

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

УДК 621.436:629.113.01

ОДИЛОВ ОДИЛЖОН ЗОКИРЖОНОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВ**

Специальность: 05.08.06 – Колесные и гусеничные машины и их эксплуатация

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Базаров Б.И.

Ташкент – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ	15
1.1 Анализ и современные проблемы повышения эксплуатационных показателей легковых автомобилей	15
1.2 Анализ способов повышения топливно-экономических и экологических показателей легковых автомобилей	22
1.3 Повышение топливно-экономических и экологических показателей легковых автомобилей использованием композитных газовых топлив	29
1.4. Цели и задачи диссертационного исследования.....	36
Выводы по главе.....	38
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВ	39
2.1. Обоснование механизма действия композитных газовых топлив на эксплуатационные свойства двигателей внутреннего сгорания и легкового автомобиля.....	39
2.2. Расчет показателей легкового автомобиля, работающих на композитных газовых топливах.....	49
2.3. Прогнозирование и оценка эксплуатационных показателей легкового автомобиля, работающего на композитном газовом топливе	55
Выводы по главе.....	59
ГЛАВА 3. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ	

ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВ	60
3.1. Цели, задачи экспериментальных исследований	60
3.2. Методика экспериментальных исследований	61
3.3. Испытательные оборудования и контрольно-измерительные приборы для экспериментальных исследований	64
3.4. Результаты лабораторных, стендовых, полигонных и эксплуатационных исследований.....	65
Выводы по главе	75
ГЛАВА 4. ОБОБЩЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВАХ.....	76
4.1. Сравнительные результаты исследований эксплуатационных показателей легкового автомобиля, работающего на композитных газовых топливах	76
4.2. Расчет эколого-экономической эффективности использования композитных газовых моторных топлив	80
4.2.1. Расчет экологической эффективности	83
4.2.2. Расчет энерго-экономической эффективности	84
4.3. Особенности разработки методических документов для исследования композитных газовых топлив с использованием эфиров	86
Выводы по главе.....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Перечень использованных испытательных оборудований, приборов	
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Методика полигонных исследований легкового автомобиля	

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СОКРАЩЕНИЙ

АЗС – автозаправочная станция

АТ – автомобильный транспорт

АМТ – альтернативное моторное топливо

БМС – бензино-метанольная смесь

ВТЭ – водно-топливная эмульсия

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ДМЭ – диметиловый эфир

МПСУ – микропроцессорная система управления

КПД – коэффициент полезного действия

ПКВ – поворот коленчатого вала

ОГ – отработавшие газы

СжПГ (LNG) – сжиженный природный газ

СНГ (LPG) – сжиженный нефтяной газ

СПГ (CNG) – сжатый природный газ

СО – оксид углерода

СН – углеводороды

СО₂ – двуоксид(диоксид) углерода

ЭБУ – электронный блок управления

ЭЭП – энерго-экологический показатель

NO_x – окислы азота

СЭС – спирто-эфировая смесь

ОЧ – октановое число

ОЧИ – октановое число исследовательским методом

ОЧМ – октановое число моторным методом

ТУ – технические условия

ТЭК – топливно-энергетический комплекс

ТЭР – топливно-энергетические ресурсы

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ТО – техническое обслуживание

ТО и Р – техническое обслуживание и ремонт

ЛСПУ – легкие синтетические парафиновые углеводороды

ТЭС – тетраэтилсвинец

ЦЧ – цетановое число

ГПЗ – газоперерабатывающий завод

ЧНМ – часть на миллион

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и востребованность темы диссертации.

В мире использование экологически чистых альтернативных видов топлива вместо нефтяных топлив, используемых на автомобильном транспорте, занимает одну из лидирующих позиций. "Рассматривая использование спирта в качестве дополнения к топливу или моторному топливу получаемую 1 088 миллионов тонн жидкого и газообразного топлива в мире является как современное решение энергетической и экологической проблемы, это жизнеспособное и технологически обоснованное решение". Использование различных альтернативных экологически чистых моторных топлив требует реализации разработанных результатов и технологий применению на практике. В связи с этим важно использование композитных топлив в качестве альтернативного топлива для повышения производительности автомобилей.

В мире ведутся исследования по использованию и производству различных экологически чистых композитных видов топлива для повышения производительности автомобилей и уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду. В связи с этим использование композитного газового топлива в автомобилях с искровым зажиганием двигателя для повышения их эксплуатационных показателей и снижения их негативного воздействия на окружающую среду дают для обоснования состава композитных газовых топлив и конструктивных технологических изменений уделяются особое внимание.

Разработка методов и технологий использования углеводородных газов, спиртов и эфиров, заменяющих нефтяных моторных топлив в повышении производительности автомобилей в стране, снижающих их негативное воздействие на окружающую среду.

В целях повышения эксплуатационных показателей автомобилей в стране, снижения их негативного воздействия на окружающую среду,

разработан ряд методов и технологий использования углеводородных газов, спиртов и эфиров, заменяющих нефтяных моторных топлив, разработан ряд мероприятий и достигнуты определённые результаты. Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы включает, в частности: «... сокращение потребления энергии и ресурсов в экономике, повышение ее конкурентоспособности за счет повсеместного внедрения энергосберегающих технологий в производство ...» определены важные задачи. При выполнении этих задач, в частности, использование композитных топлив является важным шагом в улучшении эксплуатационных показателей автомобилей с бензиновым двигателем, оценке эксплуатационных характеристик автомобилей и композитных топлив. Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года постановление № ПФ-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему

развитию Республики Узбекистан» и 5 мая 2015 года ПК-2343 «О программе мероприятий по энергосбережению и применению энергосберегающих технологий в экономической и социальной сферах на 2015-2019 годы», ПК-2298 от 11 февраля 2015 года «О программе локализации разработки готовой продукции, комплектующих и материалов на 2015 -2019 годы » и « О мерах по продолжению реализации перспективных проектов по локализации производства готовой продукции, комплектующих и материалов в 2017-2019 гг. » № ПК-2698 от 26 декабря 2016 г. Данная диссертация в определенной степени служит для реализации задач, поставленных в других соответствующих правовых документах..

Связь исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики. Данная диссертация выполнена в соответствии с приоритетным направлением

2УП-4947 от 07.02.2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

развития науки и технологий Республики в рамках программы ППИ-3 «Энергетика, энерго-ресурсосбережение, транспорт, машино- и приборостроение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования по использованию углеводородных газов, биотоплив, спиртов и эфиров в качестве моторного топлива или добавки к моторным топливам велись различными научно-исследовательскими и проектно-технологическими институтами, компаниями, центрами, университетами и институтами, в частности, Международная ассоциация DME (IDA) и Центр данных по альтернативным видам топлива Министерства энергетики (США), Haldor Topsoe (Дания), NKK Corp. и DME Development Co.Ltd.(Япония), Metanol Institute (США, Сингапур), Canadian Industrial Alcohol Co. (Канада), Deutsche academie der Technikwissenschaften (Германия), Tsinghua University (Китай), ГП НИИ альтернативных топлив (Украина), ФГУП НАМИ и Российский Государственный Университет нефти и газа им. И.М. Губкина (Россия), Ташкентский институт проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог (Узбекистан) и др. Также усмотрено в работах ученых Hiroshi O., Vincent D., Marcello De Falco, Miron W.L., Black F., Wuebben P., Девянин С.Н., Марков В.А., Брагинский О.Б., Гайваронский А.И., Муталибов А.А., Гуреев А.А., Ерохов В.И., Базаров Б.И. и др.

Согласно статистических данных, в таких странах, как Швеция и Дания, общественный дизельный транспорт полностью переведен на ДМЭ. По прогнозам специалистов, через 15-20 лет весь тяжелый и средний транспорт с дизелями в мире полностью перейдет на ДМЭ.

В Узбекистане в ТАДИ проведены научные исследования по использованию диметилового эфира в качестве моторного топлива для тракторного дизеля по газо-жидкостной системы питания в целях частичной замены дизельного топлива и улучшению его эксплуатационных показателей.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационная работа выполнена в Ферганском политехническом институте в рамках договора № 36-05/829 между Ферганским политехническим институтом – ОАО «Ферганаазот» по теме «Оценка композитной топливной смеси на базе сжиженного нефтяного газа и диметилэфира в качестве моторного топлива» (2019-2020 гг).

Целью исследования является повышение эксплуатационных показателей легкового автомобиля использованием композитных газовых топлив.

Задачами исследования, научно-техническая информация о композитном газообразном топливе (сжиженный нефтяной газ и диметиловый эфир), а также аналитические исследования предыдущих исследований в этой области;

определить возможность для производства компонентов композитного газового топлива на основе имеющихся местных ресурсов в Узбекистане;

обоснование состава композиционных газомоторных топлив с сохранением установочных базовых параметров для двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием;

расчетное обоснование сравнительных показателей автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, воспламеняемых искрами на базовом и композитном газовом топливе;

разработка и внедрение экспериментальных методов исследования двигателей и автомобилей, работающих на базовом и композитном газовом топливе;

оценить энергетическую и экологическую эффективность использования композиционных газовых моторных топлив и разработать рекомендации по их применению.

Объект исследования – легковой автомобиль с двигателем внутреннего сгорания ($N_e = 106$ л.с. / 78 кВт, $V_h = 1,5$ л).

Предметом исследования является эксплуатационные показатели легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающего на базовом и композитных газовых топливах.

Методы исследования. В ходе исследований использовались математические и статистические законы, лабораторные, стендовые эксперименты, теоретические и экспериментальные методы определения эксплуатационных, физико-химических свойств композиционных газовых топлив (СНГ + ДМЭ)..

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан расчетный метод для определения максимального количества диметилового эфира, добавляемого в состав композитных газовых моторных топлив в целях обеспечения их антидетонационной стойкости;

усовершенствован метод расчета показателей автомобиля с двигателем искровым зажиганием, работающего на композитном газовом топливе, с учетом расширения диапазона воспламеняемости образующейся горючей смеси;

определены плотность и давление насыщенных паров композитного газового топлива в зависимости от температуры окружающей среды расчетно-графическим методом с учетом различия свойств сжиженного нефтяного газа и диметилового эфира;

разработан метод экологической оценки выбросов парниковых газов автомобилями, работающими на базовых и композитных газах с учетом соотношения С: Н.

Практические результаты исследования таковы:

разработан компонент композитного газового топлива, обеспечивающий как эксплуатационные, так и экологические показатели автомобиля;

установлено, что использование рекомендованных композитных газообразных топлив увеличивает энергосвойств автомобиля и улучшает экологические характеристики;

разработан метод и программа исследования полигонов композитного газообразного топлива;

обоснован метод оценки энергетической и экологической эффективности использования композитного газового моторного топлива, учитывающий выброс парникового газа-СО₂;

обоснованы конструктивные и технологические изменения газовых баллонов, применяемых при использовании композитного газомоторного топлива.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований проводилась с использованием современных методов и средств измерений, взаимной адекватности теоретических и экспериментальных исследований, положительных результатах испытаний легковых автомобилей на композитном газомоторном топливе, разработанном на основе исследования и внедрения..

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что разработанное композитное газомоторное топливо основано на составе композитного материала, обеспечивающего повышение производительности легковых автомобилей, а также полученных аналитических связях.

Практическая значимость результатов исследований объясняется использованием разработанного композитного газомоторного топлива, увеличение доступных энергоресурсов в Узбекистане, расширение использования экологически чистых альтернативных моторных топлив

Практическое применение результатов исследования. На основании полученных результатов по повышению эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания использованием композитных газовых топлив:

метод выбора состава композитного газового моторного топлива, учитывающий ограничение верхней концентрации диметилового эфира допустимым значением антидетонационной стойкости топлива в ОАО

«Ферганаазот» при АО «Узкимёсаноат» (справка № 23-3-4628 от 27 ноября 2020 года АО «Узкимёсаноат»). В результате этого создана возможность системного исследования показателей легковых автомобилей с двигателем искрового зажигания, работающего на композитным газовым моторном топливе и обеспечить бездетонационную работы двигателя и повышение его энергетических и экологических показателей легкового автомобиля.

метод расчетно-графического определения давление насыщенных паров и плотности композитного газового топлива в зависимости от температуры окружающей среды в ОАО «Ферганаазот» при АО «Узкимёсаноат» (справка № 23-3-4628 от 27 ноября 2020 года АО «Узкимёсаноат»). В результате этого создана возможность оценки стабильности смеси СНГ и ДМЭ в процессе эксплуатации легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающего на композитным газовым моторном топливе, запаса композитного топлива в газовом баллоне и безопасности эксплуатации данного вида топлива.

метод оценки экологического показателя легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающем на композитных газовых и базовых топливах с учетом выбросов парникового газа в зависимости от соотношения С:Н используемых то

плив в ОАО «Ферганаазот» при АО («Узкимёсаноат» справка № 23-3-4628 от 27 ноября 2020 года АО «Узкимёсаноат»). В результате этого создана возможность экологической оценки показателей легковых автомобилей с двигателем искрового зажигания, работающего на базовых и композитных газовым моторных топливах.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования обсуждались на 5 международных и республиканских научно-практических, научно-технических конференциях и семинарах, в том числе на 2 международных и 3 республиканских конференциях.

Объявление результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 4 научных статьи в основных

научных изданиях диссертаций на степень доктора философии (PhD) ВАК РУз, в том числе 3 в национальных и 2 в зарубежных журналах и 2 учебных пособиях. Получено удостоверения на 2 программный продукт .

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 93 страниц, 21 рисунков и 20 таблиц.

Комплекс объёма работ, выполненных автором, охватывает практически все аспекты особенностей исследований легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания на композитном газовом топливе повышенными эксплуатационными и экологическими свойствами.

Тема диссертации совпадает с направлениями многих государственных программ (ГНТП) по решению проблем нефтегазового и нефтехимического комплексов, а также автомобильного транспорта.

Основные положения работы могут быть использованы в научно-исследовательских и опытно-конструкторских организациях нефтехимического комплекса и автомобильного транспорта; на автотранспортных предприятиях, занимающихся эксплуатацией автомобильного транспорта; при подготовке, переподготовке работников нефтегазовой промышленности и автотранспорта; при составлении учебных программ и учебных материалов в технических вузах для бакалавров и магистрантов по направлению «Наземные транспортные системы», «Эксплуатация и ремонт транспортных средств».

Работа выполнена на кафедре «Наземные транспортные системы и их эксплуатация» Ферганского политехнического института в период (2018-2020 гг.).

Автор выражает особую благодарность своему руководителю проф. Б.И. Базарову за ценные советы и консультации, способствующие значительному улучшению содержания диссертации.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

1.1 Анализ и современные проблемы повышения эксплуатационных показателей легковых автомобилей

Современное динамичное производство и эксплуатация автомобилей (78-80% из них легковые), строительно-дорожных машин, стационарных установок и их эксплуатация требует постоянного поиска новых экологически чистых, с достаточными ресурсами заменителей энергоисточников нефтяного происхождения.

Автомобильный транспорт являясь, как один из основным потребителем продукции нефтегазовой отрасли и наиболее весомым источником отрицательных воздействий для окружающей среды, в настоящее время занимает весьма важное место в экономике любой страны.

Принятая к реализации модели развития топливно-транспортного комплекса (минимизация импорта нефтепродуктов при одновременном обеспечении транспорта качественным и экологически чистым топливом за счет собственных сырьевых ресурсов), предопределяет весьма важное значение поиск экологически чистых и с достаточными ресурсами энергоисточников с переориентацией на максимально эффективное снижение энергокапиталоемкости их получения и использования, что полностью совпадает с приоритетными направлениями развития Узбекистана [1-3].

Проблемы разработки и использования альтернативных видов топлива и энергии в целом и для транспорта в частности, составляют основу программных документов многих развитых стран мира. Например, согласно закона США «О биомассе» к 2025 г. объём производимых энергоисточников из возобновляемых ресурсов будет доведен до 25%. В настоящее время биоэтанол, биодизель, получаемые из различных ресурсов (включая растения,

водоросли и др.) получили наибольшее применение в качестве моторного топлива в США, странах Евросоюза и Латинской Америки. Во многих странах имеется функционирующая производства по выпуску до 800 млн. л в год биотоплив и действуют различные формы налоговых льгот.

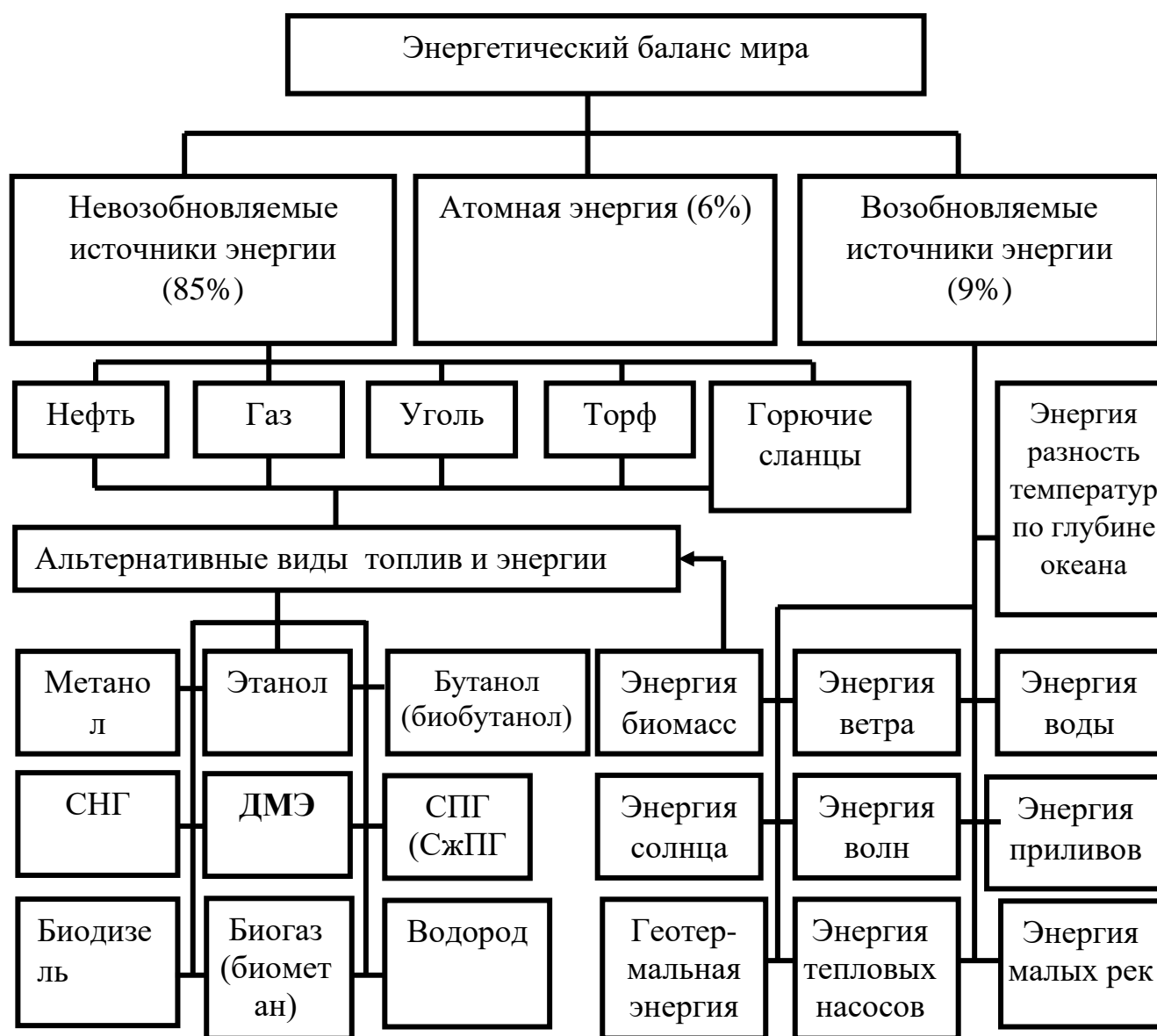


Рис. 1.1. Схема энергетического баланса мира

Многочисленными проведенными установлено, что использование биоэтанола прежде всего улучшает экологические показатели автомобиля по сравнению с бензином, особенно по части парникового эффекта (низкоуглеродная технология), например, использование биотоплива E05 (5% биоэтанол) позволяет достичь снижения выделения углерода на 3,5%, а

E85(85% биоэтанол) -на 50%, а также происходит улучшение ряд моторных свойств биоэтанола. Однако при этом биоэтанол имеет меньшую теплоту сгорания, вызывает коррозию металла, происходит расслоения смеси [5-6].

В этой связи в последние годы наметилась тенденция замены энергоисточников нефтяного происхождения другими альтернативными видами энергии и топлив в рамках энергетического баланса мира (рис. 1.1.) [7-11].

В целом современный уровень конструкторско-технологического развития автомобилей достигла достаточного уровня и поэтому дальнейшее повышение их эксплуатационных показателей в основном связано с поиском, разработкой и обеспечением экологически чистых энергоисточников для них, а также созданием соответствующей инфраструктуры,

Общеизвестно, что выбор альтернативных экологически чистых моторных топлив и энергоисточников для автомобилей, строительно-дорожных машин, стационарных установок и других потребителей обусловлено следующими причинами:

- динамичным и всерастущим истощением природных запасов нефти и газа, а также подорожанием нефтепродуктов;
- угрозой проблем потепления климата из-за сжигания углеродосодержащих топлив;
- резким ухудшением состояния окружающей среды в связи с динамичностью роста количества производимых и эксплуатируемых потребителей энергоисточников.

Как уже было отмечено, современным и действенным решением указанных проблем является перевод потребителей на экологически чистые альтернативные топлива, использование более экономичных энергоустановок, совершенствование конструкции двигателей и их систем и др.

Разработка композитных жидких и газовых моторных топлив с применением различных спирто-эфировых смесей на базе автомобильных топлив и использование их в качестве основного энергоисточника является

обоснованным решением указанной выше проблемы и, следовательно, такое направление научно-исследовательских разработок является весьма актуальным [12-15].

Вместе с тем разработка композитных моторных топлив должна учитывать следующее:

- располагаемый комплекс свойств (физико-химические, теплофизические, энергетические, газодинамические, технологические, производственные, экологические и др.);

- современное состояние условия их использования и перспективность (достаточность и доступность сырьевых ресурсов, возможность массового производства и применения с минимальными затратами, энергетическая и технологическая совместимость с потенциальными потребителями, токсические и экономические показатели, безопасность и безвредность эксплуатации);

- положительные результаты от их использования (рациональное использование и расширение топливно-энергетических источников и ресурсов, защита окружающей среды, обеспечения энергетической независимости, национальной и экономической безопасности, целесообразная реструктуризация состава энергоисточников, экспорт энергоресурсов, появление новых производственных структур и подъем экономики страны, развитие новых направлений науки, техники и области знаний).

В современном этапе реализация отмеченного вопроса в развитых странах мира позволяет:

- всемерно расширить ресурс моторных топлив и энергоисточников;
- улучшить эксплуатационные, включая экологические показатели моторных топлив и энергоисточников;

- повысить эксплуатационные показатели транспортных средств с различными типами ДВС и снизить токсичность отработавших газов;

- диверсификации структуры потребления топлива и энергии на всех потребителях;

– развить низкоуглеродную технологию и получить социальный и политический выигрыш в части снижения парниковых газов.

В целом всё происходящее структурные сдвиги на мировом рынке в потреблении моторных топлив и энергоисточников нефтяного происхождения происходят во взаимосвязи с ограниченности запасов природного углеродного сырья, вопросов защиты окружающей среды, проблемы энергетической независимости и современные тенденции устойчивого развития – здоровая среда обитания, экономическое процветание, социальная справедливость, материальное благополучие [16-19].

Свойства моторных топлив, влияющие на мощность двигателя, составляют его энергетические свойства показателей (теплота сгорания топлива и горючей смеси, элементарный состав топлива и др.). Самую высокую теплоту сгорания имеет горючая смесь стехиометрического состава. Однако наибольшая мощность двигателя достигается при различных (обогащенных или более бедных) составах смеси в зависимости от вида топлива, при которых не повышается теплота сгорания, а возрастает скорости нормального сгорания.

Как уже было отмечено, что не все физико-химические свойства моторных топлив (скрытая теплота испарения, коэффициент диффузии паров, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость, плотность, электропроводность и др.), которые могут не указаны в нормативных или технических условиях, но могут быть влиять на эксплуатационные и экологические качества используемого моторного топлива [20-24].

Современные требования к ДВС вынуждают в процессе их разработки и эксплуатации принимать различные конструкторские, технологические, производственно-организационные меры.

Реализацию этих мероприятий в той или другой степени будет связано с антидетонационными свойствами топлива, что в свою очередь обусловлено значением степени сжатия.

Детонационное сгорание ДВС искрового зажигания, отмененное Рикардо Г.Р , как характеристикой топлива и связанное с конструкцией двигателя (степенью сжатия, форма камеры сгорания, размеры цилиндров, степень завихрения потока в цилиндре, расположение и количество свеч зажигания); режимом работы ДВС (нагрузка, скоростной режим, охлаждение стенок цилиндров); эксплуатационными условиями работы (химическая природа горючего, род смазки, нагарообразование); регулировочными параметрами (состав смеси, угол опережения зажигания и т.д.) у современных систем управления контролируются,

Известно, что с повышением степени сжатия увеличивается среднее эффективное давления.

$$P_e = \frac{36.7}{0.0187+\alpha} \left(-\frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right), \text{ кг/см}^2 \quad (1.1)$$

и, следовательно, мощность ДВС

$$N_e = \frac{P_e V_h n}{900}, \text{ л.с.} \quad N_e = \frac{Mn}{9549,5}, \text{ кВт} \quad (1.2)$$

Увеличение значений нормальной скорости сгорания (продолжительность сгорания) с увеличением степени сжатия хорошо наблюдается (табл. 1.1) снятием индикаторных диаграмм при различных степенях сжатия (при условии постоянство значений составах горючей смеси и углах опережения зажигания [25-30]).

Таблица 1.1.

Взаимосвязь степени сжатия, среднего индикаторного давления и продолжительность сгорания

Степень Сжатия	Среднее индикаторное давление- P_i , МПа	Продолжительность сгорания	
		град. ПКВ	с
4	0,845	49	0,0054
5	0,96	41	0,0045

6	1,03	34	0,0037
7	1,09	30	0,0029
8	1,13	26	0,0022
9	1,16	23	0,0016
10	1,18	21	0,0010

Данная взаимосвязь подтверждается также по известной формулы расчета термический КПД ($V=const$, отсутствует теплообмен со стенками цилиндра):

$$\eta_t = 1 - 1/\varepsilon^{k-1} \quad (1.3)$$

где, ε – степень сжатия;

k – показатель адиабаты, равный для воздуха 1,4.

С другой стороны увеличение значений удельной теплоемкости при высоких температурах является основным факторам, определяющим возможный η_t .

Однако при высоких температурах водяной пар и углекислый газ (CO_2) в определенных количествах распадаются и поглощают при этом значительное количество теплоты, т.е. происходит диссоциация.

Таким образом применение топлива, содержащее большую долю водорода (характерно для композитного газового топлива), выгодно по причине большого увеличения удельной теплоемкости при высоких температурах, а топливо, содержащее большую часть углерода, выгодно по причине высокой степени диссоциации [26- 29].

Все эти факторы необходимо учесть при рассмотрении анализа процесса сгорания и использования композитного газового моторного топлива в плане возможности установления октанового числа газ-эфировой смеси.

Таким образом, для достижения цели достижения требуемой антидетонационных свойств рекомендуемых композитных газовых топлив, обладающих более лучшими энерго-экологическими показателями в Республике Узбекистан формулируются следующие задачи:

- анализ ранее выполненных научно-практических работ в этой области;
- обоснование компонентного состава композитного газового топлива;
- усовершенствовать методику расчета автомобиля с ДВС искрового зажигания, работающего на базовых и композитных газовых топливах;
- изучение возможностей нефтехимической промышленности Республики Узбекистан для получения необходимых компонентов композитного газовых топлив;
- проведение необходимых экспериментальных исследований;
- анализ полученных данных и разработка рекомендаций.

1.2 Анализ способов повышения топливно-экономических и экологических показателей легковых автомобилей

Современный уровень динамики развития автомобильного транспорта, как наиболее значимого экономического сектора, стал диктовать повышенные требования к их эксплуатационным и экологическим показателям.

Причем многими международными требованиями к бензину регламентируются ограничения (таб.1.2) по содержанию бензола, ароматических веществ, олефинов, кислорода, серы, ограничение давления насыщенных паров, скорость диффузии паров, теплота парообразования, теплоемкость, содержание фактических смол и другие, которые в свою очередь влияют на формирование процесса сгорания на впуске, прогреве двигателя, на его динамические качества, отложений во впускной системе.

Однако за последние годы из-за критической ситуации с потеплением климата земного шара значительно выросла весомость применения низкоуглеродной технологии во всех сферах экономики, включая автомобильного транспорта.

В этой связи, использование на автомобильном транспорте моторных топлив и других различных энергоисточников относительно меньшим

содержанием углерода по сравнению с нефтяными топливами, стало важной научно-технической проблемой требующего комплексного изучения.

Таблица 1.2.

Основные показатели современных бензинов

Показатели	Евро-3	Евро-4	Евро-5	Евро-6
Бензол, % об., не более	1.0	1.0	1.0	1.0
Сера, чм, не более	150	30	15	05
Ароматические углеводороды, % об., не более	42	30	15	15
Олефиновое углеводороды, % об. не более	18	14	14	14
Кислород, % об., не более	2.3	2.7	2.7	2.7
Фракционный состав, % не менее до 100°C перегоняется	46	46	46	46
До 150°C перегоняется	75	75	75	75
Давления насыщенных паров, кПа, не более	60	60	60	60
Наличие моющих присадок	да	да	да	да

Композитное (жидкое или газовое) моторное топливо, состоящее из компонентов с меньшим содержанием углерода или добавка различных безуглеродных веществ (интенсификаторы процесса сгорания) к моторным топливам является научно-практическим решением указанной проблемы.

В конце XX века датские, американские и австрийские исследователи по результатам своих работ предложили использовать в качестве замены дизельного топлива диметиловый эфир (ДМЭ). Данное вещество известен и

использовался в парфюмерии для создания давления в баллонах с лаками и дезодорантами взамен вредных газов - фреоны, бутан и пропан. Он также использовался как хладагент и растворитель.

За последние годы ДМЭ стал эффективным и экологически чистым моторным топливом, заменителем дизельного топлива. Данное моторное топливо, получаемое из природного газа, биомассы, каменного угля, углеродосодержащих продуктов (битумов), из отходов целлюлозно-бумажного производства и других источников не содержат ароматических углеводородов, серы и характеризуются полнотой сгорания, имеет высокое цетановое число (55-60 против 40-55 для нефтяного дизельного топлива) и отсутствием сажи и оксидов азота в выхлопных газах (рис.1.2.).

Причем при этом резко уменьшаются выбросы парникового газа из-за низкоуглеродного содержания [31-36].



Рис. 1.2. Схемы получения моторных топлив из ненефтяных ресурсов

В настоящее время производится два вида данного топлива: высший сорт - содержание ДМЭ не менее 99,5% (используется в парфюмерии), низший сорт - содержание ДМЭ на уровне 95% (используется в замен дизельного топлива)

Представленные сравнительные физико-химические показатели (таб.1.3) различных моторных топлив позволяют предварительно оценить возможные варианты их использования.

Таблица 1.3.

Физико-химические показатели различных моторных топлив

Показатели	Бензин	ДТ	СПГ	СНГ	ДМЭ	Водород
Молекулярная масса	-	-	16	44-58	46	2
Удельная плотность, кг/м^3	750	850	420	550(жидкий)	700(жидкий)	700(жидкий)
Температура кипения (сжижения), $^{\circ}\text{C}$	50-150	180-360	- 161,5		- 23,5	- 235
Температура самовоспламенения, $^{\circ}\text{C}$	220	430	540	520	260	240
Октановое число	66-98	-	115-120	105-100	-	-
Цетановое число	-	40-50	-	-	55-60	-

Компанией Volvo Trucks ещё с 2010 года первой среди производителей грузовой коммерческой дизельной техники начались полномасштабные испытания автомобилей на ДМЭ из биомассы (био-ДМЭ). В данном проекте участвовали 14 грузовых автомобилей Volvo FH (колесная формула 6x4 и 6x2, 440 л.с., Евро-5), которые эксплуатировались в четырех разных уголках Швеции в период с 2010 по 2012 года.

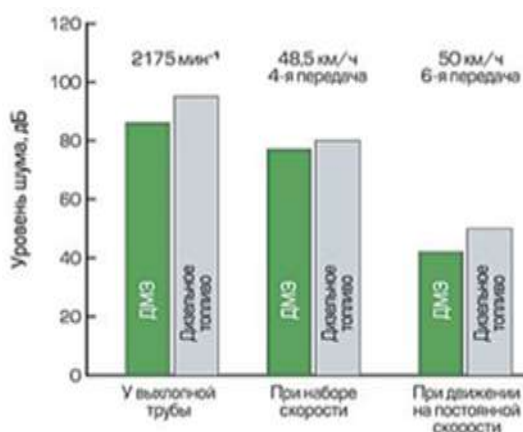


Рис. 1.3. Сравнение результатов внешнего шум автомобилей, работающих на ДМЭ и дизельном топливе

Результаты эксплуатационных испытаний показали, что использование данного вида топлива снижает выбросы CO₂ на 95% по сравнению с базовым дизельным топливом, снижается (рис.1.3) внешний шум автомобиля.

Крупнейшие компании мира (например, Oberon Fuels, США) при государственной финансовой поддержке производят экологически чистое топливо-низкоуглеродный возобновляемый ДМЭ из отходов и возобновляемых ресурсов для дизельных транспортных средств на пилотном заводе с производственной мощностью около 1,6 млн.галл. (1галл.=3.785 л) в год. Кроме этого Oberon Fuels производит мелкомасштабные производственные установки DME, смонтированные на салазках, предназначенные для замены крупных инфраструктурных проектов, которые могут производить от 3000 до 10000 галлонов DME в день (от 11 340 до 37 800 литров). Международная ассоциация DME утверждает, что потребительская стоимость DME составляет примерно от 75% до 90% от стоимости сжиженного нефтяного газа (примерно 160-180 долл.США за т). Данное топливо успешно используется для эксплуатации автомобилей Volvo Trucks, Mack Trucks и Ford Motor Company. При этом установлено, что при использовании 20% смеси DME значение углеродной интенсивности (CI) пропана снижается с 83 гCO₂ э / МДж до 11 гCO₂ э / МДж [37-41].

Проведенными работами [42, 43] по замене дизельного топлива ДМЭ в северных условиях установлена ещё одна особенность данных работ. При этом доказано, что Арктическая зона может стать местом широкомасштабного внедрения ДМЭ в качестве топлива для дизелей и можно их производить непосредственно на малодебитных газовых месторождениях.

Ряд работ [44,45] посвящены по применению ДМЭ в качестве рабочего тела холодильных установок дизельных авторефрижераторов, как заменитель хладагентам хлорфторсодержащего холодильной техники. Это позволяет получить хладоресурс ДМЭ и снизить эксплуатационные расходы путем полного отказа от заправки фреонами холодильной машины авторефрижераторов.

Учитывая экологическую значимость применения ДМЭ в качестве топлива для городского дизельного транспортного средства Правительством Москвы ещё в 2002 г. была принята Городская целевая программа использования альтернативных видов моторного топлива на автомобильном транспорте, где планировалась использование ДМЭ в качестве моторного топлива для дизелей, расширение диапазона применения СНГ как альтернативы бензину, создание транспортных средств с энергоустановками на основе электрохимических генераторов с воздушными топливными элементами, а также разработку тягово-транспортных средств (ТТС) с комбинированными энергоустановками (КЭУ).

При этом дополнительным распоряжением Правительства Москвы «Об организации работ по внедрению диметилового эфира на транспорте в качестве экологически безопасного альтернативного моторного топлива» от 2004 г. предусматривались перевод дизелей для обеспечения экологических требований Евро-3 и Евро-4. Производство диметилэфира производилось ОАО «Новомосковская акционерная компания «Азот» (Тульская область) МХК «ЕвроХим» с производительностью до 10 тыс. т этого топлива в год. При выполнении данных работ участвовали квалифицированные специалисты НИИ двигателей, МГИУ, НАМИ, а также МГТУ им. Н.Э. Баумана .

В ходе реализации данной программы выполнялась адаптация систем питания дизелей для работы ДМЭ с учетом низких значений плотности ДМЭ (на 20%), удельной массовой теплотворности (на 32%), кинематической вязкости (на порядок) чем дизельного топлива. Установлено, для сохранения энергоемкости объемная подача ДМЭ в цилиндры дизеля должна быть значительно большей (объемная теплотворная способность ДМЭ составляет 18,2 МДж/л) по сравнению с дизельным топливом. В целях устранения возможных задиров прецизионных трущихся пар в конструкции базовой топливоподающей аппаратуры принимались специальные меры (подвод к плунжерным парам масла под давлением с целью их уплотнения, подмешивание к ДМЭ специальной противозадирной присадки,

увеличивающей кинематическую вязкость ДМЭ до уровня дизельного топлива и др.). Кроме этого наиболее серьезная проблема, выявленная в ходе эксплуатационных испытаний, была связана с возникновением неустойчивых рабочих режимов дизеля после его прогрева, наиболее часто проявляющихся при повышенных температурах окружающей среды, вызванных появлением паровых пробок в нагнетательных топливопроводах, когда остаточное давление в топливопроводе опускается ниже давления насыщенных паров ДМЭ.

Анализ полученных данных показывают, что ДМЭ несомненно является перспективным заменителем ДТ с позиции низкоуглеродной технологии. Однако учитывая реальные эксплуатационные данные следует расширить научные направления поиска по различным вариантам использования ДМЭ в качестве заменителя других видов моторных топлив и энергоисточников, включая направленные на повышение эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания [46-50].

Многие Правительства мира, а также международные организации придавая большое значение тем научно-техническим разработкам, связанных по выбору, разработке и внедрению экологически чистых альтернативных видов топлив и энергоисточников принимают различного рода Программ, проводятся стандартизация, утверждаются правила предоставления субсидий, налоговых и кредитных льгот и др.

В Узбекистане в 60-е годы прошлого века под руководством профессора А.А. Муталибова была создана научная школа по альтернативным моторным топливам, где изучались различные виды заменителей нефтяных моторных топлив, таких как, водно-топливные эмульсии, сжатый природный газ, сжиженный нефтяной газ, газовые конденсаты, спиртосодержащие жидкости и др. В настоящее время данная научная школа продолжает свою деятельность и выполняют научные разработки данного направления, включая изучение ДМЭ в качестве моторного топлива. Проведены научные исследования по использованию диметилового эфира в качестве моторного топлива для

тракторного дизеля по газо-жидкостной системы питания в целях частичной замены дизельного топлива и улучшению его эксплуатационных показателей. Разработаны рекомендации по улучшению некоторых показателей качества ДМЭ в целях полной замены базового дизельного топлива в последующих этапах, начались научные работы по его применению в составе композитного газового моторного топлива [51-53].

1.3 Повышение топливно-экономических и экологических показателей легковых автомобилей использованием композитных газовых топлив

Основные показатели качества моторных топлив, обеспечивающие безотказную работу двигателя и транспортного средства в целом должны отвечать требованиям существующих государственных стандартов или технических условий и, следовательно, они должны производиться и эксплуатироваться в рамках определенных правил.

Наиболее распространенные жидкие (дизельное топлива и бензины) и газообразные (сжатый природный и сжиженный нефтяной газ) моторные топлива имеют отличительные качества свойства, которые разделяются на две группы: физико-химические и эксплуатационные.

Физико-химические свойства, характеризующие совокупность однородных явлений (плотность, вязкость, фракционный состав, химическая стабильность и др.) как правила , определяются в лабораторных условиях.

Эксплуатационные же свойства моторных топлив при производстве, транспортировке, хранении, испытании, применении, которые характеризуют его полезность при использовании по назначению и, следовательно, определяют область применения данного продукта.

В целях улучшения показателей качеств моторных топлив используются различные присадки, добавки (считается, что присадки к топливам вводятся до 1%, а добавки более 1%), которые постоянно совершенствуются и причем они

могут вводиться в состав топлива по времени в зависимости от режима работы энергетической установки.

Таким образом практически все свойства стандартных и альтернативных моторных топлив имеют важное значение, которые должны учитываться в процессе их применения.

Мощность, как основной энергетический показатель двигателя внутреннего сгорания зависит от энергетического свойства используемого моторного топлива или теплотой сгорания. При этом следует учесть, что теплота сгорания образованной горючей смеси изменяется в широких пределах в зависимости от значений коэффициента избытка воздуха или состава горючей смеси [54-58].

Управление значениями состава горючей смеси в зависимости от режима работы ДВС или автомобиля с позиции теории двигателя (автомобиля) объясняется необходимостью выполнения различных задач энергетического и экологического характера.

Исходя из этого применения конкретного определенного типа заменителя стандартного моторного топлива находит определенные ограничения, хотя какие-то отдельные их свойства могут существенно улучшиться.

Например, низшие спирты – метанол, этанол нашли наибольшее распространение в качестве моторного топлива. Хотя многими исследованиями практически не ограничивается допустимое их содержание в составе композитного моторного топлива, однако следует учитывать их относительно низкую теплоту сгорания, высокую теплоту испарения, низкое давление насыщенных паров. Причем использование композитных топлив с большим содержанием спиртов вносит ряд мероприятий, таких как, увеличение вместимости топливного бака, увеличение степени сжатия двигателя, перерегулировку системы питания, использование подогревателей и пусковых подогревателей при температурах окружающей среды ниже +10°C.

В этой связи применения композитного газового топлива, как один из действенных решений для повышение энергоэкологических показателей легкового автомобиля должна рассматриваться с общей позиции горючести и воспламеняемости. Поскольку все указанные выше показатели качества моторных топлив в той или другой степени связаны с горючестью и воспламеняемостью, обуславливающую полноту использования химической энергии топлива (детонационная стойкость, температура воспламенения, концентрационные и температурные пределы воспламенения, отсутствие жесткой работы, теплота сгорания, индикаторные характеристики, плотность, теплота сгорания, давление насыщенных паров).

Таким образом, горючесть – эксплуатационное свойство моторного топлива, характеризующее процесс экзотермического, открыто-пламенного взаимодействия энергоисточника с окислителем, с образованием продуктов горения, которая характеризует термохимические свойства нефтепродуктов и скорость распространения фронта пламени.

В этой связи применение ДМЭ в качестве источника энергии или топлива должна рассматриваться с указанных выше позиций.

Многие страны мира Китай, Япония, Корея, Египет, Бразилия и др.[59-63] десятилетиями применяют ДМЭ в качестве источника энергии, который производился из различных видов сырья, включая биогаз из органических отходов, производимых в городах или на сельскохозяйственных предприятиях, а также природный газ, уголь. Широкое применение ДМЭ в Северной Америке нашло в сферах- транспорт, сельское хозяйство и строительство.

Агентством по охране окружающей среды США DME одобрен в качестве возобновляемого топлива в соответствии со Стандартом по возобновляемым источникам топлива. Поскольку он может производиться из возобновляемых источников и играет важную роль в декарбонизации (низкоуглеродная технология) транспортного сектора.

Министерство энергетики США продолжает финансировать разработки и демонстрации инновационных альтернативных технологий для средних и тяжелых грузовых транспортных средств, которые включает две области интересов:

- Разработки и демонстрации технологий силовых агрегатов с электроприводом для транспортных средств средней и большой грузоподъемности, которые значительно снижают расход топлива и энергии.
- Разработки и демонстрация двухтопливных транспортных средств большой грузоподъемности, оснащенных двигателями, способными работать на смеси дизельного топлива и газообразного топлива - природного газа, пропан-бутана или природного газа или производные топлива, такие как диметиловый эфир (DME), и соответствующие системы контроля выбросов.

Таблица 1.4.

Компоненты состава отработавших газов различных топлив из разного источника сырья (тест R49 13-ступенчатый)

Топливо	Компоненты отработавших газов , г/(кВт*ч),						
	CO ₂	CO	NO _x	SO _x	CH	CH ₄	PM
ДМЭ из природного газа	792	2,24	1,85	<0,01	0,23	0,02	<0,01
ДМЭ из биомассы	129	2,47	2,53	0,04	0,33	<0,01	<0,01
Метанол из природного газа	837	0,24	4,45	<0,01	0,33	<0,01	0,05
Метанол из биомассы	150	0,52	5,21	0,04	0,45	<0,01	0,05
Дизельное топливо	753	0,85	7,10	0,42	0,321	0,20	0,10

Многие работы [64-68] посвящены по применению ДМЭ в дизеле с целью исключить выбросы сажи (дымности), снизить уровень внешнего шума и выбросов оксидов азота. Достижения по исключению выбросов сажи и отсутствие соединений серы значительно уменьшает нагрузку на систему снижения токсичности позволяет эффективно использовать данную систему.

Причем концентрация токсичных компонентов отработавших газов (таб.1.4) может зависит от вида исходного сырья.

Анализ табличных данных показывает, что ДМЭ производимый из биомассы выделяет меньше всех парникового газа.

Однако при этом следует производить адаптацию базовую топливную систему(увеличение размерности-ход/диаметр плунжера), что приводит к конструкторско-технологическим изменениям и значительным материальным затратам, а также при этом исключаются работы дизеля на базовым топливе.

В работах [69-71] приводятся, что в энергетическом эквиваленте показатели дизеля (мощность и экономичность) при питании его на базовым ДТ и ДМЭ оказались практически одинаковыми. Во всех режимах работы ДВС, включая режим запуска и холостого хода, работал устойчиво, обеспечивая бездымный выхлоп (коэффициент оптической плотности $K = 0$), по сравнению при работе на базовом ДТ (коэффициент оптической плотности $K=17...28\%$).

Оценка по методике Правил № 49–02 ЕЭК ООН значения абсолютных и удельных вредных выбросов дизеля при работе на ДМЭ:

1. Выбросы окислов азота (NO_x) на всех режимах был существенно меньше, по сравнению на базовом –дизельном топливе. Существенное снижение (примерно в 2...3 раза) наблюдается на наиболее нагруженных режимах $Ne = 50...100\%$.
2. Выбросы несгоревших углеводородов (СН) на режиме максимального крутящего момента (около $n = 1600$ мин.⁻¹) и при нагрузке $Ne = 50...100\%$ понижался на 20...70% по сравнению с дизельном топливом. Однако на режимах малых нагрузок ($Ne = 10...20\%$) данные выбросы

значительно превышал уровень на дизельном топливе, достигая 2000...3000 чнм.

3. Выбросы оксид углерода (СО) при работе дизеля на ДМЭ на всех режимах превышал соответствующие величины на дизельном топливе, достигая 1000 чнм.

Отмечается также, что природный газ в качестве топлива для транспортного двигателя (без использования нейтрализатора) имеет преимущества лишь по сравнению с бензином. Поэтому во многих принятых программах перевода дизелей на питание газовом топливом предусматривается применение 3-ступенчатых каталитических нейтрализаторов, например, фирмы J.Matthey со степенью очистки газов: от NO_x — 35...80%, от СО — 85...95%, от СН — 50...80%, что практически обеспечивает к достигнутому уровню выбросов вредных веществ при работе на ДМЭ без дополнительной очистки отработавших газов.

Однако в данных исследования не приводятся материалы по дымности отработавших газов дизеля, а также другие возможные варианты использования ДМЭ в качестве заменителя различных видов моторных топлив.

В работах, указанных выше в основном приводятся результаты научных исследований по использованию смеси ДТ и ДМЭ в качестве экологически чистое моторное топливо для дизельных транспортных средств. Экспериментальные исследования проводились с учетом низкой вязкости (низкая смазывающая способность), низкой плотности и теплотворной способности ДМЭ по сравнению с ДТ. В экспериментах, которые проводились в университете Пенсильвания (США) смесь ДТ и ДМЭ подавалась в двигатель через модифицированной системы впрыска топлива Common Rail, где учитывалось отличительное значение давление насыщенных паров ДМЭ. Топливная смесь приготавливалась на борту турбонаддувного дизельного (литраж 7,3 л) автобуса и хранилась в газовом баллоне для СНГ. При этом возникали ряд серьезных затруднений (использование инертного вещества-

гелия для создания слоя инертного газа над топливной смесью, чтобы поддерживать ДМЭ в жидком состоянии и подталкивать смесь к топливным направляющим, быстрое увеличение давления паров ДМЭ с увеличением температуры топлива, оснащение топливного бака шестеренчатым насосом, возможные утечки паров ДМЭ в подкапотное пространство и др.), которые и увеличивают эксплуатационные затраты и усложняют процессы эксплуатации транспортного средства на этом виде топлива.

Некоторые современные научные исследования [72-75] были посвящены изучению влияния времени впрыска ДМЭ на сгорание Micro Flame Ignition (MFI) в бензиновом двигателе в целях достижения высокотемпературного сгорания и преодоления нестабильности гибридного сгорания с автоматическим воспламенением (CAI), контролируемого искровым зажиганием. Технология сжигания с микропламенным зажиганием (MFI) была изучена на бензине с впрыском топлива (PFI) в двигатель, где небольшое количество ДМЭ было непосредственно впрыснуто в цилиндр для образования множества микропламенных центров (ядра), которые инициировали и сформировали последующий процесс сгорания бензина. Результаты исследований одноцилиндрового двигателя показали, что оптимизация стратегии MFI увеличила термический КПД с 33,65% до 42,87% при 2000 мин.⁻¹ и 4 бар IMEP. Выброс NO_x был уменьшен почти до нуля, а выбросы HC и CO были на 60% ниже, чем при традиционном сжигании SI или CAI / HCCI (Hogogen Charge Compression Ignition). При этом установлено, что ранний впрыск ДМЭ в начале такта сжатия может улучшить общую реакционную способность топливовоздушной смеси в цилиндре и последующего процесса распространения пламени, а поздний впрыск ДМЭ вблизи ВМТ действовал как высокоэнергетические ядра зажигания для улучшенного процесса воспламенения. сильно разбавленных смесей.

При этом следует отметить работы, которые посвящены применению смеси СНГ и ДМЭ для различных целей. Хотя многими компаниями и специалистами ДМЭ рассматривается как альтернатива дизельному топливу

для дизелей, но он в конкретных случаях использоваться как добавка к СНГ. Поскольку ДМЭ по физико-химическим свойствам близок к сжиженному нефтяному газу и легко хранится и транспортируется. Выполненные научные работы, связанные по использованию смеси СНГ и ДМЭ в качестве моторного топлива для ДВС с искровым зажиганием выявили ряд вопросов связанные с детонацией во время сгорания и авторы разработали рекомендации по изменению формы камеры сгорания поршня. Данные научные решения хотя позволяет использовать ДМЭ с высокой концентрацией, но для этого требуется, как уже отмечено, выполнение ряд конструктивно-технологические изменения.

В этой связи в Индонезии, где имеются различные источники получения ДМЕ (особенно биомассы), в Научно-исследовательском центре нефтегазовых технологий LEMIGAS проводились эксперименты на оценку применения смеси СНГ и ДМЭ в газовых плитах домашнего хозяйства. Оценка по критериям расход тепла, топливная эффективность, стабильность пламени, безопасность и технологическая совместимость проводилась при концентрациях ДМЭ в составе СНГ от 5% до 50%. Газовая смесь с концентрацией ДМЭ 15-20% рекомендована для применения и при этом также разработаны рекомендации по реконструкции базовой газовой инфраструктуры в целях использования смеси СНГ и ДМЭ в качестве топлива в бытовых приборах.

1.4. Цели и задачи диссертационного исследования

Концепция диссертационного исследования является повышение эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающего на композитных газовых топливах(газо-эфировые смеси) на основе анализа расчета эксплуатационных показателей автомобиля и сочетающей реализацию множества технологических решений на основе системного подхода.

В целях разработки методологического подхода на основе системного анализа, характеризующей повышение энерго-экологических показателей легкового автомобиля и, следовательно, двигателя внутреннего сгорания, работающих на композитным газовом топливе, состоящее из базового топлива –сжиженного нефтяного газа и диметилового эфира, которые сравниваются также с другими моторными топливами-бензином и сжатым природным газом.

Автором диссертации выполнено комплексное исследование легкового автомобиля с ДВС искрового зажигания отечественного производства.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. Анализ выполненных научно-технических разработок по использованию ДМЭ и композитного газового топлива, состоящего из сжиженного нефтяного газа (СНГ) и диметилового эфира (ДМЭ) в качестве моторного топлива.

2. Анализ возможности и перспективы экономических секторов Республики Узбекистан по получению компонентов композитного газового топлива из местных ресурсов.

3. Обосновать состав композитного газового топлива для легкового автомобиля с ДВС искрового зажигания при сохранении базовых регулировочных параметров систем питания и зажигания.

4. Расчет показателей легкового автомобиля с ДВС искрового зажигания на базовом и композитных газовых топливах.

5. Проведение экспериментальных исследований двигателя и автомобиля, работающих на базовом и композитным газовом топливах.

6. Оценка энерго-экологической эффективности использование композитных газовых топлив и разработка рекомендаций по их применению.

Установлено, что Узбекистан (Шуртанский ГХК, Мубарекский ГПЗ, АО «Ферганаазот», АО «Навоийазот», в перспективе технология GTL) располагает достаточными производственными мощностями для получения компонентов

композитного газового топлива –сжиженного нефтяного газа и диметилового эфира.

Выводы по главе

1. Установлено, что использование эфиров, в частности диметилового эфира, в качестве добавки к различным моторным топливам являются наиболее доступным способом расширения ресурсов и обеспечения экологических показателей выпускаемых автомобильных топлив.

2. В Узбекистане освоено производство сжиженного нефтяного газа и реализована опытная технология получения диметилового эфира из природного газа.

3. Установлена целесообразная концентрация добавки диметилового эфира к сжиженному нефтяному газу, с учетом исходя из неизменности регулировочных параметров базовой системы питания и зажигания.

4. Многими странами таких как Китай, Япония, США, Россия, разработаны и приняты нормативные документы по использованию ДМЭ в качестве добавки к дизельному топливу .

5. Как показали результаты исследований зарубежных ученых добавка ДМЭ к сжиженному нефтяному газу позволяет использовать как печное топливо и композитное газовое топливо для ДВС, понижающее выбросы СО и СН в составе отработавших газов. Однако при этом несколько уменьшаются значения мощности и крутящего момента ДВС, но при этом не проведены исследования эксплуатационные показатели автомобиля на этом виде топлива.

6. В предстоящих научных исследованиях по использованию композитных газовых топлив (смесь СНГ и ДМЭ) в качестве моторного топлива на примере легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания следует учесть ряд вопросов, таких как, графо-аналитическое сравнение физико-химических свойств смеси, учесть показателей горючести, скрытая теплота парообразования и др. при расчетах, особенности конструкции системы питания и стабильности состава полученной топливной смеси в газовом баллоне в процессе его эксплуатации.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВ

2.1. Обоснование механизма действия композитных газовых топлив на эксплуатационные свойства двигателей внутреннего сгорания и легкового автомобиля

Современные экологические проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и первую очередь, связанные с выбросами парникового газа или потеплением климата явились основной причиной использования композитных газовых топлив, которые отличаются по содержанию углерода в своем составе от нефтяных (бензин, дизельное топливо) моторных топлив.

В этой связи использование различных композитных моторных топлив (смесевые топлива), которые по происхождения могут быть искусственными или биологическими, стало основными составляющими современных приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в сфере автомобильного транспорта.

Современное состояние и существующие проблемы. Известно, что использование композитного моторного топлива (например, спирты в качестве добавки к бензинам) была предпринято ещё в начале прошлго века, которое было направлено на решения других эксплуатационных проблем, чем современные экологические проблемы.

В настоящее время многие страны мира применяют в различных концентрациях содержание спиртов (метанол, этанол, бутанол и др.) в составе бензино-спиртовых топливных смесей. При этом во многих случаях разработанные

и внедренные самые разнообразные композитные топлива, состоящие из эфиров, спиртов и из побочных продуктов различных производств использовались с точки зрения уменьшения затрат их утилизации.

Однако современные энерго-экологические требования к эксплуатации автомобильного транспорта требует комплексное исследование процессов использования композитного моторного топлива на основе системного подхода.

Причем разработаны и действуют различные международные, государственные, отраслевые нормативные документации, функционируют множество международных организации, способствующие расширению применения композитных моторных топлив.

Системное представление использования эфиров и спиртов в качестве добавки к моторным топливам.

Применение системного подхода при проведении данных исследованиях позволяет научно обосновать принятие решений, которые могут дать наибольшее значение энерго-экологической эффективности использования композитных газовых моторных топлив.

Всемерное развитие и использование композитных моторных топлив на основе спиртов или эфиров (синтетического или биологического происхождения) снижает напряженность в топливообеспеченности и повышает энергетическую и экологическую безопасность любого государства.

Системное представление любой научно-технической проблемы, включая вопрос использования композитных моторных топлив с точки зрения системы представляет собой сложную структуру, состоящую из нескольких составляющих компонентов (систем), подсистем, элементов с учетом всех возможных составляющих компонентов и взаимосвязей (структурирование системы) между ними (рис. 2.1).

Такое представление использования композитных моторных топлив позволяет системно (поэтапно) изучать вопросы разработки, расчета, испытаний и эксплуатации композитных моторных топлив и, следовательно,

корректировать принятые решения на каждом этапе в зависимости от получаемых результатов [52,76-80].

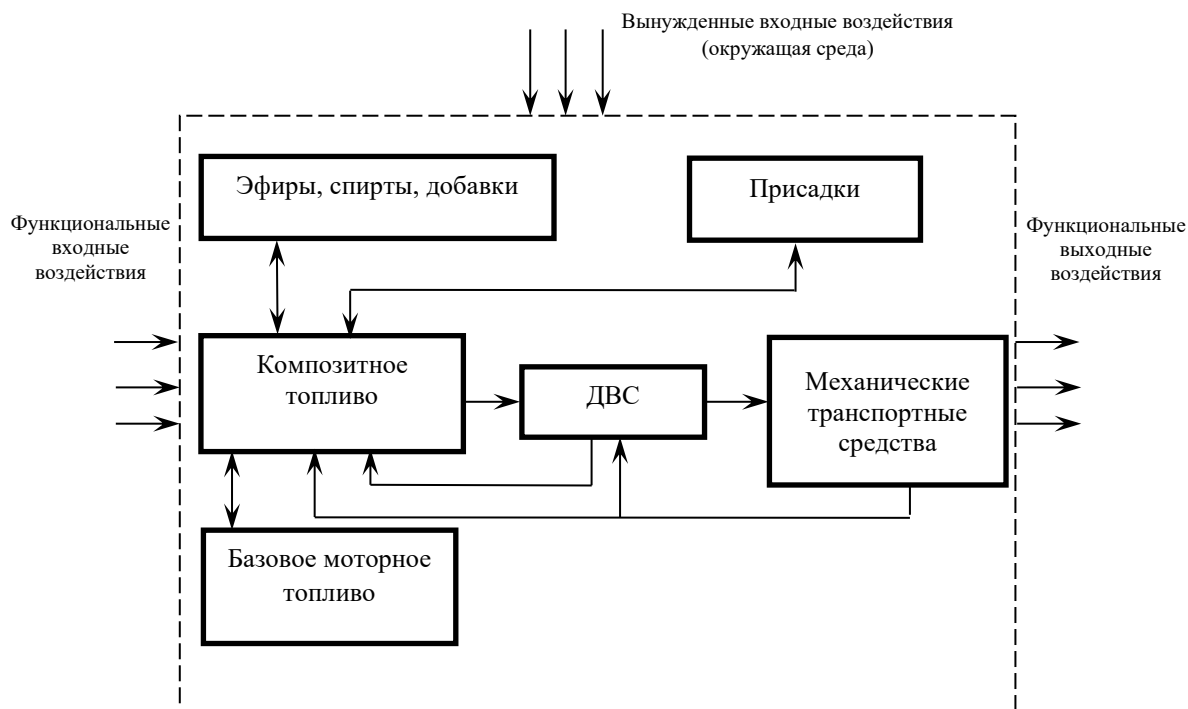


Рис. 2.1. Системное представление использования композитных моторных топлив

При этом также важным вопросом является определение критерия оценки, весомости оценочных критериев, сравнительная оценка качества объекта – композитного газового моторного топлива (СНГ+ДМЭ) по сравнению с базовым моторным топливом-СНГ, которые должны выполняться на всех этапах (разработка, испытание, эксплуатация) рассматриваемой системы.

Выбор наиболее важные общее и индивидуальные показатели качества композитного моторного топлива (количество оценочных показателей (показатели качества) в зависимости от их классификации могут быть различными.), которые в конечном итоге могут влиять на повышение эксплуатационных показателей легкового автомобиля представляют собой сложные процедуры.

В этой связи для каждой стадии (этапах) рассматриваемой системы выделяются наиболее важные, индивидуальные, комплексные или

интегральные оценочные критерии, которые наиболее полное охарактеризуют свойства используемого объекта.

Выбор оценочных критериев использования композитных газовых (СНГ+ДМЭ) моторных топлив.

Легковой автомобиль с двигателем искрового зажигания, работающий на различных (жидких и газообразных) моторных топливах, как правило в конечном итоге оценивается по значениям максимальной скорости движения (V_{max}) и времени разгона (t_p) до определенной скорости (100, 90, 60 км/ч).

При этом полученные результаты по определению составляющих компонентов отработавших газов ДВС (пробеговые выбросы вредных веществ)

позволяют анализировать взаимосвязь отдельных свойств качества используемых топлив с показателями двигателя и итоговыми показателями автомобиля.

В этой связи выбор наименования и количество оценочных критериев определяются в зависимости от стадий (этапа) рассматриваемой системы (подсистемы).

Как уже было отмечено для композитного газового топлива (СНГ + ДМЭ) оценочными критериями являются: показатели горючести (октановое число, теплотворная способность, температура самовоспламенения и воспламенения, концентрационные пределы воспламенения), теплота испарения и др., которые характеризуются конкретными числовыми значениями.

Обычно ДВС характеризуется оценочными критериями: максимальная мощность ($N_{сmax}$), наибольшее значение крутящего момента ($M_{кр.max}$), частота вращения коленчатого вала (n) при $N_{сmax}$, $M_{кр.max}$, удельный расход топлива или энергии, выбросы вредных веществ в составе отработавших газов и др..

Следует отметить, что Правилами 83 ЕЭК ООН установлены возможные соотношения значений мощности двигателя на альтернативным N_e^{AT} и базовым $N_e^{Баз}$ топливах по следующей формуле:

$$N_e^{AT} = (0.7 \dots 1.15) N_e^{Баз}. \quad (2.1)$$

Сравнительная оценка эффективности эксплуатации механических транспортных средств производится по значениям удельных приведенных затрат на транспортные работы

$$Z_{\Pi} = C_{\text{э}} + \frac{E_{\text{н}} \cdot (K + Ц_{\text{л}})}{W_{\text{г}}}, \text{ у.е./т} \cdot \text{км} \quad (2.2)$$

где $C_{\text{э}}$ – эксплуатационные расходы на выполнение транспортной работы, у.е./ т·км;

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

K – капитальные вложения, необходимые для эксплуатации транспортного средства, у.е.;

$Ц_{\text{л}}$ – ликвидационная стоимость транспортного средства, у.е.;

$W_{\text{г}}$ – среднегодовая производительность транспортного средства, т·км.

Однако с учетом современных экологических требований и тенденций устойчивого развития (здоровая среда обитания, экономическое процветание, социальная справедливость, материальное благополучие) оценку целесообразно производить по следующей формуле []

$$\left[\left(\frac{G_{\text{т}} \cdot C_{\text{т}}}{W_{\text{г}}} + Э_{\text{у}} \right) / C_{\text{с}} \right]_{\text{баз}} \geq \left[\left(\frac{G_{\text{т}} \cdot C_{\text{т}}}{W_{\text{г}}} + Э_{\text{у}} \right) / C_{\text{с}} \right]_{\text{конт}}, \text{ у.е./год} \quad (2.3)$$

где $G_{\text{т}}, C_{\text{т}}$ – годовой расход и стоимость топлива, т/год, у.е./т;

$W_{\text{г}}$ – выполненный годовой объем работы, т·км/год;

$Э$ – годовой экологический ущерб, у.е./ т·км;

$C_{\text{с}}$ – срок службы транспортного средства, год.

Эксплуатационные свойства механических транспортных средств (рис. 2.2) являются показателями качества эксплуатации машин, которые позволяют производить комплексную оценку эффективности использования машин с учетом системного подхода [81, 82].

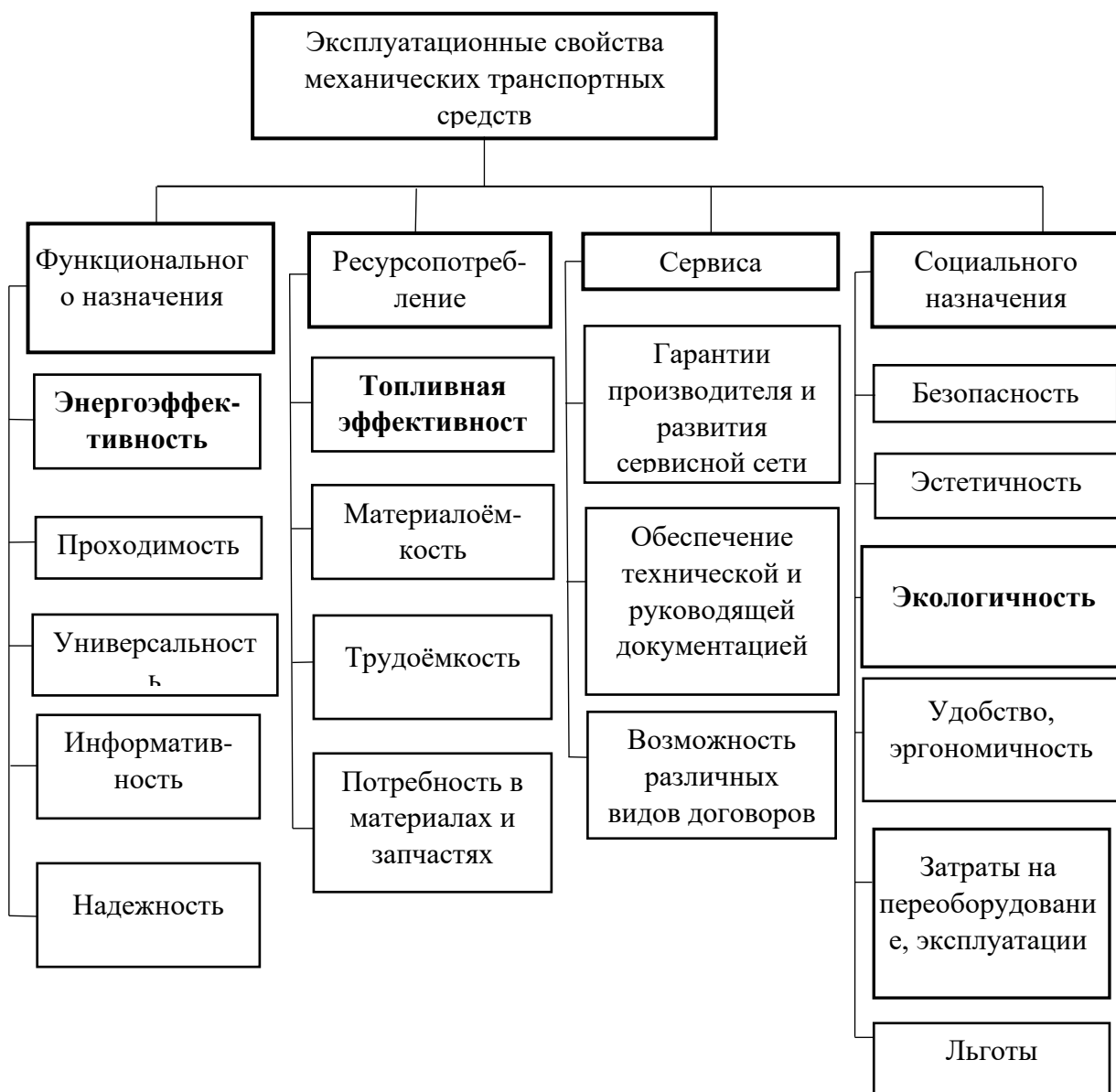


Рис.2.2. Эксплуатационные свойства механических транспортных средств

Использование композитного газового моторного топлива для легкового автомобиля может быть в основном изучено с позиций энергоэффективности, топливной эффективности и экологичности.

Уже было отмечено, что использование эфиров и спиртов в качестве заменителей нефтяных моторных топлив имеет ряд бесспорных преимуществ, таких как, углеродный цикл, характеризующиеся минимальной продолжительностью реакции окисления (благодаря образованию радикалов, активизирующих реакции окисления), благоприятное соотношение С:Н по

сравнению с бензином и дизельным топливом и высокие антидетонационные свойства, а также способствует использованию низкоуглеродной технологии на транспорте.

В целом процессы изучения механизма действия любого моторного топлива, включая комбинированных газовых топлив, на эксплуатационные показатели легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания всегда связаны с исходными материалами-основными физико-химическими, теплофизическими, теплотехническими и другими свойствами исследуемых топлив (табл. 2.1).

Таблица 2.1.

Сравнительные показатели различных моторных топлив

Показатели	Топливо					
	Бензин	Дизельное топливо	СПГ	СНГ		ДМЭ
Химическая формула	C_8H_{18}	$C_{15}H_{32}$	CH_4	C_3H_8	C_4H_8	C_2H_6O
Молекулярная масса	114,5	190	16	44	58	46,07
Элементарный состав:						
С	85,5	86	74,6	82	82	52,2
Н	14,5	13	25,4	18	18	13,0
О	0,1	1	—	—	—	34,8
Соотношение С:Н	5,3	6,62	2,93	4,55	4,55	4,02
Плотность, г/см ³ (кг/м ³)						
жидкостной фазы	0,720	0,85	0,5	0,509	0,582	0,68
газовой фазы	1,07	1,23	0,68	2,018	2,703	(2,1)
Нижняя теплота сгорания, МДж/кг топлива	44	42	49,5	46,5	45,5	28,4
горючей смеси $d=N_{max}$	3,10	2,09	2,63	3,02	3,02	1,06
Температура воспламенения (самовоспламенения), °С	470...530 (220)	290...310 (430)	680...700 (570)	475...580 (520)	475...580 0 (520)	235 (350)

Предел воспламеняемости воздухе, % нижний верхний	1,4 7,4	0,6 6,5	5,3 15,0	1,8 9,5	1,8 9,5	3,4 18,0
Коэффициент избытка воздуха оответствующий: пределу воспламенения максимальной мощности	0,7...1,1 0,85...0,95	0,9...5,0 1,3...1,5	0,7...1,3 1,05...1,15	0,7...1,2 0,3...1,05	0,7...1,2 0,3...1,0 5	3,4...34 3,0...4,5
Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания топлива , кг/кг	14,85	14,35	17,1	15,2	15,2	9
Октановое число, ОЧМ	76-98	-	115-120	100-105		-
Цетановое число	-	45-55	-	-		55-60

Из приведенных данных следует, что при определенных концентрациях ДМЭ в составе СНГ следует прогнозировать, что горючесть (октановое число, плотность, теплота сгорания, концентрационные пределы воспламеняемости, температура воспламенения и самовоспламенения и др.) и другие свойства качества композитного газового топлива может оказать существенную влиянию по повышению эксплуатационных показателей легкового автомобиля с ДВС искрового зажигания.

Октановое число или антидетонационная стойкость композитного газового топлива является показателем, которого следует обосновать.

В соответствии с Всемирной топливной Хартией [83] к октановому числу автомобильных моторных топлив предъявляются следующие требования (таб.2.2)

Пределные значения октановых чисел современных автомобильных
бензинов

Наименование показателя	Марка бензина	Пределные значения	
		Мин.	Макс.
Октановое число по исследовательскому методу	91	91	-
Октановое число по моторному методу	91	82	-
Октановое число по исследовательскому методу	95	95	-
Октановое число по моторному методу	95	85	-
Октановое число по исследовательскому методу	98	98	-
Октановое число по моторному методу	98	88	-

Известно, что ДМЭ имеет довольно высоко (более 55) цетановое число (ЦЧ), которое связано с октановым числом (ОЧ) бензинов или других моторных топлив для ДВС с искровым зажиганием по следующей формулой:

$$\text{ЦЧ} = 60 - \text{ОЧ}/2 \text{ или } \text{ЦЧ} = (120 - \text{ОЧ})/2 \quad (2.4)$$

Тогда значения ОЧ бензинов или моторных топлив для двигателя внутреннего сгорания искрового зажигания определяется по формуле:

$$\text{ОЧ} = 120 - 2\text{ЦЧ} \quad (2.5)$$

Результаты выполненных аналитических расчетов изменения ОЧ композитных газовых топлив представляется в виде таблицы (таб 2.3)

Таким образом предельная концентрация ДМЭ в составе СНГ по допустимому значению ОЧ или по антидетонационной стойкости композитного газового топлива составляем не более 10%. Следует добавить,

что данная концентрация может несколько измениться по результатам экспериментальных исследований.

Таблица 2.3.

Октановое число различных моторных топлив

Топливо	Октановое число-ОЧ	Изменение значения ОЧ	Действительное значение ОЧ	Примечание
СНГ	100-105	-	100	Норма
ДМЭ	10	-	10	-
СНГ95+ДМЭ05	96	4	96	Норма
СНГ90+ДМЭ10	91	9	91	Норма
СНГ85+ДМЭ15	86,5	13,5	86,5	Ограничение

При этом получено регрессионное уравнение, полученное методом наименьших квадратов по расчету ОЧ композитного газового топлива в зависимости от концентрации ДМЭ в составе СНГ, а также графическое объяснение данного результата (рис.2.3)

$$ОЧ = - 1,18 К_{ДМЭ} + 100,6 \quad (2.6)$$

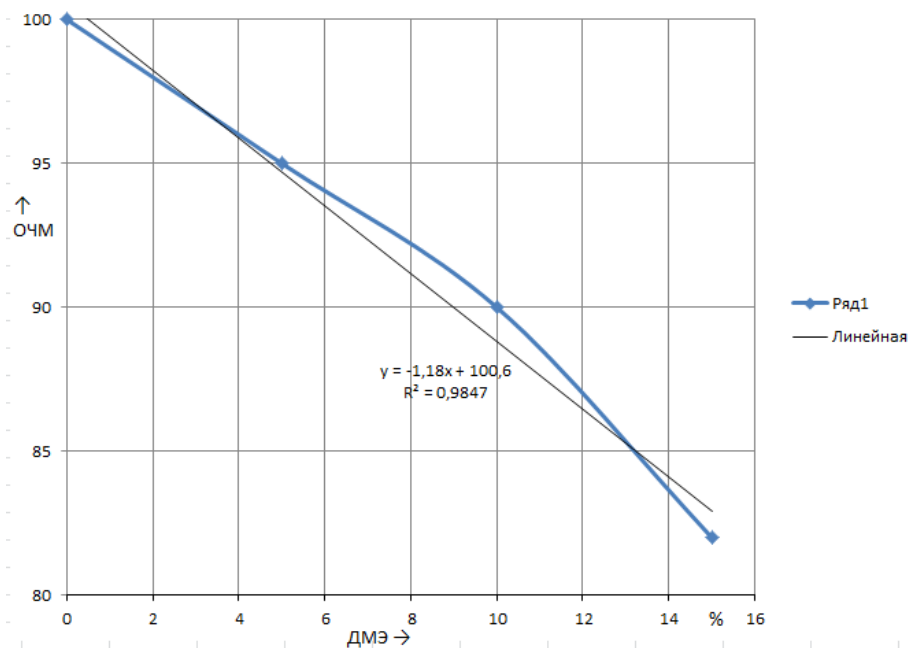


Рис. 2.3. Изменения значений ОЧМ композитного газового топлив в зависимости от концентрации ДМЭ в составе СНГ

2.2. Расчет показателей легкового автомобиля, работающих на КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВАХ

Современный легковой автомобиль с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания и инжекторной системой питания в процессе эксплуатации вырабатывая энергию, работает в широком диапазоне нагрузочных и скоростных режимов и оснащен системой управления, обеспечивающие установленные требования энерго-экологические требования.

В настоящее время существующие методики оценки показателей автомобиля (двигателя) позволяет с достаточной степенью точности аналитическим путем определения основных параметров, показателей, характеристик и определить степени совершенства показателей автомобиля (действительного цикла двигателя), работающих на различных топливах (базовые, композитные). При этом результаты полученных расчетных показателей, характеристик автомобиля (двигателя) , как правило, сопоставляется с экспериментальными данными [84-86].

Отличительные особенности расчета показателей легкового автомобиля, работающего на композитном топливе, заключается в расчете значений некоторых параметров по правилу аддитивности (экстенсивности), как аддитивные величины(теплотворная способность топлива и горючей смеси, коэффициент избытка воздуха, элементарный состав топлива, теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания единицы топлива, содержание отдельных компонентов продуктов сгорания и др.

Согласно, данного принципа аддитивные параметры (на примере низшей теплотворной способности) композитного топлива вычисляется по формуле:

$$H_n = H_1 m_1 + H_2 m_2 + \dots + H_n m_n, \text{ МДж/кг (2.7)}$$

где H_1, H_2, \dots, H_n – низшая теплотворная способность компонентов композитного топлива, m_1, m_2, \dots, m_n – массовые или объёмные доли компонентов в композитном топливе.

Расчет показателей двигателя A15MF DOHC 4V и автомобиля NEXIA 3 производился на топливах:

1. Сравнимое базовое топливо – Бензин АИ-91
2. Основное базовое топливо – Сжиженный нефтяной газ (СНГ100)
3. Композитное газовое топливо- СНГ+4...6%ДМЭ(СНГ95+ДМЭ05)
4. Композитное газовое топливо- СНГ+8...10%ДМЭ(СНГ90+ДМЭ10)
5. Композитное газовое топливо- СНГ+14...16%ДМЭ(СНГ85+ДМЭ15)

Разработанная методика (Приложение 1) расчета показателей легкового автомобиля производился применением программы Microsoft Excel, которая была модернизирована с учетом возможности одновременных параллельных вычислений для шести моторных топлив. (табл. 2.2), что позволяет выбрать соответствующих значений исходных данных и анализировать полученных сравнительных результатов.

Обобщенные сравнительные результаты расчётных показателей рабочего цикла двигателя приводятся в виде таблицы (табл. 2.4)

Таблица 2.4.

Обобщенные сравнительные результаты расчётных показателей рабочего цикла ДВС ($n=5600$ мин.⁻¹).

№	Наименование	Ед. изм.	Топливо				
			Бензин АИ-91	СНГ	СНГ95 +ДМЭ05	СНГ90 +ДМЭ10	СНГ85 +ДМЭ15
1	Номинальная мощность	кВт/мин. ⁻¹	68,08	69.83	70,5	70,68	68,1
2	Крутящий момент	Нм/мин. ⁻¹	116	119	120,28	120,59	110,37
3	Часовой расход топлива	кг/ч	16.83	15,02	14,63	14,98	14,00

4	Удельный расход: - топлива -энергии	г/кВт·ч МДж/кВт·ч	247,3	215,1	207,6	211,9	216,4
5	Низшая теплота сгорания топлива	МДж/кг	44	46	45,1	44,3	43,4
6	Теоретическая необходимое количество воздуха для полного сгорания топлива	кг/кг	14,85	15,2	14,9	14,6	14,3
7	Теплота сгорания рабочей смеси при α_{Nmax}	МДж/кг	3,1	3,02	3,0	2,9	2,8
8	Среднее эффективное давления	МПа	0,913	0,937	0,946	0,948	0,949
9	Эффективный КПД	%	0,331	0,364	0,384	0,383	0,383

Эффективность эксплуатации автомобилей в значительной степени определяется характеристиками используемых в них двигателей внутреннего сгорания, которые в свою очередь зависят от свойств применяемых моторных топлив.

При этом важное значение имеет форма и характер изменения показателей (крутящий момент, мощность) внешней скоростной характеристики двигателя, работающего на комбинированных топливах. Производители ДВС, как правило, форму ВСХ выбирают с учетом конкретных эксплуатационных условий и требований к мощностным, топливно-экономическим и экологическим показателям двигателя. При этом необходимо также важно обеспечивать требуемые значения коэффициента приспособленности по крутящему моменту (K_M), частота вращения (K_n) в целях достижения устойчивости режимов работы двигателя в условиях эксплуатации.

Математическое описание ВСХ двигателя работающего на различных топливах (базовые и композитные) позволяет выполнить указанных выше задач.

Наиболее известным универсальным методом математического описания ВСХ является метод С.Р.Лейдермана, где текущее значение мощности двигателя определяется по формуле:

$$N_e = N_{e \max}(n/n_N) [a + v(n/n_N) - c(n/n_N)^2], \text{ кВт (2.8)}$$

где, $N_{e \max}$ – максимальная мощность двигателя на номинальном режиме, работающий на композитных газовых топливах; a , v , c – полиномиальных коэффициенты, зависящие от типа двигателя (систем питания, топлива), которые могут быть уточнены по результатам экспериментальных исследований; n/n_N – соотношение текущего значения и при максимальной мощности частоты вращения коленчатого вала.

Удельный расход топлива, в искомой точке ВСХ определяется по формуле:

$$g_e^{KT} = g_{eN}(n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2], \text{ г/кВт·ч (2.9)}$$

где, g_{eN} – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя на номинальном режиме, работающий на композитных газовых топливах;

n/n_N – соотношение текущего значения и при максимальной мощности частоты вращения коленчатого вала.

Значения полиномиальных коэффициентов рассчитывается по формулам:

$$a = (K_M K_n(2 - K_n) - 1)/(K_n(2 - K_n) - 1), \text{ (2.10)}$$

$$v = (2K_n(K_M - 1))/(K_n(2 - K_n) - 1), \text{ (2.11)}$$

$$c = (K_n(K_M - 1))/(K_n(2 - K_n) - 1), \text{ (2.12)}$$

где, $K_M = M_{e\max}/M_{eN}$ – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту; $K_n = n_N/n_M$ – приспособляемости по частоте вращения коленчатого вала.

Результаты выполненных расчетов по определению значений коэффициентов приспособленности и полиномиальных приводятся в виде таблицы (табл. 2.4).

Таблица 2.5.

Коэффициенты приспособляемости по крутящему моменту, частоте вращения коленчатого вала и полиномиальные

№	Коэффициенты	Топливо				
		Бензин АИ-91	СНГ	СНГ95 +ДМЭ05	СНГ90 +ДМЭ10	СНГ85 +ДМЭ15
1	K_M	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
2	K_n	1,7	1,698	1,698	1,698	1,698
3	a	0,87	1,13	1,13	1,13	1,13
4	b	0,87	1,13	1,13	1,13	1,13
5	c	0,87	1,13	1,13	1,13	1,13

Обычно рекомендуется устанавливать значения n/n_N по десяти (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110%) точкам для двигателя выводим эмпирические зависимости мощности, удельного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя, работающего на различных топливах. На практике же ограничиваются до семи точек (рис.2.3).

$$N_e^{AI-91} = N_{e\max} (n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2] = 81 \text{ кВт}$$

$$N_e^{СНГ} = N_{e\max} (n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2] = 78 \text{ кВт}$$

$$N_e^{СНГ95+ДМЭ05} = N_{e\max} (n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2] = 77.6 \text{ кВт}$$

$$N_e^{СНГ90+ДМЭ10} = N_{e\max} (n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2] = 78 \text{ кВт}$$

$$N_e^{СНГ85+ДМЭ15} = N_{e\max} (n/n_N) [a + b(n/n_N) - c(n/n_N)^2] = 77.4 \text{ кВт}$$

$$g_e^{AI-91} = g_{eN} (n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2] = 318,2 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_e^{СНГ} = g_{eN} (n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2] = 319,80 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_e^{СНГ95+ДМЭ05} = g_{eN} (n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2] = 320 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_e^{CHG90+DMЭ10} = g_{eN} (n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2] = 319,4 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_e^{CHG85+DMЭ15} = g_{eN} (n/n_N) [1,2 - 1,2(n/n_N) + (n/n_N)^2] = 326,80 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$$

Текущие значения крутящего момента и часового расхода топлива, необходимые для построения ВСХ по полученным текущим значениям мощности и удельного расхода топлива рассчитываются по формулам:

$$M_{ex} = 3 \cdot 10^4 N_{ex} / (\pi n_x), \text{ Нм} \quad (2.13)$$

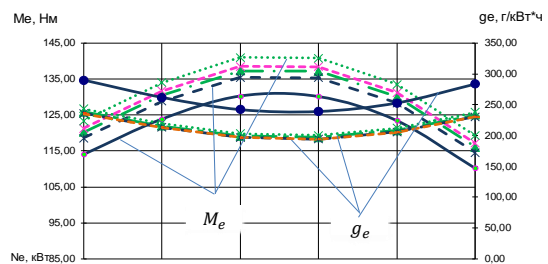
$$G_{Tx} = 10^{-3} g_{ex} N_{ex}, \text{ кг/ч} \quad (2.14)$$

Расчетная внешняя скоростная характеристика ДВС на базовом бензине, СПГ, СНГ и композитном газовом топливе (СНГ95+DMЭ5, СНГ90+DMЭ10, СНГ85+DMЭ15).

Результаты расчета на базовом бензине (AI-80)

n_e , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{Tx}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	11,94	114,05	290,02	3,46	0,974	0,919	0,96
1800	23,35	123,89	261,97	6,12	0,974	0,976	0,96
2800	38,20	130,29	242,07	9,25	0,972	0,996	0,96
3800	51,79	130,14	239,04	12,38	0,968	0,989	0,96
4800	62,04	123,44	252,86	15,69	0,959	0,946	0,96
5800	66,92	110,18	283,54	18,98	0,948	0,882	0,96

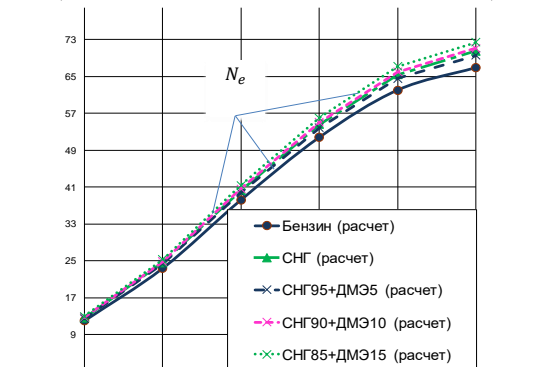
Исходные данные:
 $N_e = 66,921866$ кВт
 $g_e = 283,54288$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho = 14,956522$ кг
 $\rho_c = 1,1875$ кПа
 $\Pi = 43,9295$ МДж/кг
 $\Pi_m = 3,0595279$ МДж/кг
 $\alpha = 0,96$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм



Результаты расчета на топливе СНГ

n_e , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{Tx}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,59	120,20	238,6	3,00	0,876	0,959	1,05
1800	24,61	130,57	215,6	5,31	0,876	1,018	1,05
2800	40,26	137,31	199,2	8,02	0,875	1,040	1,05
3800	54,58	137,15	196,7	10,74	0,871	1,032	1,05
4800	65,39	130,09	208,1	13,61	0,863	0,987	1,05
5800	70,53	116,12	233,3	16,46	0,853	0,921	1,05

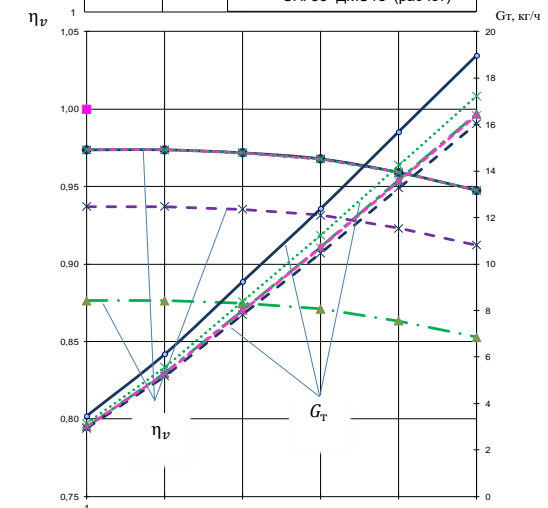
Исходные данные:
 $N_e = 70,529451$ кВт
 $g_e = 233,31842$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho = 15,304348$ кг
 $\rho_c = 1,1875$ кПа
 $\Pi = 48,6893$ МДж/кг
 $\Pi_m = 3,0299077$ МДж/кг
 $\alpha = 1,05$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм



Результаты расчета на композитном газовом топливе (СНГ95+DMЭ5)

n_e , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{Tx}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,42	118,60	235,89	2,93	0,937	0,919	1,2
1800	24,28	128,83	213,08	5,17	0,937	0,976	1,2
2800	39,72	135,48	196,90	7,82	0,935	0,996	1,2
3800	53,85	135,32	194,43	10,47	0,932	0,989	1,2
4800	64,52	128,36	205,67	13,27	0,923	0,946	1,2
5800	69,59	114,58	230,6	16,05	0,912	0,882	1,2

Исходные данные:
 $N_e = 69,58849$ кВт
 $g_e = 230,62964$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho = 14,994565$ кг
 $\rho_c = 1,1875$ кПа
 $\Pi = 47,52323$ МДж/кг
 $\Pi_m = 2,6411364$ МДж/кг
 $\alpha = 1,2$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм



Результаты расчета на композитном газовом топливе (СНГ90+DMЭ10)

n_e , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{Tx}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,70	121,29	235,77	2,99	0,974	0,953	1,25
1800	24,83	131,75	212,97	5,29	0,974	1,012	1,25
2800	40,63	138,56	196,80	8,00	0,972	1,033	1,25
3800	55,07	138,40	194,33	10,70	0,968	1,026	1,25
4800	65,98	131,27	205,57	13,56	0,959	0,981	1,25
5800	71,17	117,18	230,5	16,41	0,948	0,915	1,25

Исходные данные:
 $N_e = 71,170917$ кВт
 $g_e = 230,5109$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho = 14,684783$ кг
 $\rho_c = 1,1875$ кПа
 $\Pi = 46,4606$ МДж/кг
 $\Pi_m = 2,5313857$ МДж/кг
 $\alpha = 1,25$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм

Результаты расчета на композитном газовом топливе (СНГ85+DMЭ15)

n_e , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{Tx}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,92	123,42	243,36	3,15	0,974	0,958	1,3
1800	25,27	134,06	219,82	5,55	0,974	1,017	1,3
2800	41,34	140,99	203,13	8,40	0,972	1,039	1,3
3800	56,04	140,82	200,58	11,24	0,968	1,031	1,3
4800	67,14	133,57	212,18	14,25	0,959	0,986	1,3
5800	72,42	119,23	237,9	17,23	0,948	0,92	1,3

Исходные данные:
 $N_e = 72,416899$ кВт
 $g_e = 237,92944$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho = 14,375$ кг
 $\rho_c = 1,1875$ кПа
 $\Pi = 45,40889$ МДж/кг
 $\Pi_m = 2,4299072$ МДж/кг
 $\alpha = 1,3$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм

Рис. 2.3. Расчетная внешняя скоростная характеристика ДВС на различных (базовые и композитные газовые) топливах

2.3. Прогнозирование и оценка эксплуатационных показателей легкового автомобиля, работающего на композитном газовом топливе

Общеизвестно, что стандартные жидкие моторные топлива нефтяного происхождения периодически подвергаются классификационным испытаниям в целях установления их свойств качеств [87, 88].

Альтернативные моторные топлива , которые могут быть по агрегатному состоянию жидкими или газообразными требуют отличительные подходы их использования в качестве заменителя стандартного нефтяного моторного топлива или добавки к ним.

В этой связи методологические подходы к требуемым испытаниям несколько могут изменяться.

Одной из преимуществ жидких альтернативные моторные топлива, например, спиртов (метанол, этанол, бутанол) сопоставимость их моторных свойств со свойствами стандартных нефтяных бензиновых топлив, имеющие высокие антидетонационные свойства спиртов и с учетом возможности их производства из не нефтяного сырья позволяют рассматривать в качестве перспективного высокооктанового компонента современных автомобильных бензинов.

При этом полученные композитные жидкие моторные топлива с соответствующей концентрацией (минимальная или максимальная) могут также, как стандартные моторные топлива оцениваться по требованиям действующих нормативных документаций (рис. 2.4).

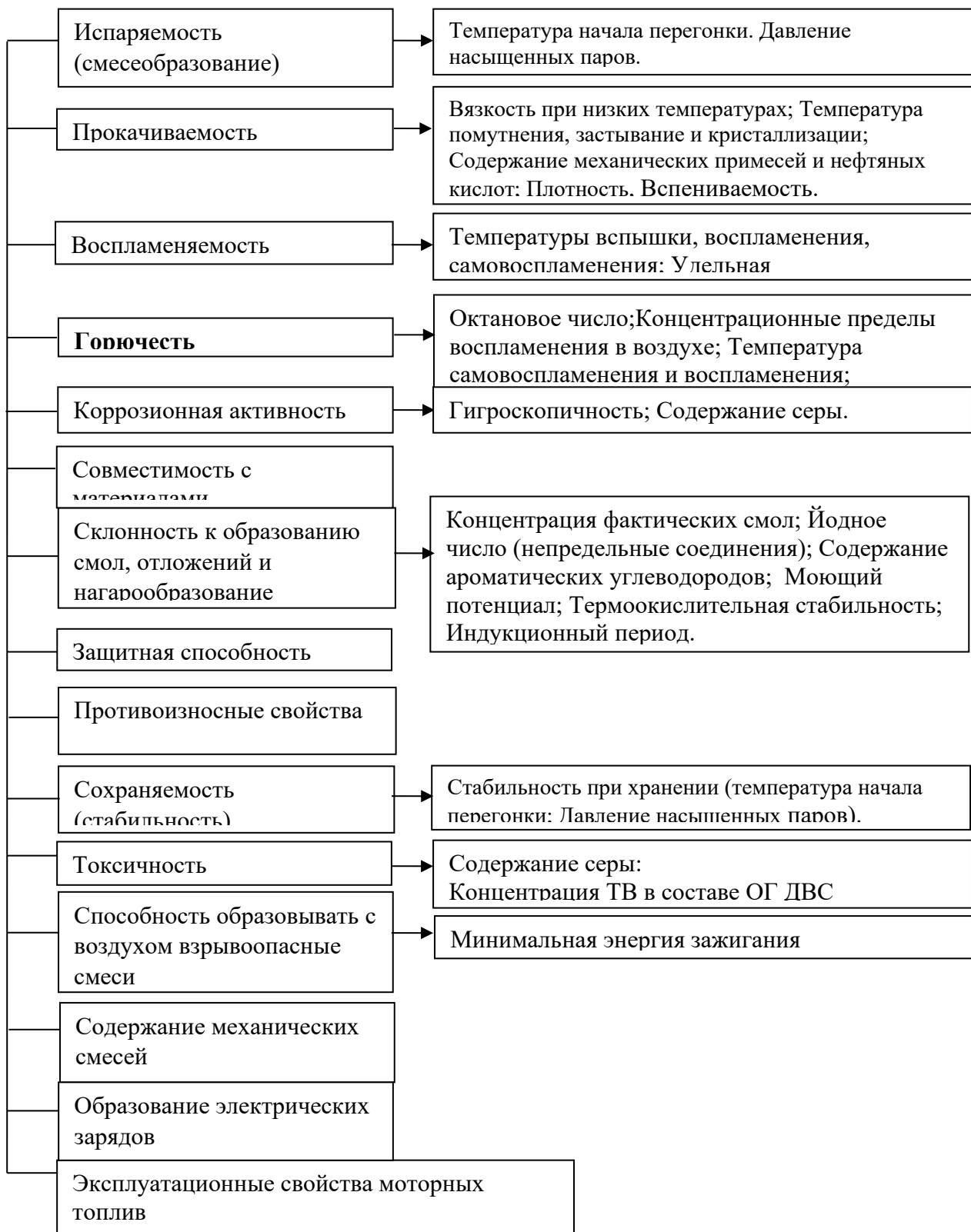


Рис.2.4. Оценка эксплуатационных свойств моторных топлив

Однако композитные газовые моторные топлива требуют несколько отличительные методологические подходы к требуемым испытаниям. Причем

многие свойства качества газовых моторных топлив (концентрационные пределы воспламенения, теплота испарения, температуры самовоспламенения и воспламенения, соотношение С:Н, теплота паробразования и др.) могут косвенно влиять на процессы, происходящие в цилиндры ДВС и в эксплуатации автомобиля.

В этой связи предлагается обобщенный подход выбора оценочных критериев топлива и композитных моторных топлив (рис. 2.5), который основан на подходы ранее выполненных научных работ.

Следует особенно отметить значение соотношения С:Н и содержание кислорода, необходимые для проведения расчетов показателей рабочего цикла двигателя, а также влияющие на выбросы двуокиси углерода (CO_2), как основного парникового газа и других токсических компонентов отработавших газов ДВС.

Диметиловый эфир (ДМЭ) широко используется, как полноценный экологически чистый заменитель (полностью или частично) дизельного топлива (ДТ). При том признак композитного моторного топлива проявляется при частичном использования ДМЭ (например, жидкостно-газовая система питания) в качестве заменителя ДТ.

Сжиженный нефтяной газ (СНГ), состоящий из пропан-бутановой смеси в основном используется в качестве моторного топлива для ДВС искрового зажигания, имеющий достаточно современные свойства качеств.

Сравнительный анализ свойств СНГ и ДМЭ показали, что использования их смеси в качестве композитного газового моторного топлива для легкового автомобиля с ДВС искрового зажигания является действенной научно-технической мерой, направленной на увеличение ресурсов экологически чистых моторных топлив и защиты окружающей среды.



Рис. 2.5. Обобщенный подход выбора оценочных критериев моторных

Выводы по главе

1. Системное представление использования альтернативных моторных топлив в качестве заменителя моторных топлив нефтяного происхождения позволяет комплексно оценить работу транспортного средства (двигателя).
2. Диметиловый эфир (ДМЭ) используется в основном, как экологически чистый заменитель дизельного топлива.
3. Применение композитного газового моторного топлива в виде смеси сжиженного нефтяного газа (СНГ) и ДМЭ для легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания позволяет получить моторное топлива с улучшенными экологическими свойствами.
4. Исследования по пользованию композитного газового моторного топлива в виде смеси СНГ и ДМЭ следует проводить поэтапно на основании полученных аналитических результатов.

ГЛАВА 3. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВ

3.1. Цели, задачи экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились с целью подтверждения расчетно-теоретических исследований, связанных с повышением эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающего на композитных газовых топливах.

Исходя из этого задачами проводимых экспериментальных исследований являлись:

лабораторные исследования физико-химических свойств композитных газовых топлив;

стендовые исследования двигателя с искровым зажиганием, работающего на базовом и композитных газовых топливах;

полигонные исследования легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающего на базовом и композитных газовых топливах;

эксплуатационные исследования легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающим на композитных топливах, для выявления особенностей их использования в качестве моторного топлива.

Поэтапное проведение данных экспериментальных исследований позволяет комплексно изучить особенности использования композитной газовой смеси (СНГ+ДМЭ) в качестве моторного топлива и одновременно, снизить затраты проводимых научных работ.

В обобщенном виде намеченные этапы проводимых экспериментальных исследований композитных газовых топлив и основные выполняемые работы приводятся в виде таблицы (табл. 3.1)

Основные этапы проведения экспериментальных исследований

№	Наименование этапа	Выполняемые работы
1	Лабораторные	Расчетно-экспериментальное определение основных показателей качеств композитных газовых топлив (октановое число, давление насыщенных паров, плотность и др.)
2	Стендовые	Сравнительные исследования показателей ДВС с искровым зажиганием на базовом и композитных газовых топливах
3	Полигонные	Установление скоростных, разгонных, экологических показателей легкового автомобиля на базовом и композитных газовых топливах
4	Эксплуатационные	Исследование особенностей использования композитного газового топлива в реальных условиях (стабильность состава смеси, расход топлива, конструкция и возможные неисправности газового баллона и др.)

3.2. Методика экспериментальных исследований

Методика настоящих экспериментальных исследований базируются на основных положениях действующих нормативных, технических и руководящих документов [89-92].

Расчетно-экспериментальное определение физико-химических свойств композитных топлив проводились по основным показателям качества: октановое число, давление насыщенных паров, плотность и др.

В целях проведения экспериментальных исследований разработаны и созданы оригинальные системы (газовые баллоны для композитных газовых топлив, заправка газовых баллонов с различной концентрацией СНГ+ДМЭ, легковой автомобиль, оснащенный несколькими (бензин, сжатый природный газ, сжиженный нефтяной газ, смесь СНГ+ДМЭ) системами питания, система

измерения компонентов отработавших газов во время движения автомобиля и др.).

В процессе полигонных исследований определения экологических показателей легкового автомобиля, работающего на различных топливах отбор выхлопных газов для анализа производился до нейтрализатора-катализатора в целях оценки уровня его нагрузки в зависимости от вида используемого топлива.

Различное содержание ДМЭ в составе СНГ определялось исходя из неизменности базовых регулировочных данных двигателя и устанавливались по результатам теплового расчета.

В экспериментальных исследованиях приняты следующие базовые и композитные газовые моторные топлива с инжекторными системами питания:

- 1.Сравнимое базовое топливо – Бензин АИ-91
2. Основное базовое топливо – Сжиженный нефтяной газ (СНГ100)
- 3.Композитное газовое топливо- СНГ+4...6%ДМЭ(СНГ95+ДМЭ05)
4. Композитное газовое топливо- СНГ+8...10%ДМЭ(СНГ90+ДМЭ10)
5. Композитное газовое топливо- СНГ+14...16%ДМЭ(СНГ85+ДМЭ15)

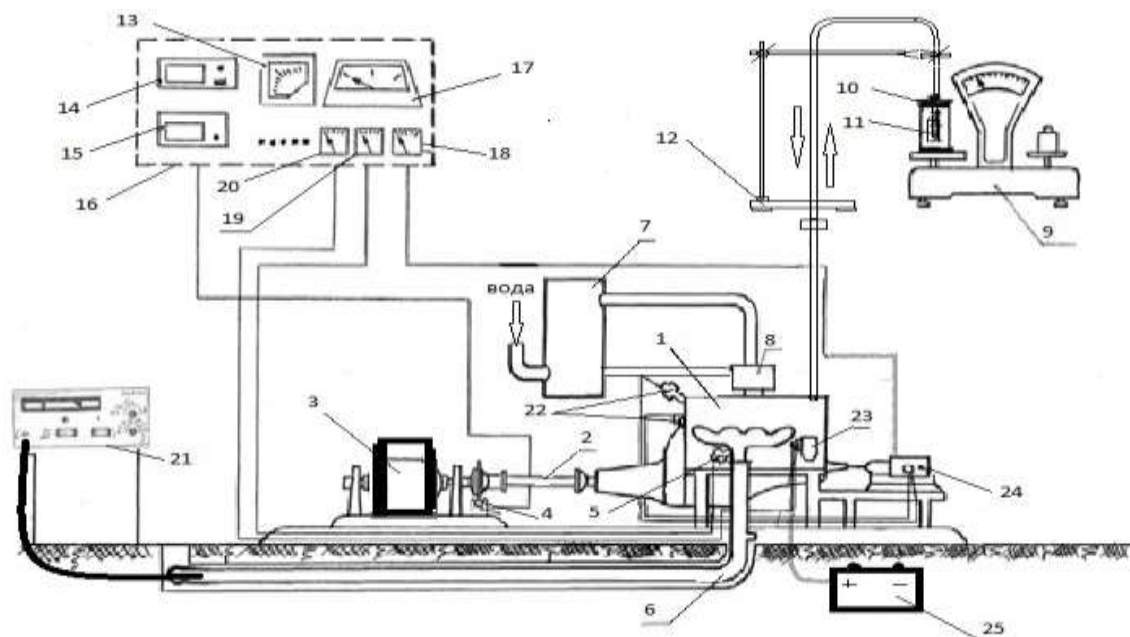


Рис. 3.1. Принципиальная схема стендовых экспериментальных исследований.

Стендовые экспериментальные исследования проводились с целью оценки показателей и надежности деталей, узлов двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием на выбранном виде композитных газовых топлив (рис. 3.1).

1-Испытуемый ДВС. 2-Карданный вал, 3-Индукторное тормозное устройство. 4-Динамометр, 5- Термопара для измерения температуры отработавших газов. 6-Трубопровод отработавших газов. 7-Система охлаждения (водяная), 8-Термостат. 9-Весы для измерения расхода топлива, 10-специальная посуда для композитного топлива, 11-топливный насос, 12-штатив для поддержки патрубки подачи топлива, 13-стрелочный тахометр, 14-цифровой динамометр, 15-цифровой электронный секундомер, 16-пульт управления, 17-термометр для измерения температуры ОГ, 18-термометр для измерения температуры окружающей среды. 19-термометр для измерения температуры блока цилиндров, 20-термометр для измерения температуры охлаждающей жидкости . 21-Газоанализатор для определения состава ОГ, 22-термодатчик для измерения температуры блока цилиндров, 23-стартер, 24-регулятор дроссельной заслонки, 25-аккумуляторная батарея.

Стендовые исследования двигателя проводились на базе индукторного тормозного стенда «SchenkWS-230» (Германия).

Полигонные экспериментальные испытания предназначены для подтверждения полученных показателей и характеристик ДВС при стендовых исследованиях уже в составе автомобиля, результаты которых сравниваются с расчетными данными.

Полигонные исследования проводились на Пскентском автополигоне с использованием испытательных оборудований и приборов НИПО «STANDART» (рис. 3.4).

Эксплуатационные экспериментальные исследования предназначены для выявления особенностей использования нового топлива – композитного газового моторного топлива(СНГ+ДМЭ) в реальных условиях.

3.3. Испытательные оборудования и контрольно-измерительные приборы для экспериментальных исследований

В процессе экспериментальных исследований использованы испытательные установки, контрольно-измерительные приборы лаборатории ТИПСЭАД, НИРО «STANDART», АО «Ферганаазот», ФерПИ, где определялись физико-химические свойства качеств композитных газовых топливах, конструктивно-технологические особенности газовых баллонов СНГ+ДМЭ, производился анализ показателей ДВС на различных моторных топливах и устанавливались эксплуатационные показатели легкового автомобиля, работающего на различных видах моторных топлив (рис. 3.2- 3.5)



Рис. 3.2. Фрагменты лабораторных исследований



Рис. 3.3. Проведение стендовых исследований на индукторном тормозном стенде «SchenkWS-230»



Рис. 3.4. Фрагменты полигонных исследований



Рис. 3.5. Фрагменты эксплуатационных исследований

Перечень использованных испытательных и контрольно-измерительных оборудований, приборов приводится в Приложении 2.

3.4. Результаты лабораторных, стендовых, полигонных и эксплуатационных исследований

Исследования композитных газовых моторных топлив базировались на продукции, выпускаемой Ферганским НПЗ, Шуртанским ГХК, ОАО «Навоийазот» и Ленинградской компании ЕАС. Основные показатели качества использованных базовых и композитных моторных топлива приводятся в виде таблицы (табл. 3.2.).

Таблица 3.2.

Показатели качества базовых и композитных газовых топлив

№	Наименование продукции	Бензин АИ-91	СНГ	ДМЭ	СНГ95+ ДМЭ05	СНГ90+ ДМЭ10	СНГ85+Д МЭ15

1	Химическая формула	C_8H_{18}	$C_{3,4}H_{8,10}$	C_2H_6O	-	-	-
2	Температура кипения, °С	35...180	-42	-25	-40	-38	-36
3	Октановое число, ОЧМ	82...88	105-110	-	96	91	86,5
4	Теплота испарения, МДж/кг	0,36	0,41	0,46	0.4125	0,415	0,4175
5	Теплотворная способность, МДж/кг (МДж/л)	43,93 (32)	46.0	29	45,15	44,3	43,45
6	Кинематическая вязкость при 20°С, сСт	0,6	0,17	0,15	0,169	0,167	0.166

Следует отметить, что давление насыщенных паров (ДНП) и плотность композитного газового топлива (СНГ+ДМЭ), оказывает заметное влияние на эффективность подачи газового топлива в двигатель и на показатели автомобиля, работающего на этом виде топлива.

В этой связи в процессе проведения лабораторных исследований расчетно-экспериментальным способом были получены изменения давление насыщенных паров и плотности составляющих компонентов композитного газового топлива в зависимости от температуры на основе данных составляющих компонентов (рис3.6).

В эксплуатационных условиях паровая (газовая) подушка заправленного топлива в газовом баллоне для обеспечения условий безопасной эксплуатации должна иметь определенный объём (не менее 20%).

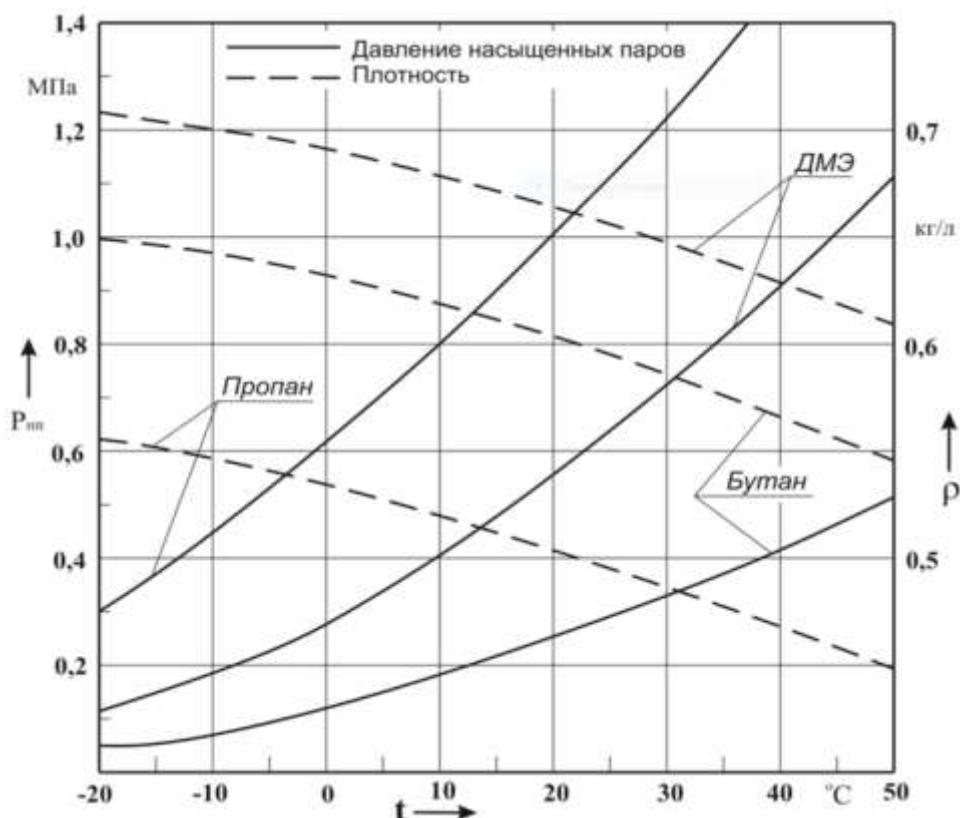


Рис. 3.6. Изменения давление насыщенных паров и плотности композитного газового топлива в зависимости от температуры

Абсолютное давление композитного газового топлива (СНГ + ДМЭ) в баллоне или давление насыщенных паров может быть определено через парциальное давление отдельных компонентов

$$P_{\text{с}} = \sum X_i P_i, \text{ МПа} \quad (3.1)$$

где X_i и P_i - доля и давление i -го компонента композитного газового топлива

Парциальное давление определяется по формуле

$$P_i = K_i P, \text{ МПа} \quad (3.2)$$

где K_i – константа равновесия i -го компонента композитного газового топлива.

В соответствии с данной формулой можно рассчитать с достаточной степенью точностью давление насыщенных паров компонентов композитного газового топлива используя метод последовательного приближения

(интерационный метод). В этом случае необходимо задавать произвольные значения абсолютного давления насыщенных паров и его температуры. При заданных значениях давления и температуры находят константы равновесия K_i , а затем пользуясь формулами (3.1) и (3.2) вычисляют давление насыщенных паров. Таким же образом вычисляют изменения плотности составляющих компонентов композитного газового топлива.

Расчетно-экспериментальные данные изменения объема, давление насыщенных паров, плотности в газовом баллоне в зависимости от температуры, заправленного СНГ+ДМЭ приводятся в виде таблица (таб 3.3), а также полученные регрессионные уравнения изменения давление насыщенных паров и плотности СНГ рекомендуемой газо-эфировой (СНГ90+ДМЭ10) газовой смеси (рис.3.7) позволяют оценить стабильность состава смеси и запас топлива в газовом баллоне в процессе эксплуатации .

Таблица 3.3.

Расчетно- экспериментальные данные изменения объема, давление насыщенных паров, плотности в газовом баллоне

Топливо	Температура, °С	-20	-10	0	10	15	20	30	40	50	60	
СНГ	Изменение объема, %	88,5	92,8	94,8	98,8	100	101,4	103,4	107,1	111,6	114	
	Давление насыщенных паров, МПа	Расч.	0,15	0,13	0,28	0,38	0,45	0,55	0,62	0,8	0,96	1,02
		Экс п.	0,16	0,20	0,3	0,40	0,48	0,6	0,65	0,86	0,98	1,05
	Плотность, кг/л	0,6	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,53	0,52	0,49	0,47	
	Изменение объема, %	88,8	93	95,1	98,8	100	101,4	103,6	107,2	111,8	114,2	

СНГ90 +ДМЭ10	Давление насыщен ных паров, МПа	Расч	0,16	0,20	0,2 9	0,3 9	0,4 5	0,51	0,63	0,81	0,97	1,04
		Экс п.	0,18	0,22	0,3 0	0,4 2	0,4 8	0,54	0,65	0,85	1,0	1,06
	Плотность, кг/л	0,62	0,61 1	0,5 9	0,5 8	0,5 7	0,56	0,54	0,53	0,51	0,49	

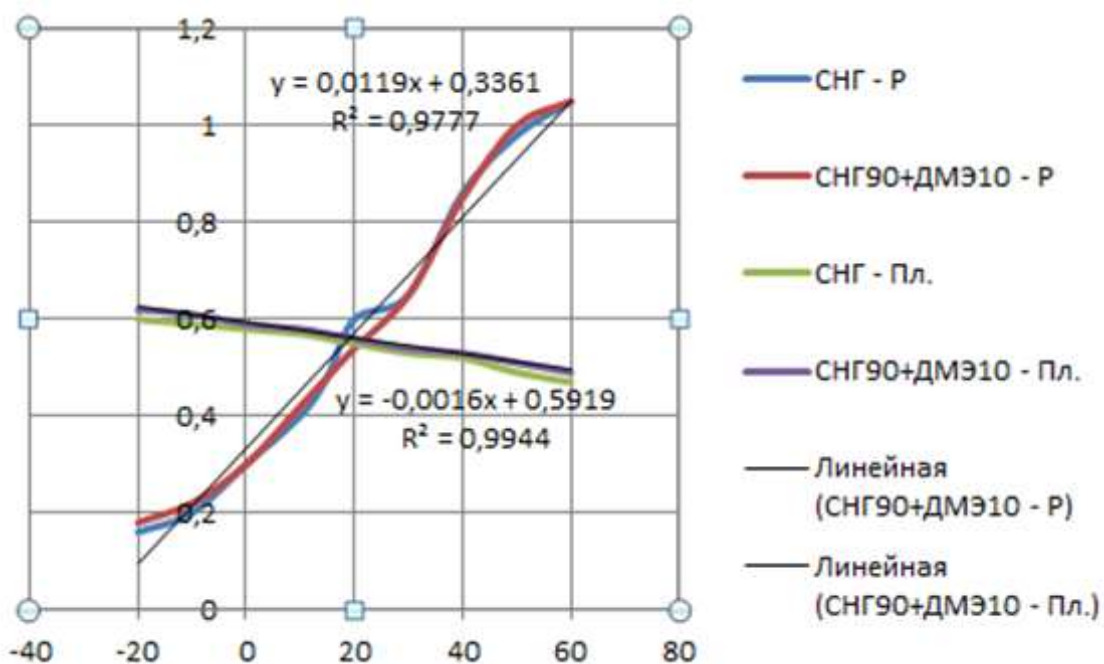


Рис.3.7. Изменение давление насыщенных паров, плотности сжиженного нефтяного газа и газо-эфировой смеси в газовом баллоне

В процессе проведения лабораторных исследований также выполнены индивидуальные конструкторско-технологические реконструкции газового баллона СНГ для заправки композитного газового топлива (СНГ+ДМЭ).

Поскольку ДМЭ является отличным растворителем и в целях исключения возможных нештатных случаев при исследованиях и, следовательно, при эксплуатации все детали газового баллона СНГ, которые могут подвергнуты к данным воздействиям были заменены (рис.3.8).



Рис.3.8. Модернизация газового баллона СНГ

В ходе экспериментальных исследований важное место занимает обеспечение концентрации СПГ и ДМЭ при заправки газового баллона (таб.3.4), где в каждый баллон расчетным и затем взвешиванием достигается заправка необходимой концентрации комозитного газового топлива.

Таблица 3.4.

Состав и количество заправляемого СНГ и ДМЭ в газовые баллоны

Газовый баллон № 1 (СНГ 100%)	
Общий объем газового баллона - 50 л.	
Масса газового баллона без газа (измеренная) - 18 кг.	
Количество заправляемого газа (80%) СНГ ($\rho_{\text{л}}=0,545$ кг/л; $\rho_{\text{г}}=0,517$ кг/л) -	
Зимой 40 л или 20,68 кг	
Летом 40 л или 21,8 кг	
Газовый баллон № 2 (СНГ 95%+5% ДМЭ)	
Общий объем газового баллона - 50 л.	
Масса газового баллона без газа (измеренная) - 18 кг.	
Количество заправляемого 5% ДМЭ ($\rho=0,668$ кг/л) - 2,125 л или 1,466 кг	
Количество заправленного газа (95%) СНГ ($\rho_{\text{л}}=0,545$ кг/л; $\rho_{\text{г}}=0,517$ кг/л) -	
Зимой 37,5 л или 19,4 кг	
Летом 37,5 л или 20,5 кг	
Газовый баллон № 3 (СНГ 90%+10% ДМЭ)	
Общий объем газового баллона - 50 л.	
Масса газового баллона без газа (измеренная) - 18 кг.	
Количество заправляемого 10% ДМЭ ($\rho=0,668$ кг/л) - 4,25 л или 2,932 кг	
Количество заправленного газа (90%) СНГ ($\rho_{\text{л}}=0,545$ кг/л; $\rho_{\text{г}}=0,517$ кг/л) -	
Зимой 35 л или 18,5 кг	
Летом 35 л или 19 кг	
Газовый баллон № 4 (СНГ 85%+15% ДМЭ)	
Общий объем газового баллона - 50 л.	
Масса газового баллона без газа (измеренная) - 18 кг.	
Количество заправляемого 15% ДМЭ ($\rho=0,6698$ кг/л) - 6,375 л или 4,398 кг	
Количество заправленного газа (90%) СНГ ($\rho_{\text{л}}=0,545$ кг/л; $\rho_{\text{г}}=0,517$ кг/л) -	
Зимой 32,5 л или 16,80 кг	
Летом 35 л или 17,71 кг	

Композитные газовые моторные топлива, составленные из СНГ и ДМЭ, которые рекомендуется в качестве топлива для легкового автомобиля с ДВС

искрового зажигания должны иметь в первую очередь требуемую антидетонационную стойкость.

В этой связи обоснование предельную концентрацию ДМЭ в составе СНГ с позиции антидетонационной стойкости рекомендуемых композитных газовых топлив первостепенное научное значение.

Результаты по определению основных показателей ДВС искрового зажигания на базовых и композитных топливах при стендовых испытаниях, полученные в лаборатории ТИПСЭАД (Ташкентский институт проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог) приводится в виде таблицы и внешней скоростной характеристики (табл. 3.5. и рис.3.9).

Таблица 3.5.

Показатели ДВС, работающего на базовых и композитных топливах при стендовых испытаниях ($n=5600 \text{ мин.}^{-1}$)

№	Наименование	Ед. изм.	Топливо				
			Бензин	СНГ	СНГ95 +ДМЭ 05	СНГ90+ ДМЭ10	СНГ85+Д МЭ15
1	Номинальная мощность	кВт	77	76,5	76,3	76,8	72
2	Крутящий момент	Нм	122	121	119	122	112
3	Часовой расход топлива	кг/ч	22	21,5	22,5	21,2	23,8
4	Удельный расход топлива (энергии)	г/кВт·ч (МДж/ кВт·ч)	285	284	287	285	291

Рис. 3.9. Экспериментальная внешняя скоростная характеристика ДВС на базовых и композитных топливах

Максимальная скорость и время разгона автомобиля NEXIA, работающего на различных топливах характеризуют его сравнительные энергетические показатели на том или на другом виде моторного топлива.

В этой связи при полигонных исследованиях легкового автомобиля определялись данные показатели.

Полигонные исследования легкового автомобиля с ДВС искровым зажиганием на различных моторных (базовые и композитные газовые) топливах проводились на испытательных дорогах Южного (Пскентского) полигона в соответствии с разработанными для этих целей программы и методики.

Обобщенные результаты данных исследований приведены в виде таблицы (таб. 3.6).

Таблица 3.6.

Обобщенные результаты полигонных исследований легкового
автомобиля NEXIA III

Показатели	Топливо				
	Бензин	СНГ	СНГ95 +ДМЭ05	СНГ90 +ДМЭ10	СНГ85 +ДМЭ15
Максимальная скорость, км/ч (%)	178,5	175,5 (100)	173,5 (99,4)	176,5 (100,6)	166 (94,3)
Время разгона до 100 км/ч, с (%)	15.23	15.6 (100)	15.6 (100)	15.7 (100,7)	16.5 (94,2)
Расход топлива(энергии) при 90 км/ч, л/100 км(МДж/100км)	9,2 (300)	9,65 (247,6)	9,45 (242,5)	9,21 (235,05)	10,03 (257,4)

Методика проведения полигонных исследований включала определение компонентов отработавших газов (CO, CH, NO_x, O₂, CO₂) ДВС (таб.3.7), работающего на различных топливах на характерных скоростях движения (40,

60, 80, 100 км/ч). Экологическая оценка использования композитных газовых топлив производилась исходя из снижения не только вредных выбросов (CO, CH, NO_x) и парникового газа – диоксид углерода (CO₂).

Таблица 3.7.

Компоненты отработавших газов ДВС измеренные при полигонных исследованиях

Автомобиль: NEXIA III, Инжекторная система питания, Газоанализатор 5 компонентный МЕХА-584L

№	Топливо	CO, %				CH, чмг				NO _x , чмг				O ₂ , %				CO ₂ , %			
		Скорость движения автомобиля, км/ч																			
		40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100
1	Бензин	0.23	0.38	0.35	1.15	29	33	28	41	555	397	341	343	5.48	5.45	6.01	5.83	1.58	2.04	2.54	2.30
2	СПГ	0.08	0.13	0.49	0.78	85	40	45	23	189	195	189	184	6.02	5.98	5.93	5.79	1.00	1.46	1.40	3.96
3	СНГ	0.07	0.17	0.44	0.17	65	31	30	40	136	94	236	580	6.02	6.00	5.94	5.81	1.20	1.42	2.08	1.30
4	СНГ95+ДМЭ05	1.05	1.07	1.51	1.40	371	378	210	71	39	89	106	150	6.04	6.03	5.90	5.10	0.92	0.89	1.08	1.51
5	СНГ90+ДМЭ10	0.93	1.01	1.32	1.55	179	308	147	79	65	84	143	189	5.89	5.87	5.81	5.25	1.09	1.05	1.15	1.52
6	СНГ85+ДМЭ15	0.81	0.97	1.17	1.62	44	237	103	87	71	81	156	180	5.49	5.45	5.40	5.28	1.16	1.12	1.48	1.62

Примечание: Измерение компонентов отработавших газов производился без активных элементов нейтрализатора-катализатора в целях определения реальных значений выбросов и оценки нагрузки на систему нейтрализации в зависимости от вида используемого топлива

Отбор отработавших газов для анализа производился (рис.3.9) до нейтрализатора катализатора с целью установления влияния состава, используемого композитного газового топлива на экологические показатели двигателя.

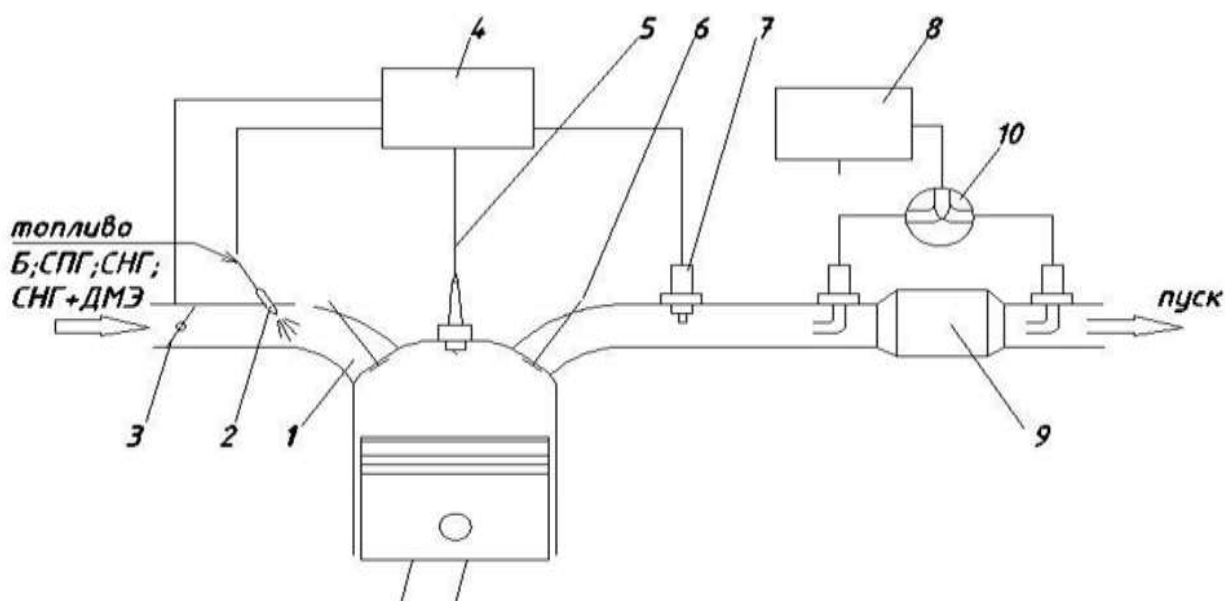


Рис.3.9. Схема измерений компонентов отработавших газов двигателя, работающего на различных топливах при полигонных исследованиях.

1-впускной клапан; 2-инжектор; 3-заслонка; 4-электронный блок двигателя; 5-свеча зажигания; 6-впускной клапан; 7-лямбда-зонд; 8-5 компонентный газ анализатор; 9-катализатор-нейтрализатор; 10-клапан переключатель.

Исходя из выявленных особенностей композитных газовых топлив в данных исследованиях учитывались:

- пределы возможных изменений физико-химических, теплотехнических свойств топлив, влияющих на эксплуатационные свойства качества транспортного средства с ДВС искрового зажигания;

- свойств композитных газовых топлив, характеризующие безотказную работу двигателя при его пуске, прогреве, устойчивой работы, приемистость, мощность;

- наличие водорастворимых и органических кислот, щелочей, серы, влияющие на износ деталей системы питания и других узлов двигателя и следовательно, затраты на техническое обслуживание и ремонт;

- изменение значений антидетонационного свойства, определяющей основное эксплуатационное качество используемого топлива;

- практическое отсутствие содержания бензола, серы, ароматических и олефиновых углеводородов и др., характеризующие экологичность используемого композитного газового моторного топлива.

Эксплуатационные исследования производились с целью выявления особенности применения композитного газового топлива с точки зрения степени стабильности состава заправленного в газовый баллон смеси СНГ и ДМЭ по мере её расхода и возможных эксплуатационных признаков систем питания, включая модернизированного газового баллона.

Как показывают результаты экспериментальных исследований при использовании композитного газового топлива СНГ и ДМЭ в качестве моторного топлива для легкового автомобиля с ДВС искрового зажигания наблюдается резкое снижение выбросов NO_x (на 22-72% при скоростях движения от 40 до 100 км/ч), по сравнению с базовым топливом-СНГ.

Снижение CO_2 (на 10-45% при скоростях движения от 40 до 100 км/ч), как парникового газа, что подтверждает основную научную идею использования ДМЭ в качестве моторного топлива было подтверждено результатами проведенных экспериментальных исследований.

Выводы по главе

1. Композитное газовое моторное из смеси СНГ и ДМЭ, содержащее не более 10 % об. ДМЭ рекомендуется для применения при условии без регулировочных изменения систем питания.
2. Предельная концентрация ДМЭ в составе композитного топлива ограничиваться антидетонационной стойкости полученной топливной газовой смеси.
3. Проведения экспериментальных исследований двигателя и автомобиля, работающих на базовом и композитном топливах поэтапно (лабораторные, стендовые, полигонные, эксплуатационные) позволяет комплексно изучить особенности использования ДМЭ в качестве добавки к СНГ и значительно снизить затраты на исследований.
4. Результаты проведенных лабораторных, стендовых, полигонных и эксплуатационных исследований экспериментально обосновали использования композитного газового моторного топлива с содержанием ДМЭ не более 10% об.
5. Результатами экспериментальных исследований применения ДМЭ в качестве добавки к СНГ наблюдается резкое снижение выбросов NO_x (на 22-72%), по сравнению с базовым топливом-СНГ. При этом снижение CO_2 (на 10-45%), как парникового газа, что составляет основную научную идею использования ДМЭ в качестве моторного топлива было подтверждено результатами проведенных экспериментальных исследований.

ГЛАВА 4. ОБОБЩЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА КОМПОЗИТНЫХ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВАХ

4.1. Сравнительные результаты исследований эксплуатационных показателей легкового автомобиля, работающего на композитных газовых топливах

Лабораторные, стендовые, полигонные и эксплуатационные исследования композитного газового топлива, проведенные поэтапно подтвердили обоснованность проведения подобных исследований.

Системный подход к данным исследованиям позволяет определить свои образные особенности использования композитного газового топлива, как моторное топливо, обосновать компонентный состав, обеспечивающий энерго-экологическую эффективность их использования, а также уменьшить затраты и продолжительность исследований.

На основе анализа результатов выполненных исследований следует отметить преимущества и недостатки использования композитных газовых топлив.

Преимущества:

- улучшение показателей горючести топлива;
- уменьшение выбросов NO_x (~72%) и CO_2 (~45%);
- сокращение периода задержки воспламенения и продолжительности сгорания топлива, что снижает теплоотвод из зоны реакции;
- расширение предела обеднения горючей смеси;

– расширение ресурса моторных топлив.

Недостатки:

– необходимость развития инфраструктуры композитного газового топлива.

Результаты расчета на базовом бензине (АИ-80)

n_{ex} , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{ex}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	11,94	114,05	290,02	3,46	0,974	0,919	0,96
1800	23,35	123,89	261,97	6,12	0,974	0,976	0,96
2800	38,20	130,29	242,07	9,25	0,972	0,996	0,96
3800	51,79	130,14	239,04	12,38	0,968	0,989	0,96
4800	62,04	123,44	252,86	15,69	0,959	0,946	0,96
5800	66,92	110,18	283,54	18,98	0,948	0,882	0,96

Исходные данные:
 $N_e = 66,921866$ кВт
 $g_e = 283,54288$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho_0 = 14,956522$ кг
 $\rho_k = 1,1875$ кПа
 $\Pi_{\text{ex}} = 43,9295$ МДж/кг
 $\Pi_{\text{см}} = 3,0595279$ МДж/кг
 $\alpha = 0,96$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм

Результаты расчета на топливе СНГ

n_{ex} , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{ex}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,59	120,20	238,6	3,00	0,876	0,959	1,05
1800	24,61	130,57	215,6	5,31	0,876	1,018	1,05
2800	40,26	137,31	199,2	8,02	0,875	1,040	1,05
3800	54,58	137,15	196,7	10,74	0,871	1,032	1,05
4800	65,39	130,09	208,1	13,61	0,863	0,987	1,05
5800	70,53	116,12	233,3	16,46	0,853	0,921	1,05

Исходные данные:
 $N_e = 70,529451$ кВт
 $g_e = 233,31842$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho_0 = 15,304348$ кг
 $\rho_k = 1,1875$ кПа
 $\Pi_{\text{ex}} = 48,6893$ МДж/кг
 $\Pi_{\text{см}} = 3,0299077$ МДж/кг
 $\alpha = 1,05$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм

Результаты расчета на композитном газовом топливе (СНГ95+ДМЭ5)

n_{ex} , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{ex}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,42	118,60	235,89	2,93	0,937	0,919	1,2
1800	24,28	128,83	213,08	5,17	0,937	0,976	1,2
2800	39,72	135,48	196,90	7,82	0,935	0,996	1,2
3800	53,85	135,32	194,43	10,47	0,932	0,989	1,2
4800	64,52	128,36	205,67	13,27	0,923	0,946	1,2
5800	69,59	114,58	230,6	16,05	0,912	0,882	1,2

Исходные данные:
 $N_e = 69,58849$ кВт
 $g_e = 230,62964$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho_0 = 14,994565$ кг
 $\rho_k = 1,1875$ кПа
 $\Pi_{\text{ex}} = 47,52323$ МДж/кг
 $\Pi_{\text{см}} = 2,6411364$ МДж/кг
 $\alpha = 1,2$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм

Результаты расчета на композитном газовом топливе (СНГ90+ДМЭ10)

n_{ex} , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{ex}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,70	121,29	235,77	2,99	0,974	0,953	1,25
1800	24,83	131,75	212,97	5,29	0,974	1,012	1,25
2800	40,63	138,56	196,80	8,00	0,972	1,033	1,25
3800	55,07	138,40	194,33	10,70	0,968	1,026	1,25
4800	65,98	131,27	205,57	13,56	0,959	0,981	1,25
5800	71,17	117,18	230,5	16,41	0,948	0,915	1,25

Исходные данные:
 $N_e = 71,170917$ кВт
 $g_e = 230,5109$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho_0 = 14,684783$ кг
 $\rho_k = 1,1875$ кПа
 $\Pi_{\text{ex}} = 46,46606$ МДж/кг
 $\Pi_{\text{см}} = 2,5313857$ МДж/кг
 $\alpha = 1,25$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм

Результаты расчета на композитном газовом топливе (СНГ85+ДМЭ15)

n_{ex} , мин ⁻¹	N_{ex}	M_{ex}	g_{ex}	G_{ex}	η_{ex}	P_{ex}	α_x
1000	12,92	123,42	243,36	3,15	0,974	0,958	1,3
1800	25,27	134,06	219,82	5,55	0,974	1,017	1,3
2800	41,34	140,99	203,13	8,40	0,972	1,039	1,3
3800	56,04	140,82	200,58	11,24	0,968	1,031	1,3
4800	67,14	133,57	212,18	14,25	0,959	0,986	1,3
5800	72,42	119,23	237,9	17,23	0,948	0,92	1,3

Исходные данные:
 $N_e = 72,416899$ кВт
 $g_e = 237,92944$ г/кВт*ч
 $n = 5800$ мин-1
 $V_d = 1,497649$ л
 $\rho_0 = 14,375$ кг
 $\rho_k = 1,1875$ кПа
 $\Pi_{\text{ex}} = 45,40889$ МДж/кг
 $\Pi_{\text{см}} = 2,4299072$ МДж/кг
 $\alpha = 1,3$
 $\epsilon = 10,5$
 $S/D = 81,5/76,5$ мм

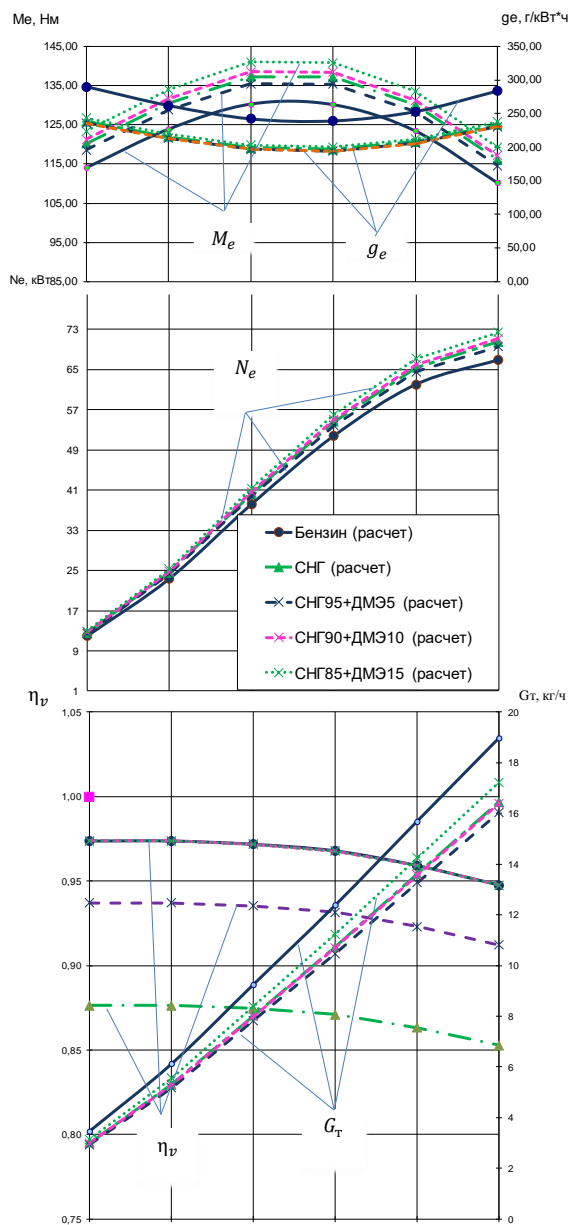


Рис. 4.1. Расчетная внешняя скоростная характеристика ДВС на базовым бензине, СНГ, СНГ и композитном газовом топливе (СНГ95+ДМЭ5, СНГ90+ДМЭ10, СНГ85+ДМЭ15)

Сравнение расчетной и экспериментальной внешней скоростной характеристики двигателя A15MF DOHC автомобиля NEXIA, работающего на базовых и композитных топливах показывает, что выбранные концентрации ДМЭ в составе СНГ для исследований обеспечивают достоверную энерго-экологическую оценку.

На рис. 4.1. приводится сравнение расчетной и экспериментальной внешней скоростной характеристики двигателя A15MF DOHC автомобиля NEXIA, работающего на СНГ и композитных газовых топливах, полученной при стендовых исследованиях.

Сравнительные результаты расчетных и экспериментальных данных базового бензина (АИ-91), СНГ и композитных газовых топлив приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Сравнительные результаты расчетных и экспериментальных данных различных моторных топлив ($n=5600 \text{ мин.}^{-1}$)

№	Показатели	Топливо								
		Бензин АИ-91			СНГ			СНГ90+ДМЭ10		
		Рас- чёт	Эксп.	Δ, %	Рас- чёт	Эксп	Δ, %	Рас- чёт	Эксп	Δ, %
1	Мощность, кВт	68,08	77	13	69.83	76,5	9,5	70,68	76,8	8,4
2	Крутящий момент, Нм	116	122	5,1	119	121	1,6	120,5 9	122	1.1

3	Удельный расход топлива (энергии), г/кВт·ч (МДж /кВт·ч)	247,3	285	15.2	245,1	284	15,8	241.9	285	11,7
---	--	-------	-----	------	-------	-----	------	-------	-----	------

Максимальная скорость движения, время разгона до скорости 100 км/ч, измерение выбросов CO, CH, NO_x, CO₂ с отработавшими газами автомобиля, работающего на различных топливах, полученные в процессе сравнительных полигонных и эксплуатационных испытаний, подтверждают научную обоснованность принятых решений по количеству добавки ДМЭ в составе СНГ (таб.4.2).

Таблица 4.2.

Сравнительные результаты расчетных и экспериментальных данных полигонных исследований

Показатели		Топливо				
		Бензин	СНГ	СНГ95+ ДМЭ05	СНГ9 0+ ДМЭ 10	СНГ85+ ДМЭ15
Максимальная скорость движения, км/ч	Расчет	186	184	183	182	182
	Экспер.	178,5	175,6	173,5	176,6	165,5
	Разница%	4,5	5,6	5,2	3,0	9,1
Время разгона до 100км/ч, с	Экспер.	15,23	15,63	15,65	15,73	16,53
Расход топлива (энергии) при 90	Экспер.	9,2 (300)	9,65	9,45 (242,5)	9,21	10,03 (257,4)

км/ч, л/100км			(247,6		(235,5	
(МДж/100км)))	

В период 2020 года в г. Фергане проведены сравнительные эксплуатационные исследования легкового автомобиля, работающего на композитном газовом топливе содержанием 5, 10, 15 % ДМЭ в составе СНГ. В процессе эксплуатационных исследований изучены вопросы особенности эксплуатации газового баллона и степень стабильности состава композитного газового топлива в зависимости от объема (пробега авомобиля) газового баллона.

4.2. Расчет эколого-экономической эффективности использования композитных газовых моторных топлив

Известно, что объективными и необходимыми условиями производства и применения различных заменителей моторных топлив является:

- наличие достаточных природных сырьевых ресурсов;
- приемлемые технико-экономические и экологические показатели добычи и переработки;
- технологическая и энергетическая совместимость с потребителями;
- приемлемые экономически и экологические показатели, безопасность и безвредность процессов применения;
- наличие достаточно развитой инфраструктуры и правовой базы.

Экономо-экологическую и энергетическую эффективность производства и использование альтернативных моторных топлив, включая композитного газового топлива, в полном жизненном цикле можно представить в виде блок-схемы (рис. 4.2) где эффективность сравниваемых вариантов по использованию топлив должна реализовываться по таким критериальным оценкам: минимальные приведенные затраты на добычу, транспортировку, переработку, хранение, а также на производство (перевод) и эксплуатацию механических транспортных средств; максимальное значение

коэффициента полезного использования первичной энергии на конечной стадии использования, как моторное топливо; минимальный экологический ущерб для окружающей среды в полном жизненном цикле использования альтернативного моторного топлива.



Рис.4.2.Блок-схема формирование экономо-экологической и энергетической эффективности использование альтернативных моторных топлив

В мировой практике использование ДМЭ в качестве моторного топлива прежде всего связано с уменьшением выбросов диоксид углерода – CO_2 .

В настоящее время для автомобиля среднего класса выбросы парникового газа составляет 135 г/км, которые должны снизиться в перспективе до 90 г/км в результате поиска и внедрения новых технических решений.

Известно, что при полном сгорании 1 кг углерода в результате химической реакции выделяется 3,67 кг диоксид углерода, что возможно при эксплуатационном расходе бензина примерно 5,3 л/100км.

Однако использование эфиров и спиртов с меньшим содержанием углерода или с различными соотношениями Н:С заметно снижает выбросы CO₂.

Концентрация углерода в композитном топливе определяется по принципу аддитивности:

$$C_{\text{бст}} = \sum_{i=1}^n G_i g_i, \quad (4.1)$$

где G_i – доля углерода в i -топливе;

g_i – доля i -го компонента в топливной смеси.

Например, расчёт углерода в композитном газовых топливах производится

$$C_{\text{СНГ95+ДМЭ05}} = 82,0 \cdot 0,95 + 52,2 \cdot 0,05 = 80,5$$

$$C_{\text{СНГ90+ДМЭ10}} = 82,0 \cdot 0,90 + 52,2 \cdot 0,1 = 79,02$$

$$C_{\text{СНГ85+ДМЭ15}} = 82,0 \cdot 0,85 + 52,2 \cdot 0,15 = 77,5$$

При этом показатель парникового эффекта рассчитывается:

$$K_{\text{ПЭ}} = \frac{C_{\text{КГТ}}}{C_{\text{СНГ}}} \quad (4.2)$$

где, $C_{\text{КГТ}}$ – концентрация углерода в композитном газовом топливе; $C_{\text{СНГ}}$ – концентрация углерода в СНГ.

Расчет парникового эффекта композитных топлив

$$K_{\text{ПЭСНГ95+ДМЭ05}} = \frac{C_{\text{КГТ}}}{C_{\text{СНГ}}} = 0.98$$

$$K_{\text{ПЭСНГ90+ДМЭ10}} = \frac{C_{\text{КГТ}}}{C_{\text{СНГ}}} = 0.96$$

$$K_{\text{ПЭСНГ85+ДМЭ15}} = \frac{C_{\text{КГТ}}}{C_{\text{СНГ}}} = 0.94$$

Это означает, что при использовании композитного газового топлива (СНГ90+ ДМЭ10) содержание углерода в топливе уменьшается более 4 %.

В той связи следует разработать метод оценки экологического показателя легкового автомобиля с двигателем искрового зажигания, работающем на композитных газовых и базовых топливах с учетом выбросов парникового газа в зависимости от соотношения С:Н используемых топлив.

Данный метод основывается на зависимости выбросов CO_2 от соотношения С:Н состава композитных газовых топлив (рис. 4.3), где данная зависимость описывается уравнением:

$$K_{\text{CO}_2} = 369,44 (\text{C:H})^2 - 3322,9(\text{C:H}) + 7472,9 \quad (4.3)$$

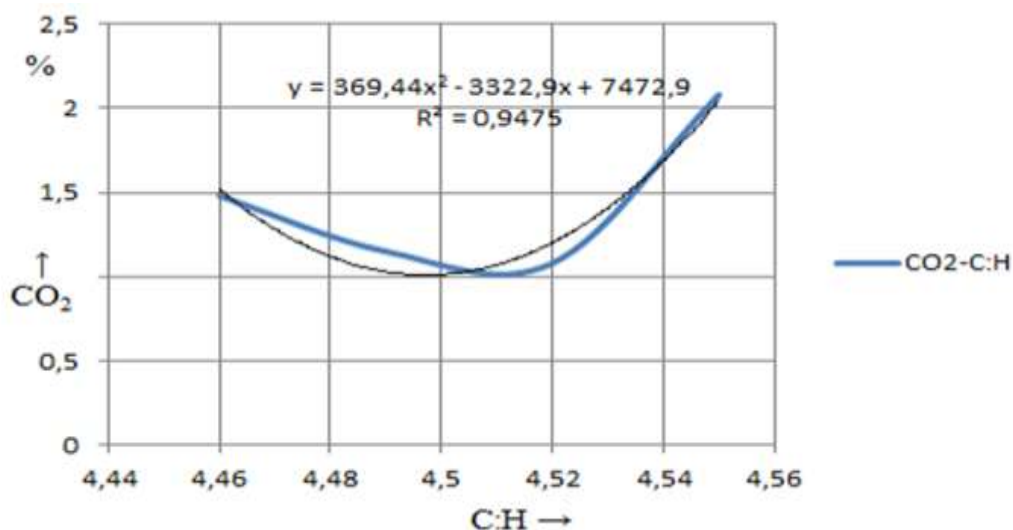


Рис. 4.3. Зависимость выбросов CO_2 от соотношения С:Н в составе композитного газового топлива

Удельные выбросы других вредных веществ при сгорании различных топлив с учетом экспериментальных данных рассчитываются в соответствии с существующими руководящими документациями [93, 94] и производится расчет энерго-экологической эффективности использования рекомендуемого композитного газового топлива.

4.2.1. Расчет экологической эффективности

1. При выборе расчётных значений предвращенного экологического ущерба (СО – 6.24 сум/кг, СН – 23,4 сум/кг, NOx – 327,6 сум/кг, CO₂ -414,36 сум/кг) от загрязнений воздушного бассейна при эксплуатации одного легкового автомобиля в год предотвращенный экологический ущерб составляет 96,86 тыс. сумов.

4.2.2. Расчет энерго-экономический эффективности

Цены композитного газового моторного топлива рассчитывается по формуле

$$C_{\text{кГТ}} = \sum_{i=1}^n C_i g_i, \text{ сум/л (4.3)}$$

где, $C_{\text{кГТ}}$ – цена композитного газового топлива;

C_i – цена i-го составляющего композитного топлива, сум/л;

g_i – доля i-го компонента композитного газового топлива.

Цены и плотность на топлива приводятся в виде таблицы (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Цены и плотность топлив

№	Название топлива	Плотность топлива, кг/л	Цена топливо, сум/л
1	СНГ	0,55	3900
2	ДМЭ	0,688	$C_{\text{ДМЭ}} = (0,75-0,9)C_{\text{СНГ}}$ (2925) по данным Международной ассоц. ДМЭ
3	СНГ90+ДМЭ10	0,564	3802,5

Расчет цены рекомендуемого композитного газового топлива

$$C_{\text{СНГ90+ДМЭ10}} = C_{\text{СНГ}} \cdot 0,90 + C_{\text{ДМЭ}} \cdot 0,10 = 3900 \cdot 0,90 + 2925 \cdot 0,1 = 3802,5 \text{ сум/л.}$$

где, $C_{\text{СНГ}}$ – цена сжиженного нефтяного газа; $C_{\text{ДМЭ}}$ – цена ДМЭ;

Ц_{снГ90+дмЭ10} - – цена композитного газового топлива.

Выполненные расчеты энерго-экологической эффективности использования композитного газового топлива приводятся в виде таблицы (таб. 4.3)

Таблица 4.3.

Энергетической и экологической эффективности использования композитного газового топлива

№	Показатели	Ед. изм.	Система питания (на одного автомобиля NEXIA III)		Примечание
			СНГ	СНГ90+ДМЭ10	
1	Стоимость топлива	сум/л	3900	3802,5	$C_{дмЭ} = (0,75-0,9)C_{сн}$
2	Пробег за единицу топлива	км/л	10,2	10,7	СНГ/Бенз = 1,05; СНГ-18,6 км/кг; СНГ90+ДМЭ-19,6 км/кг
3	Стоимость пробега за единицу топлива	сум/км	382,35	355,37	
4	Соотношение стоимости пробега	%	100	92	
5	Годовой пробег	тыс.км	80	80	По г.Ташкенту
6	Годовые затраты на топливо	млн.сум	30,58	28,429	
7	Годовая экономия	млн.сум	-	2,158	
8	Стоимость переоборудования (переоснащения)	млн. сум	-	0,2	
9	Срок окупаемости	год	-	0,09 (1,09 месяц)	
10	Выбросы ВВ за совершенный пробег (п.3)	кг/км (кг/год)	0,0106 (848)	0,0204 (1632) 0,0015 (126) 0,00061 (48,9)	Удельные выбросы

	– оксид углерода – углеводородов – окислы азота – сажи		0,00129 (97,5) 0,00064 (51,88) 0,0111 (890)	0,00816(652,8)	загрязняющих веществ, кг/кг СНГ СНГ90+ДМЭ10 СО 0,2 0,4 СН 0,023 0,031 NOx 0,012 0,01 СО ₂ 0,21 0,16
11	Экологический ущерб за годовой пробег – оксид углерода – углеводородов	тыс.сум	5,281 2,281 20,108 368.780	10,183 2,948 16,019 270.494	Размер компенсационных выплат, сум/кг.: СО – 6,24
12	Суммарный годовой экологический ущерб	тыс.сум	396,45	299,64	–
13	Предотвращенный годовой экологический ущерб	тыс.сум	–	96,86	–
14	Суммарный годовой энерго-экологический эффект эксплуатации одного автомобиля в год	млн.сум	–	2,254	

4.3. Особенности разработки методических документов для исследования композитных газовых топлив с использованием эфиров

Проведение сравнительных исследований базовых и композитных газовых моторных топлив имеют свои особенности, которые отличаются по объёму и содержанию от типовых методик исследований.

Следует отметить, что если отдельные этапы настоящих исследований (лабораторные, стендовые) в целом основываются на типовые (общие) методики исследований (ГОСТ, ТУ, МУ и др.), то этапы – полигонных и

эксплуатационных исследований требуют разработки отдельных методик или доработки существующих.

Обычно программы и методики требуемых испытаний разрабатываются на основе требований известных типовых программ и методик испытаний для конкретной категории или вида испытаний с целью определения соответствия объекта испытаний требованиям нормативных документов и получения достоверных результатов..

При этом качество проведения испытаний во многом определяется уровнем метрологического обеспечения, поскольку методы и средства измерений должны не только соответствовать современному уровню, но удовлетворять условиям точности измерений, указанные в соответствующих нормативных документациях.

Подбор необходимого оборудования и средств измерений для проведения испытаний двигателей внутреннего сгорания и автомобилей использованием специальных методик испытаний является важной частью проводимых исследований.

В методиках с учетом особенностей проводимых исследований даются научно обоснованные рекомендации по выполнению тех или других испытаний, указаны количество, объём и условия (место) проведения испытаний, а также режимы работы транспортного средства, контрольно-измерительные приборы, а также испытательное оборудование. При этом должна быть разработана примерная форма записи экспериментальных данных при исследовании композитных топлив, проведение которых классифицируются, как испытания, проведенные по условиям и месту проведения.

Таким образом основными задачами разработки методических документаций являлись установление порядка и объёма выполняемых исследований в соответствии с последовательностью (этапа) проводимых работ исходя из принципов объективности, всеобщей связи, развития, целостности, системности, детерминизма, содержащие информацию,

являющейся ценным ресурсом и важным элементом научно-практической и другой деятельности, обеспечивающие необходимой отчётности.

Методические документации в целом предназначены для исполнителей в целях планирования объёма выполняемых научных работ и состоят.

- цель испытаний;
- объект испытаний;
- виды, периодичность и объёмы испытаний;
- оборудование и приборы, применяемые при испытаниях;
- методика проведения испытаний;
- условия проведения испытаний;
- анализ результатов испытаний.

Выводы по главе

1. Обобщенные результаты теоретических и экспериментальных исследований композитного газового топлива (СНГ+ДМЭ) подтвердили возможность его использования в качестве моторного топлива для легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания.
2. Использование композитного газового топлива с концентрацией ДМЭ 6-10 % (СНГ90+ДМЭ10) в составе СНГ обеспечивает повышение эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания.
3. Проведение экспериментальных исследований с разработанной или совершенственной методикой позволяет выполнить их на основе системного подхода.
4. Установлена зависимость выбросов CO_2 от соотношения С:Н состава рекомендуемого композитного газового топлива.
5. При выборе расчётных значений предотвращенного экологического ущерба ($\text{CO} - 6.24$ сум/кг, $\text{CH} - 23,4$ сум/кг, $\text{NO}_x - 327,6$ сум/кг, $\text{CO}_2 - 414,36$ сум/кг) от загрязнений воздушного бассейна при эксплуатации

одного легкового автомобиля в год предотвращенный экологический ущерб составляет 96,86 тыс. сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему **«Повышение эксплуатационных показателей легкового автомобиля использованием композитных газовых топлив»** представлены следующие выводы:

1. Проведенным анализом научно-технических разработок уствновлено, что использование диметилового эфира в качестве экологически чистого заменителя (добавки) дизельного топлива, а также в качестве добавки к сжиженному нефтяному газу является современным и перспективным решением энерго-экологических проблем транспорта.

Использование композитных газовых моторных топлив, состоящие из сжиженного нефтяного газа и диметилового эфира является новым решением энерго-экологических проблем легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания. При этом частично замещается сжиженный нефтяной газ и снижаются выбросы вредных веществ, включая выбросы парникового газа – углекислого газа. Исходя из этого, возникает необходимость повышения эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания использованием композитных газовых топлив.

2. Установлено, что Узбекистан (АО «Ферганаазот», АО «Навоийазот», ГХК Шуртан) располагает достаточными производственными мощностями (250-300 тыс. т в год) для получения компонентов композитного газового топлива –СНГ и ДМЭ из природного газа. Производство ДМЭ реализуется синтезом из метанола или ситез газа. Начиная с 2021 г. ООО «Uzbekistat-GTL» также будет производить СНГ.

3.Обоснована максимальная концентрация диметилового эфира в составе композитного газового топлива (СНГ+ДМЭ), обеспечивающая

повышение эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажигания при сохранении базовых регулировочных параметров систем управления. Установлена, что максимальная концентрация диметилового эфира (около 10%) к сжиженному нефтяному газу ограничивается антидетонационной стойкостью композитного газового топлива.

4. Выполнен расчет эксплуатационных показателей легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания искрового зажиганием на базовом и композиционных топливах с учетом горючести топлив и принципа аддитивности.

Установлено, что расчетные значение эксплуатационных показателей легкового автомобиля (максимальная скорость, время разгона до скорости 100 км/ч, минимальное значение удельного расхода энергии на пробег, и др.) отличаются от экспериментальных значений не более чем на 5%.

5. Разработаны методики полигонных исследований легкового автомобиля, работающего на композитных газовых топливах, учитывающие особенности использования топливной смеси СНГ+ДМЭ и установлена разницы между показателями автомобиля, работающего на базовым и композитных газовых топливах..Экспериментальными исследованиями подтверждены, полученные расчетные значение снижения удельного расхода энергии на 6,7- 6,9% (13,4 -15,9 МДж/100 км).

6. При использовании ДМЭ в качестве добавки к сжиженному нефтяному газу наблюдается снижение выбросов в отработавших газах NO_x на 22-72% , CO_2 на 10-45 %, соответственно по сравнению с базовыми топливами бензином и сжиженным нефтяным газом .

7. Суммарный годовой энерго-экологический эффект эксплуатации одного легкового автомобиля на композитных газовых топлив (концентрация ДМЭ в составе СНГ до10%) составляет 2,254 млн. сум, При этом предотвращенный годовой экологический ущерб составляет 96,86 тыс.сумов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирзиёев Ш.М. Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 гг. Указ Президента РУз от 07.02.2017 г.
2. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИ, 2000. – 311 с.
3. Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов А.Х. Альтернативные моторные топлива. – Ташкент: SHAMSASA, 2014. – 189 с.
4. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями / Т.У. Асмус, К. Боргнакке, С.К. Кларк и др. Под ред. Д. Хиллиарда, Дж.С. Спрингера. Пер. с англ. А.М. Васильева. – М.: Машиностроение, 1988. – 504 с.
5. Folfson R. Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance. – ELSEVIER, 2014. –760 p.
6. Gupta V.G., Tuohy M. Bioenergy Research: Advances and Application. – Elsevier, 2014. – 495 p.
7. Аллаев К.Р. 2000 Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. – Ташкент: Молия, 2007. – 388 с.
8. Лом У.Л., Уильямс А.Ф. Заменители природного газа. Производство и свойства. Пер. с англ. Н.А. Федорова. – М.: Недра, 1979. – 247 с.
9. Поконова Б.В. Альтернативные топлива. – СПб.: РИКОН, 2008. – 78 с.
10. Thomas F. Mc Gowan. Biomas and alternate fuel systems. – New Jercy, WILEY, 2009. – p. 262.
11. Перспективные автомобильные топлива. Виды, характеристики, перспективы / Пер. с англ. А.П. Чочиа. Под ред. Я.Б. Черткова. – М.: Транспорт, 1982. – 319 с.
12. Брагинский О.Б. Экономика альтернативных моторных топлив.–М.: УРАН, 2009. –55 с.
13. Базаров Б.И. Работа поршневых двигателей на альтернативных видах топлива. – Ташкент: ТАДИ, 2001. – 138 с.

14. Gupta V.G., Tuohy M. Bioenergy Research; Advances And Application. Elsevier 2014.-495 p
15. Padula A.D. Liquid Biofuels: Emergence, Development and Prospects. – Springer London Heidelberg New York Dordrecht, 2014. – 272 p.
16. Чулков П.В. Моторные топлива: ресурсы, качество, заменители. Справочник. – М.: Политехник, 1998. – 416 с.
17. Fröhlich-Merz G. Einfach. Alternative zu Benzin und Diesel Gas geben // Autofachmann, 2006, №10. – С. 8-10
18. Денк С.О. Энергетические источники и ресурсы близкого будущего. – Пермь: Пресстайм, 2007. – 383 с.
19. Емельянов В.Е. Моторные топлива: антидетонационные свойства и воспламеняемость. – М.: Техника ТУМА ГРУПП, 2006. – 191 с.
20. ГОСТ 25549 Топлива, масла, смазки и специальные жидкости. Химмотологическая карта.
21. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Наука – Пресс, 2004. – 421 с.
22. Звонов В.А., Козлов А.В., Теренченко А.С. Оценка традиционных и альтернативных топлив по полному жизненному циклу // Автостроение за рубежом. – 2001. – №12. – С. 14-20.
23. Денк С.О. Энергетические источники и ресурсы близкого будущего.- Пермь: Пресстайм, 2007. -383 с.
24. Лapidус А.Л. Альтернативные моторные топлива. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз. – 2008. – 285 с.
25. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. Учебник. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
26. Кадыров С.М., Никитин С.Е. Автотракторные двигатели. – Т.: Ўқитувчи, 1992. – 520 с.
27. Agarwal A.K., Das C.M. Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines // Gas Turbines and Power, 2001, 123, №2. – p. 440-447

28. Amann Charles A. The automotive engine a future perspective // SAE Techn. Pap. Ser., 1989, №891666. – С. 1-25
29. Nagai Keiichi, Seko Toshiyuki. Trends of motor fuel quality in Japan // JSAE Rev, 2000, 21, №4. – p. 457-462
30. Двигатели внутреннего сгорания / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян.: В 3 кн. Кн.1 Теория рабочих процессов. – М.: Высш. Шк., 2005. – 479 с.
31. Базаров Б.И., Калауов С.А. Эксплуатация и испытание двигателей внутреннего сгорания. – Ташкент: Voris-Nashriyot, 2014. – 272с.
32. Дубовкин Н.Ф., Яновский Л.С., Шигабиев Г.М. и др. Инженерные методы определения физико-химических и эксплуатационных свойств топлива. – Казань: Мастер Лайн, 2000. – 206 с.
33. Supplementary fueling of four-stroke cycle automotive diesel engines by prononefumigation / LowiAlwin // SAE. Tech. Pap. Ser. 1984, N841389. – p.19
34. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателя внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 267 с.
35. Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иваненко Н.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах. – М.: Легион-Автодата, 2008. – 464 с.
36. Young Changlin, Kidoguchi Yoshiyuki. Effects of fuel properties on combustion and emissions of a direct-injection diesel engine // Bull. Mat. Eng. Soc. Jap. – 2000, 28, №2. – p. 55-62
37. Грачев А.Ю. Разработка систем питания дизеля для автомобиля, использующего в качестве основного топлива диметиловый эфир./ Автореф. дисс... канд. техн. наук. – М.: 2008. 28 с.
38. Рыжкин С.В. Анализ и расчет свойств диметилового эфира и улучшение экологических показателей дизеля путем адаптации топливной аппаратуры./ Автореф. дисс... канд. техн. наук. – М.: 2009. – 28 с

39. Вагнер В.А., Гвоздев А.М. Использование диметилового эфира в качестве добавки к дизельному топливу.//Омский научный вестник, № 5, 2006. – с.81-83.
40. Krzysztof Biernat. Storage Stability of fuels. AvE4Eva,2015. – 276 p.
41. Flekiewicz M., Kubica G., The effects of blending dimethyl ether with LPG on the engine operation and its efficiency.// Combustion engines, 2013, 154(3). - p 86-95.
42. Feng Y., Chen T., Xie H. Effects of injection timing of DME on Micro flame Ignition (MFI) combustion in a gasoline engine.// Internal Combustion Engines and power train System for future Transport, 2019. - 19 p.
43. Латопов В.В. Современное состояние и перспективы использования альтернативных видов топлива на автотранспорте. – М.: ИРЦ Газпром, 1998. – 40 с.
44. Архаров А.М., Глухов С.Д. и др. Применение диметилового эфира в качестве топлива и хладагента для городских автомобилей.//Ползуновский вестник, №1-2, 2003. С.9-11.
45. Абросимов А.А Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. – М.: Барс, 1999. – 732 с.
46. Valentin D.J. Analysis of dimethyl ether (DME) injection spray characteristics in comparison to diesel and theoretically predicted spray characteristics. Dicer. PhD, Johannesburg, 2014. -p.202.
47. Филипов А.А. Повышения эффективности эксплуатации автотранспортных средств путем подбора альтернативных видов топлива / Автореф. дисс... канд. техн. наук. – Оренбург, 2004. – 28 с.
48. Kaack M.,Weiskirch Ch. Alkoholische Biokraftstoffeals Beimischungs komponente for konventionelle und alternative Diesalbrennverfahren // MTZ: Motortechn. Z., 2009, 70, №7-8. – p. 588-595

49. Звонов В.А., Козлов А.В., Эффективность применения смесевых и биодизельных топлив в дизелях // Автомобильная промышленность. – 2008. – №10. – С. 30-31
50. Ананьева В.В., Горячева И.С., Сидорова В.И. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития. Научный аналитический обзор. – М.: ФГНУ Росинфермагтех, 2007. – 202 с.
51. Муталибов А.А. Особенности работы автомобильного транспорта республик Средней Азии на местных видах топлива.-Ташкент: Узбекистан, 1974. -173 с.
52. Базаров Б.И. Научные основы энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив. Дисс. ...докт. техн. наук.– Ташкент: 2006. – 303 с.
53. Чмиль В.П. Альтернативные энергоисточники транспортных систем. – СПб.: СПбГАСУ, 2003. – 114 с.
54. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные топлива и присадки к ним. – М.: Техника, 2002. – 184 с.
55. Чулков П.В., Чулков И.П. Топлива и смазочные материалы: ассортименты, качество применение, экономика, экология. Справочное издание. – М.: Политехника, 1996. – 302 с.
56. Pitkänen J. Alkoholidieselmoottovinpolttoaineena // YTTT Symp., 1996, №6. – р. 26-39
57. Азев В.С., Емельянов В.Е., Туровский Ф.В. Автомобильные бензины: перспективные требования к составу и свойствам // Химия и технология топлив и масел. – 2004. – №5. – С. 20-24
58. Midkiff K.C., Bell S.R. Fuel composition effects on emissions from spark – ignited engine operated on simulated biogases // Gas Turbines and Power, 2001, 123, №1. – р. 132-138
59. Ерохов В.И. Токсичность современных автомобилей. Методы и средства снижения вредных выбросов в атмосферу. Учебник. – М.: Форум, 2013. – 448 с.

60. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Академический проект, 2004. – 400 с.
61. Дейч И.Г. Энергоэкологические тенденции развития производства. – М.: Наука, 1985. – 270 с.
62. Корчагин Б.А., Улицкий М.П. Экологизация экономики и транспорта. – М.: МАДИ. – 189 с.
63. Салеков В.М., Черейский Е.Е. Нормирование экологической безопасности автотранспортных средств // Стандарты и качество. – 2000. – №6. – С. 16-18
64. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств. Учебник. – Ташкент: ChinorENK, 2012. – 216 с.
65. Винокуров В.А. Перспективы улучшения экологических характеристик моторных топлив // Нефть, газ и бизнес. – 2005. – №3. – С. 43-44.
66. Charles E. Wyman. Performance of ethanol as a transportation fuel. – 2010. – 25 p
67. New ethanol production capacity intended to supply California (Editorial) // Oil and Gas Journal, 2001, №4. – p. 36
68. Производства и применение биодизеля: Справочное пособия / А.Р. Аблаев и др. – М.: АПК и ППРО, 2006. – 80 с.
69. Riesta A., Cahyo S. Wibowo, Dimitri R. Application of dimethyl ether as LPG substitution for household stove./Energy Procedia, 47(2014), 227–234
70. Abbasi T., Tauseef S.M., Abbasi S.A. Biogas Energy. – New York-London, Springer, 2012. – 169 p.
71. Diesel and gas engine technical review // Diesel and Gas Turbine worldwide, 1990, N210. – p.12-26
72. Шапошников Ю.А. Методология повышения экологической безопасности двигателей автотранспортных средств в условиях эксплуатации / Автореф. дисс... д-ра техн. наук: 05.22.10. – М. Барнаул, 2005. – 36 с.
73. Varol Y., Öner C., Öztop H.F., Altun Ş. Сравнение выхлопных газов двигателя с искровым зажиганием в смесях неэтилированном бензине с

- метанолом, этанолом и н-бутанолом. – Energy Sources, Part A, 36, Teylor&Francis Group, LLC. – 2014. – p. 938-948
74. Tatur M., Nanjundaswany H. Erhohter Biodiesel anteilim Kraftstoff // MTZ: Motortech. Z., 2009, 70, №1. – p. 38-40
75. Mustafi Nirendra N., Raine Robert R. Application of a spark ignition engine simulation for alternative fuels // Trans. ASME.J.Eng. GasTurbines and Power, 2008, 130, №1. – p. 1-6
76. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. Пер. с англ. Д.О. Логофета. – М.: Мир, 1981. – 256 с.
77. Теория выбора и принятия решений. Учебное пособие. – М.: Наука, 1982. – 328 с.
78. Новоселбцев В.И. Теоретические основы системного анализа. – М.: Майор, 2008. – 592 с.
79. Бешелев С.Д. Математико-статические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
80. Базаров Б.И., Калауов С.А., Ахмаджанов Р.Н. Системный подход к использованию композиционных моторных топлив на основе спиртов и эфиров.// European science, № 3 (13), 2016. – p.35-37.
81. Гребнёв В.П. Автомобили и тракторы. Теория и эксплуатационные свойства. – М.: Кнорус, 2011. – 264 с.
82. Бурячко В.Р. Автоторные двигатели: Рабочие циклы, показатели и характеристики. Методы повышения эффективности энергопотребления. – СПб.: НПКИ, 2005. – 290 с.
83. Всемирная топливная хартия. АСЕА, 2000. -53 с.
84. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2002. – 496 с.
85. Лаврик А.Н. Расчет и анализ рабочего цикла ДВС на различных топливах. – Иркутск: Изд-во Иркут. уни-та, 1985. – 104 с.

86. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Черенков А.С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках. – М.: Химия, 2000. – 520 с.
87. Гуреев А.А., Серегин Е.П., Азеев В.С. Квалификационные методы испытания нефтяных топлив. – М.:Химия, 1984. – 200 с.
88. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Гришин В.В. Химмотология горюче-смазочных материалов. – СПб.: НПКИЦ, 2007. – 488 с.
89. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания. – М.: Высш. школа, 1975. – 320 с.
90. Испытания автомобилей / В.В. Цимбалин И.М. Успенский, В.Н. Кравец и др. – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
91. ГОСТ 14846 – 81 (СП СЭВ 765-77). Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний.
92. ГОСТ 20306 – 90. Топливная экономичность автотранспортных средств. Номенклатура показателей и методы испытаний.
93. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух.-М.: НИИАТ, 2006. -103 с.
94. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий об оценке экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 94 с.

Приложение

Приложение 1

Испытательное оборудование, измерительные приборы

№	Измеряемые параметры, величины	Наименование, марка оборудования и измерительной аппаратуры	Основные технические данные	Страна (фирма) изготовитель	Погрешность измерений	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	Показатели двигателя	Индукторный тормоз Schenk WS-230	N=230 кВт, n=10000 мин. ⁻¹	Германия	Согласно используемого стандарта	Завод. №1LWN0664
2	Показатели автомобиля	Испытательный комплекс «KORSUS-DATRON»		Швейцария		Завод. № LNB 0566
3	Компоненты отработавших газов	Газоанализатор MEXA-584L	Измеряемые вещества CO, CH, NO _x , CO ₂ , O ₂	Россия-Австрия	±0.5 %	Суммарные углеводороды по пропану – пламенно-ионизационного типа модель 400; окиси и двуокиси углерода – инфракрасного излучения модель 864; окислов азота – хемиллюминесцентного типа модель 951; кислород поляризационного типа модель 741
4	Крутящий момент	Тензометрический	HBM тип V2 0...999 Н·м	Германия	±0.2 %	Способ оценки точности- тарировка
5	Частота вращения коленчатого вала	Индуктивный датчик тип EN - 15	0...10 000 мин ⁻¹	Германия	±0.2 %	Способ оценки точности- тарировка по часовому тахоскопу
6	Расход жидкого топлива при стендовых испытаниях	Весы PH-10ЦВУ Объемные измерительные емкости	0...10 кг 0...50 мл; 0...10 мл 0...200 мл; 0...400 мл	Россия Собствен. изгот.	±0.5 % ±1.0 %	
7	Расход топлива при дорожных испытаниях	Расходомер Flowtronic 205	Диап. измер. 0.5...60 л/час Измер-й объем 0...99.999л Ед.изм.	Швейцария	±0.5 %	

			0.661...0.669 см ³			
8	Расход воздуха	Газовый ротационный счетчик РГ-400	0...400 м ³ /ч	Украина	±1.5 %	Способ оценки точности- паспорт тарировка
9	Температура воздуха	Ртутный термометр	0...100 °С	Россия	±0.5 %	
10	Температура отработавших газов	Термометр сопротивления ТХА с показывающим КСП-4	0...600 °С	Россия	±5 %	
11	Температура газа	Ртутный термометр	0...100 °С	Россия	±1 %	
12	Температура масла	Термометр сопротивления ТС-101 с показывающим прибором УК-200	0...200 °С	Россия	±2 %	
13	Температура воды на входе из двигателя	Термометрический термометр ТХК-0033 с показывающим КСП-4	0...150 °С	Россия	±1 %	
14	Давление воздуха во впускном трубопроводе	Барометр-анероид ВК-316	0...800 мм.рт.ст	Россия	±133.33 МПа	
15	Давление масла в системе смазки двигателя	Датчик типа ММЭ с показывающим прибором УК-25	0...1.2 МПа	Россия	±0.01 МПа	
16	Давление отработавших газов	Мановаккуметр	0...0.1 МПа	Россия	±0.01 МПа	
17	Относительная влажность окружающего воздуха	Психрометр ДВП-03	0...100 %	Россия	±0.2 %	
18	Угол опережения зажигания	Измеритель угла зажигания ИУ-5	0...99 град	Россия	±0.5 град.	
19	Разрежение во впускном трубопроводе	Мановаккуметр МВТП-100	0± 1 МПа	Россия	±1 %	
20	Разрежение в смесительной камере газовоздушного смесителя	V-образный водяной пьезометр	0±10 кПа	Собст. изгот.	±1 %	
21	Количество заправляемого компонентов (ДМЭ и СНГ) в газовый баллон	Электронные весы напольные TCS	±20 г	Китай	±0.5 %	

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНО

Проректор по научной работе
Ферганского
политехнического института

 г.н.д. З.Хамрокулов

» _____ 2020 г



Программа и методика полигонных сравнительных испытаний
автомобиля NEXIA III на бензине АИ-91, сжиженном нефтяном газе и
на композитных газовых топливах

Руководитель проекта

 М. Гурдиев

Ответственный исполнитель

 О. З. Одилов

Фергана – 2020

Данная «Программа и методика полигонных сравнительных испытаний автомобилей NEXIA III, работающим на бензине АИ-91, сжиженном нефтяном газе (СНГ) и на композитных газовых топливах разработана в соответствии с основными требованиями ГОСТ 22576-90, ГОСТ 17.2.2.03-87, ГОСТ 19-301-79 и др.

«Программа и методика полигонных ...» предназначена для определения эффективности использования композитных газовых топлив (смесь СНГ и диметилового эфира) в качестве моторного топлива.

1. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Определение эффективности использования композитных газовых топлив -смесь СНГ и диметилового эфира(ДМЭ) автомобиле NEXIA III, приготовленные на основе СНГ и ДМЭ.

При необходимости, допускается испытание по настоящей «Программе и методике полигонных ...», газо-эфировых смесей с различными содержаниями ДМЭ в составе СНГ, соответствующим требованиям к моторным топливам.

2. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

2.1. Автомобили GM-UZ, работающие на бензине АИ-91 и имеющие Руководство по эксплуатации.

3. ВИДЫ, ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ОБЪЕМЫ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Настоящая «Программа и методика полигонных ...» устанавливает возможность работы каждого автомобиля, работающего на бензине АИ-91, СНГ и на газо-эфировых смесях (СНГ +ДМЭ) с 5, 10 и 15 % содержанием ДМЭ, определяемые по значениям максимальной скорости движения, времени разгона, расходу топлива на соответствующих режимах работы и токсичности отработавших газов.

3.2. Объемы испытаний автомобилей на композитных газовых топливах определены методикой (раздел 5) и обязательно включают в себя предварительные (начальные) испытания на автомобильном бензине АИ-91,

СНГ и композитных газовых топливах, проводимые в соответствии с настоящей методикой.

3.3. В начале (на базовых топливах) и на каждом последующем этапах испытаний (на композитном газовом топливах) определяются следующие показатели испытываемого автомобиля:

3.3.1. Контрольный расход топлива:

- при скорости 90 км/ч;
- при скорости 120 км/ч;
- на городском цикле;
- на магистральном цикле.

3.3.2. Динамические показатели:

- максимальная скорость;
- время разгона с места до скорости 100 км/ч.

3.3.3. Содержание компонентов в составе отработавших газов:

- оксид углерода;
- углеводороды;
- окислы азота;
- кислорода;
- двуокиси углерода.

4. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

4.1. Расходомер топлива.

4.2. Газоанализатор (5 компонентов) МЕХА 584L-HORIBA для измерения содержания в отработавших газах оксида углерода (СО), углеводородов (СН), окислы азота (NO_x), кислорода (O₂) и двуокиси углерода (CO₂).

4.3. Тахометр для измерения частоты вращения коленчатого вала – в составе газоанализатора.

4.4. Испытательный комплекс «KORSUS-DATRON» по определению показателей испытываемых автомобилей согласно настоящих «Программы и методики полигонных испытаний...»

4.6. Термометр для измерения температуры окружающего воздуха.

4.7. Барометр.

5. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Каждый испытываемый автомобиль, работающий на комpositных газовых топливах проходит следующие этапы испытаний:

5.1.1. Первый этап – испытания автомобилей на базовых топливах- на автомобильном бензине АИ-91 и СНГ для установления базовых показателей (см. таблицу испытаний).

Перед испытаниями должно проверяться техническое состояние автомобилей и их соответствие требованиям завода-изготовителя (компрессия цилиндров, уровень картерного масла, состояние и давление шин, состояние тормозной системы и др.).

5.1.2. Второй этап – испытания автомобилей на комpositных газовых топливах с измерением необходимых показателей (см. те же таблицу испытаний) .

6. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

6.1. Все виды испытаний автомобилей согласно данной «Программы и методика полигонных испытаний...» должны проводиться в соответствии с общими требованиями ГОСТ 20306-90.

6.2. При необходимости отдельные требования настоящей «Программы и методика полигонных испытаний ...» могут частично изменены в процессе испытаний по согласованию участников.

7. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

7.1. На основании данных испытаний автомобилей производится их обработка в соответствии с требованиями ГОСТ 20306-90, ГОСТ 22576-90, ГОСТ 17.2.2.03-87 кроме требований к плотности воздуха окружающей среды.

7.2. На основании совместного анализа проведенных лабораторных, стендовых и полигонных испытаний разрабатываются рекомендации по возможности использования газ-эфировой смеси с содержанием ДМЭ до 10 % в качестве моторного топлива.

Приложение А

ПРОТОКОЛ

полигонных испытаний автомобиля

Дата испытаний _____ Автомобиль _____

Номерной знак	Год выпуска	Пробег, тыс. км.		Топливо	Испытатели	Примечания
		С начала эксплуатации	С начала данных испытаний			

Атмосферные условия: температура _____ °С, давление _____ мм рт.ст, влажность _____ %.

Выбросы вредных веществ в составе ОГ

Скорости движения, км/ч	Содержание оксида углерода, %	Содержание углеводородов, млн ⁻¹	Содержание окиси азота, млн ⁻¹	Содержание двуоксид углерода, %	Содержание кислорода, %

Динамические показатели

Показатели	По данным завода-изготовителя	По данным испытаний
Максимальная скорость, км/ч		
Время разгона до скорости 100 км/ч, с		

Контрольный расход топлива

Показатели	По данным завода-изготовителя	По данным испытаний
На скорости 90 км/ч		
На скорости 120 км/ч		
При смешанном (городском цикле)		

Каждое измерение повторяется 4 и более раз.

Испытатели:

Погрешности средств измерений (справочные)

№	Параметр	Ед. изм.	Погрешность		Нормативная документация
			Абсолютная	Относительная	
1	Температура окружающего воздуха	°C	0,5	±1,0	ГОСТ 20 306, ГОСТ 14 846
2	Барометрическое давление	кПа	0,2	±1,0	ГОСТ 20 306, ГОСТ 14 846
3	Давление в шинах	кПа	0,05	±1,0	ГОСТ 20 306, ГОСТ 14 846
4	Продолжительность опыта	с	0,2	±1,0	ГОСТ 20 306, ГОСТ 14 846
5	Путь автомобиля за опыт	м	0,005	±0,5	ГОСТ 20 306
6	Масса (объем) израсходованного за опыт топлива	кг (л)	0,02	±1,0	ГОСТ 20 306
7	Расход топлива	кг/ч (л/ч)	0,01	±1,0	ГОСТ 20 306
8	Давление впрыска бензина	МПа	0,05	±1,0	ГОСТ 14846
9	Выбросы вредных веществ	%, (чнм)	2,5	±5,0	Правила ЕЭК ООН 83 ГОСТ 17.2.2.07
10	Максимальная скорость	км/ч	±1,0	±1,0	Правила ЕЭК ООН 83 ГОСТ 20306
11	Время разгона	с	0,2	±0,5	ГОСТ 20306