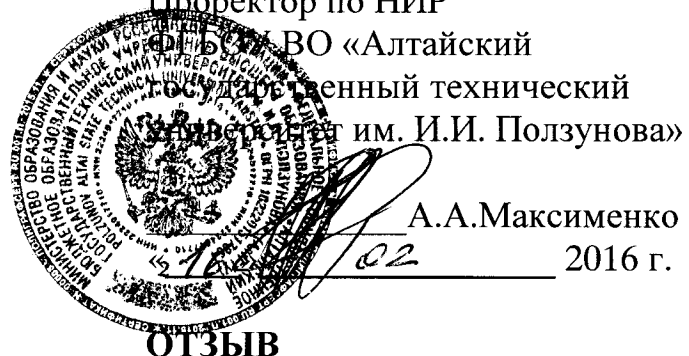


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НИР



А.А.Максименко

2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова» на диссертацию Омельченко Евгения Алексеевича, выполненную на тему «Использование вихревой трубы для повышения экологической безопасности поршневых двигателей внутреннего сгорания», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели

1. Актуальность темы

Снижение экологического вреда, наносимого здоровью человека, возведенным им зданиям, сооружениям и окружающей природе вредными веществами, содержащимися в отработавших газах поршневых двигателей внутреннего сгорания, является важнейшей задачей современного двигателестроения. Как справедливо отмечает автор диссертации в первой главе, для обеспечения соответствия дизелей действующим и перспективным нормам по токсичности целесообразно использование методов снижения вредных выбросов, включающих сочетание систем рециркуляции отработавших газов с охлаждением рециркулируемых газов и нейтрализации отработавших газов. Поэтому тема диссертации, целью которой было повысить экологическую безопасность поршневых двигателей внутреннего сгорания за счет оригинального решения – использования вихревой трубы в системе выпуска отработавших газов, является весьма актуальной.

2. Обоснованность, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и ее практическая ценность

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных на основании выполненных исследований, основывается на надежности экспериментальных данных, обусловлен-

ной достаточным объемом экспериментов, применением комплекса современных, информативных и объективных методов исследования, соответствующих государственным стандартам, использованием современной измерительной аппаратуры, систематической её поверкой и контролем погрешностей, а также подтверждением теоретических положений экспериментальными.

Новизну научных положений диссертационной работы составляют:

- полученные диссертантом результаты оценки возможности снижения концентрации оксидов азота и твердых частиц в отработавших газах и повышения экономических показателей дизеля путем охлаждения рециркулируемых газов с помощью вихревой трубы;

- выявленные автором закономерности протекания рабочего процесса и образования в камере сгорания оксидов азота и сажи в дизеле с рециркуляцией отработавших газов и их охлаждением с помощью вихревой трубы;

- полученные результаты экспериментальной оценки возможности снижения концентрации вредных веществ в отработавших газах за счет регулирования их температуры перед каталитическим нейтрализатором с помощью вихревой трубы.

Практическая ценность работы заключается в результатах, которые используются в ОАО «НИИ двигателей» и ООО «Уральский дизель-моторный завод» для

- снижения концентрации оксидов азота и твердых частиц в отработавших газах, а также повышения экономических показателей дизеля с рециркуляцией отработавших газов и их охлаждением с помощью вихревой трубы;

- снижения концентрации вредных веществ в отработавших газах за счет регулирования их температуры перед каталитическим нейтрализатором с помощью вихревой трубы;

- установления количественной зависимости выбросов твердых частиц и оксидов азота, от доли рециркулируемых газов в свежем заряде; степени снижения их температуры с помощью вихревой трубы; частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель.

3. Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, перечня основных сокращений, списка использованной литературы (131 наименование) и приложения. Она изложена на 172 страницах компьютерного набора 14 шрифтом Times New Roman с полуторным интервалом и снабжена по тексту 77 рисунками и 15 таблицами.

Введение содержит обоснование актуальности темы диссертации, степень ее разработанности, методологию и методы исследования, научную новизну работы, теоретическую и практическую значимость полученных результатов. В нём излагаются цель, задачи и основные положения, выносимые на защиту, объект, предмет исследования, сведения о степени достоверности, о реализации результатов, структуре и объеме диссертационной рабо-

ты. Таким образом, можно констатировать, что структура и содержание введения полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р7.0.11-2011.

В первой главе выполнен обзор и критический анализ работ, посвященных решению экологической проблемы взаимодействия поршневых двигателей внутреннего сгорания с окружающей средой. Приведены основные факторы, влияющие на образование вредных веществ в дизелях и существующие способы повышения их экологической безопасности. Показано, что для обеспечения соответствия дизелей действующим и перспективным нормам по токсичности целесообразно использование методов снижения выбросов вредных веществ, включающих сочетание систем рециркуляции с охлаждением рециркулируемых газов и нейтрализации вредных выбросов. Отмечены негативные стороны использования при этом традиционных рекуперативных теплообменников и целесообразность применения вместо них вихревых труб. На основе выполненного автором анализа литературных данных сформулирована цель, и поставлены задачи исследования.

Во второй главе приведены обзор предложенных в литературе и патентах возможных вариантов использования вихревых труб в системах снижения токсичности поршневых двигателей внутреннего сгорания, а также приведена математическая модель и описание программы для ЭВМ для анализа движения рециркулируемых отработавших газов в вихревой трубе.

Расчетом количественно оценено распределение температуры в модельной вихревой трубе в зависимости от соотношения расстояния от оси трубы и ее радиуса; угла входа потока газа в вихревую трубу относительно ее оси, а также от длины трубы и скорости потока на входе в нее.

Анализ полученных распределений температуры в вихревой трубе позволил автору сделать выводы относительно ее оптимальной конструкции.

В третьей главе представлена программа, методика проведения экспериментального исследования, и дано описание экспериментальной установки. Программа предусматривала:

1. Сравнительный анализ выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля 4ЧН13/15 без рециркуляции, с их рециркуляцией и охлаждением рециркулируемых газов с помощью вихревой трубы.

2. Получение уравнений регрессии, связывающих доли рециркулируемых газов в свежем заряде, их температуру, скоростной и нагрузочный режимы работы дизеля с содержанием вредных веществ в выбрасываемых в атмосферу отработавших газах.

3. Расчетно-теоретическую оценку особенностей рабочего процесса дизеля 4ЧН13/15 с рециркуляцией отработавших газов и их охлаждением на различных нагрузочных и скоростных режимах работы двигателя.

Далее в главе дано описание объекта испытаний – дизеля 4ЧН13/15, системы рециркуляции и нейтрализации отработавших газов, которая обеспечивала возможность регулировки объемного расхода рециркулируемых газов в диапазоне 0–20 % от объемного расхода свежего заряда и предельное снижение их температуры на 60 К относительно температуры отработавших га-

зов, входящих вихревую трубу, а так же приборов и оборудования, которые использовались при проведении испытаний.

Четвертая глава содержит результаты натурального экспериментального исследования выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля 4ЧН13/15 в исходной комплектации и при их рециркуляции с охлаждением в вихревой трубе, а также с регулированием температуры отработавших газов перед их поступлением в каталитический нейтрализатор на различных скоростных и нагрузочных режимах в соответствии с ГОСТ Р 41.96-2011. Эти результаты сводятся к следующему:

- Снижение содержания оксидов азота за счет охлаждения рециркулируемых газов в вихревой трубе на 60 К составило от 5,1 до 18,0 % при частоте вращения коленчатого вала, соответствующей режиму номинальной мощности, и от 8,5 до 16,3 % при частоте вращения, соответствующей режиму максимального крутящего момента; твердых частиц – от 0,08 до 16,3 % и от 2,3 до 8,5 % соответственно.

- Снижение удельного эффективного расхода топлива за счет охлаждения рециркулируемых газов на 60 К составило от 2,31 до 2,93 % при частоте вращения коленчатого вала, соответствующей режиму номинальной мощности, и от 1,98 до 4,18 % при частоте вращения, соответствующей режиму максимального крутящего момента.

- Регулирование температуры отработавших газов перед каталитическим нейтрализатором с помощью вихревой трубы обеспечило повышение интегральных степеней превращения токсичных компонентов на различных скоростных, нагрузочных режимах 50 % и менее от номинала и на режиме холостого хода (т.е. там, где нейтрализатор в обычных условиях работает крайне неэффективно) от 47 до 114 %.

В конце четвертой главы приведены регрессионные зависимости, позволяющие определять содержание оксидов азота и твердых частиц в отработавших газах в зависимости от объемной доли рециркулируемых газов в свежем заряде; степени снижения их температуры в вихревой трубе; частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель, полученные автором в результате обработки данных натурального эксперимента.

В **пятой главе** приведены результаты оценки особенностей рабочего процесса дизеля 4ЧН13/15 с рециркуляцией отработавших газов и их охлаждением в вихревой трубе, полученные в ходе численного эксперимента. Расчеты выполнены диссертантом с использованием программного обеспечения AVL FIRE. Показано, что на режиме, характерном для двигателей сельскохозяйственных и дорожно-строительных машин, каковым и является дизель 4ЧН13/15 ($n=1250 \text{ мин}^{-1}$, нагрузка 75 %), при доле РГ 18 % их охлаждение на 60 К:

- обеспечивает уменьшение температуры свежего заряда на входе в цилиндр (11 К), максимальной температуры газов в цилиндре (66 К) и средней температуры в процессе сгорания (58 К) по сравнению с вариантом без охлаждения РГ;

- более низкая температура свежего заряда в случае охлаждения рециркулируемых газов, по мнению автора, обеспечивает увеличение массовой доли кислорода в надпоршневом пространстве примерно на 30 %, более быстрое сгорание топлива и, соответственно, более интенсивное и более полное тепловыделение.

В главе в визуализированной форме представлена сравнительная картина изменения в камере сгорания дизеля 4ЧН13/15 температуры рабочего тела, массовой доли оксидов азота и твердых частиц в зависимости от угла поворота коленчатого вала при работе двигателя на основных режимах по ГОСТ Р 41.96-2011 без охлаждения рециркулируемых газов и при их охлаждении на 60 К. Это позволило автору диссертации наглядно представить изменение указанных параметров в надпоршневом пространстве.

Адекватность результатов выполненного расчетно-теоретического исследования концентрации оксидов азота, твердых частиц и удельного эффективного расхода топлива на основных режимах ГОСТ Р 41.96-2011 подтверждена достаточно хорошей сходимостью с материалами натурального эксперимента.

В **заключении** приведены основные результаты и выводы по работе, из которых следует, что все поставленные в начале работы задачи были решены и ее цель, заключающаяся в повышении экологических показателей поршневых двигателей внутреннего сгорания за счет использования вихревой трубы в системе выпуска отработавших газов, достигнута. Автором сформулировано также направление дальнейшего развития настоящей работы.

Следует отметить, что в работе даны ссылки на авторов и источники, откуда соискатель заимствовал материалы или отдельные результаты, а при использовании разработок, выполненных с соавторами, он отмечает это в диссертации.

4. Публикации основных результатов диссертации в научной печати, соответствие содержания автореферата ее основным положениям и реализация результатов работы

Основные положения диссертации достаточно полно опубликованы в двух монографиях, 9 научных статьях, в том числе в трех изданиях, рекомендованных ВАК, и двух материалах международных конференций.

Материалы диссертации докладывались на конференциях различного уровня.

Автореферат диссертации полностью соответствует основным положениям диссертации, кратко отражает ее содержание, оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 и разослан в соответствии с установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» сроком.

Основные результаты работы используются в ООО «Уральский дизель-моторный завод» (г. Екатеринбург), ОАО «НИИдвигателей» (г. Москва) и Омском автобронетанковом инженерном институте.

Замечания, вопросы, пожелания и рекомендации по работе

1. При заявленном в теме «повышении экологической безопасности» экспериментальные исследования, касающиеся выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля 4ЧН13/15, в работе ограничены только выбросами оксидов азота и твердых частиц.

2. Во второй главе автор приводит описание математической модели ВТ, которая (стр.62) «была использована для расчета основных конструктивных размеров ВТ». Однако, автор не приводит результатов каких-либо расчетов по оптимизации конструкции ВТ. Далее в таблице 3.4 приведены основные конструктивные размеры трубы, но нет данных о расходе газов через ВТ, гидравлическом сопротивлении и потере давления в ВТ, моменте количества движения РТ в ВТ.

3. В работе нет сведений о защите автором результатов интеллектуальной собственности, хотя в разделе 2.2.2 автор указывает о разработке «Программы для моделирования вихревого охладителя рециркулируемых ОГ», и на стр.83 пишет, что «Изготовлена оригинальная ВТ».

4. В табл.4.4 желательно указать сравнение полученных величин с нормируемой величиной ВВ по ГОСТ.

5. Из текста работы не ясно: учитывал ли автор степень агрессивности ВВ при построении графиков на рисунке 4.22.

6. Есть некоторые замечания по оформлению:

- на рис. 2.11а неудачно выбраны численные значения шкалы ординат, а на рис. 2.11в шкала ординат по смыслу должна быть обозначена « Δt »;

- величину снижения температуры РГ автор указывает на стр. 148 как «60 °С», а на стр. 149 – как «60 К»?!

Заключение

Основываясь на проведенном анализе представленных материалов, можно считать, что диссертация Евгения Алексеевича Омельченко является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту специальности 05.04.02 – тепловые двигатели, в которой содержится решение задачи повышения экологической безопасности поршневых двигателей внутреннего сгорания, имеющей важное значение для развития двигателестроения.

Материал диссертации изложен логически последовательно, хорошим техническим языком, и ее оформление в целом соответствует требованиям ГОСТ Р7.0.11-2011. Основные положения диссертации опубликованы в трех

изданиях, рекомендованных ВАК, прошли апробацию на научных конференциях.

Результаты диссертационной работы Омельченко Е.А. имеют научную и практическую значимость, приняты к использованию в ООО «Уральский дизель-моторный завод» (г. Екатеринбург), ОАО «НИИ двигателей» (г. Москва) и Омском автобронетанковом инженерном институте, а также могут быть рекомендованы к использованию при создании новых и модернизации существующих поршневых и комбинированных двигателей при проведении НИР и ОКР предприятиями, НИИ и КБ отрасли двигателестроения.

Приведённые замечания не снижают общей научной и практической ценности работы.

На основании всего отмеченного считаем, что диссертационная работа «Использование вихревой трубы для повышения экологической безопасности поршневых двигателей внутреннего сгорания» полностью соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 г. «О порядке присуждения ученых степеней»), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и паспорту специальности 05.04.02 – тепловые двигатели, в связи с чем её автор Омельченко Евгений Алексеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – тепловые двигатели.

Диссертационная работа Омельченко Е.А. «Использование вихревой трубы для повышения экологической безопасности поршневых двигателей внутреннего сгорания», автореферат и отзыв ведущей организации рассмотрены на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ) 16 февраля 2016 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой
«Двигатели внутреннего сгорания» АлтГТУ,
д.т.н. (05.04.02 – тепловые двигатели),
профессор


Андрей Евгениевич Свистула

656038 Россия, Барнаул, пр.Ленина 46, АлтГТУ
Тел. (3852) 367586, E-mail: dekan_feat@mail.ru

16.02.2016