

ОТЗЫВ

официального оппонента Хрящёва Юрия Евгеньевича на диссертационную работу Надарейшвили Гиви Гурамовича на тему: «Научные основы создания комплексных систем обеспечения современных экологических и акустических показателей двигателей внутреннего сгорания», представленную к защите на заседание диссертационного Совета Д 217.014.01 при ФГУП «НАМИ», на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

На отзыв представлена диссертация общим объемом 461 стр., автореферат объемом 33 стр., 26 статей, 10 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 патента на изобретения и 2 на полезные модели по теме диссертации.

Актуальность темы исследования

В настоящее время тенденция по ограничению вредных выбросов, осуществляемых двигателями внутреннего сгорания, инициированная необходимостью выполнения законодательных нормативов «Правила № 49. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения дизельных двигателей в отношении выделяемых ими загрязняющих выхлопных газов/ Организация Объединенных Наций. Экономический и Социальный Совет Европейской экономической комиссии. Комитет по внутреннему транспорту», «Правила № 24. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения дизельных двигателей в отношении выброса видимых загрязняющих веществ / Организация Объединенных Наций. Экономический и Социальный Совет Европейской экономической комиссии. Комитет по внутреннему транспорту» и другие экологические нормы в соответствии с Техническим Регламентом, утвержденным Постановлением Правительства РФ № 609 от 12.10.2005 года, а в настоящее время Техническим Регламентом ЕвроАз ЭС «О безопасности колесных транспортных средств» TP TC 18/2011 сохраняет свою актуальность в связи с постоянным ростом автомобильного парка. За последние два десятилетия вопросам экологической безопасности посвящены десятки научных исследований, и эта тема должна была исчерпать себя, однако в связи с тем, что стандарты постоянно ужесточаются, она сохраняет свою актуальность, и решение задачи требует мобилизации всего комплекса ресурсов, а значит комплексного системного подхода.

НИОКР по данной тематике проводится сегодня практически всеми моторными заводами всех стран мира. Совершенствование их конструкции и

способов управления с целью улучшения эффективных и топливно-экономических показателей при не превышении уровня вредных выбросов в отработавших газах (ОГ) (окислы азота и кислорода, углеводороды, дымность, шум и др.), соответствующих современным постоянно ужесточающимся требованиям, является **актуальной** задачей. В своей диссертации соискатель ссылается на работы более пятнадцати отечественных и десяти зарубежных авторов, чьи публикации наиболее известны, что, конечно, подтверждает актуальность этой темы. На самом деле исследователей гораздо больше, т. к. автором, например, не упомянуты фундаментальные исследования д.т.н., профессора В.Р. Гальговского.

Научная новизна исследования

Современные задачи нейтрализации ОГ поршневых двигателей внутреннего сгорания решаются путем применения катализаторов и каталитических систем. В качестве основных исполнительных элементов системы последующей обработки отработавших газов (СПООГ) бензиновых и дизельных двигателей используются каталитические нейтрализаторы, фильтры твердых частиц и комбинированные системы нейтрализации. Соответствие современным технико-экономическим и экологическим показателям уровня Евро-5, 6 двигателей может быть осуществлено только комплексом мероприятий, направленных как на совершенствование рабочего процесса двигателя, так и на нейтрализацию отработавших газов с применением электронных систем управления, обеспечивающих синхронные алгоритмы управления всеми системами. Алгоритмы управления и конструкция каталитических нейтрализаторов и фильтров твердых частиц как исполнительных механизмов СПООГ должны быть основаны на глубоком комплексном анализе процессов, происходящих как в двигателе, так и в системе выпуска, очистки и нейтрализации отработавших газов. Задача усложняется тем, что решение этих комплексных проблем не может быть универсальным для всех типов двигателей по ряду причин, основными из которых являются: температурный диапазон отработавших газов в дизельном двигателе существенно ниже, чем в бензиновом и чем в газовом; в отработавших газах дизелей всегда присутствует избыток кислорода и сера, значит, во-первых, восстановительная реакция с оксидом азота протекать не может, нейтрализация оксидов азота в отработавших газах дизелей затруднена присутствием в них кислорода; во-вторых, в отработавших газах дизеля имеется диоксид серы, а образующиеся при этом сульфаты блокируют активность катализатора. Кроме того, совершенствование рабочего процесса дизелей, повышение качества распылива-

ния топлива и полноты его сгорания привело к возникновению новой проблемы — появлению в отработавших газах твердых частиц малого диаметра, т.е. наночастиц, которые также опасны для здоровья людей и состояния окружающей среды. Снижение их выброса осуществляется путем применения фильтров твердых частиц. Пути достижения двигателями экологического уровня Евро- 6 при сохранении и даже увеличении их топливной экономичности – сложная научно-техническая задача, требующая комплексного подхода, поэтому автором предприняты комплексные экспериментально-теоретические исследования, способствующие углубленному пониманию физической сущности особенностей рабочих внутрицилиндровых процессов различных двигателей и физико-химических процессов, осуществляемых в выпускных системах ДВС. Таким образом, в качестве **научной новизны** в диссертации рассматривается весь комплекс исследований, включая разработанные соискателем методики теоретических и экспериментальных исследований, в совокупности претендующие на методологический подход. На основании теоретических исследований соискателем предложены конкретные технические устройства. Некоторые из них оформлены в трех патентах на изобретения.

Научная ценность исследования

Современное представление о способах достижения двигателями внутреннего сгорания экологического уровня Euro-6, смесеобразования и сгорания двигателях в совокупности со способами нейтрализации и фильтрации ОГ ДВС позволяет к числу наиболее значимых научных результатов диссертационной работы отнести:

- основные теоретические положения, реализованные в методе комплексного проектирования СПООГ ДВС различного назначения для получения требуемых экологических и акустических показателей ДВС;
- математическую модель процессов химической кинетики, тепло- и массообмена, аэродинамики в СПООГ окислительного, окислительно-восстановительного, восстановительного и фильтрующего типов с учетом начального участка; установлена связь безразмерных число-критериев модели с параметрами двигателя;
- установлен характер влияния конструкции СООГ на эффективные характеристики системы и на мощность, необходимую для нейтрализации ОГ. Проведен структурно-параметрический анализ выбора оптимального сочетания топливной экономичности, экологической и акустической эффективности.

- получены обобщающие зависимости для определения значений расхода топлива при регенерации сажевых фильтров. Обосновано совместное применение окислительного катализатора DOC и фильтра твердых частиц DPF для обеспечения выполнения экологических норм. Показана возможность достижения эффективности работы сажевого фильтра DPF не менее 95%;
- определены значения предэкспоненциальных множителей и энергии активации в реакции окисления углеводородов и коэффициенты их старения 0,59/0,84 на основе лабораторных исследований характеристик каталитических блоков для СПООГ исходя из расчетных формул для скоростей реакций;
- получены акустические характеристики функции передачи TL каталитических блоков. Определено влияние скорости потока до 50 м/с на акустические параметры резонансных камер.

Практическая ценность исследования

В результате выполненного диссертационного исследования предложены конструкции эффективных глушителей-нейтрализаторов, реализующих принципы проектирования систем обработки отработавших газов (СООГ) с максимальным использованием высокой концентрации вещества по фронтальной поверхности каталитических блоков. Конструкции показали возможность высокой степени конверсии токсичности отработавших газов, в том числе, по оксидам азота (до 97%).

Подтверждена возможность разработки эффективных глушителей-нейтрализаторов, объединенных в одном корпусе с каталитическими блоками, например, в конструкции глушителя – нейтрализатора 368.1206010 ПАО КАМАЗ.

Показано, что типовая система нейтрализации, состоящая из набора каталитических блоков, обладает достаточной акустической эффективностью в высокочастотном диапазоне выше 1500 Гц, недостаточной акустической эффективностью в среднечастотном диапазоне 500–1500 Гц и крайне низкой эффективностью в низкочастотном диапазоне до 500 Гц; необходимо применять дополнительный элемент (глушитель-нейтрализатор), повышающий акустическую эффективность системы выпуска в низко- и среднечастотном диапазонах.

Экспериментально оценено влияние на характеристики СООГ конструктивных параметров, обеспечивающих получение высокой степени конверсии NOx, описаны методики калибровки дозирования раствора мочевины СПООГ восстановительного типа на стационарных режимах работы двигателя.

ля и опережающий расчет дозирования на переходных режимах с учетом текущей аммиачной емкости блоков (их старения) и использования DOC на входе в систему SCR для запуска быстрой реакции восстановления и температурного регулирования — поддержания температуры катализатора в SCR (повышение степени конверсии на 15-20%).

Представлено, что однокамерный глушитель-нейтрализатор не обеспечивает эффективных характеристик, двухкамерный глушитель-нейтрализатор значительно улучшает характеристики в низкочастотном диапазоне. Определен диапазон параметров исходных данных для расчета и характеристик каталитических блоков и диапазон безразмерных параметров и критериев; разработана методика определения эффективности каталитических блоков; предложены обобщенная структура и блок-схема формирования концепции, структура расчетов СПООГ, в том числе расчет оперативной эффективности работы СПООГ в обобщенном виде.

Основные результаты диссертационного исследования, полученные соискателем, позволили разработать ряд практических предложений, оформленных как патенты на изобретения и полезные модели, наиболее существенными из которых являются следующие:

- патент 2292467 РФ, МПК F01N 1/00. Глушитель шума выпуска двигателя внутреннего сгорания /Афанасьев А.Н., Галевко В.В., Галевко Ю.В., Иванова Т.В., Манышев Ю.В., Надарейшвили Г.Г., Попов Ю.Н. - Оpubл. 27.01.2007. - Бюл. № 3.

- патент 2612306 РФ, МПК F01N. Устройство очистки отработавших газов двигателя транспортного средства / Лукшо В.А., Панчишный В.И., Надарейшвили Г.Г., Неволин И.В., Ширяев А.В., Сазонов А.В., Юдин. – Оpubл. 06.03.2017. – Бюл. №1.

- патент 2633255 РФ, МПК F01N3/20. Устройство для каталитической очистки отработавших газов двигателя внутреннего сгорания / Лукшо В.А., Панчишный В.И., Надарейшвили Г.Г., Неволин И.В., Ширяев А.В., Юдин С.И. – Оpubл. 11.11.2017. – Бюл. №14.

- патент 197501РФ, МПК F01N 1/08 . Глушитель выхлопа /Дереженко С.В., Кондратьев Ю.Н., Надарейшвили Г.Г., Неволин И.В., Паутин О.В., Юдин С.И. - Оpubл. 12.05.2020 - Бюл. №14.

Таким образом, диссертационная работа Надарейшвили Гиви Гурамовича соответствует критерию «**Практическая ценность**».

Обоснованность и достоверность научных положений диссертационной работы

В основу математического описания физико-химических процессов, представленного в виде функциональной модели кинетики каталитического реактора-нейтрализатора, взяты фундаментальные законы и положения физической химии, термодинамики, кинетических закономерностей гетерогенного каталитического процесса; нестационарным уравнением Навье-Стокса и массопередачи; современных аналитических и численных методов реализации математических моделей, хорошо апробированных программных продуктов; употреблением при обосновании разработанных математических моделей опытных данных в качестве граничных и начальных условий; сравнением с достоверными результатами исследований, выполненных в ФГУП «НАМИ», фирмах «BASF», «Corning», ООО «Экоальянс» и др. Соискатель пользовался современными методами проектирования, моделирования и расчетов.

Оценка достоверности основных выводов соискателя подтверждается выводами из экспериментальных исследований, изложенными в диссертационной работе, и актами о внедрении результатов исследований, в том числе акты об использовании результатов диссертационной работы в ОАО «Автодизель», ПАО «КАМАЗ», ООО «УАЗ», ООО «Экоальянс», ФГБОУ «Московский политехнический университет», ФГУП «НАМИ».

Достоверность результатов эксперимента обуславливается использованием поверенных и аттестованных комплексов измерительных приборов и оборудования, используемых, в том числе при сертификации продукции по международным Правилам ООН, соблюдением действующих стандартов и нормативных документов.

Тщательность выполненных экспериментальных исследований не оставляет сомнений в **достоверности результатов.**

Оценка содержания диссертационного исследования

Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав и заключения (основных выводов). Она содержит 461 страницу машинописного текста, 312 рисунков и 67 таблиц и список литературы (299 наименований, в том числе 228 иностранных).

Во введении автором указано, что сокращение выбросов без совершенствования ДВС и связанных с введением все более жестких ограничений на предельные выбросы в основном для новых транспортных средств невоз-

можно. Даже при существующей тенденции к переходу на электрическую тягу автотранспортные средства (АТС) продолжают использование ДВС в ближайшие 30–50 лет. Способы уменьшения токсичных выбросов, используемые в конструкции автомобилей и устройствах ограничения выбросов, при использовании различных видов топлива были существенно улучшены. Современные конструкции двигателей транспортных средств с целью ограничения вредных выбросов оснащены каталитическими преобразователями, сажевыми фильтрами и системами селективного каталитического восстановления, а также электронными системами управления работой двигателя со специально разработанными алгоритмами управления как двигателем, так и системой обработки отработавших газов.

Обоснована актуальность создания научно-методологических основ комплексного проектирования систем обработки отработавших газов дизельных двигателей для снижения их токсичности.

Первая глава диссертационного исследования посвящена анализу проблем снижения токсичности АТС на основе опубликованных на настоящее время научно-исследовательских работ по проблемам проектирования систем последующей обработки отработавших газов. Описаны методы нормирования загрязнения атмосферного воздуха и экологических показателей двигателей и Правила ЕЭК ООН как система, описывающая экологические требования, в том числе по эмиссии токсичных веществ в отработавших газах транспортных средств, которые сформулированы в Правилах №№ 24, 40, 47, 49, 83, 96, 101 по Специальной резолюции №1; предельные значения выбросов Правила №83 с поправками 07; предельные значения выбросов вредных веществ и дымности отработавших газов двигателей ЕЭК ООН №49; перечислены и прокомментированы основные компоненты отработавших газов двигателей внутреннего сгорания и их токсичность. Показано, что токсичность отработавших газов двигателей снижается путем предупреждения образования токсичных компонентов применением новых видов топлива, посредством их нейтрализации за счет усовершенствования рабочего процесса двигателя и использования дополнительных систем и устройств очистки ОГ.

Токсичность ОГ дизелей зависит от содержания в топливе соединений серы (элементарной серы S, сероводорода H₂S, меркаптанов RSH). Наличие серы в топливе не оказывает заметного влияния на процесс сгорания, мощностные и экономические показатели двигателя. Снижение сернистости топлив — единственный способ, не связанный с изменением конструкции ДВС, позволяющий существенно снизить значение нормируемого компонента ОГ

(твердые частицы). Показан принцип действия каталитических систем нейтрализации отработавших газов. Эффективность их действия зависит от температуры катализатора, продолжительности контакта токсичных компонентов с поверхностью катализатора или объемного расхода газов, отнесенного к объему катализатора, а также от концентрации токсичных компонентов в отработавших газах. Отмечено, что одним из наиболее токсичных компонентов отработавших газов являются оксиды азота и что селективное каталитическое восстановление оксидов азота аммиаком представляется наиболее перспективной из имеющихся технологий обезвреживания выбросов NO_x . Анализ существующих систем показал, что для реализации процесса селективного каталитического восстановления NO_x могут быть выбраны катализаторы на основе ванадия и титана, нанесенные на блочный металлический носитель методом пропитки по влагоемкости. Дан подробный анализ проблемы возникновения и очитки дизельных частиц в ОГ дизелей на основе хорошо известных работ, проведенных в НАМИ. Отмечено, что снижение выброса наночастиц в ОГ возможно главным образом за счет применения фильтров ТЧ. Получены преобразованные уравнения в безразмерном виде пригодном для анализа, из них – набор безразмерных параметров из уравнений и показана их связь с параметрами двигателя, сформирована критериальная математическая модель каталитического блока в виде нейтрализационной мощности, зависящей от безразмерных чисел и параметров двигателя.

Вторая глава посвящена созданию математических моделей, т.к. на этапе проектирования систем нейтрализации необходимо как можно более точно оценить параметры эффективности системы, исходя из возможных вариантов состава системы. Соискателем упоминается большое число работ, посвященных математическому моделированию систем очистки ОГ, распространенных в виде программных комплексов. Наиболее распространены комплексы BOOST, разработанные и поддерживаемые фирмой AVL LiSh, и AXiSUiT фирмы Exothermia. Имеются соответствующие расчетные блоки в широко распространенных вычислительных комплексах. Однако автором в результате анализа определено, что они позволяют получать требуемые характеристики СПООГ только для начальной стадии проектирования и сделан вывод о том, что для исследовательских целей необходима разработка собственных математических моделей, позволяющих проанализировать функциональность систем во всем рабочем диапазоне параметров.

Математическое описание процессов основано на системе базовых дифференциальных уравнений. При этом использованы уравнение энергии для потока ОГ и для массива блока; уравнения Навье-Стокса для течения в канале катализатора; уравнение сохранения массы (массообмена) в виде рас-

пределения концентрации вещества в потоке ОГ в канале для каждого компонента, уравнения распределения концентрации вещества на пограничном пористом слое и на активном пористом слое;

Главное достоинство материалов рассматриваемой главы заключается в подробном моделировании сложных химических процессов, происходящих в СПООГ и позволяющих установить взаимосвязь как между отдельными блоками системы, так и между всей СПООГ и любым отдельным двигателем. Приведенные в главе 2 материалы исследований подытожены в результате проделанной научно-исследовательской работы: разработана оригинальная безразмерная математическая модель процессов в канале каталитического блока, выраженная в нейтрализационной мощности, учитывающая начальный участок течения и массообмена; подтверждена достоверность математического описания процессов газодинамики, теплообмена и химической кинетики в СООГ; проанализирована система безразмерных критериев в связи с параметрами двигателя. Материал несомненно обладает научной новизной благодаря тщательно осуществленному комплексному подходу к сложной научно-технической проблеме.

В третьей главе рассмотрены результаты экспериментальных исследований поведения разработанной математической модели и калибровок СООГ. Экспериментальные работы, представленные в этой главе, убедительно доказывают достоверность полученных теоретических выводов предыдущей главы. Экспериментальное оборудование, применяемое в исследованиях, соответствует современным требованиям как по точности регистрации процессов, так и по уровню представления данных. Например, комплекс измерительной аппаратуры представляет собой: испытательный стенд на базе асинхронной машины переменного тока с модульной системой измерений PUMA фирмы AVL LiSh GmbH; расходомер воздуха фирмы AVL LiSh GmbH; расходомер топлива фирмы AVL LiSh GmbH; дымомер фирмы AVL LiSh GmbH; система для определения выброса твердых частиц с частичным смешением потока SmartSampler SPC 472 фирмы AVL LiSh GmbH; электронные микроаналитические весы; комплексный газоанализатор AMA i60 фирмы AVL LiSh GmbH; анализатор оксида углерода (CO) — недисперсионного инфракрасного адсорбционного типа (NDIR); анализаторы диоксида углерода (CO₂) и кислорода (O₂) — недисперсионного инфракрасного адсорбционного типа (NDIR); анализатор углеводородов (CH) — пламенно-ионизационный, подогреваемый (HFID); анализатор оксидов азота (NO_x) — хемиллюминесцентный, подогреваемый. Для проведения испытаний создано восемь типов экспериментальных установок для исследования различных ти-

пов двигателей с различными вариантами СПООГ. Разработаны программы испытаний и накоплен опыт испытания и калибровок различных типов СПООГ. По ходу работ диссертантом предложена идея использования стандартного датчика NO_x по новому назначению, а именно для регистрации наличия аммиака, но идея не запатентована.

В четвертой главе приведены результаты исследований каталитического блока, посредством которого осуществляется основной процесс химической кинетики СПООГ, потому что процедура разработки блока с покрытием очень важна для правильного функционирования СПООГ и, более того, для успешного внедрения системы в производство. Автором предложен ряд поисковых и инженерных решений высокого профессионального уровня, что позволило выстроить рациональную последовательность разработки покрытия каталитических блоков, а именно: определение эффективности преобразования ОГ; испытания каталитических блоков на лабораторных стендах на сохранение механических свойств; определение стойкости к усталостным разрушениям; определение граничных температур надежной работы блока; проверка эффективности при воздействии химически агрессивных сред; проверка качества нанесения каталитического слоя и соответствие спецификациям; измерение массы и габаритных показателей; измерение аэродинамического сопротивления каталитических блоков и др., что позволило изготовить опытные образцы и получить достоверные повторяющиеся результаты. Более того автор довел предлагаемый им способ разработки, практически, до ее технологии.

Пятая глава посвящена исследованию параметров СООГ окислительно-фильтрующего типа. Кроме элементов СПООГ, включающих глушитель, сажевый фильтр, компенсатор, соединительные элементы трубопроводов и крепежные элементы, система включает элементы активной регенерации сажевого фильтра. К достоинствам методики исследований следует отнести не только отдельное самостоятельное изучение элементов фильтрации, например, механизмов системы селективного восстановления оксидов азота дизеля, функционирование системы регенерации сажевого фильтра, дизельный окислительный нейтрализатор, используемый как устройство снижения количества частиц DOC и др., но и в их сочетании, что способствовало всестороннему изучению проблем.

В шестой главе решается не менее сложная задача обеспечения надежности и ресурса системы, работающей в условиях агрессивной среды выхлопных газов высокой температуры, движущейся с высокой скоростью, при

широком диапазоне температурных, влажностных и др. условий внешней среды. Сама по себе задача является многопараметрической и определяется как компоновочными ограничениями, так и необходимостью применять в системах выпуска различные системы нейтрализации. Последнее обстоятельство имеет прямое отношение к теме данной диссертации не только потому, что шумовое загрязнение атмосферы ограничивается на законодательном уровне также как величина вредных выбросов в ОГ, но и потому что система глушителя и системы очистки и фильтрации ОГ находятся в непосредственной взаимозависимости. Поэтому автор приходит к выводу о возможности создания эффективной конструкции глушителя-нейтрализатора, объединенного в одном корпусе с каталитическими блоками. Показано, что без применения дополнительного объема глушителя акустическая эффективность системы каталитических блоков недостаточна. Основное достоинство этой главы заключается в тщательности подхода и доказательности экспериментальной проверки.

Глава седьмая посвящена использованию комплексного метода проектирования СПООГ в применении для ДВС, что по существу сведено к синтезу системы для оптимизации заданных экологических и экономических параметров. Методика определения параметров СПООГ основана на учете основных факторов, определяющих протекание процессов конверсии — концентрации реагирующих веществ, температуры реагирующих веществ, времени контакта веществ с катализатором, площади контакта, пористости (для сажевого фильтра), которые были рассчитаны в разделе математического моделирования. Синтезу системы предшествует анализ таких факторов, как: параметры интегрального «сырого выброса» (оксиды азота и твердые частицы) при выполнении испытательного цикла с существующими настройками системы управления; зависимости оксидов азота и твердых частиц для данного типа двигателя; определении возможностей модернизации двигателя и изменения настроек системы управления; компоновочных ограничений; выбора стратегии по снижению выбросов с учетом качества топлива, наличия инфраструктуры по поставке AdBlue и т.д. Процедура анализа формализована и представлена в качестве алгоритма формирования схемы СПООГ, причем процедура конкретизируется конкретными параметрами двигателя при работе на режимах цикла ESC. В этом заключается ее универсальность в применении к любому транспортному дизелю. Более того процедура синтеза доведена до создания программного обеспечения виртуального прибора (ПО), позволяющего по выходным параметрам отработавших газов дизелей (расход,

температура, состав сырой эмиссии) разработать СПООГ, что приводит работу Надарейшвили Гиви Гурамовича к логическому завершению.

Недостатки работы, замечания, пожелания

1. Название диссертации позиционирует ее как методологию, разработанную для всех двигателей внутреннего сгорания, а на самом деле работа касается только транспортных дизелей.
2. Математическая модель, созданная автором является настолько многопараметрической и поэтому сложной, что автор не ставит вопросов о ее точности, поэтому модель обеспечивает лишь качественное описание процессов нейтрализации ОГ. Необходимо заметить, что не все положения и допущения достаточно обоснованы. Некоторые из них взяты на основе имеющегося мирового опыта и личных соображений. Например, при моделировании единичного нейтрализатора-канала рассматривается его квадратная форма, которая является преобладающей, наряду с треугольной; химические реакции рассматриваются только как каталитические гетерогенные; процессы, протекающие в каталитическом блоке, рассматриваются только как установившиеся нестационарные (стр. 92). Стадии конверсии без объяснения объединены в три области протекания каталитических реакций (стр. 96), ряд допущений при применении теории Ленгмюра-Хиншельвуда (стр. 99). Выражение для скорости реакции (2.62) получено при существенных допущениях стационарности, квазиравновесия, избыточности компонента (стр. 108). При моделировании влияния начального участка на процессы в канале каталитического блока: в соответствии с моделью идеального вытеснения принимается поршневое течение без перемешивания вдоль потока при равномерном распределении концентрации вещества в направлении, перпендикулярном движению (стр.109). Таким образом, несмотря на задекларированное стремление как можно более точно оценить параметры эффективности системы, автор допускает ее снижение без подсчета потерь точности. Поэтому основное ее назначение представляется как теоретическое обеспечение разработки технологии обработки ОГ в отдельных элементах систем. Для решения основной задачи синтеза СПООГ она не используется, хотя имеет самостоятельное научное значение.
3. В работе не представлено ни одного запатентованного способа нейтрализации и фильтрации ОГ, на основе которых составлена общая методология.

4. В качестве недостатка шестой главы должен быть отмечен сам подход как метод последовательного приближения. Здесь можно рекомендовать более рациональный и обоснованный подход, т.е., например, статистические методы многокритериальной оптимизации. Кроме того, анализа опубликованных работ по акустической эффективности глушителей соискателем не представлено ни в первой главе, ни в шестой.

Публикации и соответствие содержания диссертации и автореферата

Основные положения диссертации изложены в достаточном числе публикаций, автореферат в основном соответствует ее содержанию.

Публикации, приведенные в автореферате, включают материалы по основным разделам диссертации. Основные положения и результаты исследований изложены в 26 статьях, 10 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 патента на изобретения и 2 на полезные модели по теме диссертации.

Значительная часть диссертации выполнена в рамках государственного контракта №6410.0810000.05ВОТ от 28.11.2006 г., государственного контракта №8411.0816900.10.002 от 18 апреля 2008 г. (шифр работы ИПТ-8-001), государственного контракта от 11 июня 2013 г. № 13411 1370399.20.008. г. и договора №54/262 от 17 января 2014 г.

Результаты работы прошли апробацию на международных и отечественных научно-технических конференциях, начиная с 2012 г. по настоящее время, в том числе на VI Международной научно-практической конференции «Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве», г. Протвино Московской обл., 3-5 июля 2012 г.; IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации», г. Санкт-Петербург, 26-28 марта 2013 г.; VII Международной научно-практической конференции «Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве», г. Протвино Московской обл., 25-27 июня 2013 г.; Международной научно-технической конференции «Решение энергоэкологических проблем в автотранспортном комплексе», г. Москва, 2 февраля 2015 г.; Международной научно-технической конференции «Инновации в машиностроении-2020», г. Минск, 17-18 сентября 2020 г. С учетом того, что за последние пять лет материалы диссертации не докладывались и не обсуждались ни на одной отечественной конференции, апробация ее выглядит довольно формальной.

Вместе с тем диссертационная работа выполнена на высоком методическом и научном уровне, содержит всесторонний анализ обозначенных в ней актуальных проблем национальной экономики в области экологической безопасности российских автомобилей. Диссертант владеет современными методами моделирования процессов очистки и нейтрализации ОГ, расчетов и анализа и обработки полученных результатов численных и реальных экспериментов.

Полученные результаты диссертации не содержат дискуссионных материалов по предмету исследования, однако для понимания их сущности специалистам данной области науки необходимо обладать дополнительными знаниями в области химической кинетики, газовой динамики и массообмена, акустики и современными методами математического моделирования.

К сожалению, некоторые разделы диссертации не отредактированы, применяются недопустимые сокращения, причем одни и те же понятия обозначены как на русском, так и на английском языках, несистемные единицы измерения, допущены опечатки. В диссертации имеются неточности в использовании терминов и определений, отклонения от стандартных обозначений.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней

Отмеченные недостатки и замечания не снижают научной и практической значимости, а также научной ценности выполненной работы. Диссертационная работа Надарейшвили Гиви Гурамовича на тему «Научные основы создания комплексных систем обеспечения современных экологических и акустических показателей двигателей внутреннего сгорания», представляет законченное научное исследование, результаты которого имеют важное практическое значение для конструкторов и специалистов современного двигателестроения и реализованы в промышленности.

Впервые наиболее полно, обстоятельно и всесторонне рассмотрены основополагающие вопросы всесторонних методов нейтрализации и фильтрации ОГ: исследовано совместное применение окислительного катализатора DOC и фильтров твердых частиц; обосновано применение датчиков оксида азота в качестве сигнального датчика аммиака для контроля и калибровки системы, исследована связь двух методов измерения кислородной емкости окислительно-восстановительных каталитических блоков; экспериментально исследованы характеристики математической модели системы селективного восстановления оксидов азота обеспечивающих получение высокой степени

конверсии, разработаны методики калибровки и поддержания температуры катализатора; предложен метод комплексного проектирования, учитывающий диффузионные, тепловые, гидравлические, аэродинамические, акустические параметры на примере построения схемы СООГ с высокой эффективностью.

Диссертантом решена крупная научно-практическая проблема, имеющая важное социально-экономическое хозяйственное значение для национальной экономики, а именно, задача повышения конкурентоспособности современных транспортных дизельных двигателей на основе комплекса мер по совершенствованию конструкции их системы обработки отработавших газов с целью надёжного получения качества, соответствующего уровню Евро - 6. В целом по актуальности, научной новизне, объёму материалов, научной ценности теоретических и экспериментальных исследований, а также практическому значению полученных результатов выполненная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Надарейшвили Гиви Гурамовича заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

Доктор технических наук, профессор

Ю.Е. Хрящёв

Подпись доктора технических наук, профессора
Хрящёва Юрия Евгеньевича
заверяю:

Первый проректор ФГБОУ ВПО «ЯГТУ»

кандидат технических наук, доцент Наумов Денис Владимирович

Справочные данные

Хрящёв Юрий Евгеньевич - доктор технических наук, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет».

150023, г. Ярославль, Московский пр-т, 88, тел. 8 910 662 08 35,

e-mail: khr.u.e@mail.ru