



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «УГАТУ»)

К. Маркса ул., д. 12, г.Уфа, 450008. Тел.: (347) 272-63-07(347); факс: 272-29-18, e-mail: office@ugatu.su; <http://www.ugatu.su>
ОКПО 02069438, ОГРН 1030203899527, ИНН/КПП 0274023747/027401001

№ _____

На № _____ от _____

“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО “УГАТУ”,

д.т.н., профессор

Р.Д. Еникеев

« _____ 2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Лопатина Олега Петровича «Применение природного газа и спирто-топливных эмульсий для снижения содержания оксидов азота в дизеле», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки)

1 Актуальность темы исследования

Одним из основных потребителей нефтяных топлив и одновременно источником загрязнения окружающей среды на сегодняшний день являются двигатели внутреннего сгорания и, в первую очередь дизели, которые нашли широкое применение во всех видах автотракторной и мобильной техники. Важной научной задачей сегодня является улучшение экологических показателей дизелей и снижение потребления дизельного топлива путем его полной или частичной замены на альтернативные виды топлива.

Одними из наиболее токсичных компонентов отработавших газов дизелей являются оксиды азота, способные взаимодействовать с парами воды в воздухе и участвовать в образовании азотной кислоты, которая воздействует на легочную ткань человека, разрушает ее и вызывает многочисленные забо-

левания. Хроническое отравление оксидами азота вызывает воспалительные заболевания дыхательных путей, мышечную и сердечную слабость, хронические бронхиты, расстройства нервной системы. Поэтому проблема снижения токсичности отработавших газов, в т.ч. снижение оксидов азота, с каждым днем становится всё более актуальной, а вопросы экологической безопасности топлив для тепловых двигателей приобретают все большую масштабность и востребованность.

Рассматривая классический подход процесса образования оксидов азота в камере сгорания дизеля, необходимо отметить, что основные показатели, характеризующие этот процесс, – это температура, концентрация кислорода и азота в цилиндре и длительность процесса сгорания. Исследования, представленные в диссертационной работе, показывают, что применение таких альтернативных топлив как природный газ и спирто-топливные эмульсии позволяет правильно воздействовать на все три эти параметра в плане снижения содержания оксидов азота при этом происходит замещение традиционного нефтяного моторного топлива альтернативным. Исследование вопросов, касающихся применения альтернативных топлив представляют большой теоретический и практический интерес, поэтому работа Лопатин Олега Петровича, посвященная улучшению экологических показателей дизеля путем снижения содержания оксидов азота при работе на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, является актуальной.

2 Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации (без приложений) составляет 446 страниц.

Во **введении** автор обосновывает актуальность темы диссертации, степень разработанности, цель и задачи работы. Излагает научную новизну, теоретическую и практическую значимость, методологию и методы исследова-

ния, положения выносимые на защиту, степень достоверности и сведения об апробации результатов работы.

В **первой главе** рассмотрены физико-химические процессы образования оксидов азота при горении углеводородных топлив, и представлен анализ результатов теоретических и экспериментальных научных исследований, направленных на снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизелей, рассмотрев которые автор делает вывод, что существующие механизмы уменьшения токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания уже не в состоянии (даже при массовом использовании) остановить все более прогрессирующее загрязнение воздушного бассейна выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов, вызванное постоянно возрастающим парком автотранспортных средств. Анализ работ, рассмотренных в первой главе диссертации, показал, что применение природного газа и спирто-топливных эмульсий достаточно эффективно не только в плане снижения токсичности отработавших газов, но и в замещении нефтяного топлива альтернативным. Таким образом, в результате рассмотрения современного состояния проблемы токсичности, способов снижения содержания оксидов азота и механизмов их образования для перспективного решения улучшения экологических показателей дизелей необходимо применение в качестве моторного топлива природного газа и спирто-топливных эмульсий.

Физико-кинетические исследования образования оксидов азота, представленные во **второй главе** диссертации и дающие достаточно полную оценку о составе компонентов и радикалов, принимающих участие в образовании оксидов азота в цилиндре дизеля, работающего на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, дали автору основу для создания модели расчета оксидов азота в дизеле, работающем на природном газе, природном газе с различными степенями рециркуляции отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях, которая в свою очередь, может являться серьезным подспорьем для ученых и исследователей в области применения альтернативных моторных топлив в дизелях.

Третья глава посвящена разработке научно-методической программы, в которой представлены особенности методик, используемых при экспериментальных исследованиях, а также созданные опытные установки, приборы и оборудование.

В **четвертой главе** представлены результаты экспериментальных исследований стабильности спирто-топливных эмульсий, содержащих различные количества дизельного топлива, спирта и присадки. Определены оптимальные соотношения составов спирто-топливных эмульсий и природного газа с дизельным топливом. Представлены результаты исследований мощностных и экономических показателей, токсичности и дымности отработавших газов на всех исследуемых регулировочных, нагрузочных и скоростных режимах работы дизеля на природном газе и спирто-топливных эмульсиях.

Очевидно, что отличительной особенностью процессов смесеобразования и горения в дизеле, работающем как на природном газе с запальной порцией дизельного топлива, так и на спирто-топливных эмульсиях, будет являться по сравнению с дизельным процессом неоднородность горючей смеси по объему цилиндра, присутствовать совершенно другая испаряемость горючего и не совпадение по времени процессов образования топливо-воздушной смеси и ее горение. Применение альтернативных топлив с другим химическим составом и локальными условиями может приводить к отличительным показателям процесса сгорания и даже к воспламенению во время развития факела распыла. Поэтому для научного представления действительной картины процесса сгорания в дизеле, работающего на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, проведено индцирование его рабочего процесса и детальное описание процесса сгорания, рассмотренные автором в **пятой главе** диссертации.

В **шестой главе** диссертации представлены характеристики тепловыделения, объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота при работе дизеля на природном газе и спирто-топливных эмульсиях. Совместное рассмотрение этих кривых (кривые тепловыделения и кривые оксидов азота)

дает более детальное представление о концентрации оксидов азота в цилиндре дизеля и подтверждает суждения о влиянии динамики тепловыделения на выход оксидов азота. Автором установлены зависимости влияния режимов работы на показатели тепловыделения, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля, работающего на природном газе, природном газе с различными степенями рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий.

В **седьмой главе** представлена оценка интегральной токсичности и дымности отработавших газов дизеля, работающего на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, в условиях его эксплуатации. По результатам экспериментальных исследований дизель, работающий на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, соответствует требованиям ГОСТ 17.2.2.05-97, Правилам ЕЭК ООН №96, ГОСТ 17.2.2.02-98.

В **заключении** даны выводы, отражающие основные итоги исследований.

Тема диссертационной работы, сформулированные в ней цель и задачи исследования соответствует паспорту специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели. Перечисленные в заключении основные результаты соответствуют цели и задачам исследования.

Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме. Все положения работы, результаты и выводы нашли отражение в тексте диссертации, представленной к защите.

В тексте диссертации сделаны необходимые ссылки на авторов и источники, где опубликованы использованные в работе материалы и отдельные результаты; при использовании идей и результатов, полученных в соавторстве, в тексте диссертации имеются соответствующие указания, как и указания в отношении научных работ, выполненных соискателем единолично. В процессе работы над диссертацией было использовано большое количество научной литературы – библиографический список состоит из 487 источников; на все источники имеются ссылки из текста диссертации.

Содержание автореферата полностью соответствует диссертации в части основных положений, этапов работы, результатов и выводов.

Публикации соискателя в полной мере отражают наиболее значимые положения работы, сделанные выводы и рекомендации. Результаты работы также в полной мере отражены в публикациях автора в рецензируемых научных изданиях, в т.ч. входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science, и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Диссертация написана литературным языком с использованием общепринятой терминологии и обозначений. Стил ь изложения ясный и четкий, соответствующий требованиям, предъявляемым к научно-исследовательским работам. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК к докторским диссертациям. Замечаний по оформлению диссертации и автореферата нет.

Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно на достаточном научном уровне и представляет собой законченную работу, имеющую практическое значение для двигателестроительной отрасли.

3 Новизна полученных результатов

Научную новизну работы Лопатина О.П. определяют следующие результаты:

1. Математическая модель расчета объемного содержания оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях.

2. Результаты теоретических исследований объемного содержания оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях.

3. Химизм процесса образования оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях.

4. Модель расчета скоростей реакций образования оксидов азота при работе дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях.

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

6. Экспериментальные зависимости влияния режимов работы дизеля на природном газе, природном газе с рециркуляцией отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях на эффективные показатели, характеристики сгорания и тепловыделения, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота, токсичность и дымность отработавших газов.

7. Оптимальные экспериментальные значения эффективных показателей, характеристик сгорания и тепловыделения, объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота, токсичности и дымности отработавших газов дизеля при работе на природном газе, природном газе с рециркуляцией отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях.

8. Результаты исследований интегральной токсичности и дымности отработавших газов дизеля, работающего на природном газе, природном газе с рециркуляцией отработавших газов и спирто-топливных эмульсиях, в условиях его эксплуатации.

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

Теоретические и экспериментальные результаты, полученные в работе, обладают научной новизной.

Так, сделанные Лопатиным О.П. в обзорной и теоретической главах критический обзор и анализ источников позволил диссертанту обоснованно принять для описания образования оксидов азота при работе на природном газе и спирто-топливных эмульсиях конкретные новые модельные кинетические механизмы. Также обоснованно выбрана и применена математическая модель для определения объемного содержания оксидов азота, позволяющая оценивать их влияние на эффективные и экологические показатели дизеля в широком диапазоне его работы, как на дизельном топливе, так и на альтернативном. Судя по многочисленным публикациям автора, разработка и совершенствование модели ведется планомерно и приносит результаты. Новизна, теоретическая и практическая значимость модели, полученной в результате теоретических и расчетно-экспериментальных работ диссертанта, не вызывает сомнений (как и авторство модели).

Экспериментальные исследования применения природного газа и спирто-топливных эмульсий, как представляется, выполнялись для поиска оптимального рабочего процесса, как в плане максимального улучшения экологических показателей, так и в плане выбора лучших соотношений составляющих спирто-топливных эмульсий и природного газа с дизельным топливом. Исследование выполнено корректно, его результаты обладают новизной и весьма значимы. Так, по результатам этих экспериментальных исследований представлены новые научно обоснованные технические и технологические перспективные решения по улучшению экологических показателей автотракторного дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ и экономии нефтяного моторного топлива.

4 Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации

Значимым теоретическим результатом исследований, полученных в диссертационной работе Лопатина О.П. новых научно обоснованных технических и технологических перспективных решений по улучшению экологических показателей автотракторного дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ

и экономии нефтяного моторного топлива, является математическая модель, адекватно отражающая химизмы процессов образования оксидов азота при применении таких альтернативных моторных топлив в дизеле как природный газ и спирто-топливные эмульсии, верифицированная в работе и являющаяся готовым к практическому применению инструментом в рамках существующих методик для расчетных оценок оксидов азота дизелями, переведенными на различные альтернативные топлива.

Практическая значимость результатов работы обусловлена использованием их в учебном процессе при изучении дисциплин аспирантуры по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника» (направленность программы 05.04.02 «Тепловые двигатели»); бакалавриата и магистратуры по направлениям подготовки 23.03.03, 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.04.01 «Технология транспортных процессов», 35.03.06, 35.04.06 «Агроинженерия» в Вятской, Костромской, Нижегородской, Чувашской государственных сельскохозяйственных академиях и Казанском государственном аграрном университете, обусловлена 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 использования в производстве при переоборудовании техники предприятий и действующего автотранспортного парка для работы на природном газе, что внесет как в плане экономии нефтяного моторного топлива, так и в плане улучшения экологической составляющей при эксплуатации автотракторного парка значительный вклад в развитие страны.

5 Степень достоверности результатов исследования

Достоверность полученных научных результатов обуславливается:

- использованием поверенных и аттестованных современных средств измерения и действующих стандартов при проведении экспериментальных исследований;

- использованием общепризнанных зависимостей при определении эффективных и экологических показателей, характеристик процесса сгорания и тепловыделения, объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота при работе дизеля на природном газе и спирто-топливных эмульсиях;

- использованием современных методов научного анализа и обработки экспериментальных данных.

- согласованием полученных результатов с известными данными.

Сформулированные в диссертационной работе выводы и рекомендации имеют достаточно высокую степень достоверности, поскольку согласуются с известными и широко апробированными теоретическими и экспериментальными исследованиями, закономерностями отечественных и зарубежных исследователей и ученых применительно к использованию в дизелях в качестве альтернативного топлива природного газа и спирто-топливных эмульсий.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на многочисленных международных и всероссийских научных конференциях и опубликованы более чем 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 Минобрнауки РФ, патенты, работы на английском и польском языках, что позволяет говорить о знакомстве достаточно большой аудитории отечественных и зарубежных специалистов и ученых в исследуемой области с результатами исследований Лопатина О.П. и об их достоверности.

6 Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Полученные в диссертационной работе Лопатина О.П. 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 позволяют:

- проводить численное моделирование образования оксидов азота в цилиндре и отработавших газах дизеля при работе на природном газе и спирто-топливных эмульсиях, которое, несомненно, будет являться серьезной основой для ученых и исследователей при получении прогнозируемых данных проектируемых дизельных двигателей при работе на различных альтернативных топливах, либо при переводе существующих дизелей также для работы на альтернативном топливе;

- использовать выработанные рекомендации улучшения экологических показателей дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ при работе на природном газе и спирто-топливных эмульсиях;

- совершенствовать технические и технологические регулировочные параметры рабочего процесса дизельных двигателей (эффективные, экологические), работающих на различных альтернативных топливах, используя приведенные в диссертационной работе рекомендации.

7 Замечания по диссертационной работе

В целом диссертационная работа Лопатина О.П. заслуживает высокой оценки, в качестве недостатков может быть отмечено следующее:

1. В диссертационной работе для снижения содержания оксидов азота и экономии нефтяного моторного топлива автор применяет спирто-топливные эмульсии, но нигде при этом не уточняется, как будет меняться смазывающая способность и низкотемпературные свойства используемых топлив?

2. На странице 242 диссертации представлен рекомендуемый закон подачи рециркулируемых газов в зависимости от изменения нагрузки дизеля, работающего по газодизельному с рециркуляцией отработавших газов процессу. Однако, автор не уточняет как технически должен быть реализован рекомендуемый им закон управления перепуском отработавших газов.

3. В экспериментальной части диссертационной работы на странице 283 представлены зависимости показателей процесса сгорания при работе дизеля на природном газе и спирто-топливных эмульсиях в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива. Хотелось бы, чтобы автор пояснил следующий момент, почему на номинальной частоте вращения коленчатого вала 2200 мин^{-1} угол, соответствующий периоду задержки воспламенения растет, а при частоте вращения, соответствующей максимальному крутящему моменту 1700 мин^{-1} , происходит его снижение?

4. В диссертации и в автореферате представлены снимки микроскопирования спирто-топливной эмульсии сразу после приготовления и в начале процесса флокуляции. Но не указан размер увеличения, при котором представлены снимки и на каком оборудовании они (снимки) были получены.

5. В пункте 4.1 на странице 186 описан выбор спирто-топливной эмульсии. Исследование стабильности эмульсий различного состава выполнено наиболее полно, в то время как результаты первичных испытаний дизеля на СТЭ с различным составом не приведены. Даны лишь общие выводы на основе проведенных испытаний, что является слабым основанием для выбора состава СТЭ.

6. В существующих коммерческих программных продуктах уже имеются процедуры получения упрощённых кинетических механизмов под заданные термодинамические условия. В работе не дан анализ этих методик и их отличие от предлагаемой автором методики.

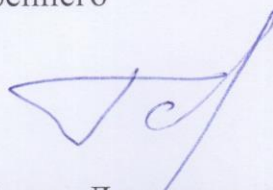
Заключение

В целом отмеченные замечания не снижают общей ценности работы. Диссертационная работа Лопатина Олега Петровича «Применение природного газа и спирто-топливных эмульсий для снижения содержания оксидов азота в дизеле» представляет собой 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. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор Лопатин Олег Петрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки).

Отзыв обсужден на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (протокол № 7 от «06» февраля 2020 г.).

Отзыв составлен:

доктор техн. наук,
профессор кафедры двигателей внутреннего
сгорания ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный авиационный
технический университет»



Гарипов М.Д.
14.02.2020 г.

Докторская диссертация Гарипова Марата Даниловича защищена по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

Адрес организации: 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12.
Рабочий телефон: +7(347)2728405.
Адрес эл. почты: garry76@mail.ru