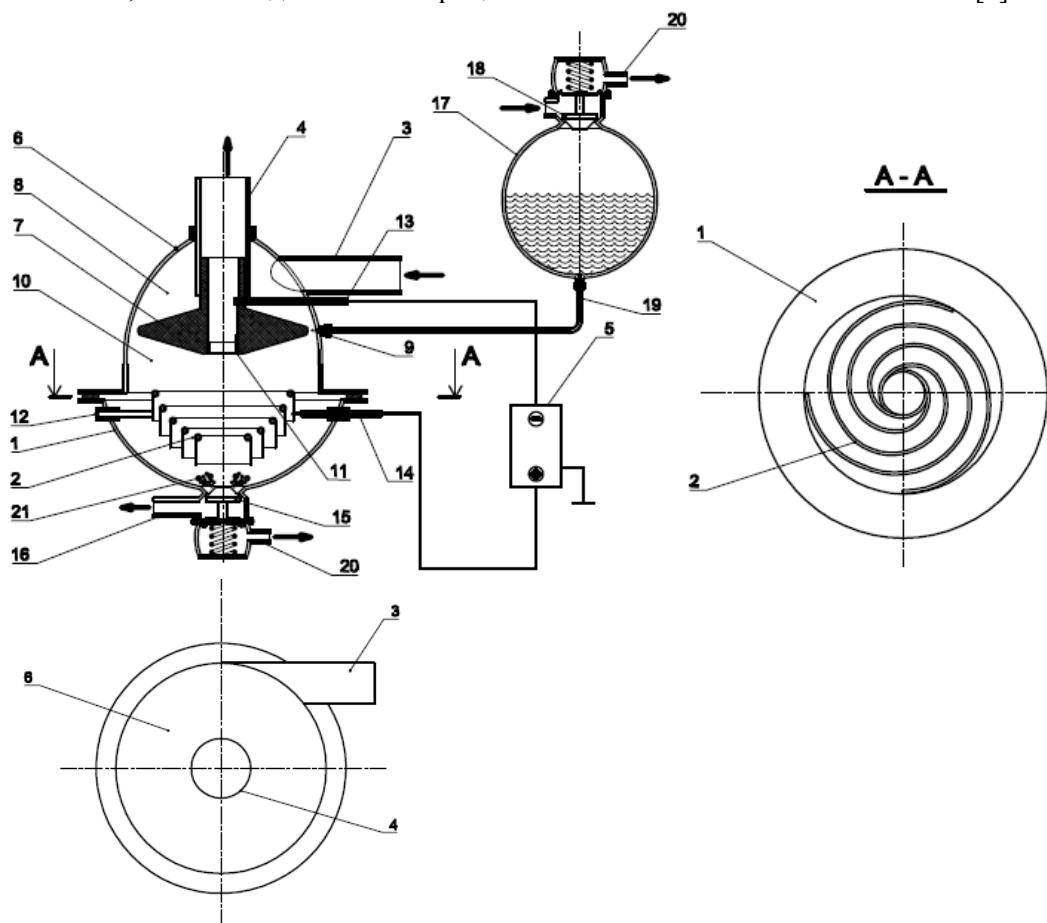
Недостатки Система рециркуляции отработавших газов (EGR) не очищает ОГ от жидкие и твердых фракций и, в частности, от частиц сажи, образуемых при работе двигателя. Кроме того, на клапане EGR осаждаются жидкие и твердые фракции ОГ приводящие к заклиниванию последнего. В устройстве не предусмотрены очистка клапана охлаждение ОГ, которые возвращают в камеру сгорания.

3. Предлагаемое техническое решение

В предлагаемом устройстве (Фиг. 1), вначале, используют инерционное осаждение, которое основано на том, что жидкие и твердые фракции в потоке ОГ, являющемся взвешивающей средой, ввиду значительной разности плотностей обладают различной инерцией. Поэтому жидкие и твердые фракции в ОГ, двигаясь в потоке ОГ по входному патрубку 3, который подключают тангенциально к полусферической приемной камере 6 с целью завихрения потока ОГ, поэтому жидкие и твердые фракции сталкиваются по инерции с внутренней стенкой приемной камеры 6, отделяются от потока ОГ, оседают на стенке и стекают через горло в осадительную камеру, где осаждаются на дне осадительной камеры 1.

Кроме того, в осадительной камере 1 не осажденные центробежной силой жидкие и твердые фракции оставшиеся в потоке ОГ, включая мелкие частицы сажи, осаждают, используя электрический ветер.

К коронирующему электроду подают отрицательные импульсы тока высокого напряжения от блока питания 5, так как подвижность отрицательных ионов выше положительных [4].



Фиг. 1. Устройство для очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания оборудованных системой рециркуляции

При отрицательной короне удастся поддержать более высокое напряжение без искрового пробоя между электродами. В результате межэлектродный промежуток между коронирующим электродом 11 и осадительным электродом 2 будет заполнен в основном электрическим ветром электронов и отрицательно заряженных ионов газа. Поток ОГ двигателя ионизируют в поле отрицательной короны, поэтому фракции и частицы сажи ОГ приобретают отрицательный заряд (вследствие адсорбции на них отрицательных ионов). Осаждающий электрод 2 с положительным потенциалом от блока питания 5 притягивает отрицательно заряженные фракции и мелкие частицы сажи вплоть до самых мелких, до 50 нм. В результате фракции и частицы сажи осаждают на электроде 2. При этом, фракции с большим сопротивлением прилипают к металлической ленте электрода 2, а частицы сажи с малым электрическим сопротивлением, приобретают от электрода 2 положительный заряд, отпадают от него и падают на дно осадительной камеры 1, где слипаются и агломерируют с накапливаемыми жидкими и твердыми фракциями ОГ,

Для эффективного протекания процесса электрической зарядки твердых фракций потока ОГ (сажи) в осадительной камере 1, на участке горения коронного разряда с помощью диффузора 10 снижают скорость потока ОГ и направляют его перпендикулярно направлению электрического ветра электронов и отрицательно заряженных ионов газа.

Для эффективного протекания процесса электрической зарядки твердых фракций потока ОГ (сажи) в осадительной камере 1, на участке горения коронного разряда с помощью диффузора 10 снижают скорость потока ОГ и направляют его перпендикулярно направлению электрического ветра электронов и отрицательно заряженных ионов газа.

При открытии клапана 15 системы рециркуляции ОГ от вакуумного привода 20 клапана системы рециркуляции ОГ под управления блока управления ДВС, одновременно этим приводом открывают атмосферный клапан 18 и соединяют полость герметичного бачка 17 с атмосферой, движением потока ОГ в сопле горловины 9 создают разряжение и подают очищающую жидкость из герметичного бачка 17 в поток ОГ. Этим потоком очищают дно осаждающей камеры 1 и ленту осаждающего электрода 2 от жидких и твердых фракций ОГ.

4. Расчет скорости электрического ветра

Скорость электрического ветра W_3 , создаваемого в предлагаемом устройстве приблизительно обратно пропорциональна корню квадратному из величины расстояния до коронирующего электрода, достигает 0,5–1,0 м/сек и может быть подсчитана по приближенной формуле Ланденбурга [5], справедливой для воздуха при обычной температуре (м/сек):

$$W_3 = 5,34 \times 10^{-7} E / \sqrt{H} \quad (1)$$

где: E – напряженность электрического поля, В/м (принята равномерной в пространстве между электродами);

H – расстояние между коронирующим и осаждающим электродами, м.

$$E = 70 \text{ кВ} / 0,07 \text{ м} = 1000 \text{ кВ/м} = 1\,000\,000 \text{ В/м}$$

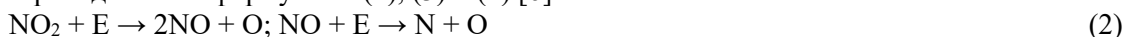
$$W_3 = 5,34 \times 10^{-7} \times 1\,000\,000 / 0,265 = 2 \text{ м/с}$$

Поток электронов, расстояние между электродами в 7 см со скоростью $W_3 = 2 \text{ м/с}$, проходит 28 раз в секунду при напряженности электрического поля в разрядном промежутке между электродами устройства $E = 1000 \text{ кВ/м}$.

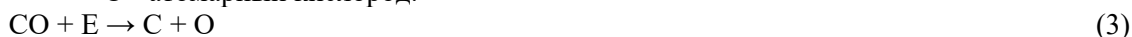
При диаметре осаждающего электрода 2 порядка $D = 0.20 \text{ м}$, объем пространства между коронирующим электродом осадительной камеры 1 составляет половину объема шара $V = 4/3 \pi R^3 = 4/3 \times 3.14 \times (0.20/2)^3 = 0.0042 \text{ м}^3$, следовательно, будет порядка 2.1 литров. Легковой автомобиль средней мощности, потребляет 10 литров бензина в час и вырабатывает выхлопные газы в объеме до 6.2 л/с (<https://otvet.mail.ru/question/76054665>). Значит, объем ОГ в 6.2 л проходит через пространство между электродами шириной 7 см, имеющее объем 2.1л за 0.3с. Следовательно, поток ОГ за время нахождения в электрическом поле будет пронизан электрическим ветром, имеющим скорость 2 м/с, более 10 раз. Таким образом, при выбранной напряженности электрического поля, предлагаемое устройство достаточно надежно обеспечит осаждение на осаждающем электроде 2 отрицательно заряженных мелких частиц сажи, включая частицы размером до 50 нм. Для увеличения площади эквипотенциальной плоскости осаждающего электрода 2, закругляют до 1 см кромки спиральной ленты электрода 2 навстречу потоку ОГ и крепят ленту электрода 2 на опорных изоляторах 12 на дне осадительной камеры 1 на равном удалении его закругленных кромок от острой нижней кромки коронирующего электрода 11. Для снижения сопротивления движению потока ОГ предают осаждающему ленточному электроду 2 форму логарифмической спирали.

5. Химические процессы в выхлопных газах вызванные электрическим ветром

В отработавших газах двигателей внутреннего сгорания устройство обеспечивает диссоциацию двуокиси азота, угарного газа и углеводородов в системе выброса отработавших газов двигателя до соединений, безвредных для человека и экологии. Диссоциацию осуществляют электронным ударом по молекулам двуокиси азота (NO_2), угарного газа (CO) и углеводородов (H_nC_m) с переводом их в возбужденное состояние на уровень нестабильного возбужденного состояния (7 - 15 эВ) в соответствии с нижеприведенными формулами (2), (3) и (4) [6]:

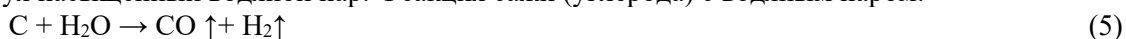


где: NO_2 - двуокись азота;
E - энергия электронного удара;
NO - окись азота;
O - атомарный кислород.



где: CO - угарный газ;
HC — углеводородное соединение.
C - углерод.

При распылении очищающей жидкости, ее наличие в той части ОГ, которую возвращают через клапан EGR, охлаждает ОГ поступающие в камеру сгорания и при воспламенении топливо-воздушной смеси, распыленные в ней капли воды вскипают, при этом, образующийся из них пар стремится увеличиться в объеме примерно в 1700 раз, помогая возгорающимся газам толкать поршни в цилиндрах. ОГ имеют высокую температуру, поэтому очищающая жидкость частично испаряется, образуя насыщенный водяной пар. Реакция сажи (углерода) с водяным паром:



Смесь окиси углерода и водорода является топливом, которое сгорает в камере сгорания и повышает экономичность двигателя.

6. Расчет затрат на создание устройства и сравнение затрат

Данная конструкция устройства для очистки отработавшие газов двигателей внутреннего сгорания от жидких и твердых фракции продуктов неполного сгорания имеет размеры соизмеримые с размерами турбокомпрессора и может быть без проблем вписано в ансамбль сопряженных с ДВС агрегатов легкового автомобиля. Используемые в конструкции детали – это металлические полусферы не сложные в изготовлении плюс проходной изолятор с одной юбкой, это изделие, серийно выпускаемое для нужд электроснабжения, стоит порядка 5 Евро. Стоимость изготовления устройства не превысит 30 Евро.

Блок питания импульсного тока высокого напряжения может быть построена на знаменитом таймере 555 (микросхема КР1006ВИ1 аналог NE555) - одна из самых повторяемых. По причине простой конструкции, практически не нуждается в настройке и высокого КПД. Таймер подключен по схеме генератора импульсов, частотоподающая цепь настроена на частоту 27 кГц и подключена к анодной обмотке трансформатора диодно-каскадного строчного (ТДКС), которая вырабатывает напряжение питания второго анода кинескопа 25 - 30 кВ. Необходимое напряжение питания постоянного тока составляет 12 В при токе 2 А, эта нагрузка не потребует специального источника питания и будет запитана от аккумулятора автомобиля. Мощность всей установки не более 30-35 Ватт. Корона образуется на расстоянии 7-8 см от контактов. Выходное напряжение приблизительно 60-70 кВ.

Стоимость ТДКС составляет порядка 10 Евро, транзистор IRF630 не более 1 Евро, микросхема КР1006ВИ1 аналог NE555 порядка 0.2 Евро, с учетом работы затраты на источник питания составят порядка 20 Евро.

Итого, осуществление предложения можно оценить в 50 Евро. Следовательно, ожидаемая стоимость предлагаемого электрического очистителя для автомобилей соизмерима со стоимостью сажевого фильтра и в несколько раз ниже стоимости каталитических очистителей [7].

7. Заключение

Экономический эффект внедрения устройства для очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания зависит от длительности эксплуатации ДВС, так как сжигание продуктов неполного сгорания окиси углерода и углеводородов дает экономию топлива. Но главный эффект от внедрения предлагаемого устройства – это снижение опасности возникновения раковых заболеваний от мельчайших частиц сажи диаметром менее 50 нм.

Показано, что предлагаемое устройство технически реализуемо и может быть использовано для снижения токсичности выхлопных газов автотранспорта, а также способно окупить затраты на его внедрение.

Литература

1. Истомин, С.В. Совершенствование очистки отработавших газов выпускной системе дизеля // Вестн. Саратов. госагроун-та им. Н.И. Вавилова. – 2005. – № 2. – С. 47–51.
2. Стрельников, В.А. Евро-4 – шаги навстречу / В.А. Стрельников // Грузовое и легковое автохозяйство. – 2001. – № 11. – С. 35–38
3. Кудряшова Е.Ю. Анализ систем снижения токсичности отработавших газов <http://www.gosniti.ru/documents/articles/86.pdf>
4. И.А.Криштафович, Ю.А.Криштафович Ионный ветер и его применения
5. Тришкин И.Б. Вопросы теории снижения токсичности дизелей. – Рязань, 2009. – 198 с.
6. Олейник Д. О., Тришкин И. Б. Конструктивно-технологическая схема устройства для очистки отработавших газов дизельных ДВС // Молодой ученый -2009. -№9. - с. 17-21.
7. Мутушев М.А., Санаев Ю.И. Снижение токсичности отработавших газов дизелей с помощью электрофильтров. // Химическое и нефтегазовое машиностроение № 2, 2004.- С.34,35. <http://www.kondor-eco.com/main/stat15.htm>