

АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание степени доктора философии PhD
по направлению подготовки: 8D071 – «Инженерия и инженерное дело»,
образовательной программе: 8D07102 – «Транспорт, транспортная техника
и технологии»

КРЮЧКОВ ЕВГЕНИЙ ЮРЬЕВИЧ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И СПОСОБА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ГЛУШИТЕЛЯ

Актуальность диссертационной работы. В современном мире автомобильный транспорт играет важную роль в повседневной жизни человека. Однако, он также является одним из главных источников загрязнения окружающей среды, особенно в крупных городах. Выбросы вредных веществ в атмосферу приводят к ухудшению качества воздуха, здоровью людей и климатическим изменениям.

В этой связи, в последние годы, мировое сообщество активно работает над снижением вредных выбросов автотранспорта и повышением его экологической безопасности. Это достигается различными способами: внедрением новых технологий, улучшением качества топлива, повышением требований к экологическим стандартам и т.д.

Повышение экологической безопасности автомобильного транспорта имеет решающее значение для качества воздуха, из-за того, что к 2050 году мировой автомобильный парк утроится, и выбросы парниковых газов в транспортном секторе растут быстрее, чем в других. Загрязнение воздуха ежегодно приводит к преждевременной смерти семи миллионов человек, главным образом в развивающихся странах, и связано с повышенной восприимчивостью к COVID-19.

Одним из направлений в снижении выбросов вредных веществ ,наряду с другими, является применение электроимпульсных глушителей в автомобильном транспорте. Это новое и перспективное направление, которое позволяет значительно снизить вредные выбросы и улучшить экологические параметры автомобиля.

Разработка новых и усовершенствование существующих систем очистки выхлопных газов является важным направлением для снижения воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Существует значительное количество конструкций электрофильтров и исследований процессов по очистке газов электрическими разрядами. Однако нет хорошо проработанных теоретических и экспериментальных исследований работы газа электроимпульсным глушителем вмонтированным в его корпус. В связи с этим исследование направленное на создание электроимпульсного глушителя является **актуальным**.

Гипотезой исследования является предположение о возможности эффективной очистки выхлопных газов автомобиля ,непосредственно в глушителе, коронным электрическим разрядом.

Целью исследования является получение экспериментальных и теоретических зависимостей описывающих режим и конструкцию электроимпульсного глушителя.

Для достижения цели, решены следующие **задачи**:

- проведен анализ возможных конструкций автомобильных глушителей и способов очистки выхлопных газов;
- проанализированы исследования по электроимпульсной очистке выхлопных газов ;
- описана физическая сущность очистки газов в предлагаемой конструкции;
- разработаны 2 экспериментальных полноразмерных стенда;
- установлены экспериментальные зависимости связывающие расстояние между электродами, напряжение электрического поля, частоту оборотов коленчатого вала двигателя, динамическую вязкость газа с дымностью и содержанием кислорода;
- разработана и исследована математическая модель, произведено сравнение аналитических и экспериментальных результатов;
- изготовлен экспериментальный образец электроимпульсного глушителя;
- разработано техническое задание на проектирование электроимпульсного глушителя.

Методы исследования. В диссертации использованы методы математической статистики, математического анализа, планирования и обработки эксперимента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- экспериментальным путём доказана гипотеза об эффективности очистки выхлопных газов автомобиля электроимпульсом, после его воздействия содержание кислорода увеличивалось, а дымность (для дизелей) уменьшалась;
- доказана эффективность применения коронного разряда для очистки газа при регулировании расстояния между электродами и напряженности электрического поля;
- получены аналитическим путём и подтверждены экспериментально зависимости , связывающие расстояние между электродами , напряженность электрического поля, частоту вращения коленчатого вала двигателя, ёмкость камер сгорания, радиус глушителя и динамическую вязкость газа;
- получены экспериментальные зависимости ,связывающие число оборотов двигателя и процентное соотношение кислорода, углекислого и угарного газов до и после воздействия коронного разряда. Содержание кислорода после воздействия увеличивается.

- установлены зависимости между соотношением кислорода и других газов до и после очистки с расстоянием между электродами. Оптимальные расстояния между электродами для числа оборотов двигателя 700об\мин равно 2мм, для 1400об\мин – 6мм, 1900об\мин – 4мм.

- впервые получены критерии подобия определяющие соотношение активных сил к пассивным и отношение расходов газа в двигателе и глушителе. Один из критериев подобия является аналогом критерия Рейнольдса;

- как следует из полученных зависимостей дымность выхлопных газов дизельного двигателя после воздействия коронного разряда снижалась , а содержание кислорода увеличивалось;

Научные положения, выносимые на защиту:

- под действием коронного разряда происходит увеличение содержания кислорода в выхлопном газе и уменьшение его дымности;

- регулирование процесса очистки зависит от расстояния между электродами и напряженности электрического поля;

- оптимальное расстояние между электродами обратно пропорционально числу оборотов коленчатого вала двигателя, суммарной ёмкости камер сгорания и динамической вязкости газа и прямо пропорционально напряженности электрического поля и размеру среднего сечения глушителя;

- критерии подобия определяют необходимые условия для процесса очистки газа и размеры глушителя.

Автор защищает:

- конструкции стендов;

- полученные экспериментальные и теоретические результаты;

- математическую модель и результаты её исследования;

- техническое задание и основные расчетные зависимости.

Объектом исследования является электроимпульсный автомобильный глушитель, предназначенный для очистки выхлопных газов.

Предметом исследования является процесс снижения токсичности выхлопных газов, за счет возникновения газового разряда внутри глушителя.

Практическая значимость заключается в получении основных расчётных зависимостей , описывающих режим и конструкцию электроимпульсного глушителя.

Результаты исследований переданы в ТОО «ИНСТИТУТ ГРАДИЕНТ ПРОЕКТ» .

Краткое содержание. В первой главе диссертации проведен анализ существующих методов очистки вредных и токсичных газов , конструкций автомобильных глушителей . Выполнен обзор патентно-конструктивных решений , применяемых в выхлопной системе автомобиля. Дано обоснование необходимости электроимпульсной очистки выхлопных газов. Поставлены цели и задачи исследования.

Во второй главе дана физическая сущность процесса очистки. Поставлены цели и задачи эксперимента. Описаны экспериментальные стенды и измерительная аппаратура. Приведена методика и планы экспериментов. Проведен анализ полученных результатов.

Третья глава диссертации посвящена математическому моделированию процесса работы электроимпульсного глушителя. Разработана и исследована математическая модель движения частицы газа. Установлены критерия подобия для электроимпульсных глушителей и оптимальные расстояния между электродами при разной частоте вращения коленчатого вала двигателя. Дано сравнение теоретических и экспериментальных результатов исследования.

В четвёртой главе приведена конструкция опытного образца и техническое задание. Дана методика расчета основных параметров работы электроимпульсного глушителя. Проведен расчёт экономической эффективности.

Личный вклад диссертанта.

Автор лично выполнил исследование, включая анализ методов очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания в автомобилях. Также проведен сравнительный анализ конструкций автомобильных глушителей. Участвовал в разработке и исследовании математической модели работы электроимпульсного автомобильного глушителя. Созданы три экспериментальных автомобильных глушителя для подтверждения результатов, полученных аналитическим путем. Были получены и сравнены аналитические и экспериментальные зависимости, описывающие работу электроимпульсного автомобильного глушителя.

Публикация и апробация работы. Основные положения диссертации опубликованы в одной статье, входящей в базу данных Scopus, четырёх статьях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, в одном патенте на полезную модель РК, и в трёх тезисах на международных научно-практических конференциях.

В статье «Studying the process of the internal combustion engine exhaust gas purification by an electric pulse» в журнале «KOMUNIKACIE» входящий в базу Scopus, 3 квартиль, процентиль по Транспорту 43, в разделе журнала «Automotive in Transport», <https://doi.org/10.26552/com.C.2022.4.B275-B287> автор разработал экспериментальный электроимпульсный автомобильный глушитель, провел экспериментальное исследование и получил положительные результаты по очистке выхлопного газа ДВС автомобилей электроимпульсом. В статье «Автокөліктің пайдаланылған газдарын электримпульсті бейтараптандыру процесін зерттеуге арналған эксперименттік қондырғыларды әзірлеу» в журнале «Труды Университета» КарТУ, раздел «Строительство.Транспорт» автор представил анализ известных патентов в этом направлении, описал разработанные экспериментальные стенды для определения режима нейтрализации

(напряжения, скважности, расстояния между электродами). В статье «Experimental determination on cleaning the exhaust gas of an automobile muffler by an electric pulse» в журнале «Вестник Евразийского национальный университет имени Л.Н. Гумилева, серия Технические науки и технологии» автор провел экспериментальное исследование, получил данные по изменению показателей дымности выхлопных газов в зависимости от изменения расстояний между электродами. Таким образом, были установлены эмперические зависимости значений прозрачности газа от изменения расстояний между электродами на основе проведенного регрессионно-корреляционного анализа. В статье «Establishment of Parameters of Electric Pulse Equipment Storage Device for Exhaust Gas Purification» в журнале «Труды Университета» КарТУ, раздел «Строительство.Транспорт» описал физику процесса электроимпульсной очистки выхлопных газов . Получены зависимости освещенности очищаемого газа , от времени воздействия электроимпульса, частоты электроимпульса и расстояния между электродами. В статье «Study of the process of electric pulse cleaning of internal combustion engine exhaust gases» в журнале «Вестник КазАТК» , раздел «Транспорт, транспортная инженерия» автор описал общее устройство стенда электроимпульсной очистки с подвижными электродами, а также принцип его работы. Провел анализ результатов экспериментов и определил оптимальные режимы работы электроимпульсного оборудования проектируемых систем очистки отработавших газов ДВС.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа изложена на 119 страницах машинописного текста, состоит из обозначений и сокращений , введения, 4 разделов и заключения, включает в себя 73 рисунка , 30 таблиц , список использованных источников из 117 наименований и 3 приложений.

Результаты исследования и основные выводы.

В диссертации содержатся новые, научно обоснованные результаты, которые предоставляют решение важной практической задачи разработки методики расчета конструктивных параметров электроимпульсного автомобильного глушителя. По результатам исследования сделаны следующие выводы:

- анализ исследований по электроимпульсной очистке выхлопных газов и конструкций автомобильных глушителей позволил обосновать цель и задачи исследования;

- описана физическая картина очистки выхлопных газов электрическим разрядом, обоснована эффективность применения коронного разряда;

- разработаны два экспериментальных стенда, разработаны методика и порядок эксперимента исследования;

- подтверждена гипотеза о возможной эффективной очистке выхлопных газов в глушителе автомобиля, оснащённом электроимпульсным устройством;

- анализ экспериментальных исследований показал увеличение процентного содержания кислорода и уменьшение дымности после воздействия электроимпульсом;
- разработана и исследована математическая модель и впервые получена зависимость ,связывающая число оборотов двигателя, ёмкость камер сгорания, расстояние между электродами, динамическую вязкость газа и радиус атомов выхлопного газа;
- обоснована возможность оптимизации режима очистки за счет изменения расстояния между электродами и установлены его оптимальные значения для различных чисел оборотов двигателя;
- под воздействием электрического поля высокого напряжения происходит процесс плазменной диссоциации , при котором молекулы углекислого и угарного газов разлагаются на отдельные атомы углерода и кислорода. Эти атомы далее участвуют в химических реакциях с другими молекулами;
- разработано техническое задание на изготовление опытной конструкции электроимпульсного автомобильного глушителя;
- на основании технического задания изготовлен опытный образец электроимпульсного автомобильного глушителя .