



Ю.М. Боровин
2015 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
на диссертацию Лукшо Владислава Анатольевича
на тему: «Комплексный метод повышения энергоэффективности газовых
двигателей с высокой степенью сжатия и укороченными тактами впуска и
выпуска»
по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.
на соискание ученой степени доктора технических наук.

Актуальность избранной темы.

Газовые двигатели нашли широкое применение как у нас в стране, так и за рубежом. Это связано в первую очередь с экономической целесообразностью в результате перехода на альтернативные виды топлива.

Представленная работа стала серьёзной попыткой проанализировать динамику развития газовых двигателей с точки зрения достижения высоких экономических и энергетических показателей и выработать на основе расчётных и экспериментальных исследований новые способы решения стоящих перед двигателестроением задач. В ней решена важная проблема повышения энергоэффективности газовых двигателей, конвертированных из дизелей; теоретически обоснованы способы организации цикла с продолженным расширением и оптимизации систем двигателя для достижения показателей, соответствующих современным экологическим требованиям.

Всё это обуславливает актуальность и высокую степень важности стоящей проблемы, решаемой в работе, которая определяет цель исследований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации обоснованы аргументированным выбором расчётных моделей на основе термодинамического анализа и исследований рабочих процессов газовых двигателей. Проведен широкий спектр расчётных и экспериментальных исследований, направленных на доказательство основных научных положений.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность основных положений, изложенных в диссертации основана на фундаментальных законах и уравнениях термодинамики, теплотехники, механики, теории двигателей внутреннего сгорания и подтверждены корректными математическими моделями и расчётами. Результаты расчётных исследований подтверждены, также, большим объёмом экспериментальных исследований, выполненных на современном испытательном оборудовании.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключаются в следующем.

Предложен новый подход к конвертации дизельных двигателей в газовый без изменения геометрической степени сжатия и уменьшением эффективной степени сжатия за счёт укороченного такта впуска (цикла Миллера) в сочетании с укороченным тактом выпуска. Предложен новый подход по организации термодинамического цикла, позволяющий решить две основные задачи, стоящие перед разработчиками газовых двигателей - повышение топливной экономичности и достижение высокой мощности. Первая решена за счёт применения высокой степени сжатия и снижения потерь на дросселирование на малых и средних нагрузках. Вторая – за счёт снижения температуры отработавших газов в конце такта расширения.

Проведен широкий спектр теоретических исследований от термодинамического анализа до моделирования рабочих процессов с конечной скоростью выделения теплоты. В исследованиях применены новые

подходы в расчётах параметров циклов, позволившие оптимизировать эти параметры и выработать концепцию выбора конструктивных элементов газового двигателя для достижения поставленной задачи повышения топливной экономичности и высокой мощности.

Автором разработан комплексный метод расчётной и экспериментальной оптимизации систем воздухоснабжения, питания, зажигания, реализация которого обеспечила достижение высокой энергоэффективности газового двигателя.

Результат реализации теоретических и экспериментальных исследований, заключающийся в создании опытных образцов новых газовых двигателей с высоким экономическими и энергетическими показателями. Подобный результат получен впервые в отечественной и мировой практике.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Разработанный автором новый способ конвертации дизельного двигателя в газовый на основе модифицированного цикла Миллера представляет собой фактически новый цикл, названный им «управляемый термодинамический цикл».

В диссертации изложены научные основы выбора оптимальных параметров систем газового двигателя, конвертированного из дизеля, для достижения современных требований по энергоэффективности и экологическим показателям. Использование на практике этих методов и рекомендаций позволит создавать современные газовые двигатели.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанные математические модели и методы оптимизации представляют собой несомненный практический интерес в практической работе по созданию газовых двигателей различных классов и различного назначения.

Основные технические решения по конструкции систем двигателя, а также предложенный автором новый способ организации термодинамического цикла подтверждены полученными патентами на изобретения.

Некоторые результаты и рекомендации уже используются на предприятиях отрасли, что подтверждено актами внедрения.

Содержание диссертации и её завершенность.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 166 наименований. Тема диссертационного исследования соответствует ее содержанию. Поставленные задачи последовательно раскрываются в исследовании. Диссертация изложена на 365 страницах, содержит 162 рисунка и 44 таблицы. Область исследования соответствует паспорту научных специальностей ВАК: 05.04.02— п. 2 «Теоретические и экспериментальные исследования по обеспечению экономичности и экологической чистоты рабочих процессов в тепловых двигателях, созданию надежных конструкций двигателей и их агрегатов».

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность решаемой научной задачи, дается краткая характеристика выполненных исследований и полученных результатов.

В первой главе диссертации проведен анализ состояния проблемы создания газовых двигателей, конвертированных из дизельных двигателей. Рассмотрен опыт создания таких двигателей в мире и в Российской Федерации.

Подробно рассмотрены пути совершенствования газовых двигателей, в том числе и собственный опыт автора. Отмечается, что газовые двигатели имеют худшие показатели по топливной экономичности, по сравнению с базовыми дизельными двигателями. Рассмотрены причины этого ухудшения.

Автором предложено применить не традиционный способ конвертации, связанный со снижением геометрической степени сжатия а снизить

эффективную степень сжатия за счёт применения укороченного такта впуска (цикла Миллера).

Сформулированы задачи исследования.

Во второй главе рассмотрены результаты расчётных исследований на основе разработанных автором математических моделей.

Рассмотрен способ расчёта условного термического КПД цикла с учётом теплообмена на линиях сжатия и расширения и способ определения максимальных температур цикла, позволившие оценить достоинства и недостатки различных способов организации термодинамического цикла для газовых двигателей.

Предложено понятие «управляемого термодинамического цикла» (СТДС) включающее в себя два момента: укороченный тakt впуска и укороченный тakt выпуска. Дано обоснование пределов регулирования тактами и дано описание формул для определения термического КПД и среднего давления такого цикла.

Предложенный способ расчёта термического, индикаторного КПД и максимальных температур цикла позволяет рассчитать эффективные показатели двигателей по нагрузочным характеристикам с хорошей точностью совпадения с экспериментальными данными и прогнозировать характеристики проектируемых двигателей с новыми термодинамическими циклами на различных видах топлива.

В третьей главе приведены результаты расчётных и экспериментальных исследований рабочих процессов газовых двигателей. Предложена математическая модель, созданная на базе разработок ФГУП «НАМИ» для расчёта параметров двигателя с учётом конечной скорости сгорания. По разработанной модели рассчитаны основные индикаторные и эффективные показатели газового двигателя. Проведено сравнение этих показателей с показателями дизельного двигателя и двигателя, работающего на бензине. Установлены причины изменения показателей рабочего процесса газовых двигателей,

Результаты исследования газовых двигателей, проведенных автором, показали, что существуют резервы по повышению топливной экономичности в части снижения насосных потерь, увеличения степени сжатия, снижения температуры отработавших газов за счёт организации цикла с продолженным расширением. На реализацию этих резервов и были направлены дальнейшие исследования автора.

В четвёртой главе сформулированы направления и пути расчётной оптимизации систем газового двигателя с укороченными тактами впуска и выпуска с целью выбора конструкции.

Оптимизацию систем газового двигателя автор предлагает проводить в следующих направлениях: - фаз газораспределения; - системы питания и зажигания; - оптимизации системы воздухоснабжения.

В результате расчётной оптимизации фаз газораспределения определены соотношения степени сжатия и степени расширения с целью достижения в высоконаддувном двигателе максимальных значений эффективного КПД и среднего давления цикла. При этом автор установил наличие оптимального диапазона соотношений действительных степеней расширения и сжатия, при которых достигаются наилучшие показатели газового двигателя с наддувом.

Реализован оригинальный способ профилирования впускного клапана, позволивший увеличить на 10-12% «время-сечение» открытого состояния клапанов и повысить наполнение цилиндров свежим зарядом.

В результате расчётных исследований разработан комплексный метод, позволивший реализовать фазированный впрыск газа в двигателе с укороченным тактом впуска. Суть метода заключается в оптимизации конструктивных и электротехнических параметров газовой форсунки, разработке алгоритма управляющего сигнала, конструкции газопроводов для подвода газа от клапана форсунки с максимально возможным приближением к кромке наиболее удалённого клапана, в алгоритме изменения давления газа перед форсункой в газовой рампе.

На основе расчётной модели разработан метод по выбору диаметра дроссельной заслонки с учётом характеристик двигателя, рабочей среды и параметров воздушного потока. Дано теоретическое обоснование метода выбора ДУ для циклов Отто и Миллера применительно к базовому двигателю одной размерности и одинаковыми мощностными показателями.

Рассмотренный метод оптимизации диаметра ДЗ позволил выбрать варианты ДУ для проведения экспериментальных исследований.

Разработана расчётная модель оптимизации системы турбонаддува двигателя с укороченным тактом впуска с высоким наддувом. Полученные результаты расчётной оптимизации позволили перейти к проведению экспериментальных исследований по выбору регулировочных параметров систем газового двигателя.

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований по оптимизации систем двигателя и его систем.

Доказана возможность форсировки газового двигателя с высокой геометрической степенью сжатия и с укороченными тактами впуска и выпуска до уровня 27-30 кВт/литр, и до среднего эффективного давления 1,8 МПа за счет оптимизации систем питания и зажигания, фаз газораспределения и системы турбонаддува.

Разработаны методы устранения детонации. Разработан алгоритм управления двигателем по защите его от детонации, заключающийся в согласованном управлении углом опережения зажигания и дроссельной заслонкой на аварийных режимах.

Разработанный двигатель с бифункциональной системой нейтрализации по выбросам вредных веществ соответствует требованиям экологического класса 5 Правил ООН №49-05.

В результате проведенных экспериментальных исследований и применения предложенных автором методов оптимизации систем двигателя достигнут прогнозируемый в расчётных исследованиях результат - эффективный расход газового топлива на уровне 180-190 г/кВтч

(эффективный КПД=0,42 - 0,39) в широком диапазоне нагрузок (от 60 до 100 % от полной), и доказана возможность форсировки газового двигателя до уровня 27-30 кВт/литр, и до среднего эффективного давления 1,8 МПа

В шестой главе приведены результаты экспериментальных исследований на реальных образцах автотранспортной техники. Результаты получены на трёх образцах грузовых автомобилей и трёх образцах больших городских автобусов. Проведен достаточно большой объём испытаний этой техники, позволяющий однозначно оценить эффективность разработанного газового двигателя.

В заключении приведены основные научные и практические результаты выполненных работ.

В целом диссертационная работа является законченным научным исследованием. Автореферат и публикации отражают содержание диссертации.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации.

Достоинство работы заключается в целостности поставленных задач и путей их решения.

По работе имеются следующие замечания.

1. Не достаточно чётко показано различие между понятием «политропные процессы без учёта выделения теплоты на линиях сжатия и расширения» и понятием «политропные процессы с учётом выделения теплоты на линиях сжатия и расширения».

2. Основным способом снижения выбросов оксидов азота автор избрал применение трёхкомпонентного нейтрализатора при работе на стехиометрических составах топливно-воздушных смесей. При этом в работе не уделено достаточного внимания вопросам снижения выбросов оксидов азота за счёт применения рециркуляции отработавших газов и перехода на «бедные» и сверхбедные» составы топливно-воздушных смесей.

3. Работа выглядела бы убедительнее, если бы автор привел более подробные результаты исследований по повышению показателей газовых двигателей, конвертируемых традиционным способом с уменьшенной степенью сжатия.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, которая выполнена на высоком научном уровне на актуальную для двигателестроения тему.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Таким образом, диссертация Лукшо В.А. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена крупная научная проблема по теоретическому и экспериментальному обоснованию возможности создания энергоэффективного газового двигателя для транспортных средств имеющая важное социально-экономическое хозяйственное значение, что соответствует 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 наук, а ее автор – Лукшо Владислав Анатольевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 — «Тепловые двигатели»

Диссертация и отзыв рассмотрены, а отзыв утвержден на расширенном заседании кафедры «Автомобильные и тракторные двигатели» Университета машиностроения от «19» ноября 2015 года, протокол № 5 единогласно.

Профессор кафедры «Экологическая безопасность
технических систем», доктор технических наук,
Заслуженный деятель науки РФ,
Почетный работник высшего образования РФ

В.И. Ерохов

Профессор кафедры «Автомобильные
и тракторные двигатели»,
кандидат технических наук

В.П. Белов

«01 декабре 2015 г.

Справочно: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», Россия, Москва, ул. Большая Семеновская, 38, тел.: 8 (495) 223-05-22, (495) 223-05-23 (добавочные 1430, 1431, 1250, 1296), факс: (499) 785-61-87, <http://www.mami.ru/>, Боровин Юрий Михайлович, Ерохов Виктор Иванович, Белов Вячеслав Петрович.