

ОТЗЫВ

официального оппонента, профессора, доктора технических наук, Ложкина Владимира Николаевича на диссертационную работу Лопатина Олега Петровича «Применение природного газа и спирто-топливных эмульсий для снижения содержания оксидов азота в дизеле», представленную в диссертационный совет Д 212.298.09 при ФГАОУ ВО «Южно-уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» для публичной защиты на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Применение в дизелях таких альтернативных источников энергии как природный газ и спиртосодержащее топливо, которые, в основном, не являются продуктами переработки нефти, - несомненно, перспективное направление в борьбе не только за уменьшением содержания оксидов азота в отработавших газах (ОГ) тепловых двигателей, но и в получении целого ряда экологических преимуществ в сравнении с дизельным топливом, включая проблему изменения климата. Теплофизические свойства отмеченных альтернативных топлив позволяют использовать их достаточно эффективно при относительно небольших затратах на изменение конструкции базовых моделей дизелей.

Несмотря на то, что основные термодинамические принципы реализации рабочих процессов двигателей с воспламенением от сжатия, работающих на альтернативных спиртосодержащих топливах и природном газе, достаточно хорошо изучены в мировом дизелестроении, их адаптация к каждой новой модификации силовых установок автотракторного назначения является оригинальным процессом, так как существующие расчетные методы не позволяют, без проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований, надежно прогнозировать технические показатели экологической безопасности дизелей и, в частности, выбросы одного из наиболее токсичных компонентов ОГ - оксидов азота.

В этой связи, тема диссертационной работы Лопатина О. П., посвященная снижению содержания оксидов азота в ОГ дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ применением природного газа и спирто-топливных эмульсий, является, несомненно, актуальной.

Степень обоснованности сформулированных в диссертации научных положений, выводов и рекомендаций

В научно-прикладном плане диссертационное исследование Лопатина О.П. представляет весомые для отечественной и мировой науки авторские изыскания, проводимые им на протяжении более 20 лет на кафедре тепловых двигателей, автомобилей и тракторов ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия» совместно с предприятиями Агропромышленного комплекса России, по решению проблемных теоретических и прикладных вопросов работы дизельных двигателей на альтернативных видах топлива.

Положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, содержат крупные научные обобщения, они обоснованы обзорно-аналитическими, теоретическими и экспериментальными авторскими исследованиями. В первой главе диссертации автор, рассмотрев общие социально-экологические аспекты применения альтернативных топлив для снижения токсичности ОГ дизелей, физико-химические процессы и механизмы образования оксидов азота при горении альтернативных топлив, моделирование физико-химических процессов образования оксидов азота в дизеле, критически проанализировал современные и более ранние отечественные и зарубежные исследования работы дизельных двигателей по снижению содержания в них эффективными способами оксидов азота, в том числе использование для этого широкого класса альтернативных топлив, справедливо сосредоточив главное внимание на изучении проблемных вопросов образования оксидов азота непосредственно в цилиндре и на выпуске в зависимости от способа организации рабочего процесса, конструктивных, регулировочных параметров и условий рядовой эксплуатации. Констатируя на основе проведенного анализа противоречивость накопленной к настоящему времени количественной информации в предметной для диссертации области исследований, автор, руководствуясь Транспортной стратегией РФ до 2030 года, Энергетической стратегией России на период до 2030 года, указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011, Распоряжением Правительства РФ №767 от 13 мая 2013 г., итогами совещания Президента РФ В.В. Путина в Ново-Огарево с членами Правительства, состоявшегося 18 апреля 2018, Международными обязательствами России в области охраны окружающей среды, взятыми при подписании Международных договоров в области охраны окружающей среды по снижению вредных выбросов и изменения климата, Экологическим законодательством в РФ, обоснованно формулирует выводы о том, что

необходимо проведение дополнительных научных исследований с целью разработки механизма процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на жидких альтернативных топливах (спирто-топливных эмульсиях) и газообразных (природный газ), что позволит в свою очередь разработать математическую модель расчета содержания оксидов азота и провести с ее помощью теоретические расчеты оксидов азота при работе дизеля на природном газе и спирто-топливных эмульсиях на современных прогностических платформах цифровизации.

Проанализированные автором во второй главе диссертации гипотетические теоретические представления о химизме результирующих процессов образования оксидов азота по углу поворота коленчатого вала при работе дизеля на природном газе и спирто-топливных эмульсиях в значительной части, пока, не имеют прямого экспериментального подтверждения в отечественных и зарубежных исследованиях внутрицилиндровых процессов, но, все же, не противоречат известным классическим представлениям кинетики процесса образования оксидов азота при горении природного газа, метилового и этилового спиртов.

На основании исследований закономерностей формирования оксидов азота автором предложены механизмы их химических процессов образования при работе дизелей на природном газе, метано- и этано-топливных эмульсиях, и разработана математическая модель, позволяющая рассчитать объемное содержание оксидов азота в широком диапазоне режимов работы дизелей на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях, что допускает без дорогостоящих экспериментальных исследований оценить влияние альтернативных топлив на их экологические характеристики на стадии цифрового проектирования процессов и конструкций тепловых двигателей. Следует отметить, что справедливость численных значений концентрации оксидов азота по углу поворота коленчатого вала определить сложно, поскольку автор не проводил измерение концентраций оксидов азота непосредственно в цилиндре и не оценил степень неопределенности сопоставляемых результатов для дизельного и альтернативных (природный газ, спирто-топливные эмульсии) видов топлива, но, при этом, следует признать очевидность тенденций в качественном характере изменения расчетных зависимостей и сделанных на основе их анализа новых, абсолютно необходимых и полезных для практики цифрового прогнозирования и конструирования, выводов и рекомендаций. Последнее позволило соискателю обоснованно перейти к экспериментам по выявлению возможностей улучшения экологических показателей путем

снижения содержания оксидов азота в ОГ дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ.

Для снижения содержания оксидов азота в ОГ дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ автором рекомендуется поддержание следующих, заслуживающих безусловного внимания, соотношений компонентов альтернативных топлив: газа – 80%, запальной порции дизельного топлива – 20% (при работе на природном газе); спирт (метанол или этанол) – 25%, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С-5А – 0,5%, вода – 7%, дизельное топливо – 67,5% (при работе на смеси со спиртами). Проведенные автором исследования стабильности эмульсий позволяют говорить о возможности применения сукцинимида, в сочетании с водой в качестве эмульгатора для приготовления спирто-топливной эмульсии вне топливной системы дизеля.

Мощностные, эффективные показатели рабочего процесса и состав ОГ (по NO_x , CH_x , CO , CO_2 и дымности) оценивались автором, ориентированно на тенденции действующих сегодня национальных и международных стандартов, с организацией испытаний в широком диапазоне нагрузочных и скоростных режимов, а также при изменении конструктивных и регулировочных параметров при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях.

Выявленные в ходе проведения экспериментальных исследований дизеля, работающего на различных альтернативных топливах (природный газ, природный газ с рециркуляцией ОГ, спирто-топливные эмульсии), новые комплексные широко обобщающие закономерности изменения индикаторных, эффективных показателей, параметров процесса сгорания и тепловыделения, содержания токсичных компонентов в ОГ на выпуске и сделанные на этой основе выводы и рекомендации обоснованы положительными заключениями актов внедрения, подтверждающих, не только целесообразность, но и высокую эффективность использования природного газа и спирто-топливных эмульсий на двигателях применительно к условиям рядовой эксплуатации тракторной техники (Приложения).

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Авторские гипотезы, положения, закономерности, качественные и количественные характеристики оценки результативности изысканий, выводы и рекомендации имеют достаточно высокую степень достоверности, так как они не противоречат в обоснованиях известным и широко апробированным теоретическим моделям, экспериментальным

закономерностям и тенденциям, обнаруженных и развиваемых мировой прикладной наукой двигателестроения ведущими научными школами и исследователями, а также лучшим практикам, применительно к использованию в качестве топлива природного газа и спирто-топливных эмульсий в сопоставимых условиях проверки и применения.

В целом же, достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием автором в процессе работы, отвечающих задачам исследования подходов к проведению теоретических и экспериментальных изысканий, современных средств вычисления и программных продуктов, стандартов и рекомендаций по проведению экспериментов с обязательной калибровкой аттестованных приборов и контролем погрешностей измерений.

Новыми научными результатами являются:

- математическая модель расчета объемного содержания оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях;

- результаты теоретических исследований объемного содержания оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях;

- химизм процесса образования оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях;

- модель расчета скоростей реакций образования оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях;

- результаты экспериментальных исследований влияния природного газа, природного газа с рециркуляцией ОГ, спирто-топливных эмульсий и регулировочных параметров на эффективные показатели, характеристики сгорания и тепловыделения, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота, токсичность и дымность ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 с камерой сгорания типа ЦНИДИ;

- экспериментальные зависимости влияния режимов работы дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях на эффективные показатели, характеристики сгорания и тепловыделения, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота, токсичность и дымность ОГ;

- оптимальные экспериментальные значения эффективных показателей, характеристик сгорания и тепловыделения, объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота, токсичности и дымности ОГ дизеля

при работе на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях;

- результаты исследований интегральной токсичности и дымности ОГ дизеля, работающего на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях, в условиях его эксплуатации;

- рекомендации по снижению содержания оксидов азота в ОГ дизеля при работе его на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях для обеспечения улучшенных экологических показателей и экономии нефтяного топлива.

Научная и практическая значимость результатов работы

Научная значимость результатов работы определяется подтверждением теоретических положений и результатов экспериментальных исследований новых научно обоснованных технических и технологических перспективных решений по улучшению экологических показателей автотракторного дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ и экономии нефтяного моторного топлива.

Практическую значимость работы представляют рекомендации по применению природного газа и спирто-топливных эмульсий в качестве альтернативного топлива для дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ. Она подтверждена положительными актами на использование результатов исследований в учебном процессе и на предприятиях сельскохозяйственной, газовой и автотранспортной отраслях промышленности. После широкого апробирования результаты рекомендуется использовать через индустриальные организации тракторного и комбайнового двигателестроения, в том числе для переоборудования действующей техники и автотракторного парка для работы на природном газе, что, безусловно, принесет значительный вклад в развитие страны.

Полнота опубликования основных положений, результатов диссертации и оценка оформления работы

Общее количество работ, опубликованных по теме диссертации насчитывает более 350 наименований, в том числе в изданиях с международным цитированием, в частности, Scopus и Web of Science – 11, в изданиях, рекомендованных ВАК более 50 наименований.

Работа оформлена в соответствии с требованиями Положения ВАК РФ и в достаточной степени иллюстрирована графическим материалом. Качество оформления диссертационной работы хорошее. Реферат с необходимой

полнотой отражает основное содержание диссертации.

Дискуссионные вопросы по работе, замечания и пожелания

1. При анализе опасности токсичных выбросов с ОГ дизелей (глава 1, табл. 1.1 диссертации) автор не рассмотрел важнейшие аспекты природы негативного санитарно-гигиенического воздействия сверхмалых твердых частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в связи с установлением в РФ на них ПДК и, по отношению к ним, не проанализировал должным образом связь выбросов вредных веществ с ОГ со значимой проблемой для цивилизации - изменения климата.

2. Теоретические представления о химизме процессов образования окислов азота в цилиндре дизельного двигателя по разработанным авторским моделям и, вытекающие из них, частные, в зависимости от вида альтернативного топлива и рекомендуемых воздухоохраных технологий, закономерности изменения расчетных значений концентрации, преимущественно, NO по углу поворота коленчатого вала (п. к. в.), содержат ряд допущений (2-я глава диссертации), которые в значительной части, пока, не имеют прямого экспериментального подтверждения непосредственными газоаналитическими измерениями в цилиндре, что, в дальнейшем, очевидно потребует дополнительных изыскательских уточнений.

3. В этой связи, оказалась бы весьма желательной оценка степени неопределенности в расчетах численных значений концентраций окислов азота по углу п. к. в. при сопоставлении результатов для разных видов альтернативного топлива и условий организации рабочего процесса (рис. 2.6 – диссертации (рис. 3 – автореферата).

4. В более ранних работах научной школы профессора Батурина С.А. с соавторами (70-е года прошлого столетия), в частности, - работах оппонента, непосредственными измерениями в цилиндре дизельного двигателя были зафиксированы существенные отличия численных значений локальной температуры пламени от численных значений средней температуры газов и предлагалось использовать температуру пламени в уточнении расчетных «мгновенных» значений концентраций и массового выхода NO (по углу п. к. в.).

5. Не смотря на то, что в современных отечественных и зарубежных толкованиях теории рабочего процесса сгорания, а также расчетных методиках и цифровых программных продуктах, основанных на моделировании изменения давления в цилиндре уравнением выдающегося ученого И.И. Вибе, даются рекомендации использовать значения

температуры газов для расчета образования NO по углу п. к. в., все же, - было бы интересно познакомиться с мнением автора диссертации по дискуссионному вопросу, отмеченному оппонентом в п. 4.

6. Отмеченные в п. 2 оппонентом «мгновенные» расчетные значения концентрации окислов азота, преимущественно, NO выражены в объемных долях ppm (млн^{-1}). Для более наглядного представления результирующего процесса накопления (динамики образования) окислов азота было бы полезно пересчитать этот параметр в массовый выход окислов азота с учетом изменения объема цилиндра по углу п. к. в. в течение процесса сгорания альтернативных видов топлива.

7. На рис. 18 автореферата автор сравнивает достигнутые, для дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на ПГ и СТЭ, численные значения выбросов твердых частиц (ТЧ) с предельно допустимой нормой выброса ТЧ в соответствии с Правилами ЕЭК ООН №96; при этом, в текстовом описании организации исследований, не указывая, - каким способом измерялось или оценивалось содержание ТЧ в ОГ данного дизеля.

8. В тексте представленных на отзыв материалов диссертационного исследования встречаются отдельные редакционные погрешности. Так, на стр. 10 автореферата написано «... предсказания физико-химических свойств ...», а имелось в виду, по-видимому, «... прогнозирование физико-химических свойств ...».

Общая оценка диссертационной работы

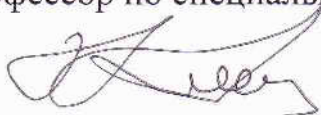
Оценивая диссертацию как научный труд, можно сделать вывод о том, что она является завершенной работой в рамках поставленной цели и задач. Диссертация содержит новые теоретические положения и оригинальную экспериментально-расчетную информацию, подтверждающую авторскую принадлежность. Полученные соискателем результаты достоверны, выводы и заключение обоснованы. Опубликованные материалы по теме диссертационного исследования в полной мере отражают научные положения, выносимые на защиту, их теоретическую и практическую значимость. Авторские публикации в изданиях с международным цитированием Scopus и Web of Science и изданиях, рекомендованных ВАК, позволили оценить значимость результатов широкой отечественной и зарубежной аудиторией ученых и практиков, специализирующихся в предметной области исследований. Отмеченные мною замечания, носят, в основном, дискуссионный характер и не уменьшают весомость основных положений, выносимых на защиту.

Заключение

Диссертация Лопатина О.П. на тему «Применение природного газа и спирто-топливных эмульсий для снижения содержания оксидов азота в дизеле» представляет законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые научно-обоснованные технические и технологические решения улучшения экологических показателей работы дизеля и экономии нефтяного топлива, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Область исследований и основные научные результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели. Диссертация полностью отвечает требованиям критериев п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям. Её автор, Лопатин Олег Петрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки).

Официальный оппонент:

Профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук и профессор по специальности 05.04.02 – тепловые двигатели



10 февраля 2020 г.

Владимир Николаевич Ложкин



196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». Телефон (812) 388-99-63. E-mail: vnlojkin@yandex.ru.