

На правах рукописи

Шарипов Руслан Раисович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА В ПЕРИОД ПРОГРЕВА
ДИЗЕЛЯ ПУТЕМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

05.04.02 – «Тепловые двигатели»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск
2009

Диссертация выполнена на кафедре «Двигатели» Челябинского высшего военного автомобильного командно-инженерного училища (ЧВВАКИУ)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Нефедов Дмитрий Владимирович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Шапран Владимир Николаевич
доктор технических наук, профессор
Морозова Вера Сергеевна

Ведущее предприятие – ФГУП «НАМИ», г. Москва

Защита состоится 25 ноября 2009 г., в 15 часов, на заседании диссертационного совета Д 212.298.09 при Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, зал диссертационного совета (10^й этаж главного корпуса).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью учреждения, просим направлять в двух экземплярах по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76 на имя ученого секретаря диссертационного совета.

E-mail: D212.298.09@mail.ru

Автореферат разослан « 25 » октября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Лазарев Е.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Силовые установки относятся к числу наиболее ответственных агрегатов, формирующих технико-эксплуатационные свойства и показатели многоцелевых колесных и гусеничных машин. Наибольшее применение в качестве силовых установок военной автомобильной техники (ВАТ) нашли поршневые и комбинированные двигатели, в частности, дизели. Одной из существенных проблем, возникающей при эксплуатации дизелей, является повышенные выбросы вредных веществ отработавшими газами (ОГ), которые загрязняют окружающую среду и оказывают вредное воздействие на здоровье человека. Задача снижения выбросов вредных веществ двигателями внутреннего сгорания, в частности дизелями, приобретает все большее значение в государственном масштабе, особенно при эксплуатации в условиях ограниченного воздухообмена (карьерях, шахтах, закрытых помещениях, при скоплении большого количества автотракторной техники и т.п.). Решение этой задачи в ряде случаев обеспечивается даже в ущерб топливной экономичности дизелей.

Совершенствование способов и устройств для очистки и нейтрализации вредных веществ в ОГ дизелей является одним из ключевых факторов повышения экологических показателей автомобильной техники (АТ). Для снижения содержания окиси углерода (СО) и непредельных углеводородов (СН) в ОГ дизелей получили распространение каталитические нейтрализаторы (КН). Эти системы используются в дизелях, эксплуатирующихся в условиях ограниченного воздухообмена, несмотря на относительно низкий индекс содержания в ОГ окиси углерода и непредельных углеводородов по сравнению с оксидами азота. Конструктивные и технологические особенности выпускных систем с каталитическими нейтрализаторами в значительной мере определяют экологические показатели дизелей в специфических условиях эксплуатации. Они не требуют серьезных конструктивных изменений и незначительно снижают тактико-технические характеристики при установке их на существующие образцы ВАТ. Однако наличие КН в системе выпуска увеличивает противодавление на выходе, что приводит к некоторому ухудшению мощностных и экономических показателей работы дизелей.

Таким образом, несомненно, актуальна научная задача, состоящая в разрешении противоречия между необходимостью повышения мощностных и экономических показателей и требованиями по снижению выбросов вредных веществ, в частности СО и СН, отработавшими газами дизелей, связанного с использованием КН. Указанное в полной мере относится к периоду прогрева дизеля после пуска, целесообразность снижения которого в этой связи очевидна.

Гипотеза исследования: организация в период прогрева дизеля рециркуляции ОГ позволит снизить токсичность отработавших газов и время его тепловой подготовки к принятию нагрузки.

Цель работы: обеспечение требуемого уровня экологической безопасности по выбросам ОГ и ускоренной тепловой подготовки дизеля к принятию нагрузки (ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила ЕЭК ООН № 49)).

Объектом исследования является процесс ускоренного прогрева дизеля КамАЗ-740.10 и КН в системе выпуска ОГ с перепускным (рециркуляционным) ресивером.

Предметом исследования являются процессы теплообмена в системе выпуска ОГ дизеля КамАЗ-740.10, оборудованной КН с перепускным ресивером, и содержание токсичных компонентов в ОГ.

Научная задача состоит в установлении закономерностей влияния перепускного ресивера в системе выпуска с КН на тепловое состояние дизеля, каталитического нейтрализатора и выбросы вредных веществ ОГ.

Для достижения указанной цели и подтверждения выдвинутой гипотезы поставлены и решены следующие задачи:

- разработана система, обеспечивающая снижение токсичности ОГ и времени тепловой подготовки дизеля к принятию нагрузки за счет установки в систему выпуска КН и перепускного ресивера с учетом применения ее на образцах АТ;

- теоретически обоснована целесообразность применения в системе выпуска ОГ дизеля перепускного ресивера для повышения эффективности работы КН и снижения времени тепловой подготовки дизеля к принятию нагрузки;

- разработана математическая модель ускоренного прогрева дизеля с учетом рециркуляции ОГ и процессов теплообмена в системе выпуска с КН и перепускным ресивером;

- экспериментально оценена эффективность применения предлагаемой системы снижения токсичности и адекватность математической модели;

- выполнена техническая и экономическая оценка, а также разработаны рекомендации по использованию предлагаемой системы снижения токсичности ОГ на образцах АТ.

Методологической основой исследования служат основные положения классической термодинамики, термодинамического анализа и приближенный метод математического анализа.

Методы исследования. Для реализации задач и достижения поставленной цели в работе используются: теоретический анализ и обобщение научной и специальной литературы; комплексы стендовых методов исследования системы выпуска ОГ дизеля КамАЗ-740.10 с КН и перепускным ресивером и испытаний автомобиля по ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила ЕЭК ООН № 49); методы логического анализа, графической и статистической обработки экспериментальных данных.

Научная новизна заключается:

- в обосновании использования энергии рециркулируемых ОГ для повышения эффективности работы каталитического нейтрализатора и снижения времени тепловой подготовки дизеля к принятию нагрузки;

- в разработке математической модели прогрева дизеля с учетом рециркуляции ОГ, процессов теплообмена в системе выпуска с каталитическим нейтрализатором.

На защиту выносятся:

- техническая система, обеспечивающая снижение токсичности ОГ и время тепловой подготовки дизеля к принятию нагрузки;

- математическая модель ускоренного прогрева дизеля с учетом рециркуляции ОГ, процессов теплообмена в системе выпуска с КН;

– результаты экспериментальных исследований оценки эффективности применения предложенной технической системы;

– результаты технического и экономического эффекта, а также рекомендации по использованию предлагаемой технической системы на образцах АТ.

Практическая ценность работы состоит в сокращении продолжительности периода прогрева каталитического нейтрализатора более чем в четыре раза и снижении токсичности ОГ дизеля в этот период на 64 %.

Обоснованность и достоверность результатов исследования подтверждается достаточным объемом экспериментов, применением комплекса современных информативных и объективных методов исследования, подбором современной измерительной аппаратуры, систематической её поверкой и контролем погрешностей, выполнением рекомендаций соответствующих стандартов на испытания и корректной статистической обработкой экспериментальных данных с использованием ЭВМ. Научные положения, выводы и практические рекомендации обоснованы результатами, полученными в ходе экспериментов.

Апробация работы и внедрение результатов исследования: основные положения диссертации доложены и обсуждены на научно-технических конференциях Рязанского военного автомобильного института (2007–2008 гг.) и Челябинского высшего военного автомобильного командно-инженерного училища (2007–2009 гг.); научно-технических семинарах кафедры двигателя внутреннего сгорания Южно-Уральского государственного университета (2007–2009 гг.); межвузовской научно-технической конференции Челябинского агроинженерного университета (2009 г.).

Результаты выполненной работы внедрены при оценке перспектив совершенствования систем нейтрализации ОГ в ЗАО «Ремдизель» (г. Набережные Челны), ОАО «НИИ автотракторной техники» (г. Челябинск), при выполнении курсовых и дипломных работ, а также при чтении отдельных разделов курсов лекций по дисциплинам «Двигатели военной автомобильной техники» и «Теплотехника» в Челябинском высшем военном автомобильном командно-инженерном училище и Рязанском военном автомобильном институте.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 4 патента на полезную модель. Отдельные вопросы исследования более подробно освещены в отчетах по научно-исследовательским работам, выполненным на кафедре «Двигатели» Челябинского высшего военного автомобильного командно-инженерного училища при участии автора.

Структура и объем работы. Диссертация содержит 146 страниц, в том числе 20 рисунков, 15 таблиц и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 105 наименований, 5 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цель и задачи исследования, приводятся основные положения работы, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ состояния автомобильного парка ВС РФ и достигнутого уровня экологической безопасности, находящихся в эксплуатации

объектов АТ, который свидетельствует о неполном соответствии показателей их силовых установок, в частности дизелей, ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила ЕЭК ООН № 49).

Проанализированы резервы повышения экономических и экологических показателей дизелей. Приводятся укрупненные составляющие их теплового баланса, свидетельствующие о значительном резерве теплоиспользования за счет утилизации тепловых потерь. Показано, что до 42 % теплоты, сжигаемого в дизелях топлива, выбрасывается в окружающую среду с ОГ.

Проанализированы системы снижения вредных веществ с отработавшими газами поршневых двигателей, в частности дизелей, в целом и системы каталитической нейтрализации ОГ в частности. В качестве серьезного недостатка отмечена необходимость обеспечения высокой температуры (523...573 К) для эффективной работы каталитического нейтрализатора. Это снижает эффективность его работы на ряде режимов и последующем прогреве после пуска холодного дизеля.

С целью снижения продолжительности тепловой подготовки дизеля КамАЗ 740.10 к принятию нагрузки и обеспечения требуемого температурного режима для эффективной работы каталитического нейтрализатора в период прогрева предложено использовать рециркуляцию ОГ. Это мероприятие позволит повысить эффективность использования энергии сжигаемого в дизелях топлива и снизить токсичность ОГ при послепусковом прогреве. В качестве технического средства реализации этого мероприятия рассматривается установка в систему выпуска дизеля с каталитическим нейтрализатором перепускного ресивера с устройствами перепуска ОГ.

Во второй главе теоретически обоснована целесообразность использования энергии ОГ поршневого двигателя внутреннего сгорания (ПДВС), в частности дизеля, с целью повышения эффективности работы каталитического нейтрализатора посредством рециркуляции ОГ с использованием перепускного ресивера. В соответствии с рисунком 1 использование системы дифференциальных уравнений энергетического баланса позволило проанализировать изменение структуры энергии потока ОГ и механизма её передачи от дизеля к каталитическому нейтрализатору, от каталитического нейтрализатора к ресиверу и от ресивера к дизелю.

Описана термодинамическая природа и сущность процесса рециркуляции ОГ с использованием ресивера, установленного в систему выпуска дизеля. Определены основные допущения и выполнено математическое моделирование процесса прогрева дизеля с учетом рециркуляции ОГ. Методом многофакторного численного эксперимента выполнен синтез рабочего цикла дизеля на режиме прогрева, дополненный учетом особенностей процессов теплообмена в системе выпуска ОГ.

Математическое моделирование в дифференциальном представлении осуществлено:

– процесса прогрева дизеля с учетом рециркуляции отработавших газов использованием системы уравнений теплового баланса (1) и (2)

$$\frac{dT}{d\tau} = \left(\frac{dQ}{d\tau}_t - \frac{dQ}{d\tau}_w + \frac{dQ}{d\tau}_{\delta\dot{a}\ddot{o}} - \frac{dQ}{d\tau}_{\hat{i}\ddot{a}} - \frac{dL}{d\tau} \right) \cdot \frac{1}{c'_v \cdot m' + c''_v \cdot m''}, \quad (1)$$

$$\frac{dQ_{\delta\dot{a}\ddot{o}}}{d\tau} = \frac{dm'}{d\tau} \cdot (i_k - u_i) - \frac{dm'_k}{d\tau} \cdot (i_i - u_i), \quad (2)$$

где: $\frac{d\dot{Q}}{d\tau}$ – приращение температуры рабочего тела; $\frac{dQ_t}{d\tau}$ – теплота, выделившаяся при сгорании топлива; $\frac{dQ_w}{d\tau}$ – теплота, отведенная от рабочего тела в стенки цилиндра; $\frac{dQ_{\delta\dot{a}\ddot{o}}}{d\tau}$ – теплота, подведенная к рабочему телу рециркуляционными газами; $\frac{dQ_{\hat{i}\ddot{a}}}{d\tau}$ – теплота, отведенная от рабочего тела с ОГ; $\frac{dL}{d\tau}$ – работа, совершаемая рабочим телом; m' – масса воздуха в цилиндре; m'' – масса «чистых» продуктов сгорания в цилиндре; c'_v – удельная теплоемкость воздуха; c''_v – удельная теплоемкость «чистых» продуктов сгорания, $\frac{dm'}{d\tau}$ – количество газов, поступающих в цилиндр через впускной клапан; i_k – удельная энтальпия смеси газов во впускном коллекторе; u_i – удельная внутренняя энергия рабочего тела в цилиндре; $\frac{dm'_k}{d\tau}$ – элементарное количество газов, забрасываемых из цилиндра через впускной клапан во впускной коллектор; i_i – удельная энтальпия рабочего тела в цилиндре,

– процесса теплообмена в выпускном тракте дизеля использованием системы уравнений (3) и (4)

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \left(\frac{dT_{g,i-1}}{d\tau} + \frac{dT_g}{d\tau} \right) + \frac{u}{\Delta_i^2} \left(T_{g,i} - T_{g,i-1} \right) = \frac{a_g}{\Delta_{i-1} \Delta_i} \left[\frac{\Delta_{i-1}}{\Delta_i} T_{g,i} - \right] \\ & \left[- \left(1 + \frac{\Delta_{i-1}}{\Delta_i} \right) T_{g,i-1} + T_{g,i-2} \right] - \frac{2\alpha_{gp}}{\rho_g c_{pg} D_{in}} \left(T_{g,i} - T_{g,i-1} + T_{p,i} - T_{p,i-1} \right). \quad (3) \\ & \frac{1}{2} \left(\frac{dT_{p,i-1}}{d\tau} + \frac{dT_p}{d\tau} \right) = \frac{a_g}{\Delta_{i-1} \Delta_i} \left[\frac{\Delta_{i-1}}{\Delta_i} T_{g,i} - \left(1 + \frac{\Delta_{i-1}}{\Delta_i} \right) T_{g,i-1} + T_{g,i-2} \right] + \\ & + \frac{2\alpha_{gp} D_{in}}{\rho_p c_{vg} \left(D_{out}^2 - D_{in}^2 \right)} \left(T_{g,i} - T_{g,i-1} + T_{p,i} - T_{p,i-1} \right) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{2\alpha_{po} D_{out}}{\rho_p c_{vg} (D_{out}^2 - D_{in}^2)} \left(T_{p,i} + T_{p,i-1} - 2T_o \right) - \\
& - \frac{4\varepsilon\sigma D_{out}}{\rho_p c_{vg} (D_{out}^2 - D_{in}^2)} \left[\frac{T_{p,i}^5 - T_{p,i-1}^5}{5(T_{p,i} - T_{p,i-1})} - T_o^4 \right].
\end{aligned} \quad (4)$$

где: D_{in} , D_{out} – диаметры впускного и выпускного коллекторов; σ – коэффициент излучения.

– процесса теплообмена в нейтрализаторе использованием системы уравнений (5), (6), (7) и (8)

$$\delta\rho_g c_{pg} \frac{\partial T_g}{\partial \tau} = -\rho_g U c_{vg} \frac{\partial T_g}{\partial x} + \alpha S (T_s - T_g); \quad (5)$$

$$\delta \frac{\partial C_{gi}}{\partial \tau} = U \frac{\partial C_{gi}}{\partial x} - \alpha_{D_i} S \left(C_{gi} - C_{sj} \right); \quad (6)$$

$$S_c R_j (C_s, T_s) = \frac{\rho_g}{M} \alpha_{D_j} S \left(C_{gj} - C_{sj} \right); \quad (7)$$

$$\rho_s c_{ps} \frac{\partial T_s}{\partial \tau} = \lambda_s \frac{\partial T_s^2}{\partial x^2} + \alpha S (T_g - T_s) + S_c \sum_{j=1}^4 (-\Delta h_j) R_j (C_s, T_s). \quad (8)$$

где: c_{gi} , c_{gj} – концентрация i -го и j -го компонентов газа; Δh_j – тепловой эффект реакции; α – коэффициент теплопроводности рабочего тела; c_p – удельная массовая теплоемкость; U – скорость газа; T_g – температура ОГ; T_s – температура каталитического нейтрализатора.

При составлении математической модели автором дополнительно учтены: теплота, поступающая с рециркуляционными газами, процесс теплообмена в выпускном тракте рассчитывался с учетом точки росы, процесс теплообмена в нейтрализаторе рассматривался дифференцированно: описывались и анализировались «горячая» и «холодная» фазы.

Для моделирования рабочего процесса и процессов теплообмена в системе выпуска отработавших газов использована программа визуального проектирования SIMULINK пакета MATLAB по составленному автором алгоритму математического моделирования процессов прогрева и теплообмена в выпускном тракте дизеля.

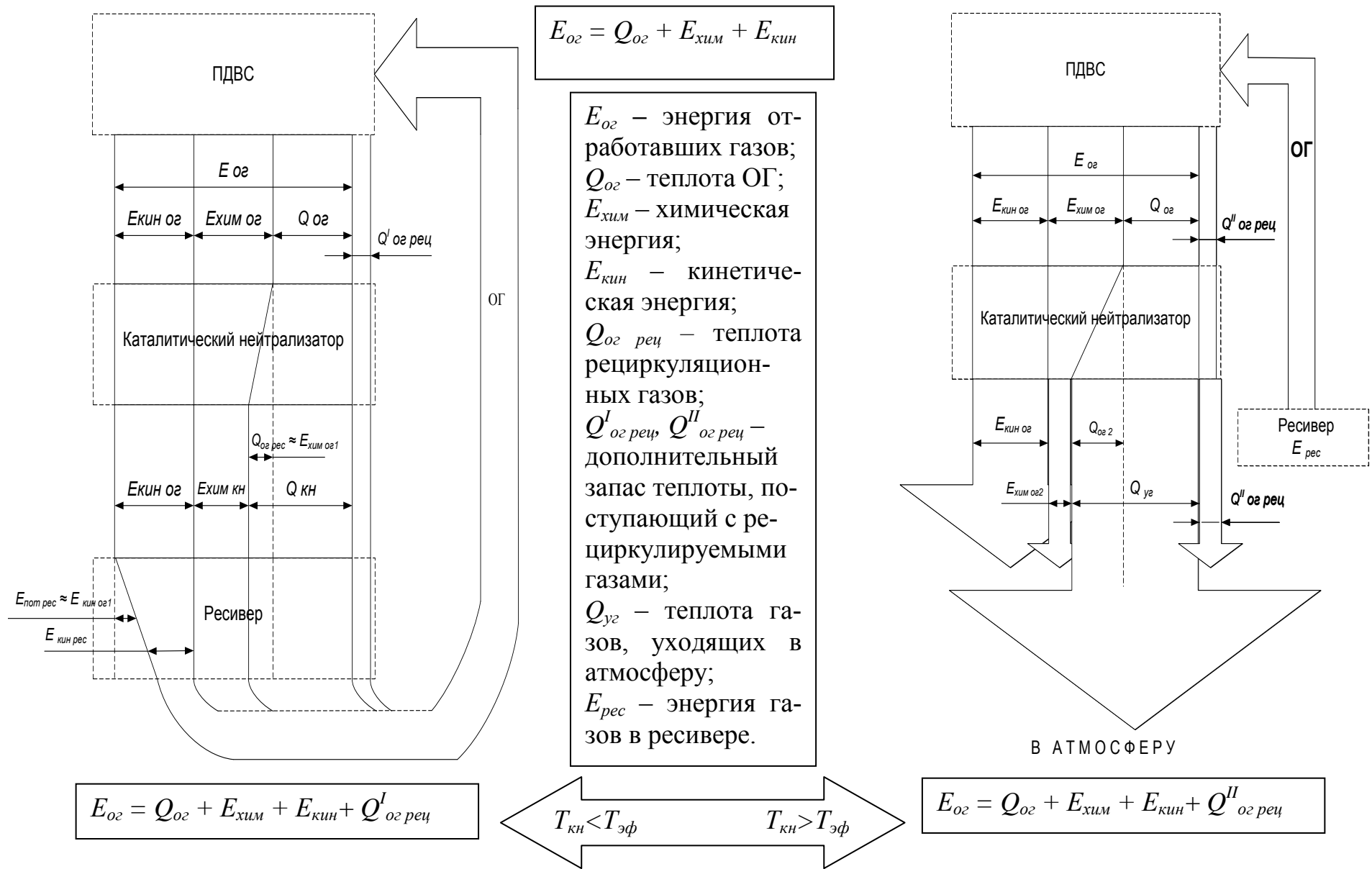


Рисунок 1 – Структура энергии потока ОГ в выпускной системе дизеля с каталитическим нейтрализатором и ресивером

В третьей главе приведены программа экспериментальных исследований, состоящая из пяти этапов, описание экспериментальной установки и измерительной аппаратуры.

Первый этап программы предполагал разработку методики испытаний системы снижения вредных веществ с отработавшими газами дизеля с каталитическим нейтрализатором и ресивером. Затем на втором этапе производилось уточнение диапазона изменения показателей, определяемых в ходе экспериментального исследования, для выбора соответствующей измерительной аппаратуры и приборов.

Третий этап включал исследование влияния процесса прогрева системы выпуска ОГ на работу нейтрализатора, эффективность которого определяется снижением содержания СО и СН в отработавших газах. Испытания нейтрализатора НД59-14Г (НАМИ) проводились на режимах 13-ступенчатого цикла в соответствии с ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила ЕЭК ООН № 49) для получения зависимостей, характеризующих влияние температуры ОГ на эффективность работы каталитического нейтрализатора.

Четвертый этап программы посвящен исследованию влияния процесса рециркуляции отработавших газов на тепловое состояние дизеля на режимах холодного пуска и прогрева. Испытания дизеля проводились на специально созданном лабораторном стенде, схема которого представлено на рисунке 2.

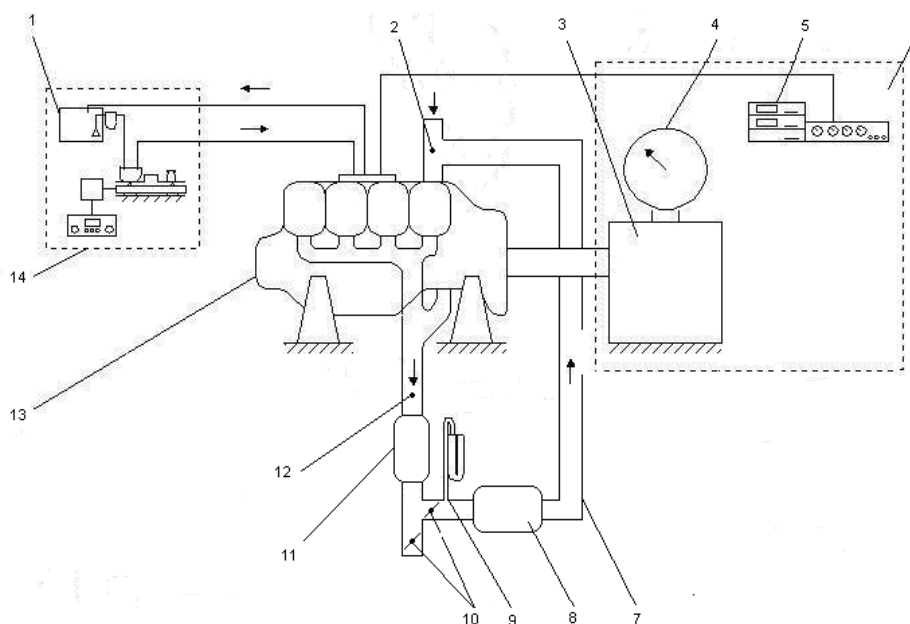


Рисунок 2 – Принципиальная схема экспериментального стенда для испытания дизеля с каталитическим нейтрализатором, ресивером и устройствами перепуска ОГ

1 – топливный бак; 2 – термопара; 3 – балансирная машина; 4 – весовое устройство балансирной машины; 5 – пульт управления; 6 – испытательный стенд DS-1036; 7 – перепускной воздухопровод; 8 – ресивер; 9 – пьезометр; 10 – заслонки; 11 – каталитический нейтрализатор; 12 – термопара; 13 – дизель КамАЗ–740.10; 14 – расходомер топлива

* дополнительно установка оборудована охладителем ОГ (на схеме не показан)

Используемое оборудование и измерительные приборы подвергались метрологическому контролю, что позволило при испытаниях выполнять требования ГОСТ 14846-1981. Испытания дизеля проводились по программе полнофакторного эксперимента размерности 2^3 .

На пятом этапе производилась оценка адекватности предложенной математической модели ускоренного прогрева дизеля с учетом рециркуляции ОГ полученным экспериментальным данным. Выполнена оценка погрешностей измерений, проведенных в ходе испытаний дизеля с рассматриваемой системой выпуска.

Четвёртая глава содержит результаты и анализ экспериментов. Получены зависимости, отражающие изменение режимных параметров (давление $P_{ог}$, температура $T_{ог}$ ОГ и температура T_p рециркулируемых газов) в соответствии с рисунком 3. Эти параметры являются составляющими уравнений теплового баланса, изменение которых оказывает существенное влияние на показатели структуры теплового потока ОГ. Целесообразно проанализировать полученные результаты при изменении каждого из приведенных параметров.

В соответствии с рисунком 3,а приведены зависимости давления ОГ от времени заполнения ресивера при переменной температуре отработавших газов. Можно заметить, что за период времени в 5 с наблюдается одинаково интенсивный рост $P_{ог}$ при регулировании температуры ОГ с помощью охладителя (кривые 2 и 3). При отсутствии регулирования температуры ОГ характерен более плавный рост давления $P_{ог}$ (кривая 1). В течение последующих 10 с наблюдается стабилизация давления, а затем продолжается его повышение практически во всех исследуемых случаях изменения температуры ОГ. По истечении 40 с давление газов стабилизируется при значении $P_{ог} = 2,4$ Па. Повышение давления ОГ при заполнении ресивера объясняется ростом сопротивления его наполнению.

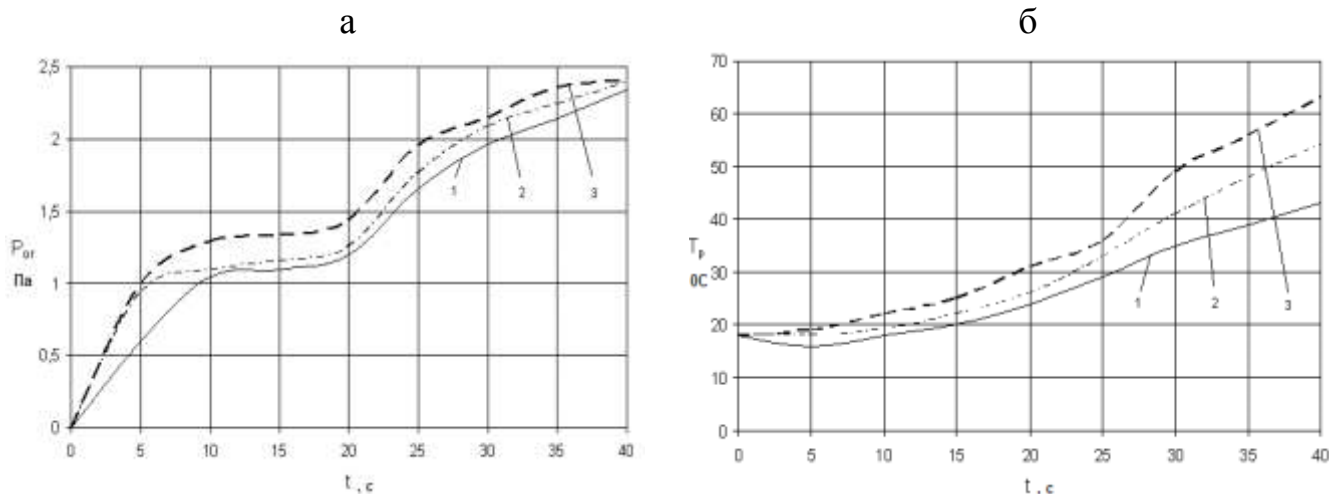


Рисунок 3 – Изменение давления ОГ и температуры рециркулируемых газов в зависимости от времени при заряде ресивера при переменных температурах ОГ
 — — без регулирования $T_{ог}$; - - - - при $T_{ог}=250$ °С; - · - · - при $T_{ог}=100$ °С

В соответствии с рисунком 3,б через 5-10 с при заряде ресивера без регулирования температуры ОГ имеет место снижение температуры рециркулируемых газов T_p (кривая 1). При регулировании температуры ОГ за это же время наблюдается незна-

чительный рост T_p (кривые 3) в условиях большей температуры ОГ. По истечении 10 с происходит практически равномерное повышение T_p во всем временном диапазоне для всех исследуемых значений температуры ОГ. Такой характер изменения температуры рециркулируемых газов можно объяснить замедленным прогревом перепускного ресивера.

Зависимости температуры ОГ от времени в соответствии с рисунком 4,а при переменной температуре рециркулируемых газов свидетельствуют, что увеличение температуры рециркулируемых газов, а, следовательно, и температуры заряда на впуске, приводит к ускоренному повышению $T_{ог}$.

Характер изменения давления ОГ в зависимости от времени в соответствии с рисунком 4,б практически одинаков при переменной температуре рециркулируемых газов.

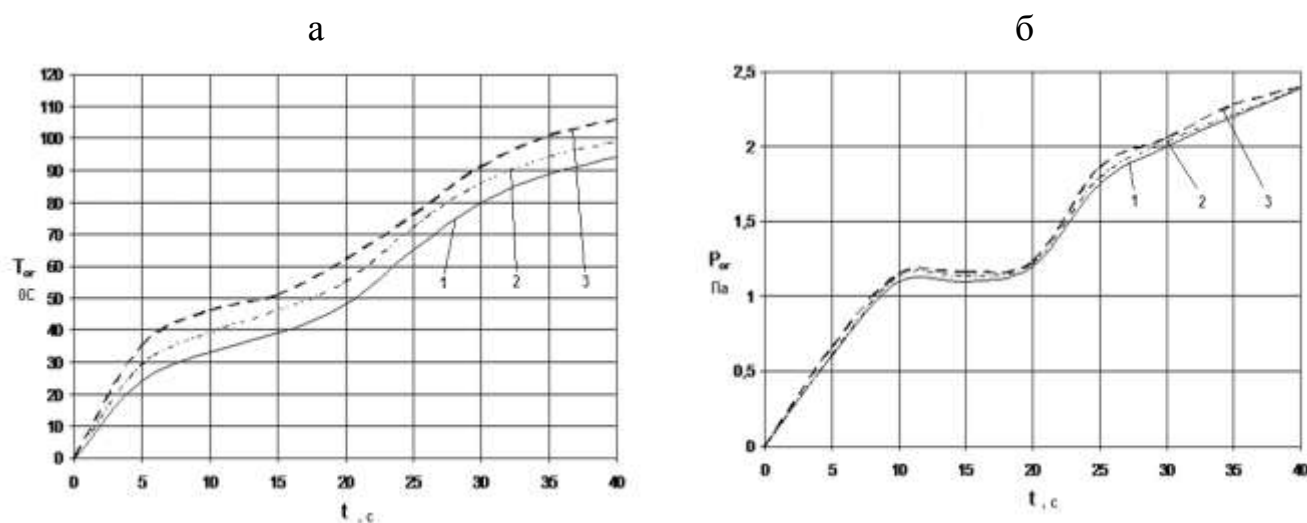


Рисунок 4 – Изменение температуры и давления ОГ в зависимости от времени при переменной температуре рециркулируемых газов в условиях разряда ресивера ($\sim T_{рец}$)
 — — без рециркуляции; - - - - при $T_{рец} = 45^{\circ}\text{C}$; - . . . - при $T_{рец} = 30^{\circ}\text{C}$

Степень рециркуляции отработавших газов на всех режимах работы дизеля поддерживалась около 10%. При работе дизеля на режиме рециркуляции ОГ из-за замены части воздушного заряда отработавшими газами происходит обогащение смеси, что снижает эффективность процесса сгорания. В результате этого наблюдаются увеличение удельного расхода топлива примерно на 8% и некоторое повышение дымности ОГ.

Моторные испытания дизеля выявили достаточно высокую степень повышения эффективности работы каталитического нейтрализатора под влиянием процесса рециркуляции потока ОГ, что подтверждает результаты теоретических расчетов. Применение рециркуляционного ресивера в период послепускового прогрева холодного дизеля позволило снизить время выхода каталитического нейтрализатора на номинальный тепловой режим работы со 180 с до 40 с (рисунок 5). При этом появилась возможность исключить в этот период выпуск неочищенных газов в атмосферу. Это

позволяет получить снижение содержания СО и СН в отработавших газах более 50 % на 40^{ой} с работы (рисунок 6).

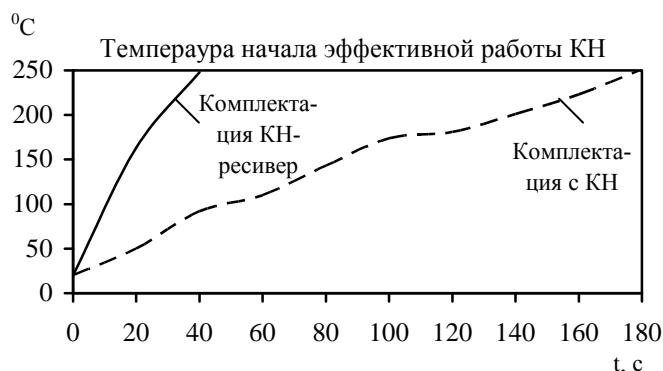


Рисунок 5 – Зависимость температуры ОГ на входе в каталитический нейтрализатор от времени работы при различной комплектации

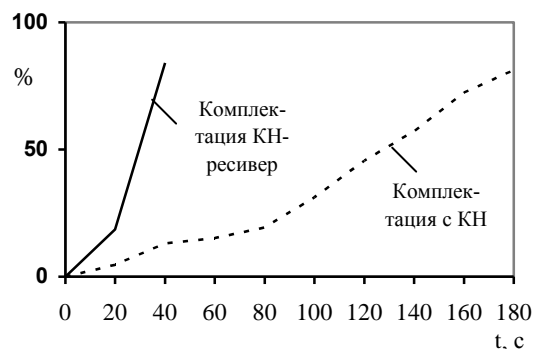


Рисунок 6 – Эффективность (% очистки СО и СН) каталитического нейтрализатора с различной комплектацией дизеля в зависимости от времени

Проведенная экономическая оценка снижения годового ущерба от выброса токсичных веществ ОГ АТ условного хозяйства, укомплектованного автомобилями, приведенными в таблице 1, составляет 1547 тыс. рублей.

Таблица 1 – Годовой ущерб от выброса вредных веществ ОГ АТ

Марка машины	Количество	Экологический ущерб с КН, тыс. руб.	Экологический ущерб с КН-ресивер, тыс. руб.
УАЗ 3151	32	171,76	121,18
Газ 3307	74	359,6	221,18
Урал 5557	45	191,67	135,3
КамАЗ 5320	172	805,84	568,82
Краз 255	38	175,83	60,06
МАЗ	6	3,43	2,42
Всего	367	2192,44	1547,54

Эксперименты показали, что система с каталитическим нейтрализатором и перепускным ресивером снижает время тепловой подготовки дизеля к принятию нагрузки в 2,1 раза. Повышение эффективности использования энергии сжигаемого в дизеле топлива приводит к снижению уровня токсичных выбросов с отработавшими газами. Расчеты показали, что окупаемость системы каталитического нейтрализатора с ресивером составляет 10 месяцев.

При использовании рециркуляционного ресивера следует отметить:

- простоту и технологичность конструкции системы снижения токсичности ОГ в целом, а также минимальные затраты на ее производство;

- рециркуляционный ресивер в системе выпуска дизеля должен располагаться на расстоянии не более 0,33–0,36 диаметра выпускного трубопровода от каталитического нейтрализатора;
- давление ОГ на выпуске не должно превышать 0,19–0,20 МПа;
- емкость ресивера должна быть не менее 60 дм³.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана система снижения токсичности выбросов с ОГ дизеля, включающая в себя систему выпуска ОГ с КН и перепускным ресивером, обеспечивающая снижение токсичности ОГ и ускоренную тепловую подготовку дизеля к принятию нагрузки (ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила ЕЭК ООН № 49)).

2. Разработана математическая модель процесса прогрева дизеля, учитывающая особенности его работы с рециркуляцией ОГ и теплообмена в нейтрализаторе. Она основана на уравнениях массо-энергетического и теплового баланса и позволяет определять температуру и давление ОГ на входе и выходе из нейтрализатора с учетом теплообмена в выпускном коллекторе, температуру рециркулируемых газов и заряда во впускном коллекторе.

3. Теоретически установлена целесообразность использования энергии рециркуляции ОГ для повышения эффективности работы каталитического нейтрализатора и ускоренной тепловой подготовки дизеля за счет дополнительного запаса тепловой энергии, поступающей с рециркулируемыми газами $Q_{\text{рец}}$.

4. В результате расчетно-аналитического исследования определен температурный диапазон в интервале 573...723 К, позволяющий наиболее полно реализовать потенциал очистки ОГ от вредных веществ в каталитическом нейтрализаторе с платиновым покрытием блочного типа.

5. Для оценки адекватности математической модели и эффективности системы снижения содержания СО и СН в ОГ дизеля создана экспериментальная установка, оборудованная устройствами и аппаратурой обеспечивающая проведение необходимых исследований. Степень адекватности результатов, полученных с помощью математической модели, и экспериментальных данных составляет 95%.

6. В результате экспериментального исследования установлено, что минимальная температура начала эффективной работы каталитического нейтрализатора составляет 250 °С. Применение рециркуляционного ресивера в период послепускового прогрева холодного дизеля позволило снизить время выхода каталитического нейтрализатора на начало эффективной работы с 180 с до 40 с. В этот период исключается выпуск неочищенных отработавших газов в атмосферу, что позволяет получить снижение содержания СО и СН в ОГ более 50 % уже на 40^{ой} с работы дизеля.

7. Проведенные техническая и экономическая оценки показывают соответствие системы снижения токсичности ГОСТ Р 41.49-2003 (Правила ЕЭК ООН № 49). Предполагаемое снижение годового ущерба от выброса вредных веществ ОГ автомобильной техникой хозяйства составляет до 1547 тыс. рублей. Применение системы позволит окупить затраты, связанные с ее внедрением и разработкой, за 10 месяцев.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

а) в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК:

1. **Шарипов, Р.Р.** Повышение эффективности работы каталитического нейтрализатора в период прогрева двигателя [Текст] / Р.Р. Шарипов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока: научный журнал. – Вып. 1. – Новосибирск: ФГОУ ВПО НГАВТ, 2009. – С. 189 – 191.

б) в других изданиях:

2. **Шарипов, Р.Р.** Рециркуляция как способ повышения эффективности работы каталитических нейтрализаторов дизелей [Текст] / Р.Р. Шарипов // Доклады Омского отделения Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – Вып. 2(13). – Омск: МАНЭБ, 2009. – С. 38–40.

3. **Шарипов, Р.Р.** Снижение токсичности отработавших газов дизелей в период холодного пуска и прогрева [Текст] / Р.Р. Шарипов // Автомобильная техника: научный вестник. – Вып. 20.– Челябинск: ЧВВАКИУ, 2009. – С. 152-155.

4. **Шарипов, Р.Р.** Оценка влияния рециркуляции отработавших газов на рабочий процесс дизеля [Текст] / Р.Р. Шарипов, Д.В. Нефедов // Повышение эффективности силовых установок колесных и гусеничных машин: материалы научной технической конференции, посвященной 40-летию кафедры двигателей. – Челябинск: ЧВВАКИУ, 2008. – С. 103-105.

5. **Шарипов, Р.Р.** Рециркуляция как способ повышения эффективности работы каталитического нейтрализатора [Текст] / Р.Р. Шарипов // Информационные технологии в эксплуатации МТП АПК: известия Международной академии аграрного образования. – Вып. 7. – Санкт–Петербург, 2008. – С. 190 –193.

6. **Шарипов, Р.Р.** Повышение эффективности работы каталитических нейтрализаторов дизелей и возможности их решения [Текст] / Р.Р. Шарипов // Сб. науч. трудов. – Вып. 19. – Рязань: Военный автомобильный институт, 2008. – С. 102–106.

7. **Шарипов, Р.Р.** Патент РФ на полезную модель № 67646. МКИ F 01 N 3/28. Каталитический нейтрализатор для ДВС [Текст] / Р.Р. Шарипов, Д.В. Нефедов, Ю.Л. Попов. Опубл. 27.10.2007. Бюл. № 30.

8. **Шарипов, Р.Р.** Патент РФ на полезную модель № 71700. МКИ F 01 N 3/28. Каталитический нейтрализатор для ДВС [Текст] / Р.Р. Шарипов, Д.В. Нефедов, Ю.Л. Попов. Опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8.

9. **Шарипов, Р.Р.** Патент РФ на полезную модель № 71701. МКИ F 01 N 3/28. Каталитический нейтрализатор для ДВС [Текст] / Р.Р. Шарипов, Д.В. Нефедов, Ю.Л. Попов. Опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8.

10. **Шарипов, Р.Р.** Патент РФ на полезную модель № 72412. МКИ F 01 N 3/28. Каталитический нейтрализатор для ДВС [Текст] / Р.Р. Шарипов, Д.В. Нефедов, Ю.Л. Попов. Опубл. 19.01.2009. Бюл. № 3.

Личный вклад в статьях и патентах, опубликованных в соавторстве, составляет не менее 50 %.

Шарипов Руслан Раисович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА В ПЕРИОД ПРОГРЕВА
ДИЗЕЛЯ ПУТЕМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Специальность 05.04.02 – «Тепловые двигатели»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 22.10.2009 г.
Формат 60x90/16. Объем 1,0 уч.-изд.л.
Тираж 100 экз. Заказ №350
Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе
в типографии ГОУ ВПО ЧГПУ.
454080, г.Челябинск, пр. Ленина, 69