

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке ФГБОУ ВО
РГАУ «МСХА имени К.А. Тимирязева

доктор технических наук, профессор

И.С. Константинов

«29» октября 2021 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева) на диссертационную работу Зуева Никиты Сергеевича «Улучшение технико-экономических и экологических показателей дизеля, работающего на дизельном биотопливе», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 — Тепловые двигатели.

Актуальность темы диссертации

В настоящее время тепловые двигатели применяются для большинства мобильных и стационарных установок. Основным топливом для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются топлива нефтяного происхождения.

Потребление энергии транспортом увеличивалось ежегодно на 2,2% в период с 2007 по 2017 годы, а в 2019 г. на транспортный сектор приходилась почти четверть выбросов парниковых газов. Основными направлениями по снижению токсичности отработавших газов являются применение биотоплив как в чистом виде, так и в качестве смесей с нефтяными топливами, применение газовых топлив, в том числе биометана и электрификация транспорта. Биотоплива могут быть применены в двигателях внутреннего сгорания традиционных транспортных средств. Существующая стратегия снижения выбросов парниковых газов транспортного сектора не позволяет выполнить требования климатической доктрины, установленные до 2030 и 2050 годов.

На дорожный транспорт приходится около 75% потребления энергии транспортного сектора по данным на 2018 год, в свою очередь на пассажирский транспорт приходится около двух третей от этого. В 2017 доля биотоплив, потребляемая дорожным транспортом, составила около 91% от общего потребления дизельного биотоплива транспортным сектором. По состоянию на конец 2019 года, по крайней мере 70 стран имели мандат на смесевые биотоплива, по крайней мере у 9 стран были программы по внедрению биотоплив, и у 24 стран были поставлены цели

для применения биотоплив, в том числе биотоплив на основе сырья из водорослей. Для снижения токсичности отработавших газов также применяются современные процессы низкотемпературного горения топлив, позволяющие снижать максимальную температуру цикла, снижая концентрацию NO. Наиболее рациональным видится организация процесса низкотемпературного горения за счет многостадийного впрыскивания топлива и оптимизации параметров топливоподачи, что не требует изменения конструкции ДВС.

Научная новизна диссертации

Научная новизна результатов диссертационных исследований состоит в разработке трехмерной модели рабочего процесса дизеля, работающего на ДБТ, на основе математических моделей вычислительной гидродинамики; в результатах теоретического анализа внутрицилиндровых процессов, процессов тепловыделения, образования оксидов азота и взвешенных частиц при работе дизеля на ДБТ в широких диапазонах варьирования количества впрыскиваний и параметров впрыскивания топлива; в результатах экспериментальных исследований влияния ДБТ на технико-экономические и экологические показатели дизеля при работе на режимах внешней скоростной характеристики и стационарных режимах частичных нагрузок цикла Правил ООН №49.

Значимость для науки и практики полученных результатов

Значимость для науки представляют: методология выбора комбинации математических моделей, описывающих внутрицилиндровые процессы при работе на ДБТ, позволяющая создавать компьютерные модели, которые с высокой точностью описывают процессы горения топливовоздушной смеси и образования токсичных компонентов отработавших газов, предназначенных для теоретического исследования рабочего процесса на альтернативных биотопливах.

Практическая значимость работы заключается в рекомендациях по адаптации автомобильных дизелей для работы на ДБТ, при этом достигается максимальная степень унификации со штатной топливной аппаратурой, предназначеннной для работы на нефтяном дизельном топливе; в рекомендациях по оптимизации параметров многостадийного впрыскивания дизельного биотоплива для организации низкотемпературного горения топливовоздушной смеси в цилиндре с целью одновременного снижения выбросов оксидов азота и взвешенных частиц с отработавшими газами при сохранении или увеличении топливной экономичности.

Реализация результатов работы. Основные положения работы применяются в ПАО «ТМЗ» при конструировании топливной аппаратуры современных дизелей и во ФГУП НАМИ для расчета рабочего процесса ДВС при работе на альтернативных топливах, что подтверждается тремя актами

внедрения.

Достоверность выводов и результатов исследований

Сформулированные в диссертационной работе Зуева Н.С. научные положения, выводы и заключения подтверждены результатами экспериментальных и теоретических исследований рабочего процесса дизеля, работающего на дизельном биотопливе.

Экспериментальное исследование проведены на моторном стенде в боксе №24 ФГУП «НАМИ», в соответствии с утвержденными методиками и методами проведения исследований. Теоретические исследования проведены на основе методов математического моделирования с применением фундаментальных законов и уравнений теплофизики, гидродинамики, физической химии с соответствующими граничными условиями, современных численных методов реализации математических моделей, результатами валидации математических моделей.

При проведении расчётов и обработке результатов экспериментального исследования использовали современную вычислительную технику с установленным программным обеспечением: AVLFire, AVLBoost, AVLIndicom.

Соответствие научной специальности

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 05.04.02 — тепловые двигатели, а именно пункту 1 «Теоретические и экспериментальные исследования тепловых, газодинамических, гидродинамических, механических и физико-химических процессов в двигателях и их системах», и пункту 2 «Теоретические и экспериментальные исследования по обеспечению экономичности и экологической чистоты рабочих процессов в тепловых двигателях, созданию надежных конструкций двигателей и их агрегатов».

Оценка содержания работы

Диссертационная работа Зуева Н.С. состоит из введения, 4 глав основного текста, заключения, списка использованных источников литературы и приложений. Общий объём диссертационной работы составляет 282 страницы машинописного текста, включая 104 рисунка, 38 таблиц, 77 формул, список использованных источников литературы из 220 наименований и 2 приложения. Структура построения диссертации вытекает из поставленной цели, задач исследования и выбранных методов решения, отмечается полнота изложенного научного материала.

Во введении автором обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследуемого научного вопроса, его новизна, теоретическая и практическая значимость результатов.

В первой главе выполнен анализ сырьевой базы для производства ДБТ, оценены физические и химические свойства ДБТ на основе наиболее

распространенного сырья. Рассмотрены и проанализированы особенности применения ДБТ в дизелях: процессы впрыскивания, дробления, нагрева и испарения топлива в камере сгорания, а также образования токсичных компонентов отработавших газов. Проанализированы способы снижения токсичности отработавших газов, проведена оценка возможности организации низкотемпературного горения за счет применения многостадийного впрыскивания топлива.

Во второй главе произведен анализ и выбор комбинации математических моделей, обеспечивающих адекватное описание процессов дробления топливного факела, нагрева и испарения капли топлива, смесеобразования и сгорания, образования токсичных компонентов отработавших газов дизеля при работе на нефтяном ДТ и ДБТ на основе метиловых эфиров рапсового масла. Описан процесс построения расчетной сетки, выбор параметров, оказывающих решающее влияние на точность расчета. Описан процесс создания компьютерной модели рабочего процесса дизеля в трехмерной постановке на основе методов вычислительной гидродинамики и ее валидации.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований с целью оценки технико-экономических и экологических показателей дизеля, работающего на нефтяном ДТ и ДБТ. Также определены регулировочные характеристики при работе на ДБТ и оптимальные регулировки топливной аппаратуры для снижения токсичности отработавших газов и улучшения экономичности дизеля.

В четвертой главе представлены результаты теоретического исследования рабочего процесса, целью которого являлась организация низкотемпературного горения дизельного биотоплива, за счет определения оптимальной стратегии впрыскивания и оптимальных значений параметров многостадийного впрыскивания, позволяющего снизить концентрацию NO_x , удельные выбросы ВЧ при сохранении увеличении топливной экономичности дизеля.

Выводы по главам и заключение по работе основаны на полученных в работе результатах исследований, достаточно обоснованы и являются логическим завершением решенных в диссертации задач.

Список литературы содержит современные как российские, так и иностранные источники, в числе которых основные работы, связанные с решением проблемы применения альтернативных топлив, способов снижения токсичности отработавших газов и организации низкотемпературного горения топлив.

Публикации результатов диссертации, соответствие автореферата ее содержанию

Основные результаты проведенных соискателем исследований

опубликованы в 9 печатных работах, в том числе в 4 статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ, 2 статья в изданиях международной базы Scopus.

Основные положения и результаты диссертации неоднократно обсуждались на международных научно-технических конференциях с 2017 по 2021 годы.

Структура и содержание автореферата отражают основное содержание диссертации.

Замечания по работе

1. Результаты испытаний дизеля на нефтяном и биодизельном топливах (рис. 3.7 диссертации) показывают, что при переводе дизеля на биодизельное топливо без регулировок топливной аппаратуры приводят к снижению часового расхода топлива, что нами не наблюдалось при аналогичных исследованиях. Обычно процесс обратный, и автор причины такого снижения в работе не поясняется.

2. Из работы не ясно, что означают режимы работы дизеля с работой цикла Ai более 100% (рис. 4.3 диссертации и рис. 5 автореферата).

3. Автор указывает, что для проведения численного исследования выбрано 2 режима работы дизеля с высокими весовыми коэффициентами этих режимов в 13-ти ступенчатом цикле ESC (по Правилам ООН №49) – режимы 100% и 25% нагрузки от номинальной при частоте вращения 1450 мин⁻¹. Однако не ясно, почему не рассмотрен режим минимальных оборотов холостого хода, имеющий весовой коэффициент 0,25.

4. Некоторые не общепринятые сокращения на рисунке 3 автореферата (УЦП, G_A, G_F) не имеют расшифровки в тексте и требуют обращения к диссертации, что усложняет чтение работы.

Заключение

Диссертационная работа Зуева Никиты Сергеевича на тему «Улучшение технико-экономических и экологических показателей дизеля, работающего на дизельном биотопливе» имеет внутреннее единство, выполнена на достаточно высоком теоретическом и методическом уровне.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно, обладающей внутренним единством, содержащей новые научные результаты. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основное содержание и положение диссертации. Выводы и рекомендации, полученные в результате исследований достаточно аргументированы, обладают новизной и достоверностью.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не снижают значение основных результатов диссертационной работы.

Диссертация соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в пунктах 9, 10, 11 и 13 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительством Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а её автор, Зуев Никита Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв на неё рассмотрены и одобрены на расширенном заседании кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (протокол № 12-21 от 19 октября 2021 г.)

Дидманидзе Отари Назирович

Заведующий кафедрой тракторов и автомобилей

Института механики и энергетики имени В.П. Горячина

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

академик РАН, доктор технических наук, профессор

Девягин Сергей Николаевич,

Профессор кафедры тракторов и автомобилей

Института механики и энергетики имени В.П. Горячина

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

доктор технических наук, профессор

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ –МСХА имени К.А. Тимирязева), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Адрес: Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; Тел.: +7(499)976-0480, Факс: +7(499)976-0428, E-mail: info@rgau-msha.ru, официальный сайт: <http://timacad.ru>