

Отзыв

официального оппонента, доктора технических наук, старшего научного сотрудника Сайкина Андрея Михайловича на диссертацию Лопатина Олега Петровича «Применение природного газа и спирто-топливных эмульсий для снижения содержания оксидов азота в дизеле», представленной к публичной защите на соискание ученой степени доктора технических наук в диссертационный совет Д 212.298.09 при ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» г. Челябинск по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки)

Актуальность темы исследований. Известно, что количество мобильных транспортных средств, использующих нефтяные моторные топлива, неуклонно растет. Для удовлетворения возрастающих потребностей в энергетическом сырье требуется наращивание темпов добычи и переработки нефти, следовательно, продолжится обострение проблемы дефицита нефтяных топлив. В связи с этим в настоящее время все большую актуальность и востребованность приобретают исследования рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания на альтернативных топливах.

С другой стороны, двигатель внутреннего сгорания по-прежнему остается значимым источником загрязнения воздушного бассейна. В отработавших газах (ОГ) дизелей присутствует свыше 1000 вредных компонентов. Непрерывно ужесточаются ограничения концентрации токсичных продуктов сгорания в ОГ дизелей. Среди них такие компоненты как оксиды азота и частицы сажи представляют, пожалуй, наибольшую угрозу. Одним из самых эффективных методов снижения содержания оксидов азота в ОГ с одновременной экономией нефтяного моторного топлива бесспорно будет является применение таких альтернативных топлив, которые «приводят» рабочий процесс дизеля к необходимым условиям, при которых происходит не только снижения содержания оксидов азота в ОГ дизеля, но и улучшение всего спектра его экологических показателей. Автор считает, что такими альтернативными топливами являются природный газ и спирто-топливные эмульсии. Несмотря на многочисленные попытки успешной адаптации дизелей для работы на подобных и прочих альтернативных топливах, в вопросах их применения для определенного класса и камеры сгорания остается много аспектов для изучения. Вместе с тем необходимо отметить, что практически нет исследований, направленных на сравнительные испытания дизеля с рабочим объемом до 5 литров, работающего на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, проведенных с должным учетом взаимосвязи экологических и эксплуатационных показателей и определением объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в цилиндре и ОГ. Построение и под-

тверждение теоретических основ сложных процессов образования оксидов азота в цилиндре дизеля, в том числе при работе на альтернативных топливах, должно способствовать в деле совершенствования конструкции двигателя внутреннего сгорания и улучшения экологических и эффективных показателей. Поэтому актуальность и значимость темы исследования не вызывает сомнения.

Структура и содержание диссертационной работы. Диссертационная работа выполнена на 458 страницах, включая приложения, и состоит из введения, семи глав и списка литературы из 487 наименований, оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК РФ к подобному виду работ. Структура и оформление автореферата и диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат содержит основные положения представленной диссертации.

Во введении диссертационной работы представлена актуальность темы исследования, степень её разработанности, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе для реализации поставленной цели и задач исследования автором был проведен обзор работ, в которых опубликованы сведения об изменении содержания оксидов азота при работе дизелей на различных альтернативных топливах. Рассмотрены физико-химические процессы, свойства и особенности образования оксидов азота в камере сгорания дизеля. Также в первой главе автором обоснованно представлены основные направления развития способов снижения содержания оксидов азота в дизелях и перспективы их применения.

Во второй главе изучены и предложены в виде определённой последовательности этапов и ветвей образования промежуточных и конечных элементов механизмы процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе, метано-топливной эмульсии и этано-топливной эмульсии. Разработана модель расчета скоростей реакций образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе и спирто-топливных эмульсиях. При этом на основании предложенных механизмов процесса образования NO_x в цилиндре дизеля определены реакции, дающие наиболее весомый вклад в общий процесс образования оксидов азота, рассмотрен потенциальный барьер каждой химической реакции, соответствующий активированному состоянию, и выражена скорость образования оксидов азота в зависимости от текущих значений температуры и давления в цилиндре. На основе химизма и расчета скоростей реакций образования оксидов

азота разработана математическая модель расчета их содержания в цилиндре дизеля при работе на природном газе и спирто-топливных эмульсиях.

Представлен полный комплекс расчетов NO_x как в цилиндре, так и в ОГ дизеля при теоретических исследованиях его на дизельном топливе, природном газе, природном газе с различными степенями рециркуляции и спирто-топливных эмульсиях. Результаты теоретических исследований сопоставлены с экспериментальными данными.

В третьей главе диссертации разработана научно-методическая программа и методики исследований применяемых топлив в дизеле.

Для получения наибольшего эффекта от спиртовой эмульсии, как экологичного энергоносителя, автором в 4 главе проведены исследования физико-химических свойств эмульсий, их влияние на рабочие процессы и выброс токсичных компонентов с ОГ дизеля. Разработан и оптимизирован состав топлива и систем топливоподачи при работе дизеля на природном газе и спирто-топливных эмульсиях. При оптимизированной системе топливоподачи автором снят весь объем нагрузочных и скоростных характеристик на исследуемых установочных углах опережения впрыскивания топлива с последующей их оптимизацией. Представлен анализ показателей токсичности и дымности ОГ с определением содержания следующих компонентов: оксидов азота, суммарных углеводородов, оксида, диоксида углерода и сажи.

В пятой и шестой главах диссертации автором представлены результаты проведения индицирования процесса сгорания, характеристики тепловыделения, анализ объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота по углу поворота коленчатого вала дизеля при работе на исследуемых топливах.

Седьмая глава диссертации посвящена оценке интегральной токсичности и дымности ОГ дизеля, работающего на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, в реальных условиях эксплуатации в соответствии с действующими нормами и правилами.

Выводы и рекомендации, данные в заключении диссертации, отражают результаты, достигнутые автором в диссертационной работе.

Текст работы имеет логическую последовательность, стиль изложения соответствует требованиям, предъявляемым к научным работам.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Выводы, сформулированные автором в главах диссертации, обоснованы приведенными в тексте предпосылками и доводами, соответствуют цели и задачам исследования. Обоснованность полученных научных положений, выводов и рекомендаций обуславливается использованием поверенных

и аттестованных современных средств измерения и действующих стандартов проведения испытаний дизелей, использованием общепризнанных зависимостей при определении эффективных, экологических показателей работы дизеля и показателей процесса сгорания, использованием современных методов научного анализа и обработки экспериментальных данных, согласованием полученных результатов с известными данными.

Представленные теоретические положения и результаты 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 путем разработки теоретических основ процесса образования оксидов азота и их снижения, изменения конструктивных и регулировочных параметров при работе на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях, позволили получить автору ряд новых результатов, представленных в диссертации в форме выводов и рекомендаций.

Основные результаты и положения диссертационной работы опубликованы в 370 печатных работах, включая 5 монографий, 11 статей в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science, 50 статей в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, патенты, работы на английском и польском языках, что свидетельствует о возможности ознакомления с результатами исследований широкого круга отечественных и зарубежных специалистов и ученых в предметной области исследований. Результаты работы прошли апробацию на всероссийских и международных научных конференциях.

Достоверность и новизна сформулированных в диссертации выводов и рекомендаций. Закономерности изменения теоретических показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля в точках, соответствующих углу поворота коленчатого вала открытия выпускного клапана, подтверждаются экспериментальными измерениями токсичности ОГ. Характеристики изменения показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала дизеля соответствуют закономерностям процессов, протекающих в камере сгорания, и согласуется с экспериментальными измерениями, представленными в работах других авторов.

При проведении экспериментальных исследований соискателем ис-

пользованы поверенные и аттестованные средства измерения и действующие стандарты для проведения испытаний. По результатам обработки экспериментальных исследований получены зависимости мощностных и экономических показателей, характеристик токсичности ОГ, параметров процесса сгорания и тепловыделения дизеля, работающего на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, которые полностью согласуются с общепризнанными зависимостями рабочего процесса дизелей исследуемого класса.

Научную новизну работы представляют:

- 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 на спирто-топливных эмульсиях;

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

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

- результаты исследований интегральной токсичности и дымности ОГ дизеля, работающего на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и на 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 на спирто-топливных эмульсиях для обеспечения улучшенных экологических показателей и экономии нефтяного топлива.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы. Теоретическая и практическая значимость работы представлена теоретическими положениями и результатами 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. При этом предложены химизмы и разработана математическая модель, позволяющая теоретически без дорогостоящих экспериментальных исследований определять объемное содержание оксидов азота и оценивать их влияние на эффективные и экологические показатели дизеля в широком диапазоне его работы как на дизельном топливе, так и на альтернативном. Автором экспериментально получены оптимальные значения эффективных показателей, характеристик сгорания и тепловыделения, объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота, токсичности и дымности ОГ дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ при работе на природном газе, природном газе с рециркуляцией ОГ и спирто-топливных эмульсиях. Практическая значимость работы характеризуется как рекомендациями автора для снижения 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, так и рекомендациями Министерства сельского хозяйства и продовольствия Кировской области, ООО «Газпром межрегионгаз Киров», ОАО «КировПассажирАвтотранс» для внедрения результатов исследований на племзаводах, предприятиях, занимающихся производством и переработкой продукции сельского хозяйства, для переоборудования техники предприятий и действующего автотранспортного парка для работы на природном газе, что, несомненно, внесет значительный вклад в развитие страны.

Замечания по диссертационной работе:

1. Согласно результатам исследований стабильности спирто-топливных эмульсий 50%-ная концентрация спирта (как метанола, так и этанола) делает их оптимальными по устойчивости к процессам разрушения. Однако автор рекомендует соотношение спирто-топливной эмульсии с концентрацией спирта в ней всего 25%. Правильно ли это не только с точки зрения хранения

приготовленной спирто-топливной эмульсии, но и с точки зрения замещения нефтяного топлива альтернативным, поскольку экономия нефтяного моторного топлива присутствует в цели и задачах исследования?

2. Для снижения содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ, работающего на природном газе, на основании полученных результатов исследований автором предложены рекомендации по поддержанию соотношения дизельного топлива к природному газу как один к пяти. При этом в диссертации отсутствует обоснование данного принятого соотношения.

3. Автором для улучшения определенных свойств эмульсии была выбрана присадка алкенилсукцинимид - штатная моюще-диспергирующая присадка к моторным маслам. Да, автор указывает, что присадки должны полностью сгорать в камере сгорания дизеля без образования отложений, не ухудшать свойств топлива, повышать стабильность эмульсии, хорошо растворяться в топливе и его компонентах, быть устойчивыми, не слишком летучими и сохраняться в топливе при различных условиях эксплуатации и лучше всех этим требованиям соответствует сукцинимид С-5А. Однако автор не привел сравнительных данных характеристик присадки сукцинимид С-5А с другими присадками.

4. В работе представлен «солидный» объем экспериментальных исследований – это хорошо, но некоторые графики, на наш взгляд, довольно перегружены количеством экспериментальных кривых, что делает их чтение более затрудненным, но с другой стороны специалисту «удобно» их анализировать и изучать рабочий процесс дизеля на исследуемых топливах по необходимому количеству кривых, поэтому данный вопрос оставляю открытым.

Заключение

В целом отмеченные недостатки и замечания не снижают общей ценности работы. Результаты, полученные автором, содержат научную новизну, имеют практическую направленность и могут быть использованы при модернизации дизелей, соответствующих исследуемому классу, для работы на природном газе и спирто-топливных эмульсиях. Задачи, поставленные и решенные в диссертации, свидетельствуют о высокой квалификации автора. Представленная диссертационная работа «Применение природного газа и спирто-топливных эмульсий для снижения содержания оксидов азота в дизеле» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании лично выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения по улучшению экологических показателей работы дизеля и экономии нефтяного топлива, внед-

рение которых может внести значительный вклад в развитие страны. По актуальности, научной новизне и практической значимости, степени обоснованности основных положений диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Лопатин Олег Петрович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки).

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник управления специальных
программ центра «Спецавтомобили»
Государственного научного центра
Российской Федерации ФГУП «НАМИ»
12.02.2020



А.М. Сайкин

Диссертация на соискание ученой степени
д.т.н. защищена по специальности
05.04.02 – Тепловые двигатели

Подпись д.т.н. А.М. Сайкина удостоверяю.
Ученый секретарь ФГУП «НАМИ», к.т.н., доцент



Р.Х. Курмаев

Справочные данные:

Сайкин Андрей Михайлович, доктор технических наук,
старший научный сотрудник, начальник управления специальных
программ центра «Спецавтомобили» ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»;
Адрес: 125438, г. Москва, ул. Автомоторная, 2, тел.: 8 (916) 108-02-45,
e-mail: a.saykin@nami.ru, eco2@bk.ru