

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи
УДК 621.436:629.113.01

Базаров Бахтиёр Имамович

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
МОТОРНЫХ ТОПЛИВ**

Специальность: 05.04.02 – Тепловые двигатели

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Ташкент – 2006

Работа выполнена в Ташкентском автомобильно-дорожном институте

Научный консультант:

Доктор технических наук, профессор
Муталибов Абдусалом Абдуганиевич

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор
Саидов Шавкат Васидович

Доктор технических наук, профессор
Худойбердиев Толибжон Солиевич

Доктор технических наук, профессор
Ерохов Виктор Иванович

Ведущая организация: Узбекский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа.

Защита состоится «___» _____ 2006 г. в «_____» часов в зале заседаний ректората Ташкентского автомобильно-дорожного института на заседании разового Специализированного совета, созданного приказом ВАКа РУз от 2 мая 2006 года № 147-и по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели» на базе Объединенного специализированного совета К067.33.01 при ТАДИ по адресу: 100060, Ташкент, ул. Мовароуннахр, 20. Тел.: (10-998-71) 133-08-27, Факс: (10-99871) 132-14-39, 132-14-80. e-mail: tayi_admin@mail.ru, baxtbb@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТАДИ.

Просим Вас принять участие в защите, Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью, просим направить в Специализированный совет института.

Автореферат разослан «___» _____ 2006 г.

Ученый секретарь Специализированного
совета, кандидат технических наук, доцент

Э.З.Файзуллаев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

В современных условиях и в перспективе основным содержанием программных действий многих стран становится решение проблем рационального использования топливных ресурсов и охраны окружающей среды (ООС) в сфере эксплуатации автотранспортных средств и стационарных установок (АТС и СУ) становится.

Общепризнанным и наиболее значимым решением указанных проблем является использование экологического альтернативного моторного топлива (АМТ) в качестве моторного.

Актуальность работы. Современное динамичное развитие производства и эксплуатации АТС и СУ с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) делает весьма актуальными проблемы рационального использования углеводородных топлив нефтяного происхождения и ООС. В связи с этим научно-техническая, экономическая и социальная стратегия и тактика развитых государств характеризуются выдвиганием на первый план проблемы рационального использования топлив нефтяного происхождения и ООС, что нашла во многих директивных документах этих стран. Успешное решение указанных проблем во многом связано с реализацией комплекса организационных, правовых, технических, технологических, экономических и научно-исследовательских мероприятий.

До недавнего времени топливная обеспеченность потребителей базировалась на горючих нефтяного происхождения, применение которых для ДВС из-за относительно высокой концентрации энергии в единице объема, простоты транспортировки, хранения и эксплуатации, доступности и дешевизны производства было наиболее целесообразным. Однако динамика роста потребителей топлив требует расширения ресурсов моторных топлив и их реструктуризации, что обусловлено, с одной стороны ограниченностью топливных природных запасов, а с другой - постоянным увеличением затрат на добычу и переработку нефти.

В современных условиях расширение ресурсов моторных топлив достигается за счет применения газообразных топлив и других АМТ с достаточными ресурсами. Известно, что среди альтернативных моторных топлив особое место занимают газообразные – сжиженный нефтяной газ (СНГ) и сжатый природный газ (СПГ), а также в перспективе сжиженный природный газ (СжПГ). Перспективность их применения в качестве моторных топлив определяется прежде всего их экологичностью, достаточностью сырьевых ресурсов, меньшими затратами на производство, транспортировку и хранение, а также их уникальными моторными свойствами.

Не менее важными АМТ являются топливные смеси на основе метанола, этанола, водорода, а также биогаза и других источников ненефтяного происхождения.

Наряду с этим для достижения показателей базовых ДВС и улучшения их энергоэкологических показателей (ЭЭП) на АМТ требуется комплекс мероприятий с разработкой способов оценки выбранных сравниваемых показателей и их улучшения.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР.

Проведенная работа является составной частью и следующих НТП и тем:

- Техническая диагностика. Методика диагностирования автомобильных двигателей, работающих на газообразном топливе. Программа комплексной стандартизации на 1986-1990 гг (Постановление Госстандарта № 804 от 19.03.87г.);
- ГНТП «Автомобильный транспорт» на 1986-1990гг. Разработать технологический процесс диагностирования дизелей КамАЗ и РАБА-МАН по

- газодизельному процессу и газовых двигателей моделей ГАЗ и ЗИЛ (тема Н1д. 2.3). Разработать рекомендации по газоснабжению и эксплуатации газобаллонных автомобилей с учетом региональных факторов (тема Н1д.5);
- ГНТП «Высокоскоростной экологически чистый транспорт на 1991-1995 гг.». Разработка экологического законодательства в автотранспортном комплексе с пакетом Государственных стандартов на эксплуатационные свойства и нормативно-технические показатели экологически чистых автотранспортных средств применительно к районам с жарким климатом и высокогорья (тема 01.02). Экологически чистые энергоустановки с искровым зажиганием. Изыскание и разработка систем для снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов (ОГ) ДВС с искровым зажиганием (тема 02.07);
 - НТП РУз «Новые технологии и оборудование энерго-ресурсосбережения и экология на 1994 г.». Создание нейтрализаторов и сажеуловителей ОГ для автомобилей с карбюраторными двигателями и дизелями, простых, не требующих дефицитных материалов (тема 002.08. Пост. ГКНТ РУз №19 от 20.08.93 г.);
 - Комплексная программа мероприятий по охране окружающей среды на автомобильном транспорте Узбекистана на 1990-1995 гг. Использование нейтрализаторов ОГ, комплексное исследование работы двигателей газобаллонных автомобилей (Пост. Госкомприроды РУз №6/8 от 30.10.89 г.);
 - НТП РУз «Разработка инфраструктуры ресурсосбережения, обеспечение энергопарка РУз собственными сырьевыми ресурсами на 1994-1996 гг.» (тема 2.1. Пост. ГКНТ РУз №3 от 15.02.95 г.);
 - НТП РУз «Разработать и создать ресурсосберегающие технологические процессы и конкурентоспособные технические средства комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1997-1999 гг. Обосновать перевод автомобильного и тракторного парка АПК Узбекистана с нефтяного на газомоторное топливо. Разработка методов и средств перевода стационарных установок на газодизельный способ питания и улучшение динамических и пусковых показателей газовых двигателей» (тема 4.1.30);
 - Грант ГКНТ РУз № К9-10 от 12.02.99 г. «Создание контрольно-диагностической системы технического состояния и оптимальной регулировки ДВС автомобилей»;
 - ГНТП РУз «Разработка актуальных проблем техники и технологии создания конкурентоспособной продукции транспортного и общего машиностроения на 2000-2002 гг.». «Разработка способа интенсификации рабочих процессов газовых и бензиновых ДВС» (тема 5.25б);
 - Проект №11 МАП ЮНЕСКО. «Экологические аспекты городских систем с особым упором на использование энергии (экологические аспекты расселения) на 2000-2004 гг.».
 - ГНТП-18. РУз «Разработка высокоэффективных технологий и технических средств энерго и ресурсосбережения, рационального использования и восполнения топливно-энергетических ресурсов на 2003-2005 гг.». «Разработка способа интенсификации рабочих процессов газовых и бензиновых двигателей внутреннего сгорания» (тема 18.8).

Целью исследования является разработка научных основ повышения энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив для двигателей автотранспортных средств и стационарных установок, получение решения

на уровне научного обобщения проблемы повышения эффективности их использования для ДВС с учетом особенностей изменения характеристик и требований эксплуатации.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- разработать метод комплексной оценки энерго-экологических показателей ДВС на альтернативных моторных топливах;
- определить оценочные показатели энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив;
- усовершенствовать классификацию альтернативных моторных топлив;
- разработать метод оценки энерго-экологических показателей ДВС, работающих на альтернативных моторных топливах, по внешней скоростной характеристике;
- оценить основные показатели рабочего цикла ДВС на альтернативных моторных топливах;
- провести аналитические и экспериментальные исследования энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив;
- разработать мероприятия по улучшению энерго-экологических показателей ДВС при их работе на современных и перспективных видах альтернативных моторных топлив, а также с использованием нового способа организации их рабочего цикла.

Методы исследования. Поставленная цель достигалась глубоким анализом и обобщением ранее выполненных теоретических и экспериментальных работ и современных тенденций мирового двигателестроения, проведением теоретических исследований с использованием математического аппарата регрессионного анализа, реализованного на ЭВМ, включающей системный анализ, выполнением комплекса лабораторно-дорожных и эксплуатационных испытаний на базе современной отечественной и зарубежной измерительной аппаратуры.

Научная новизна исследования. Научную новизну работы представляют разработанные диссертантом:

- метод анализа энерго-экологических показателей ДВС, работающих на альтернативных моторных топливах, который заключается в учете влияющих факторов (расход тепла и вредные выбросы на выполненную работу, ресурсы, безопасность эксплуатации, затраты производства и эксплуатации и др.), и позволяет провести комплексную оценку энерго-экологической эффективности их использования в системе с иерархической структурой;
- метод формирования оценочных показателей энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив, базирующийся на учете свойств, характеристик, условий применения и перспективности, ожидаемых результатов от применения объектов исследований;
- метод совершенствования классификации альтернативных моторных топлив, основанный на учете основных признаков;
- метод оценки и прогнозирования энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив по внешней скоростной характеристике ДВС;

- коэффициенты энергетической и экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив, позволяющие производить оценку по интегральным показателям;
- метод оценки основных показателей рабочего цикла ДВС, работающих на альтернативных топливах, который базируется на учете их физико-химических и теплофизических свойств;
- методы экспериментальных исследований, позволяющие:
 - разработать новые способы нейтрализации вредных веществ в составе отработавших газов и улавливания меркаптана;
 - управлять режимами испытаний и эксплуатации ДВС;
 - организовать рабочие процессы ДВС, работающих на топливных смесях (управление степенью сжатия и рециркуляцией отработавших газов газодизеля);
 - использовать обогащение различными жидкими топливами газовой смеси.
- прогноз эффективности работы ДВС на перспективных альтернативных моторных топливах и новых способах организации их рабочего цикла.

Достоверность полученных результатов базируется на фундаментальных положениях термодинамики, расчетно-экспериментальных закономерностях, полученных с использованием современных методов и средств измерений на базе испытательных средств фирм Schenck (Германия), Beckman (США), Чехии и России. Достоверность установленных закономерностей и сформулированных выводов подтверждается результатами лабораторно-дорожных и эксплуатационных испытаний ДВС АТС и СУ, работающих на АМТ, а также положительными результатами их последующей эксплуатации.

Положения, выносимые на защиту:

- использование метода анализа иерархии (МАИ) для комплексного анализа энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив;
- модель парного сравнения объектов исследований для каждого уровня системы с иерархической структурой;
- метод формирования оценочных показателей энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив;
- совершенствование классификации альтернативных моторных топлив;
- метод аналитического определения, моделирования и прогнозирования внешней скоростной характеристики ДВС, работающих на альтернативных моторных топливах;
- метод расчета основных показателей рабочего цикла ДВС на альтернативных моторных топливах;
- результаты экспериментальных исследований по улучшению энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив;
- метод прогнозирования по перспективным альтернативным моторным топливам и способам работы ДВС.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Разработанные научно-технические положения функционирования ДВС АТС и СУ на АМТ открывают возможность кардинального решения вопросов рационального использования топлив нефтяного происхождения и сокращения вредных выбросов в окружающую среду. Важность предложенных решений для экономики страны

подтверждена различными государственными и отраслевыми НТП по применению газообразных энергоносителей в качестве моторного топлива.

Предложенные принципиальные схемы и разработанные на их основе конструкции систем топливоподачи и воспламенения горючей смеси являются первыми практическими решениями, прошедшими экспериментальные и эксплуатационные проверки и показавшими функциональную работоспособность.

Предложенные решения по способам и системам организации рабочих процессов, системам топливоподачи и смесеобразованию при применении АМТ защищены авторскими свидетельствами и патентами.

Практическая реализация результатов исследований обеспечивается включением их в нормативные документации: ТУ Уз 40.5-03-99 «Дизель А01М насосных станций СНП-500/10. Переоборудование для работы по газодизельной системе питания», ТУ Уз 20-395-99 «Микроавтобус ДАМАС. Переоборудование в газобаллонные для работы на сжиженном нефтяном газе (СНГ)».

Материалы исследований включены в книгу «Работа поршневых двигателей внутреннего сгорания на альтернативных видах топлива» и два учебных пособия: «Газобаллонные автотранспортные средства и стационарные установки» и «Экологическая безопасность автотранспортных средств». Кроме того, полученные материалы включены в лекционные курсы, читаемые для бакалавров и магистрантов по направлениям «Эксплуатация и ремонт транспортных средств», «Наземные транспортные средства», «Защита окружающей среды», а также на факультете повышения квалификации для работников автомобильного транспорта при ТАДИ.

Реализация результатов. Основные результаты проведенных работ по улучшению ЭЭП ДВС АТС и СУ, работающих на АМТ, реализованы на ряде экспериментальных, опытно-промышленных и серийных образцов ДВС автомобильной и сельскохозяйственной техники на автотранспортных и научных конструкторских предприятиях Узбекистана и Российской Федерации.

Разработанные рекомендации по совершенствованию показателей газобаллонной аппаратуры автомобилей приняты и используются в Узбекском агентстве автомобильного и речного транспорта, Навоийском горно-металлургическом комбинате, НПФ «САГА» и др.

Предложенные рекомендации по конструктивному совершенствованию газобаллонного оборудования автомобилей ЗИЛ и ГАЗ приняты НПФ «САГА», АО «Аскольд», для производства и эксплуатации автомобилей с новой конструкцией системы питания СПГ.

Разработки и рекомендации по способам организации топливоподачи и рабочих процессов газодизеля стационарной насосной станции СНП-500/10 использованы АО «Ургенчавтогаз» и рекомендованы для предприятий Минсельводхоза РУз.

Полученные результаты и рекомендации одобрены решениями Международной научно-технической конференции «Проблемы развития автотранспорта и транзитных коммуникаций в Центрально-азиатском регионе» (Ташкент, 1996г.), Республиканского семинара «Проблемы перевода транспорта Республики Узбекистан на питание природным газом» (Ташкент, 1997 г.).

Разработанные программы подготовки кадров по эксплуатации газобаллонных автомобилей используются ОАО «Автокадр» и Навоийским горно-металлургическим комбинатом.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на ежегодных республиканских научно-технических конференциях ТАДИ (в период

1985-2005 гг.); научно-практических и научно-технических конференциях «Системотехника на автомобильном транспорте» (Харьков, 1998 г.); «Экология и топливная экономичность автотранспортных средств» (НИЦИАМТ, Дмитров, 1999г.); международных конференциях «Альтернативные топлива в двигателях внутреннего сгорания» (Киров, 1988 г.); «Теория и практика рационального использования горючих и смазочных материалов» (Челябинск, 1989 г.); «Экологическое образование и проблемы охраны окружающей среды» (Ташкент, 1991,1997 гг.); «Экономика, экология и жизнь» (Ташкент, 1996 г.); «Проблемы развития автотранспорта и транзитных коммуникаций в Центрально-азиатском регионе» (Ташкент, 1996 г.); «Решение экологических проблем в автотранспортном комплексе» (Москва, 2000 г.); «Развитие и эффективность автомобильно-дорожного комплекса в Центрально-Азиатском регионе» (Ташкент, 2000, 2001, 2002, 2005гг.); «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» (Ташкент, 2005г.), Международном экологическом конгрессе «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности» (Санкт-Петербург, 2000 г.); международных научно-технических и практических конференциях «Проблемы энерго- и ресурсосбережения» (Ташкент, 2003г.); «Улучшение эксплуатационных показателей двигателей тракторов и автомобилей» (Санкт-Петербург, 2003 г.); «Повышение эффективности транспортных, дорожно-строительных машин и коммуникаций в горных условиях» (Бишкек, 2004г.).

Результаты диссертационного исследования демонстрировались на выставке Экспоцентр-Узбекистан (1998, 2003гг.), а также выставках Центра «Науки и технологии» при Кабинете Министров Узбекистана. По результатам внедренческих работ соискатель награжден званием «Почетный автомобилист Узбекистана» (1997г.).

Опубликованность результатов. Основное содержание диссертации опубликовано в книге автора, состоящей из 7 разделов, в 62 публикациях, в том числе 14 журнальных статьях, 10 статьях - в сборниках трудов, 10 научных докладах, 2 нормативных документах 11 авторских свидетельствах, патентах, 13 технических отчетах и 2 учебных пособиях

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, содержащего 216 источников, в том числе 179- на русском языке и 37- на иностранных языках и приложений 302 страницах машинописного текста, 70 рисунков и 47 таблиц.

Основное содержание диссертации

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, раскрываются цели и задачи, рассматриваются основные предпосылки, определяющие оценку и улучшение ЭЭП ДВС АТС и СУ с точки зрения современного состояния проблем рационального использования энергоисточников нефтяного происхождения и ООС, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе – «Анализ энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив, определение цели и постановка задач исследования» анализируются энерго-экологической эффективности (ЭЭЭ) использования АМТ, предпосылки дальнейшего их эффективного использования, в частности газообразных, в качестве моторного топлива для ДВС АТС и СУ. Это позволит замещать часть нефтяных моторных топлив и снижать количество вредных выбросов с ОГ ДВС. В этой связи обосновывается необходимость исследования возможности оценки и улучшения ЭЭП ДВС на АМТ, что в свою очередь приведет к их широкомасштабному внедрению в эксплуатацию.

АМТ по ряду свойств значительно отличаются от стандартных жидких топлив нефтяного происхождения, что позволит принципиально по-новому подойти к вопросам использования их в качестве моторного топлива, оценить и улучшить ЭЭП.

Многочисленными исследованиями, проведенными в разные годы, Е.А.Чудаковым, И.И.Гольдблатом, К.И.Генкиным, Л.К.Коллеровым, В.П.Карповым, А.А.Муталибовым, В.И.Ероховым, Ю.Н.Васильевым, Н.И.Диким, М.Д.Мамедовой, G.A.Karim, A.Veart, M.K.Singh, L.E.William, выявлены также особенности работы газовых двигателей, газодизелей и автотранспортных систем, как, снижение мощности базового двигателя с искровым зажиганием, уменьшение грузоподъемности и запаса хода базового транспортного средства и др.

Указанные исследования были проведены на ДВС и АТС более раннего производства. Исследования же, произведенные диссертантом современных двигателях и АТС на базе современных средств испытаний, выявили качественные и количественные особенности их работы на АМТ с помощью принципиально новых способов подачи топлива, смесеобразования и зажигания(воспламенения). Наряду с этим установлены обуславливающие факторы ранее известных и новых вскрытых особенностей работы ДВС на АМТ, в частности на СНГ и СПГ. Например, уменьшение мощности базового двигателя с искровым зажиганием на 7...8 и 18...20% при работе на СНГ и СПГ соответственно - обусловлено не только низкой степенью сжатия двигателя, меньшей теплотворной способностью газозоудшной смеси, малой скоростью сгорания газозоудшных смесей, уменьшением коэффициента наполнения, но и особенностью образования газозоудшных смесей, их межцикловоу нестабильностью (особенно на режиме х.х. и после 55...60 % нагрузки от полной). Ухудшение пусковых качеств газого двигателя также объясняется указанными особенностями, высокой температурой воспламенения и физической природой газозообразных топлив. Ухудшение же динамических качеств газого двигателя вызвано не только вышеуказанными особенностями, но и способом организации подачи топлива, моторными качествами газого топлива, конструкцией газобаллонного оборудования (ГБО). Увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя на режиме х.х. на 120...150 мин^{-1} по сравнению с базовым двигателем объясняется особенностями образования газозоудшной смеси, значениями входного давления газа в двигатель, энергетическими качествами газозоудшной смеси. наличие специфического запаха и образование сернистого ангидрида в составе ОГ обусловлено одоризацией газов, а некоторый относительно повышенный износ седел клапанов и верхней части гильзы цилиндра газого двигателя - особенностями процесса сгорания, условиями смазки и составом горючей смеси.

Реализация мероприятий по улучшению ЭЭП ДВС на СНГ и СПГ производилась с учетом таких свойств, как сгорание в двигателе со значительно меньшим образованием вредных веществ (ВВ) в ОГ, увеличение срока службы межремонтного пробега двигателя и смены смазочного масла, а также их более высокое октановое число.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что в настоящее время работы по применению АМТ (СНГ, СПГ, СжПГ, метанол, этанол, водород, биогаз, спиртовые топливные смеси) в качестве моторных топлив широко ведутся во многих странах мира (США, Россия, Япония, Италия, Голландия, Австралия и др.). Причем эти исследования всегда сопровождаются поиском эффективных способов улучшения ЭЭП ДВС, работающих на них. В связи с этим комплексное и системное решение

вопросов, связанных с улучшением ЭЭП, позволит выявить рациональные пути расширения применения АМТ в качестве моторного топлива.

Во второй главе – «Теоретические основы комплексной оценки энерго-экологических показателей ДВС на альтернативных топливах» изложены теоретические основы комплексной оценки ЭЭП ДВС на альтернативных топливах. В проблеме оценки и улучшения ЭЭП ДВС на АМТ теория систем представляет методологическую основу, позволяющую описывать систему и ее проблемы в структуре взаимосвязанной иерархии.

Диссертантом использован метод анализа иерархий (МАИ), как метод системного анализа, позволяющий осуществить иерархическое представление составляющих элементов (рис.1).

Каждый уровень (этап) или подуровень (подэтап) иерархической структуры имеет свои оценочные показатели (ОП) с энергетическими, экологическими, функциональными, экономическими и другими критериями, которые являются составляющими элементами одной системы «Топливо – Двигатель внутреннего сгорания – Автотранспортное средство и стационарная установка – Предприятие – Экономический регион – Государство – Межгосударства (Т – ДВС – АТС и СУ – П – ЭР – Г – МГ).

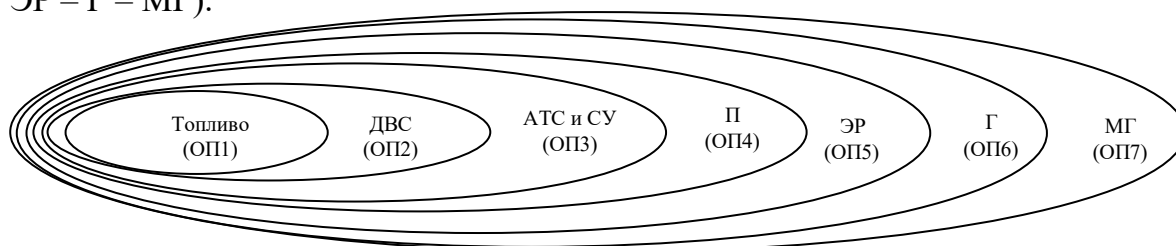


Рис. 1. Множество с иерархической структурой.

Для изучаемой проблемы в соответствии с принципом идентичности и декомпозиции иерархическое представление задачи можно иллюстрировать поэтапно (рис.2).

Объекты исследований оцениваются (попарно сравнением) с помощью разработанной математической матричной модели с применением множества критериев (факторов, признаков, характеристик, параметров, переменных и др.), выбираемых в зависимости от решаемых задач и области проблем, и имеющих различные уровни детализации. С одной стороны уровень детализации оценочных критериев (ОК) объекта исследования повышает достоверность результатов оценки, а с другой - обеспечивает идентичность данных, получаемых разными исследователями.

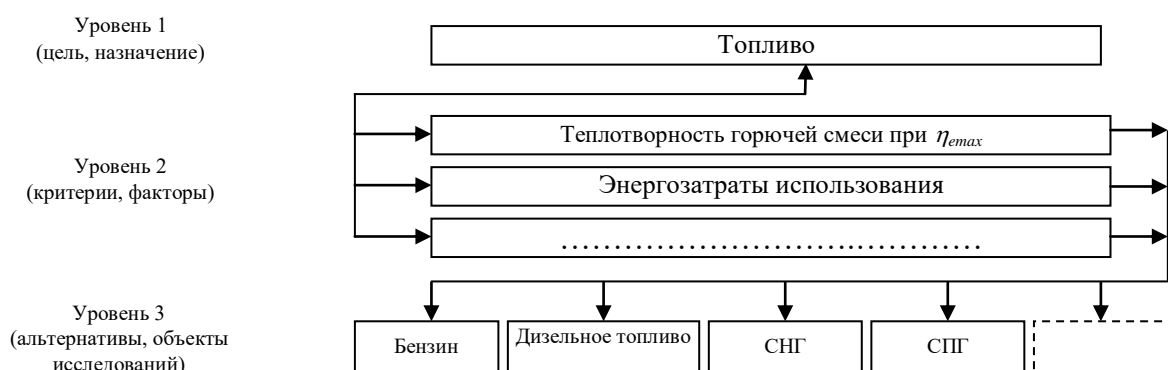


Рис. 2. Структура иерархии уровня (этапа) «Топливо».

Согласно данным диссертанта главными отличительными особенностями разработки ОК являются:

- наличие связи между критериями и целью (назначением) уровня;
- характеристика качественных и количественных сравниваемых вариантов решений;
- наличие обобщающих форм, удобных для косвенной оценки объектов исследований;
- информация о критериях, представляемая в формализованном виде (функциональные зависимости, коэффициенты, графики, таблицы и др.) с конкретными числовыми параметрами.

Применяя МАИ, мы сравниваем относительную важность (вес, интенсивность) каждого критерия (элемента) с относительной важностью любого другого критерия (элемента), который реализуется математической матричной моделью (рис.3). Сравнение производится вычислением собственного вектора по строкам, вычислением и нормализацией вектора приоритета.

Реализация МАИ начинается со второго уровня вниз. Последующие приоритеты (числовые значения относительной важности) умножаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу (альтернативы решений) в соответствии с критериями, на которые воздействует этот элемент. По данному порядку каждый элемент второго уровня умножается на единицу, т.е. на числовое значение относительной важности (вес) цели первого уровня иерархии. Указанная процедура продолжается до самого последнего уровня разработанной системы иерархии.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ – множество из n элементов (критериев) и $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n$ – соответственно их относительные важности (вес, интенсивность).

	A_1	A_2	A_3	A_4	Вычисление собственного вектора по строкам	Вычисление и нормализация вектора приоритета
A_1	ω_1/ω_1	ω_1/ω_2	ω_1/ω_3	ω_1/ω_4	$\sqrt[4]{\omega_1/\omega_1 \cdot \omega_1/\omega_2 \cdot \omega_1/\omega_3 \cdot \omega_1/\omega_4} = a$	$a/\sum_{\epsilon} = x_1$
A_2	ω_2/ω_1	ω_2/ω_2	ω_2/ω_3	ω_2/ω_4	$\sqrt[4]{\omega_2/\omega_1 \cdot \omega_2/\omega_2 \cdot \omega_2/\omega_3 \cdot \omega_2/\omega_4} = b$	$b/\sum_{\epsilon} = x_2$
A_3	ω_3/ω_1	ω_3/ω_2	ω_3/ω_3	ω_3/ω_4	$\sqrt[4]{\omega_3/\omega_1 \cdot \omega_3/\omega_2 \cdot \omega_3/\omega_3 \cdot \omega_3/\omega_4} = e$	$e/\sum_{\epsilon} = x_3$
A_4	ω_4/ω_1	ω_4/ω_2	ω_4/ω_3	ω_4/ω_4	$\sqrt[4]{\omega_4/\omega_1 \cdot \omega_4/\omega_2 \cdot \omega_4/\omega_3 \cdot \omega_4/\omega_4} = z$	$z/\sum_{\epsilon} = x_4$
	\sum_1	\sum_2	\sum_3	\sum_4	\sum_{ϵ}	$\sum_n \approx 1.0$

Рис. 3. Расчет собственных векторов, вычисление и нормализация вектора приоритета.

Матрицы попарных сравнений для второго уровня иерархии с ОК и значениями относительной важности составляется, исходя из результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований сравниваемых объектов (табл.1). Для третьего уровня иерархии (табл.2), также составляются матрицы попарных сравнений, показывающие эффективность применения сравниваемых объектов по отношению к критериям второго уровня.

Следующий этап МАИ - расчет обобщенных (глобальных) приоритетов сравниваемых объектов:

$$n_i = \sum_{i=1}^{i=n} x_i \varphi_i, \quad (4)$$

где x_i – вектор приоритета i – оценочного критерия, полученного при парном сравнении относительной важности критериев на втором уровне по отношению к общей цели на первом уровне, φ_i – вектор приоритета i – объекта исследований, полученного при парном сравнении относительной важности объектов исследований на третьем

уровне (парное сравнение объектов исследований) по отношению к критериям второго уровня.

Таблица 1. Парное сравнение оценочных показателей второго уровня

Критерии оценки	Достаточность ресурсов и возможность массового производства	Теплотворная способность горючей смеси	Детонационная стойкость или воспламеняемость	Пределы воспламеняемости	Экологические качества	Соотношение объемной теплотворной способности топлива к массовой	Энергозатраты на производство	Безопасность применения	Вектор приоритета (x_i)
Достаточность ресурсов и возможность массового производства	1	1/5	6	4	1/7	1/2	1/6	1/6	0.014
Теплотворная способность горючей смеси	5	1	1/3	6	1/2	5	1/4	1/5	0.045
Детонационная стойкость или воспламеняемость	1/6	3	1	3	5	4	1/4	1/3	0.054
Пределы воспламеняемости	1/4	1/6	1/3	1	1/6	1/2	1/3	1/4	0.004
Экологические качества	7	2	5	6	1	4	5	1/2	0.290
Соотношение объемной теплотворной способности топлива к массовой	2	1/5	1/4	2	1/4	1	1/4	1/4	0.010
Энергозатраты на производство	6	4	4	3	1/5	4	1	1/5	0.112
Безопасность применения	6	5	3	4	2	4	5	1	0.470
$\sum x_i$	27.42	15.60	19.92	29.00	9.26	200	12.25	2.90	$\sum x_i \approx 1.0$
$\sum x_i$	0.356	0.700	1.055	0.116	2.684	0.230	1.371	1.361	

Таблица 2. Парное сравнение оценочных показателей третьего уровня

Достаточность ресурсов и возможность массового производства	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	3	1/2	0.332	$\lambda_{\max}=3.277$ ИС=0.138 ОСО=0.237
СНГ	1/3	1	1/4	0.161	
СПГ	2	4	1	0.505	
Теплотворная способность горючей смеси	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	2	3	0.488	$\lambda_{\max}=3.180$ ИС=0.090 ОСО=0.155
СНГ	1/2	1	2	0.312	
СПГ	1/3	1/2	1	0.199	
Детонационная стойкость или воспламеняемость	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	1/2	1/3	0.199	$\lambda_{\max}=3.180$ ИС=0.090 ОСО=0.155
СНГ	2	1	1/2	0.312	
СПГ	3	2	1	0.488	
Предел воспламеняемости	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	1	1/2	0.292	$\lambda_{\max}=3.164$ ИС=0.082 ОСО=0.141
СНГ	1	1	1/2	0.292	
СПГ	2	2	1	0.414	
Экологические качества	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	1/2	1/6	0.157	$\lambda_{\max}=3.353$ ИС=0.176 ОСО=0.304
СНГ	2	1	1/2	0.294	
СПГ	6	2	1	0.547	
Соотношение объемной теплотворной способности топлива к массовой	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	1	3	0.418	$\lambda_{\max}=3.130$ ИС=0.065 ОСО=0.112
СНГ	1	1	2	0.378	
СПГ	1/3	1/2	1	0.202	
Энергозатраты производства	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	1/2	1/3	0.199	$\lambda_{\max}=3.180$ ИС=0.090 ОСО=0.155
СНГ	2	1	1/2	0.312	
СПГ	3	2	1	0.488	
Безопасность применения	Бензин	СНГ	СПГ	Вектор приоритетов	
Бензин	1	1	2	0.385	$\lambda_{\max}=3.069$ ИС=0.0345 ОСО=0.059
СНГ	1	1	2	0.385	
СПГ	1/2	1/2	1	0.229	

Для этого столбец векторов умножается на приоритет соответствующего критерия и результат складывается по каждой строке. Получается обобщенный приоритет определенного вида сравниваемого топлива(объекта исследований). Эти данные доказывают, что характер и количество факторов (признаков) в целом зависят от цели и задач принимаемого решения, т.е. один и тот же объект (система, явление) может быть охарактеризован различными факторами либо одинаковые факторы могут иметь различные значимости при различных ситуациях. Результаты расчетов глобальных приоритетов приводится в табл. 3.

В табл. 4 приводятся исследуемые факторы (параметры) и параметры (показатели) оптимизации для каждого уровня иерархической структуры рассматриваемой системы.

Таблица 3. Расчетные значения глобальных приоритетов объектов исследований

Номера критериев	1	2	3	4	5	6	7	8	Обобщенные приоритеты	
Вектора приоритетов	0.014	0.045	0.054	0.004	0.290	0.010	0.112	0.470		
Вектора приоритетов	Бензин	0.332	0.488	0.199	0.292	0.157	0.418	0.199	0.385	0.2904
	СНГ	0.161	0.312	0.312	0.292	0.294	0.378	0.312	0.385	0.3387
	СПГ	0.505	0.199	0.488	0.414	0.547	0.202	0.488	0.228	0.3666

$\Sigma=1.0$

Таблица 4. Исследуемые факторы для парного сравнения

№	Параметры (показатели) улучшения или выходные параметры или функция цели	Расчетные формулы
Уровень: топливо		
1.	Теплотворная способность горючей смеси при $\alpha=1$,	$H_{см} = \frac{(H_{см}^{\alpha=1} \cdot H_{см}^{\alpha_{эк}})_{AT}}{(H_{см}^{\alpha=1} \cdot H_{см}^{\alpha_{эк}})_{БАЗ}}$ $\chi_3 = \frac{(\rho_u^{\alpha=1} \cdot \rho_u^{\alpha_{эк}})_{AT}}{(\rho_u^{\alpha=1} \cdot \rho_u^{\alpha_{эк}})_{БАЗ}}$ $\alpha_{max}/\alpha_{min}$ $\eta_m = \frac{H_u}{H_e}; \eta_m = \frac{AP}{H_e}; \eta_{об} = \eta_{mm} \eta_{um}$
2.	Отношение теплотворной способности горючей смеси при $\alpha=1$ и $\alpha_{эк}$	
3.	Детонационная стойкость воспламеняемость	
4.	Пределы стабильного горения	
5.	Экологические качества	
6.	Безопасность эксплуатации	
7.	КПД получения и использования (Энергозатраты производства)	
8.	Минимальная энергия зажигания	
9.	Стоимость транспортировки	
10.	Энергетическая (технологическая) совместимость	
11.	Длительность хранения	
Уровень: ДВС		
1.	Максимальное давление сгорания	P_z $P_i = 0.0042 \frac{H_u}{\alpha^{\ell_0}} \phi_c \rho_k \eta_i$ $b_m = (H_u \cdot B / P_e) 10^3$ $C_3 = 3.6 / \Pi_m \cdot b; \eta_3 = C_3 \frac{H_m}{H_u}$ $C_{cc} = \frac{D_u + D_k + C_{mc}}{k_p \cdot P_e \cdot 2M}$ $K_M = T_{iqmin} / T_{iqmax}$ $\left(\frac{\eta_e C_3}{\alpha}\right)_{БАЗ} \leq \left(\frac{\eta_e C_3}{\alpha}\right)_{AT}$
2.	Индикаторное давление	
3.	Эффективное давление	
4.	Литровая мощность	
5.	Предельное объединение горючей смеси, α_{max}	
6.	Соотношение η_i/α (η_e/α) $_{max}$	
7.	Соотношение b_{pmax}/b_{min}	
8.	Удельный расход топлива (тепла),	
9.	Удельные выбросы ВВ, г/кВт·ч	
10.	Энергозатраты на выполненную работу	
11.	Соотношение $(n_{xx}/G_{CO})_{CH min}$	
12.	Стоимость энергии за период срока службы	
13.	Возможность применения нейтрализатора-катализатора	
14.	Скорость нарастания давления	
15.	Коэффициент устойчивости	
16.	Коэффициент использования мощности	
17.	Стоимостная эффективность	

По результатам многочисленных исследований установлено, что характер изменения скоростных и других характеристик ДВС, работающих на различных АМТ, может быть неоднозначным, что приводит к изменению и характеристик АТС (рис. 4).

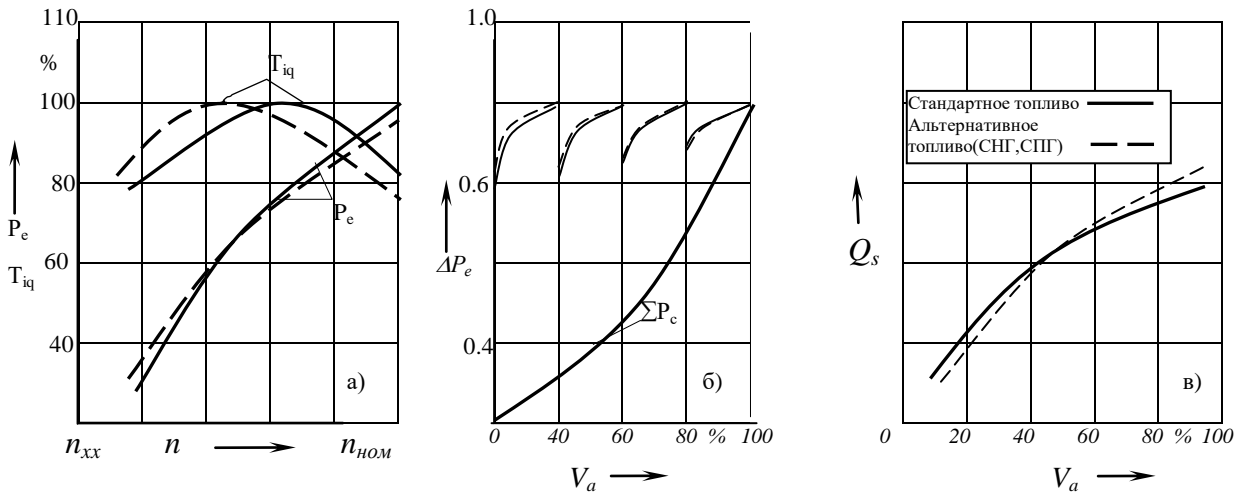


Рис. 4. Анализ влияния характера изменения крутящего момента на характеристики ДВС и АТС.

Анализ скоростной характеристики двигателя (рис.4,а) показывает, что по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя от минимальной до номинальной кривые P_e и T_{iq} могут иметь различные положения. Как правило, значения $P_{e_{max}}$ двигателя, работающего на АМТ (особенно на газообразных топливах) смещаются в сторону меньших значений частоты вращения коленчатого вала по сравнению с работой двигателя на жидком стандартном топливе. При сравнительной оценке удельной мощности двигателя это не учитывается, так как при ее определении используют только $P_{e_{max}}$, соответствующую частоте $n_{ном}$. В этой связи двигатели, имеющие различные характеристики из-за применения различных топлив, не могут обеспечить АТС одинаковых показателей скоростных и топливно-экономических свойств.

Кривые относительного мощностного баланса (рис.4,б) при разгоне показывают, что кривые изменения мощности в функции скорости двигателя на АМТ на низших передачах лежат выше, чем те же кривые двигателя на бензине. Между тем на высших передачах происходит обратное.

С одной стороны, это свидетельствует об эффективности работы АТС на АМТ, в частности на СНГ и СПГ, в городских условиях работы, а с другой - о необходимости конструктивных изменений в их трансмиссиях. Следует заметить, что рекомендация работать ГБА с прицепом особенно в городских условиях эксплуатации связана именно с указанными особенностями. Эти данные подтверждаются характером протекания топливной характеристики (рис. 4, в) АТС.

Таким образом, выявляются очень важные характеристики ДВС, работающих на СНГ, СПГ и других видах АМТ. В частности более крутая характеристика крутящего момента с более широким диапазоном изменений при относительно пониженных частотах вращения коленчатого вала.

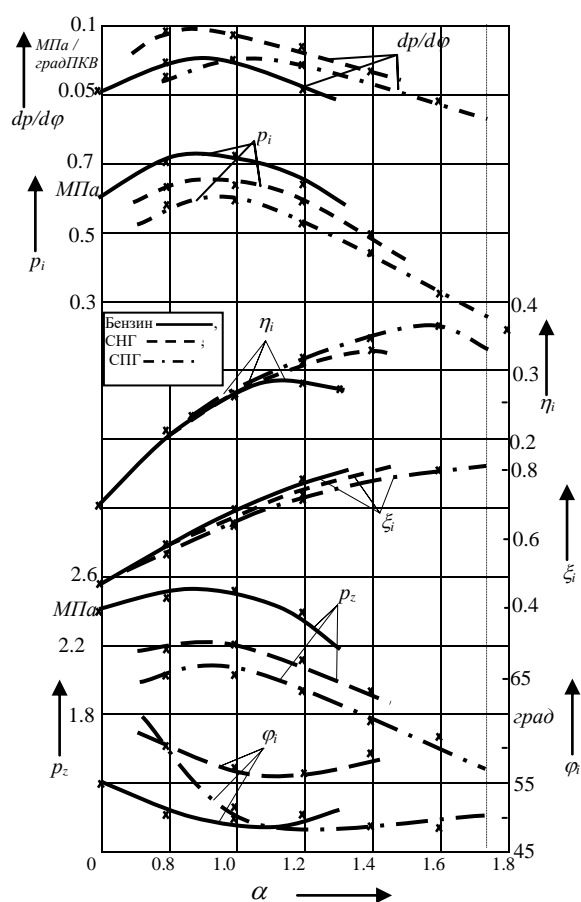


Рис. 5. Показатели рабочего процесса двигателя ЗМЗ-511, работающего на различных топливах.

Более крутая характеристика крутящего момента и пологая характеристика мощности позволяют устанавливать коробки передач с меньшим числом передач, что положительно влияет на экономичность и удельные выбросы ВВ автомобиля (автопоезда).

Приведенные выше данные подтверждаются экспериментальными результатами испытаний ДВС типа ЗМЗ-511 (рис. 5) и АТС типа ГАЗ-33076 и РАФ-2203 (табл.5).

В третьей главе – «Расчет основных оценочных критериев энерго-эко-логических показателей ДВС на альтернативных топливах» приведен расчет основных критериев ЭЭП ДВС на АМТ. При этом разработана классификация АМТ по следующим признакам:

- агрегатному состоянию (жидкое, газообразное, газожидкостное);
- способу применения (основное, дополнительное);
- фазовому состоянию (однофазное, многофазное);
- роду происхождения (природное, синтетическое, смешанное);

Таблица 5. Энергопотребления различных АТС

Параметр	ГАЗ-33076			РАФ-2203			Нексия		
	Баз.	СНГ	СПГ	Баз.	СНГ	СПГ	Баз.	СНГ	СПГ
Полная масса, кг	7400	7400	7400	2600	2600	2600	1460	1460	1460
Удельный расход топлива по городскому циклу движения, км/л (л/100 км)	9 (25.5)	7	5 (25.5)	6.7 (15)	6.5	6.1	(8.0)	(8)	(9.0)
Емкость топливного бака, л	90	90+172	90+200	55	55+89	55+100	50	50	50+90
Масса заправленного топлива, кг	65.88	65.88+8 8.5	65.88+3 2	40.26	40.26+5 2	40.26+1 6	36.8	36.8+21	36.8+14. 4
Масса сухого топливного бака(ов), кг	18	18+ 75.5	18+252	12	12+45	12+126	9	9+14.8	9+114
Полная масса топливной системы, кг	888	247.88	367.88	52.26	149.26	194.26	45.8	88.7	123
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	84.6 (115)	78 (106)	72 (98)	70 (95)	64.4 (87.4)	59.5 (81)	55 (75)	52 (71)	45 (62)
Рабочий объем двигателя, л	4.25	4.25	4.25	2.5	2.5	2.5	1.5	1.5	1.5
Разгон автомобиля до скорости 80 км/ч, сек	33	37	39	21	24	27	12	14	16
Запас хода, км	375	375+ 375	375+ 200	460	460+ 460	460+ 200	625	625+ 525	625+ 200
Интенсивность потребления энергии, ккал/км	1965.5	1592.61	2380	1147	906	1366	1076	860	1240

- способу подачи в ДВС (совместно, отдельно, параллельно, непрерывно, дискретно);

- прогнозу применения (в перспективе, будущем, отдаленном будущем);
- величине рабочего давления в топливном сосуде (высокое, среднее, низкое);
- способу доставки к потребителю (стационарный, передвижной, трубопроводный);
- назначению (одно- или многофункциональные);
- теплотворной способности (высоко-, средне- или низкокалорийное).

Разработан метод аналитического определения и моделирования внешних скоростных характеристик двигателей автотранспортных средств, работающих на АМТ, для расчета мощности и других показателей ДВС, предложены коэффициенты энергетической и экологической эффективности применения АМТ.

Эффективность использования двигателя, устойчивость его работы, взаимодействие его показателей с потребителем и окружающей средой (ОС) определяются скоростными и нагрузочными характеристиками. По данным учебников по ДВС, для расчета и построения внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя применяются эмпирические формулы, определяющие текущие значения мощности (P_{ex}) и удельный расход топлива (e_x):

$$P_{e_x} = P_{enom} \cdot \frac{n_x}{n_{ном}} \left[C_1 + C_2 \cdot \frac{n_x}{n_{ном}} - C_3 \left(\frac{n_x}{n_{ном}} \right)^2 \right], \quad (5)$$

$$e_x = e_{p_{enom}} \left[C_4 - C_5 \cdot \frac{n_x}{n_{ном}} + C_6 \left(\frac{n_x}{n_{ном}} \right)^2 \right]. \quad (6)$$

Значения постоянных коэффициентов C_1, C_2, \dots, C_n зависят от типа двигателя.

Согласно предварительным данным использование формул (5) и (6) для расчета показателей ВСХ ДВС дает очень большие погрешности не только для двигателей на АМТ, но и для современных моделей бензиновых ДВС и дизелей.

В наших исследованиях для расчета мощности двигателя использована связь между полезной работой (мощностью) двигателя и количеством теплоты, затраченной на ее получение:

$$Q_e = P_e = H_{см} \cdot \frac{B_{см}}{3.6 \cdot 10^3} \cdot \eta_{et} \quad \text{кВт}, \quad (7)$$

где $H_{см}, B_{см}$ – низшая теплотворная способность и часовой расход горючей смеси; η_{et} – эффективный КПД.

По расчетным значениям $H_{см} = \frac{H_u}{(1/\mu_1 + \alpha \cdot L_0)}$ получим величину изменения теплоты сгорания горючих смесей различных топлив в зависимости от их состава (рис.6).

Характер изменения η_{et} принимается таким же, как для базовых двигателей, хотя механические затраты у двигателей на АМТ считаются меньшими из-за улучшения условий смазки (рис.7).

Расход горючей смеси для ДВС определенной конструкции определяется по формуле

$$B_{см} = \left(\frac{V_t \cdot i}{1000} \cdot \frac{60n}{\tau} \right) \frac{T_0 \cdot p_a}{T_a \cdot p_0} \cdot \Phi_c \cdot \gamma \quad \text{Нм}^3/\text{ч}, \quad (8)$$

где V_t, i – объем и количество цилиндров; τ – коэффициент тактности; n – частота вращения, мин^{-1} ; Φ_c – коэффициент наполнения; T_0, T_a, p_0, p_a – соответственно температура и давление окружающей среды и в конце впуска; $\gamma = 1.11 \dots 1.14$ – коэффициент полноты заряда, учитывающий запаздывание закрытия впускного клапана.

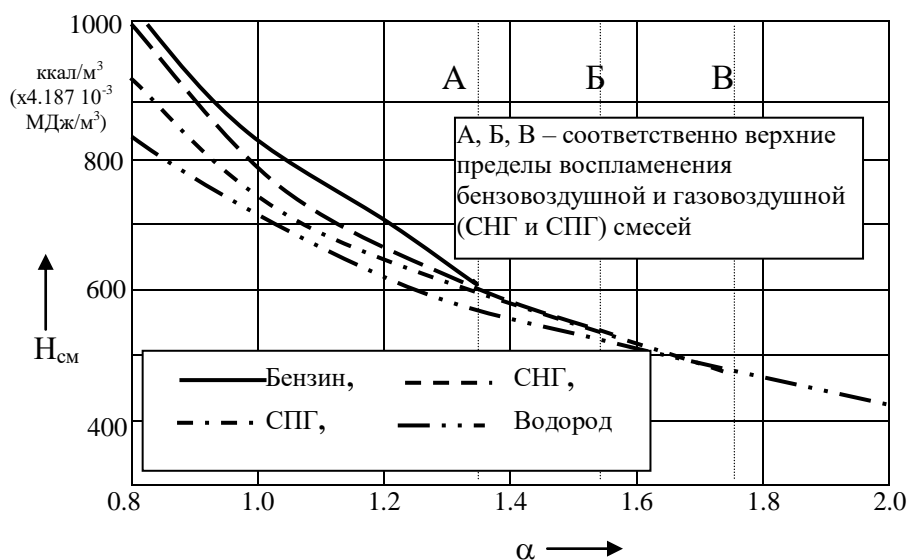


Рис. 6. Изменение теплоты сгорания горючих смесей различных топлив в зависимости от их состава.

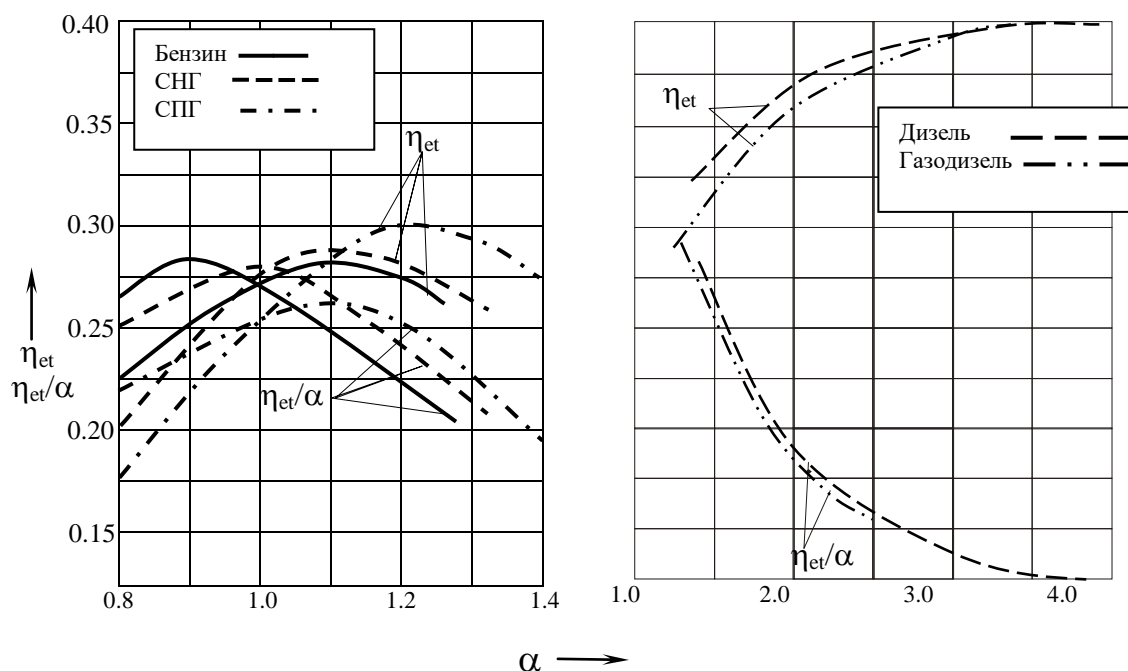


Рис. 7. Изменение η_{et} и η_{et}/α в зависимости от состава горючей смеси для двигателей с различными системами питания.

Используя формулы (7 и 8) и расчетные значения H_{cm} , получим формулу для расчета мощности четырехтактного двигателя

$$P_e^{AT} = 8.33 \cdot 10^{-3} \cdot H_{cm}^{AT} \cdot V_n \cdot n \cdot \frac{T_o \cdot p_a}{T_a \cdot p_o} \cdot \Phi_c \cdot \eta_{et} \cdot \gamma \quad \text{кВт.} \quad (9)$$

Полученный результат, исходя из требований Правил 83 ЕЭК ООН, проверяется по соотношению

$$P_e^{AT} = (0.7 \dots 1.15) P_e^{Баз} \quad (10)$$

Для облегчения проводимых расчетов установлены изменения α , Φ_c , η_{et} , в относительных изменениях для ДВС с различными системами питания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала (рис.8).

Исходя из условий $\eta_{et}^{Баз} \leq \eta_{et}^{AT} = \frac{3.6 \cdot 10^3}{H_u \cdot \epsilon}$, на номинальных режимах определяем

удельный расход топлива

$$\epsilon^{AT} = \frac{3600 \cdot 10^{-3}}{H_u \cdot \eta_{et}^{Баз}} \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{ч} , \quad (11)$$

а затем удельный расход тепла

$$q^{AT} = \epsilon^{AT} \cdot H_u \text{ МДж} / \text{кВт} \cdot \text{ч} . \quad (12)$$

По полученным значениям мощности и удельного расхода топлива (тепла) далее рассчитываем значения крутящего момента (Tiq), часового расхода топлива (B). Затем зная удельный выброс i -го вредного вещества (K_i) и часовой расход топлива, рассчитываем массовый (l_i) и суммарный (l_{Σ}) выбросы вредных веществ:

$$l_i = K_i \cdot B, \\ l_{\Sigma} = l_i + l_j + \dots + l_n \quad (13)$$

Построение ВСХ двигателя, работающего на различных топливах по расчетным значениям его показателей произведем, начиная с $n_{ном}$ до n_{min} с шагом $(0.05 \dots 0.1) n_{ном}$ (рис.9).

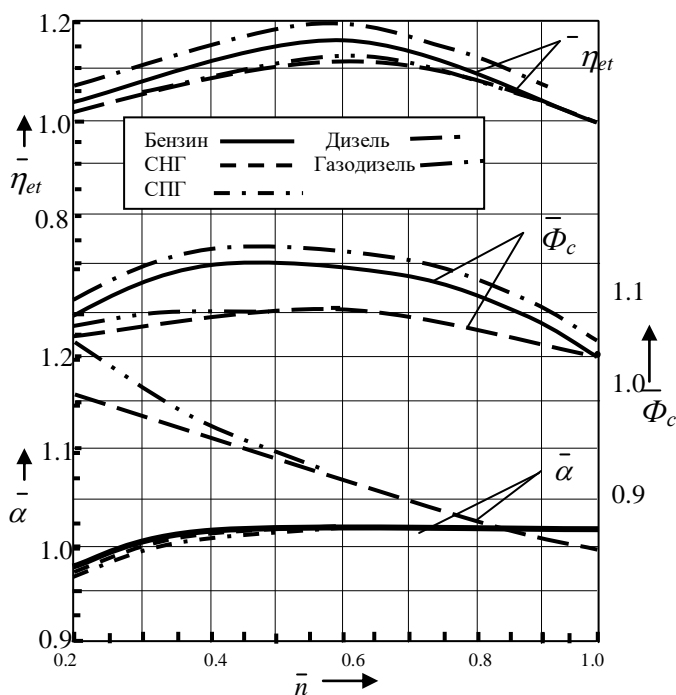


Рис.8. Изменение $\bar{\alpha}$, $\bar{\eta}_{et}$, $\bar{\Phi}_c$ по скоростной характеристике для двигателей с различными системами питания.

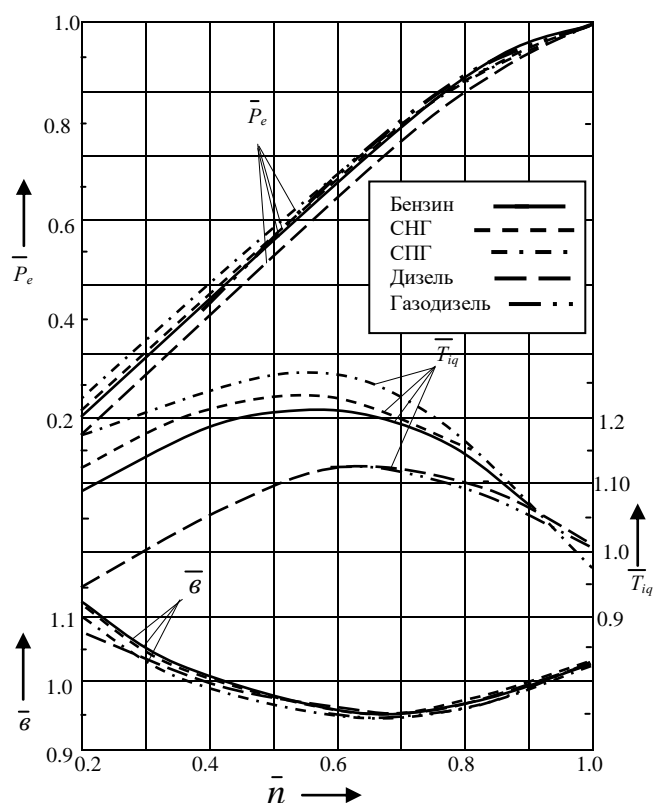


Рис.9. Сравнение скоростных характеристик двигателей на различных системах питания.

По результатам модельных исследований выявляем следующие устойчивые регрессионные зависимости, полученные методом наименьших квадратов, по расчету мощности для:

- бензиновых двигателей:

$$P_e^B = P_{e_{ном}}^B (-1.0396 \bar{n}^3 + 1.1677 \bar{n}^2 + 0.8924 \bar{n} - 0.0183) \quad \text{кВт}, \quad (14)$$

$$R^2 = 0.9994;$$

- дизелей без наддува:

$$P_e^D = P_{e_{ном}}^D (-1.2542 \bar{n}^3 + 1.8452 \bar{n}^2 + 0.3566 \bar{n} + 0.0502) \quad \text{кВт}, \quad (15)$$

$$R^2 = 0.9995;$$

- двигателей с искровым зажиганием на СНГ:

$$P_e^{СНГ} = P_{e_{ном}}^{СНГ} (-0.6869 \bar{n}^3 + 0.7581 \bar{n}^2 + 0.463 \bar{n} + 0.0698) \quad \text{кВт}, \quad (16)$$

$$R^2 = 0.9989;$$

- двигателей с искровым зажиганием на СПГ:

$$P_e^{СПГ} = P_{e_{ном}}^{СПГ} (-0.7576 \bar{n}^3 + 0.8571 \bar{n}^2 + 0.829 \bar{n} + 0.0714) \quad \text{кВт}, \quad (17)$$

$$R^2 = 0.9979;$$

- газодизелей на СПГ:

$$P_e^ГД = P_{e_{ном}}^ГД (-1.5236 \bar{n}^3 + 2.21 \bar{n}^2 + 0.2466 \bar{n} + 0.064) \quad \text{кВт}, \quad (18)$$

$$R^2 = 0.9995;$$

по расчету удельного расхода тепла для:

- бензиновых двигателей:

$$b_T^B = b_{T_{ном}}^B (11.865 \bar{n}^2 - 12.439 \bar{n} + 14.596) \quad \text{МДж / кВт·ч}, \quad (19)$$

$$R^2 = 0.9998;$$

- двигателей с искровым зажиганием на СПГ:

$$b_T^{СПГ} = b_{T_{ном}}^{СПГ} (9.9542 \bar{n}^2 - 8.5592 \bar{n} + 14.405) \quad \text{МДж / кВт·ч}, \quad (20)$$

$$R^2 = 0.9993;$$

- дизелей без наддува:

$$b_T^D = b_{T_{ном}}^D (7.7242 \bar{n}^2 - 10.08 \bar{n} + 12.496) \quad \text{МДж / кВт·ч}, \quad (21)$$

$$R^2 = 0.9997;$$

- газодизелей на СПГ:

$$b_T^ГД = b_{T_{ном}}^ГД (4.8795 \bar{n}^2 - 6.141 \bar{n} + 10.731) \quad \text{МДж / кВт·ч}, \quad (22)$$

$$R^2 = 0.9984;$$

В целях оценки показателей ДВС на АМТ производим интегрирование выбранных показателей (P_e , T_{iq} , ϵ , l_{CO} и др.) в пределах от n_{min} до $n_{ном}$ в виде

$$\int_{x_1}^{x_2} (ax^2 + bx + c) dx \quad \text{или} \quad \int_{n_{min}}^{n_{max}} (a\bar{n}^2 + b\bar{n} + c) d\bar{n} \quad \text{и определение соответствующих площадей}$$

$S_{T_{iq}}^{Баз}$ и $S_{T_{iq}}^{AT}$, $S_{P_e}^{Баз}$ и $S_{P_e}^{AT}$, $S_{\epsilon}^{Баз}$ и S_{ϵ}^{AT} и т.д., заключенных между линиями $T_{iq}^{Баз} = f(\bar{n})$ и $T_{iq}^{AT} = f(\bar{n})$, $P_e^{Баз} = f(\bar{n})$ и $P_e^{AT} = f(\bar{n})$, $\epsilon^{Баз} = f(\bar{n})$ и $\epsilon^{AT} = f(\bar{n})$, на отрезке $n_{min} \leq \bar{n} \leq n_{ном}$, которые выводятся в виде $y(S_i) = K_{ном} \cdot X$.

По этому способу также можно вычислить работу, выполненную двигателем за этот же промежуток, если условно заменить n на t .

Энерго-экологическая оценка применения АМТ производится определением:

- коэффициента энергетической эффективности

$$K_{эн} = 2 - \frac{S_{\epsilon}^{AT} / S_{P_e}^{AT}}{S_{\epsilon}^{Баз} / S_{P_e}^{Баз}}; \quad (23)$$

- коэффициента экологической эффективности

$$K_{\text{эк}} = 2 - \frac{S_{\ell_{\Sigma}}^{AT} / S_{P_e}^{AT}}{S_{\ell_{\Sigma}}^{\text{Баз}} / S_{P_e}^{\text{Баз}}}. \quad (24)$$

Получив значения $K_{\text{эк}}(K_{\text{эл}}) \geq 1$ или $K_{\text{эк}}(K_{\text{эл}}) < 1$, производим оценку соответствующих свойств двигателя, работающего на АМТ.

Нами также усовершенствован метод расчета показателей рабочего цикла ДВС на различных АМТ, основанный на методе расчета проф.И.И.Вибе и учитывающий особенности АМТ. Обобщенные результаты, которые необходимы и при сравнительных исследованиях, приведены в табл. 6.

Таблица 6. Сравнительные индикаторные показатели рабочего цикла

Система питания	l_b МДж/кг	P_b МПа	η_i	b_b г/кВт ч
Бензин	0.769447	0.8575	0.2665	307.03874
СПГ	0.818181	0.7712	0.354	207.53969
Дизель	0.917113	1.0201	0.4841	177.06128
Газодизель	0.900868	0.985	0.4509	169.85777

Четвертая глава – «Методика экспериментальных исследований» посвящена определению объектов и методов исследований.

Научно-практические работы по переводу дизелей и бензиновых ДВС АТС и СУ (моделей ЗМЗ, ГАЗ, РАФ, ЗИЛ, ЛАЗ, КамАЗ, А01М, Икарус, Дамас, Нексия) на различные виды АМТ показали, что их положительные результаты возможны только после детального изучения их особенностей рабочих процессов и разработки эффективных способов их организации, реализующих все потенциальные преимущества АМТ как моторных топлив.

С учетом сложности и характера проводимых исследований нами был используется метод комплексной или интегральной оценки на основе оптимизации параметров. Решение этой задачи осуществляется с помощью многофакторного анализа, рассматривающего исследуемый объект (топливо, ДВС, АТС и СУ и т.д.) во взаимодействии с условиями производства и эксплуатации, как сложную многофакторную систему. В этом случае целесообразно применение модели, построенной на основе математического планирования экспериментов, дающей возможность управлять исследуемой системой. Использование статистических критериев (математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение и др.) позволяет оценить степень адекватности модели применительно к настоящим задачам (топливная экономичность, выбросы ВВ и др.) локально-интегрального или полиномиального типов, удобных с точки зрения системного анализа.

Как в этом случае в начале исследований проводится небольшая серия опытов для получения линейного приближения поверхности отклика, затем проводятся опыты в области градиента, затем попадания расчетной точки в область большой кривизны поверхности отклика. Применяются линейные планы второго порядка, представляющие собой матрицы и обеспечивающие симметричность и ортогональность. В этом случае коэффициенты регрессии можно оценивать независимо друг от друга с минимально возможной дисперсией. Тогда достигается суть сравнения, оценки и оптимизации того или иного параметра (конструктивного, технологического, эксплуатационного и др.) в решении задачи минимальной себестоимости и воздействий на ОС при максимальной эффективности работы исследуемого объекта.

С учетом сложности и закономерности взаимодействия исследуемых факторов системы (например, процесса сгорания ДВС с искровым зажиганием на АМТ) целесообразно использовать план второго порядка, т.е. ротатабельный с ядром плана полного факторного эксперимента. Это позволяет оценить влияние линейных и квадратичных членов уравнения регрессии, результатов взаимодействия факторов и установить кривизну поверхности отклика.

Математическое выражение модели (уравнение регрессии) имеет вид

$$y(b, x) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{123}x_1x_2x_3 + b_{134}x_1x_3x_4 + b_{124}x_1x_2x_4 + b_{234}x_2x_3x_4 + b_{1234}x_1x_2x_3x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2,$$

где y – искомая функция (параметр оптимизации, выходной параметр); x (x_1, \dots, x_4) – независимые переменные (факторы); b_0, b_1, \dots, b_4 – коэффициенты регрессии (независимых переменных).

Для изучения работы ДВС, например ЗМЗ-4027.10, работающего на различных топливах, в качестве оценочных параметров мы принимаем: общая длительность сгорания $\Theta_{сз}$; удельный расход топлива v_e ; удельные выбросы ВВ v_c (например, по выбросам СО).

В качестве исследуемых факторов (параметров) принимались только четыре: частота вращения n ; состав горючей смеси α ; угол опережения зажигания $\Theta_{зж}$; и коэффициент наполнения - Φ_c .

В результате реализации принятого плана в общем случае без учета тройных и более высоких эффектов взаимодействия получена зависимость

$$y(\Theta_{сз}, v_e, v_{сo}) = b_0 + b_1n + b_2\alpha + b_3\Theta_{зж} + b_4\Phi_c + b_{11}n^2 + b_{22}\alpha^2 + b_{33}\Theta_{зж}^2 + b_{44}\Phi_c^2 + b_{12}n\alpha + b_{13}n\Theta_{зж} + b_{14}n\Phi_c + b_{23}\alpha\Theta_{зж} + b_{24}\alpha\Phi_c + b_{34}\Theta_{зж}\Phi_c$$

Квадратичные члены уравнения принимаются во внимание только для тех факторов, которые имеют нелинейные зависимости. Предварительные серии исследований включают интервалы варьирования принятых факторов, а при необходимости предусмотрено расширение интервалов варьирования отдельных факторов (табл.7).

Таблица 7. Значения интервалов варьирования отдельных факторов

Исследуемый (входной) фактор	Ед. изм.	Обозначение	Уровень факторов					Интервал варьирования
			-2	-1	0	+1	+2	
Частота вращения	мин ⁻¹	x_1	2000	2500	3000	3500	4000	500
Состав горючей смеси	-	x_2	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	0.1
Угол опережения зажигания	град. ПКВ	x_3	20	25	30	35	40	5
Коэффициент наполнения	-	x_4	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.1

Примечание: Для АМТ пределы уровня факторов расширяются

Принятие пределов изменения факторов с учетом их возможности расширения обусловлено требованиями совместимости, т.е. выполнения всех экспериментов без нарушения нормального функционирования исследуемого объекта (испытываемого двигателя). При планировании эксперимента особое внимание уделяется точности установки факторов (параметров) и измеряемых показателей.

Лабораторно-стендовые испытания проводились с помощью современных технических средств фирм Шенк (Германия), Бекман (США), Чехия, Россия. Измерение давления в цилиндрах исследуемого двигателя проводилось с помощью пьезокварцевого датчика с усилителем «KJAG SWJSS» типа 5001. Регистрация и фотографирование индикаторных диаграмм производились с помощью двухлучевого осциллографа С1-74, индикаторные диаграммы обрабатывались по существующим методикам.

В соответствии с результатами ранее проведенных исследований, нами была выполнена оценка экономичности составов топливоздушных смесей при работе ДВС на различных АМТ.

Оценку работы ДВС в этом случае целесообразно производить сравнением значений η_{it}/α или η_e/α на различных топливах. Это отношение, оценивающее как тепловое совершенство рабочего процесса, так и эффективность использования воздушного заряда, достигается ее максимальным значением. При исследованиях установления характера протекания $\eta_i/\alpha=f(\bar{n})$ или $\eta_e/\alpha=f(\bar{n})$ позволяет оценить стабильность протекания экономических характеристик сравниваемых двигателей. При этом также можно оценить стоимость произведенной работы с помощью безразмерного критерия

$$\eta_k = C_3 \frac{C_m}{H_u} \quad (25)$$

Однако более обоснованно производить оценку при учете показателя, характеризующего “стоимостную эффективность”, который выражает отношение вырабатываемой двигателем энергии на единицу денежных затрат

$$C_3 = 3.6 / C_m \cdot v_e, \quad \text{МДж/у.е.}, \quad (26)$$

где C_m – удельная массовая стоимость топлива, у.е. / кг; v_e – удельный расход топлива, кг/кВт.ч.

Далее с учетом показателя степени теплоиспользования производится сравнение АМТ с базовым топливом.

$$\left(\frac{\eta_e}{\alpha} C_3\right)_{БАЗ} \leq \left(\frac{\eta_e}{\alpha} C_3\right)_{АМТ} \quad (27)$$

В пятой главе – «Анализ результатов исследований по энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив» приводятся анализ результатов исследований ЭЭЭ использования АМТ и способов оценки и улучшения ЭЭП ДВС на этих топливах.

Но ввиду ряда организационно-технических причин (неразвитость инфраструктуры производства, использования и др.) на транспорте применение СНГ или СПГ проходит путем переоборудования выпускаемых бензиновых двигателей и дизелей. В этом процессе выявлены ряд конструктивных и других особенностей ДВС с целью конвертации их для работы на АМТ.

Приведем основные конструктивные параметры, которые могут влиять на ЭЭП ДВС с различными системами питания:

- конструктивные особенности ДВС и его систем – степень сжатия, скоростной режим, конструкция базовой (жидкостной) системы питания системы зажигания и газораспределительного механизма;
- конструктивные, функциональные особенности систем питания, в частности газовой системы питания, которые классифицируются по различным признакам.

Анализ результатов полученных данных показывает влияние соотношения H/C топлива, коэффициентов наполнения Φ_c , избытка воздуха α , неравномерности распределения горючей смеси по цилиндрам D , теплотворной способности горючей смеси H_{cm} , нагрузки на процесс сгорания и, следовательно, на ЭЭП ДВС.

Расширение предела обеднения состава горючей смеси на АМТ, в частности на СНГ и СПГ, выгодно отличается от стандартных жидких топлив, допускающие

возрастание η_i . Однако при этом наибольшее его значение достигается при 80...90 % от полной нагрузки в зависимости от вида используемого АМТ. Причем в этом случае расширяется предел изменения состава горючей смеси с наибольшим значением η_i , т.е. изменения кривых η_i , p_i , $\varphi_{ввод}$, $\Theta_{заяж}$ ($\Theta_{впр}$) носят пологий характер со смещением в сторону меньших частот вращения коленчатого вала двигателя по сравнению с его работой на стандартном жидком топливе.

Наблюдаемое снижение объемной энергоемкости горючей смеси с одновременным снижением коэффициента наполнения при работе ДВС на некоторых АТ приводит к уменьшению p_z и η_i .

Снижение CO связано не только с переходом на работу двигателя на более бедные составы горючей смеси, но и с увеличением соотношения H/C , приводящим к росту активных радикалов в зоне сгорания. Ожидаемое увеличение роста NO_x из-за ожидаемого увеличения T_z , как следствие увеличения соотношения H/C не подтвердилось из-за затяжного характера протекания процесса сгорания, приводящего к относительно большим тепловым потерям.

Таким образом, на основе изучения особенностей рабочих процессов ДВС с искровым зажиганием на АМТ не только выявлена целесообразность работы на более бедных составах горючей смеси, но и разработаны новые способы организации подготовки и осуществления процесса сгорания, в результате которых достигается улучшение ЭЭП ДВС не только на полной нагрузке, но и на режимах пуска, х.х. и частичных нагрузках.

Изучение рабочих процессов дизелей, переведенных на работу на АМТ по газодизельному и жидкостно-дизельному (двухфазному) способам выявило ряд их отличительных особенностей.

На рис.9 представлена диаграмма цикловой подачи топлива при различных способах ее осуществления без изменения базового угла опережения впрыска топлива.

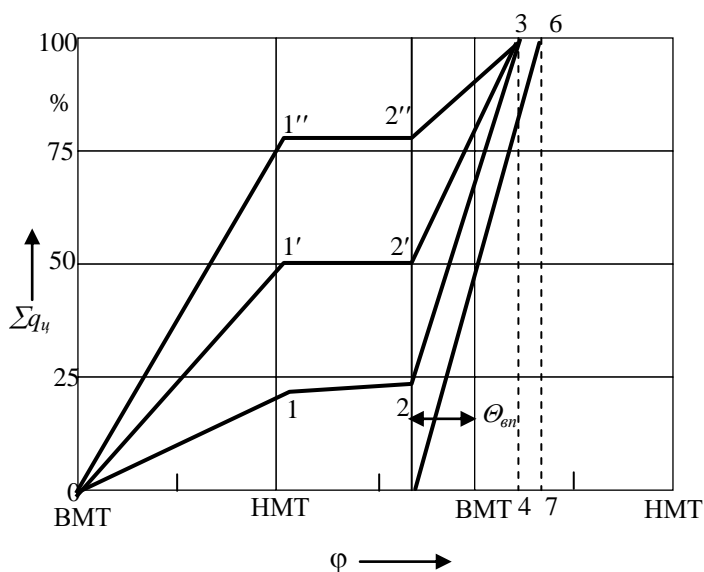


Рис.9. Диаграмма (обобщенная) цикловой подачи топлива дизеля при различных способах ее организации.

Площадь S_{012340} показывает подачу суммарного количества топлива при двухфазном смесеобразовании, а площади $S_{01'2'3'4'0}$ и $S_{01'2'3'4'0}$ - соответственно подачу топлива газодизелей транспортного и стационарного типов. Эти площади отличаются своими размерами от площади S_{5675} , характерной для дизеля. Показано, что увеличение продолжительности смесеобразования в процессе образования бедной смеси в цилиндре (когда происходит двухфазное смесеобразование или осуществляется газодизельный процесс), которая не может преждевременно воспламениться, топливо успевает пройти предпламенные реакции с образованием активных центров воспламенения впрыскиваемого топлива через форсунку в конце такта сжатия.

Проведенные исследования по улучшению характеристики х.х. с целью достижения стабильного $n_{x.x.min}$ и меньших для двигателя ЗМЗ 511 на СПГ показали, что ввод автономной системы х.х. позволяет достичь этого.

В свою очередь это значительно улучшит топливно-скоростную характеристику автомобилей ГАЗ-33076 и ЗИЛ-138А. Улучшения ЭЭП двигателя ЗМЗ-511, работающего на различных топливах, можно достичь обогащением газозвушной смеси низкокачественными жидкими топливами при $\varepsilon=const$ или повышением степени сжатия с $\varepsilon=7.0$ до $\varepsilon=8.5$ (рис.10,11;табл.9). Однако в первом случае следует иметь в виду применение конструктивных дополнений в системе питания, а во втором – более дорогого жидкого топлива.

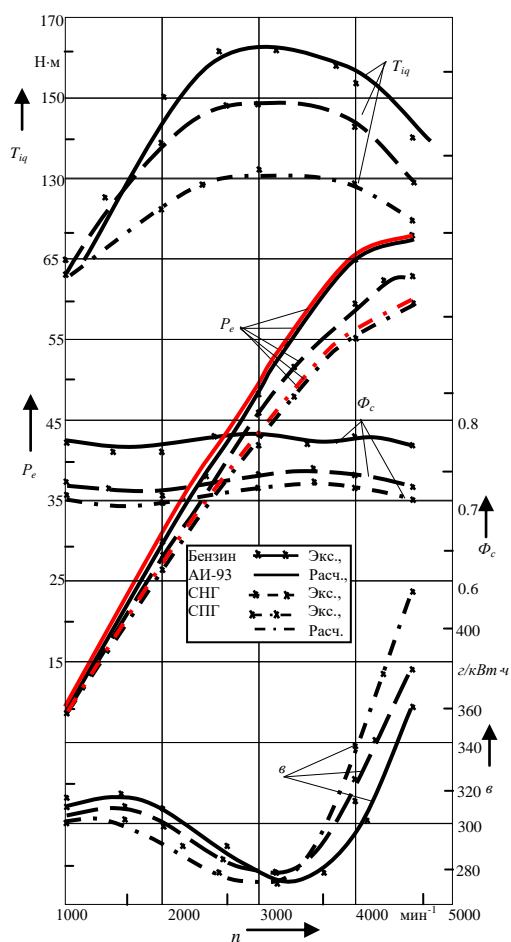


Рис.10. Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗМЗ- 4027-10.

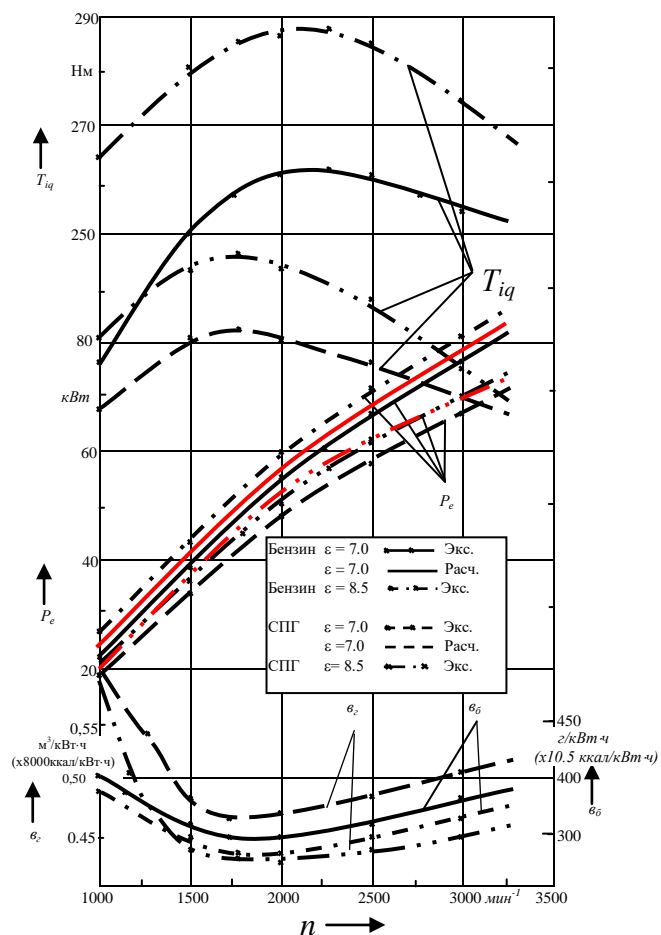


Рис.11. Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-511.

На рис.12 представлены ВСХ дизеля и газодизеля ЯМЗ-236 (6Ч 13/14), а на рис.13 - показатели дизеля и газодизеля Д 144(4Ч 10.5/12).

При работе дизеля с газодизельным питанием или с двухфазным смесеобразованием достигнуто:

- снижение температуры ОГ на 45...60 °С, что связано с увеличением полноты сгорания топлива;
- снижение жесткости процесса сгорания (скорость нарастания давления) на 25...28 %, что связано с уменьшением периода индукции;
- снижение удельного расхода топлива на 9.5...15.0 г/кВт·ч;
- увеличение мощности двигателя до 9 %;
- уменьшение дымности ОГ.

По результатам проведенных исследований разработан способ организации рабочего процесса дизеля с газодизельным (двухфазным) питанием и рециркуляцией отработавших газов в зависимости от нагрузки (рис.14). Известно, что газодизельный процесс является самым доступным и простым способом перевода дизелей на питание газообразными топливами. Однако при этом следует снизить степень сжатия базового дизеля примерно до 11...12 для исключения детонации или обеспечения мягкой работы двигателя при работе на газодизельном процессе.

Таблица 9. Технические характеристики АТС с обогащением газозоудшной смеси

№ №	Параметр	ГАЗ-33076			РАФ-2203	
		базовый	ГБА СПГ	опытный	базовый	опытный
	1	2	3	4	5	6
1	Полная масса автомобиля, кг	7400	7400	7400	2600	2600
2	Грузоподъемность, кг	4000	3500	3500	11 чел.	8 чел.
3	Допустимая масса прицепа, кг	3500	3500	3500	-	-
4	Максимальная скорость, км/ч	80	78	79	120	118
5	Мощность двигателя, кВт(л.с.): - при работе на бензине - при работе на СПГ - при работе на низкооктановом топливе с добавкой ПГ	84.6(115) - -	- 72(98.0) -	- - 82.5(112)	70 (95) - -	- 59.5 (81) 67(91)
6	Рабочий объем двигателя, л	4.25	4.25	4.25	2.445	2.445
7	Степень сжатия	7	7	7	8.2	8.2
8	Объем камеры сгорания, см ³				75±1.5	75±1.5
9	Минимальный удельный расход топлива по скоростной характеристике, г/кВт·ч. (г/л.с·ч)	288(212)	272(200)	294(216)	285(210)	290(213)
10	Количество газовых баллонов высокого давления, шт.	-	5	5	-	3
11	Емкость топливного бака, л	90	90	90	55	55
12	Контрольный расход топлива, л/100 км(м ³ /100км): - бензина - СПГ - низкооктанового бензина + СПГ	24 - -	- 25.5 -	- - 23+2.24	12 - -	- - 11.2+1.2
13	Запас хода, км - на бензине - на СПГ - на низкооктановом бензине с добавкой ПГ	375 - -	- 200 -	- - 380	460 - -	- - 470

Результаты исследований работы газодизелей показали, что создание управляемого разрежения во впускном трубопроводе (дросселирование на впуске) является решением, обеспечивающим высокие показатели их рабочего процесса.

На рис.15 приводятся результаты дросселирования впускного тракта дизеля 4Ч 10.5/12. Установлено, что управление разрежением 4...9 кПа (30...65 мм рт.ст.) во впускном тракте перед газозоудшным смесителем в зависимости от нагрузочного режима дизеля позволяет увеличить количество подаваемого газа, оптимизировать состав смеси, снизить расход дизельного топлива до 36....42% и

более в зависимости от режима работы, увеличить среднее эффективное давление на 7...8%.

Комплексный характер анализа результатов исследований использования АМТ в качестве моторного топлива, прежде всего, определяется с точки зрения использования энергии (использования теплоты или выполнения полезной работы) и выполнения самых современных экологических требований.

В ходе проведенных исследований установлено, что процесс применения АМТ в качестве моторного топлива состоит из поэтапного и системного изучения различных вопросов, которые так или иначе касаются оценки и улучшения ЭЭП ДВС АТС и СУ.

Каждый этап исследований сопровождается и завершается получением оценочных признаков, показателей и характеристик, которые выражаются искомым числовым результатом символического вида (в форме математического выражения).

Если результаты исследований являются анализом модели конкретно сформулированной задачи, то в этом случае они должны сравниваться с итоговыми данными экспериментов.

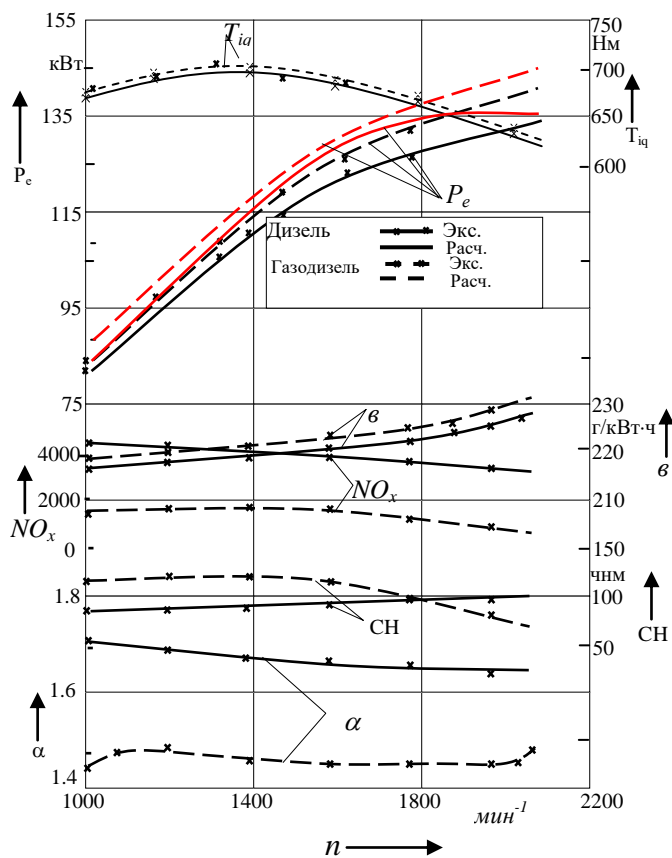


Рис. 12. Внешняя скоростная характеристика дизеля (6С 13/14)

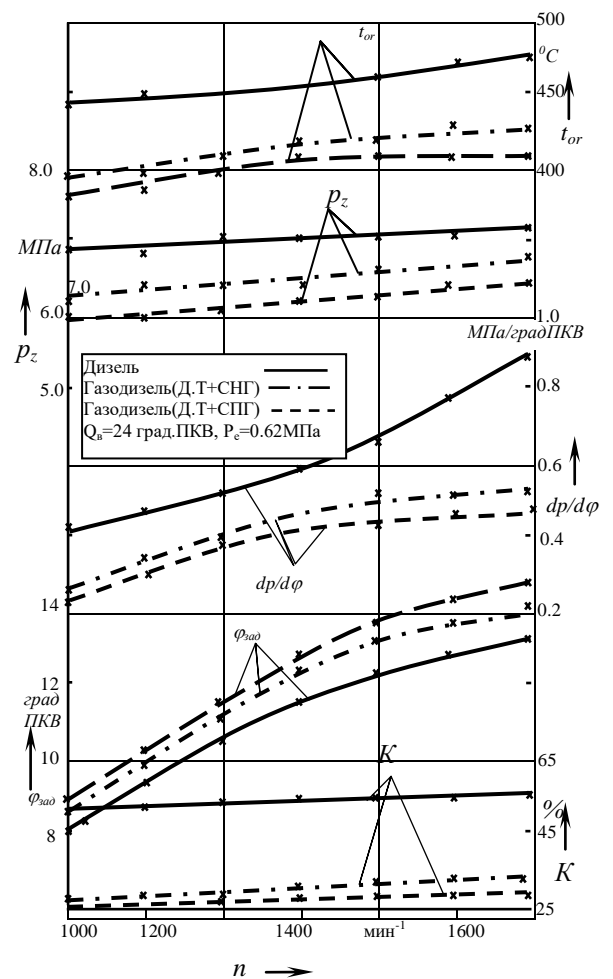


Рис.13. Показатели рабочего процесса дизеля 4С 10.5/12 (Д 144).

Здесь возникает два аспектных момента исследований. Во-первых, совпадение результатов модельных исследований с фактическими данными, которых можно достичь с помощью принятых объективных допущений. Во-вторых, соответствие полученного результата исходной задаче.

Содержание исходной задачи системы с иерархической структурой для каждого уровня (этапа) претерпевает некоторые изменения, но только в рамках системы «Г – ДВС – АТС и СУ – П – ЭР – Г –МГ». Решение исходной задачи на каждом этапе завершается принятием решения, которое предполагает наличие цели, альтернатив и факторов. (См. главу 3, где подробно описываются теоретические основы принятия решений по оценке и улучшению ЭЭП при использовании АМТ в системе «Г – ДВС – АТС и СУ – П – ЭР – Г –МГ»).

Например, для оценки неравномерности распределения горючей смеси по цилиндрам двигателя, работающего с различными системами питания, диссертант использовал метод, основанный на определении содержания СО в ОГ на каждом цилиндре двигателя.

$$D_{co} = \frac{G_{CO_{ци}} - G_{CO_{ср}}}{G_{CO_{ср}}} 100\% \quad (28)$$

Как свидетельствуют полученные результаты, содержание СО в составе ОГ газового двигателя в 2.2...5 раз меньше, чем при работе на бензине.

Между тем неравномерность D_{CO} распределения измеренного содержания СО по цилиндрам в составе ОГ газового двигателя в 1.8...6.6 раза больше, чем при работе на бензине.

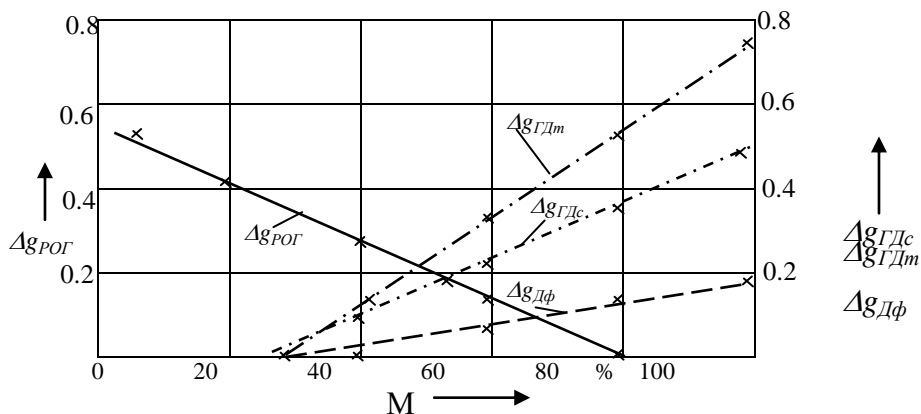


Рис.14. Диаграмма (обобщенная) организации рабочего процесса дизеля с газодизельным (двухфазным) питанием и рециркуляцией отработавших газов в зависимости от нагрузки.

Стоимость единицы энергии в период срока службы двигателя АТС и СУ, определялась по формуле:

$$C_{cc} = \frac{D_n + D_k + C_{mc}}{k_p \cdot P_e \cdot 2M}, \quad \text{у.е./кВт}\cdot\text{ч}, \quad (29)$$

где D_n и D_k – стоимости соответственно нового и первого капитального ремонта двигателя, у.е.; C_{mc} – стоимость топлива и смазочных материалов, у.е.;

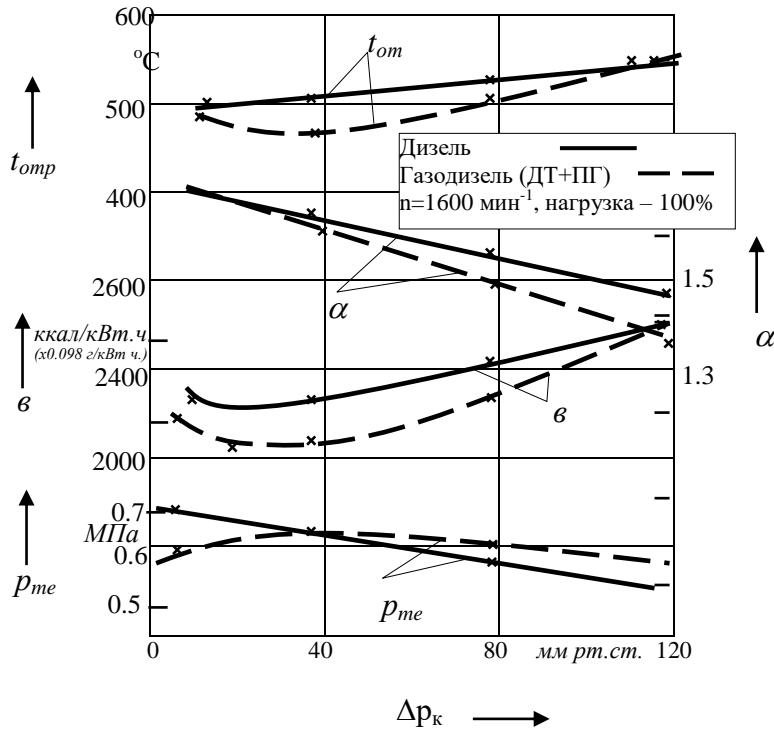


Рис.15. Зависимость показателей рабочего процесса дизеля 4Ч 10.5/12 от дросселирования впускного тракта.

P_e – эффективная мощность двигателя, кВт; k_p – коэффициент использования эффективной мощности двигателя; $2M$ – удвоенный моторесурс (моторесурс до и после капитального ремонта), тыс.ч.

Некоторые расчеты стоимости энергии приведены в табл. 10 без учета расходов смазочных материалов и экологических эффектов (предотвращенного экологического ущерба).

Таблица 10. Стоимость расхода энергии различными ДВС

№	Наименование показателей	Ед. изм.	Двигатели				
			ЗИЛ-130, Бензин	ЗИЛ-138, СНГ	ЗИЛ-138А, СПГ	КамАЗ3740, ДТ	КамАЗ- 7409.10, ГД
	1	2	3	4	5	6	7
1	Стоимость нового двигателя	у.е.	450	600	900	1200	1800
2	Стоимость капитально отремонтированного двигателя	у.е.	450	600	900	1200	1800
3	Суммарный пробег (работа) за период до и после капитального ремонта (срока службы)	тыс.км (тыс. моточ.)	300 (8.0)	360 (10.0)	450 (12.0)	350 (10.0)	420 (12.0)
4	Номинальная мощность двигателя	кВт (л.с.)	110 (150)	104 (141)	98 (133)	154 (210)	168 (229)
5	Стоимость топлива	у.е./т у.е./тыс. куб.м.	250 –	167 –	– 100	250 –	250 100
6	Расход топлива за период до и после капитального расхода двигателя (срока службы)	т тыс. куб.м.	88 –	74.8 –	– 96.25	100 –	19 + 78.8
7	Стоимость нового и капитально отремонтированного двигателя от стоимости топлива израсходованного за период срока службы	%	4.09	9.60	18.7	9.6	28.5
8	Стоимость энергии, 1 кВт.ч (МДж)	у.е.	26.02	117	9.72	17.8	8.05

Выполненные сравнительные расчеты по экологическому ущербу для получения условной мощности 1 кВт приводятся в табл.11.

Таблица 11. Экологический ущерб различными ДВС

№	Показатель	Ед. изм.	Сравниваемые ДВС при условной мощности 1 кВт					
			бензин	дизель	газовый с искровым зажиганием		газодизель	
					СНГ	СПГ	СНГ	СПГ
1	Состав смеси	–	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5
2	Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива	кг/кг	14.9	14.5	15.6	17.9	15.05	16.2
3	Минимальный удельный расход топлива тепла	$\text{г/кВт}\cdot\text{ч}$ $\text{МДж/кВт}\cdot\text{ч}$	305 1420	215 9.046	310* 9.610	320* 15.904	216** 9.396	218** 9.995
4	Количество ОГ	$\text{м}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$	5.6	6.1	5.5	5.3	5.8	5.7
5	Приведенный суммарный выброс	г.г./кг топлива	1810 (неэтил.) 13210 (этил.)	3384	970	786	2800	2300
6	Приведенный выброс ТВ ОГ	т/ч.	$0.70\cdot 10^{-4}$	$0.24\cdot 10^{-4}$	$0.69\cdot 10^{-4}$	$0.67\cdot 10^{-4}$	$0.20\cdot 10^{-4}$	$0.16\cdot 10^{-4}$
	Экологический ущерб	у.е./ч.	0.0316	0.0106	0.0169	0.0137	0.0088	0.0072

Примечание: * с учетом уменьшения мощности двигателя;

** с учетом увеличения мощности двигателя.

По сути дела во всех приведенных выше результатах исследований отмечаются практические улучшения ЭЭП исследуемых объектов. К ним относятся:

- применение АМТ как компонента, улучшающего эксплуатационные свойства основного топлива;
- обогащение газозудушной смеси различными жидкими топливами при нагрузочных режимах, близких к полной;
- управление подачей СНГ в зависимости от его компонентного состава;
- увеличение энергии и управление режимом работы электрической искры;
- улучшение равномерности распределения горючей смеси по цилиндрам и др.;
- использование нейтрализатора-катализатора с активными элементами, синтезированными из отходов горно-обогажительного производства для улучшения экологических показателей газовых двигателей;
- применение в дизелях с газодизельным (двухфазным) питанием рециркуляции отработавших газов.

Кроме того, также были выявлены следующие особенности улучшения ЭЭП газовых двигателей. Анализ состава ОГ газовых двигателей с искровым зажиганием показал, что кроме окиси углерода, углеводородов, окисидов азота здесь присутствует также сернистый ангидрид, что обусловлено применением этилмеркаптана в процессе одоризации газов.

В целях нейтрализации вредного воздействия одоранта газа (этилмеркаптана) использовано несколько адсорбционных (твердых сорбентов) поглотителей.

Реализация намеченных мероприятий по использованию АМТ в Узбекистане (рис.16.) в перспективе может привести к замене одной третьей части жидких нефтяных топлив стоимостью более 455 млн. у.е. без учета предотвращенного экологического ущерба.

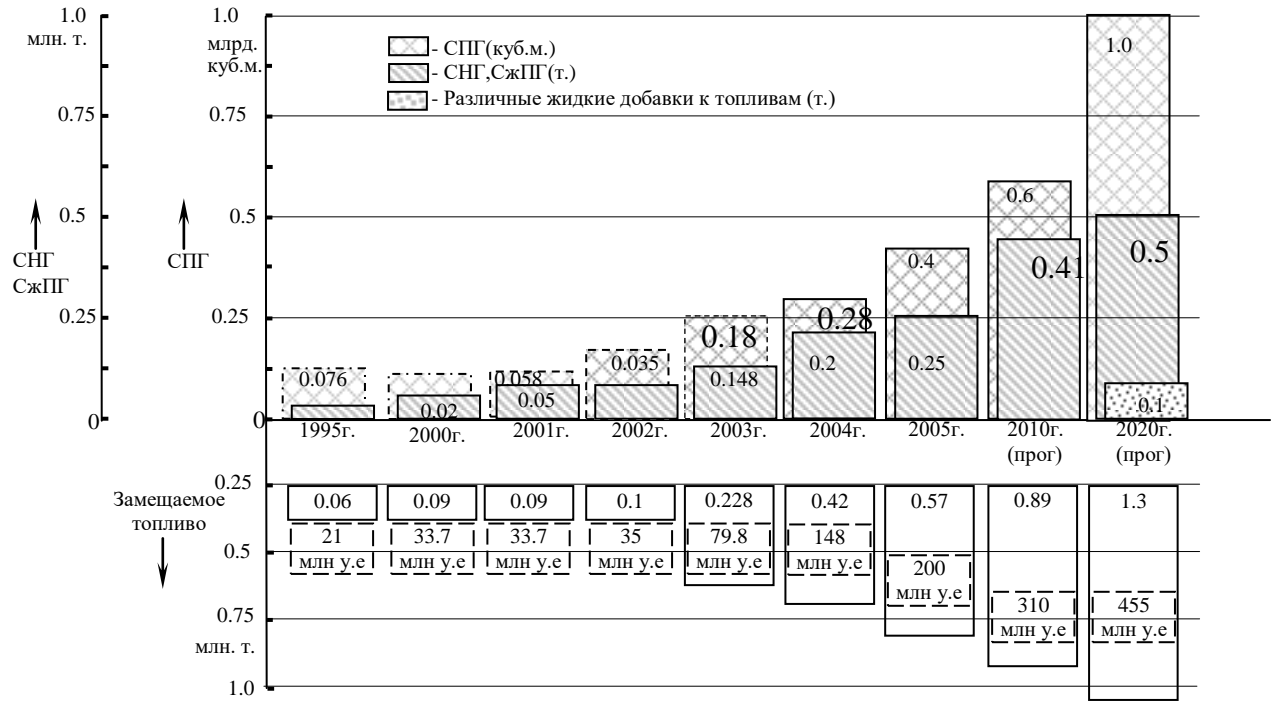


Рис.16. Использование альтернативных топлив в качестве моторного топлива в Узбекистане.

В заключении диссертации подведены итоги исследования, сформулированы основные выводы и предложены практические рекомендации.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Современное состояние использования моторных нефтяных топлив и охраны окружающей среды характеризуется многообразием альтернативных моторных топлив, для которых отсутствует единый подход энерго-экологической эффективности их использования.
2. Разработан метод комплексной оценки энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив системы с иерархической структурой «Г–ДВС–АТС и СУ–П–ЭР–Г–МГ», основанный на методе анализа иерархий (МАИ).
3. Разработан метод формирования оценочных критериев энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив, комплексно учитывающий свойства, характеристики, условия применения и перспективность, ожидаемых результатов от их применения.
4. Разработана математическая матричная модель, реализующая комплексную оценку энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив на каждом уровне системы с иерархической структурой.
5. Предложены методы определения оценочных критериев энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив для уровня «ДВС», включающие:
 - совершенствование классификации альтернативных моторных топлив по 11 признакам;
 - метод оценки и прогнозирования по внешней скоростной характеристике;
 - коэффициенты энергетической и экологической эффективности применения альтернативных моторных топлив, позволяющие оценить их использование по интегральным показателям;
 - метод оценки основных показателей рабочего цикла ДВС на альтернативных моторных топливах;
 - расчетное определение вспомогательных оценочных критериев.
6. Разработаны формулы расчетно-экспериментального определения оценочных критериев для уровня «АТС и СУ» рассматриваемой иерархической структуры.
7. Предложена методика экспериментальных исследований ДВС, АТС и СУ, включающая определение энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив, позволившая:
 - установить энерго-экологическую целесообразность пределов изменения регулировочных параметров систем и механизмов;
 - производить управление режимами испытаний и эксплуатации.
8. Внесены предложения, защищенные 11 авторскими свидетельствами и патентами, по улучшению энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив:
 - для ДВС с искровым зажиганием:
 - по управлению газодинамическим состоянием газозооной смеси, позволяющему стабилизировать частоту вращения коленчатого вала на режиме х.х., улучшить пусковые, динамические показатели, снизить удельный расход топлива;
 - по установлению выходного давления газа +20...+40 мм вод.ст. (+196...+392Па) вместо +15...-25 мм вод.ст. (+147...-245Па) с применением дозирующих элементов газа переменного сечения, улучшающих пусковые, динамические свойства ДВС на газообразных топливах и топливных смесях;

- по усовершенствованию применения газожидкостной системы питания у ДВС с искровым зажиганием, позволяющему улучшить эксплуатационные показатели ДВС, расширить диапазон максимальных значений крутящего момента;
- по способу улавливания одоранта газа, исключающему образование сернистого ангидрида в составе ОГ;
- по способу снижения выбросов ВВ ОГ газовых двигателей с помощью нейтрализатора-катализатора с активными элементами, синтезированными из отходов горно-обогатительного производства;

для ДВС с газодизельной системой питания:

- по организации рабочего процесса газодизеля с искусственным снижением степени сжатия базового двигателя на 35...75 мм *рт.ст.* путем управления давлением впускного трубопровода в зависимости от скоростного режима и с рециркуляцией ОГ, начиная с режима х.х. (50...55 %) с прекращением при нагрузках 70...76 % от полной, позволяющей снизить дымность ОГ в 1.5...2.0 раза, расход топлива по теплу - до 8.0 %, увеличить мощность двигателя до 9.0 %, снизить температуру ОГ на 80...120 °С;
- по определению рационального места ввода газа и управлению количеством запальной дозы впрыскиваемого жидкого топлива для СУ с газодизелем.

9. На основании выполненных НИОКР прогнозированы перспективные виды альтернативных моторных топлив – сжиженный природный газ, биогаз, топливные смеси, перспективность способа работы ДВС с замкнутым циклом дискретного действия, проведена опытная и опытно-промышленная конвертация ряда АТС и СУ, включая автомобили DAMAS, NEXIA, MATIZ, ТИКО АО «УздЭУавто» для работы на АМТ, преимущественно на газообразных топливах. Разработаны нормативные документации ТУ Уз 20-395-99, ТУ 6Ч –03363795-015: 2004.

10. Экономическая эффективность использования альтернативных моторных топлив с заменой 1.3 млн т. нефтяных топлив для Узбекистана составит 455 млрд. сумов в год.

Список работ опубликованных по теме диссертации

Монографии, научные статьи и труды

1. Базаров Б.И. Работа поршневых двигателей на альтернативных видах топлива. – Ташкент: ТАДИ, 2001. –138 с.
2. Базаров Б.И. Для улучшения показателей газовых двигателей и газодизелей // Автомобильная промышленность. -1998. -№ 11. -С. 13-15.
3. Базаров Б.И. Стационарные установки с газодизельным приводом //Тракторы и сельхозмашины. -1999. -№ 11. –С. 53-54.
4. Базаров Б.И. Нажмем на газ // Экологический вестник. -1999. -№ 11. -С. 20-21.
5. Базаров Б.И. Газификация автотранспорта в Узбекистане // Автомобильная промышленность. -2000. -№3. -С. 4-5.
6. Базаров Б.И. Рабочий процесс дизеля с газожидкостным питанием // Тракторы и сельхозмашины. -2000. -№ 11. -С. 11.
7. Базаров Б.И. «Всеядный» автомобиль: экономическая целесообразность // Автомобильная промышленность. -2000. -№ 11. -С. 3-5.
8. Базаров Б.И. Улучшение энергоэкологических показателей ДВС на альтернативных топливах // Вестник ХГАДТУ. Вып. 12-13. –Харьков, 2000. -С. 177-179.
9. Базаров Б.И. Расчет и моделирование внешних скоростных характеристик ДВС на альтернативных топливах // Тракторы и сельхозмашины. -2005. -№12. –С.20.
10. Базаров Б.И. Образование и экологическая безопасность // Экологический вестник. -1999. -№4. –С.5.
11. Особенности работы автотракторных двигателей на газообразном топливе / Базаров Б.И., Муталибов Т.А. // Прогрессивные методы повышения эффективности топливной экономичности автотранспортных средств: Сб.науч. тр. Вып. 156. ТашПИ. – Ташкент, 1986. -С. 34
12. Совершенствование газосмесительного устройства двигателя ЗМЗ -53- 27 / Базаров Б.И., Абдуллаев Х.Т., Муталибов Т.А. // Повышение уровня технической эксплуатации и топливной экономичности автотранспортных средств: Сб.науч. тр. Вып. 158. ТашПИ. –Ташкент, 1988. -С. 29
13. Кадыров С.М. Базаров Б.И., Топалиди В.А. Экологические проблемы автотранспорта Узбекистана // Экономика и статистика. -1996. -№ 5. -С. 32-35.
14. Особенности смазки и износа газового двигателя / Базаров Б.И. Махмудов Г.Н. // Развитие автодорожного комплекса РУз в условиях рыночной экономики: Сб. науч.труд. ТАДИ. – Ташкент, 1997. –С. 56-58
15. Современное состояние и перспективы применения газомоторного топлива в Узбекистане / Кадыров С.М., Базаров Б.И.// Развитие автодорожного комплекса РУз в условиях рыночной экономики: Сб. науч.труд. ТАДИ. – Ташкент, 1997. -С. 95-96.
16. Кадыров С.М., Базаров Б.И. Современное состояние и перспективы применения газомоторного топлива в Узбекистане // Автомобильный транспорт Узбекистана. - 1998. -№ 2. –С. 43-44.
17. Газификация автотранспорта и других энергоустановок Узбекистана / Базаров Б.И. // Экология и топливная экономичность автотранспортных средств. Матер.науч.-техн.конф.: Докл. НИЦИАМТ. -Дмитров -7, Моск.обл.-1999. -№1-2. -С. 20-21.
18. Улучшение энергоэкологических показателей ДВС на альтернативных топливах / Базаров Б.И. // Развитие и эффективность автодорожного комплекса в Центрально – азиатском регионе. Труд. Международ. науч.техн.конф.-Ташкент, 2000. т.1. -С. 27-29.
19. Кадыров С.М., Базаров Б.И. Современное состояние и прогнозирование использования газомоторных топлив в Узбекистане // Матер. конферен. за 2000-2001 гг. Ассоциации автомобильных инженеров. Вып. 8. - М., 2001. -С. 138-140.

20. Системы экологической безопасности автотранспорта / Кадыров С.М., Базаров Б.И. // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: Докл. Международ. экол.конгресса, 14-16 июня 2000г., -СПб, 2000 т.1. -С. 266-267.
21. Юсупов Д., Умаров И., Базаров Б.И. Состояние и перспективы производства неэтилированных бензинов // Нефть и газ. -2002. -№2. -С. 22.
22. Базаров Б.И., Шарипов К.Р., Холмурзаев Б.Х. Турбулизаторы топливовоздушной смеси и показатели двигателя с искровым зажиганием // Автомобильная промышленность. -2002. -№11. -С. 27.
23. Кадыров С.М., Базаров Б.И., Файзиев М.М. Улучшение энергоэкологических показателей системы «Двигатель – топливо» // Сб. докл. XXXIV Международ. науч. техн. конфер. ААИ. –М., 2002. -С. 22-24.
24. Юсупов Д.Ю., Каримов А.У., Базаров Б.И. Состояние и перспективы производства неэтилированных бензинов // Стандарт. -2003. -№ 4. –С. 48-50.
25. Туляганов А.А., Базаров Б.И., Кузнецов А.В. и др. Газомоторные топлива, газобаллонное оборудование // Нефть и газ. -2004. -№ 1. –С. 33-35.
26. Базаров Б.И. Расчет внешней скоростной характеристики двигателей на альтернативных топливах // Матер.Респ.науч.-техн. конф. «Ресурсосберегающие технологии» на железнодорожном транспорте», Ташкент, 6-7 декабря 2005. Ташкент, 2005. -С.141-143.

Авторские свидетельства, патенты, нормативная документация:

27. Парогазовоздушный смеситель: А.с. 658306. МКИ F 02 М 21/02 / Базаров Б.И. и др. Заявл.07.02.77. Оpubл. 25.04.79. Бюл. 1979. № 15.
28. Топливоподающая система дизеля: А.с. 699223 МКИ F 02 М 43/00 / Базаров Б.И. и др. Заявл. 01. 08.76. Оpubл. 25.11.79. Бюл.1979. № 4.
29. Способ питания дизеля: А.с. 7876 98 МКИ F 02 В 47/08, F 02 М 25/00 / Базаров Б.И. и др. Заявл. 04.01.78. Оpubл. 15.12.80. Бюл. 1980. № 46.
30. Редуктор газового двигателя: А.с. 844796. МКИ F 02 В 43/00 / Базаров Б.И. и др. Заявл. 15. 10.79. Оpubл. 07.07.81. Бюл. 1981. №25.
31. Устройство для регулирования подачи газозвушной смеси двигателей внутреннего сгорания: А с . 868080. МКИ Г 02 М 21/02 Базаров Б.И. и др. Заявл. 20. 12.79. Оpubл. 30.09.81. Бюл. 1981. № 36.
32. Система питания газового двигателя: А.с. 1150388 МКИ F 02 М 21/02 /Базаров Б.И. и др. Заявл. 12.11.82. Оpubл. 15.04.85. Бюл. 1985. № 14.
33. Смеситель газового двигателя: А.с. 1283433 МКИ F 02 М 21/02 / Базаров Б.И. и др. Заявл. 19. 08. 85. Оpubл. 15.01.87. Бюл. 1987. № 2.
34. Карбюратор-смеситель для газового двигателя внутреннего сгорания: А.с. 1437554. МКИ F 02 М 21/02, F 02 В 43/00 / Базаров Б.И. и др. Заявл. 04.01.87. Оpubл. 15.11.87. Бюл. 1987. №42.
35. Карбюратор-смеситель для газового двигателя: А.с. 1673746. МКИ F 02 М 2/ 02 / Базаров Б.И. и др. Заявл. 27. 12. 89. Оpubл. 30.08.91. Бюл. 1987. № 32.
36. Способ образования горючей смеси. Патент РУз №5421 от 1.096. Оpubл. Бюл. 1998. №4.
37. ТУ Уз 40.5-03-99 Дизель А01М насосных станций СНП-500/10. Переоборудование для работы по газодизельной системе питания. –Ташкент, 2000. -24 с.
38. ТУ Уз 20-395-99. Микроавтобусы ДАМАС. Переоборудование в газобаллонные для работы на сжиженном нефтяном газе(СНГ). - Ташкент, 2000.-24 с.

Тезисы научных докладов

39. Экологические и энергетические показатели газовых двигателей внутреннего сгорания / Базаров Б.И. // Экологическое образование и проблемы охраны

- окружающей среды в промышленности. Матер. Междунар. науч.-тех. конф.: Тез. докл. –Ташкент, 1997. –С. 90-92.
40. Эксплуатация газобаллонных автомобилей и охрана окружающей среды / Базаров Б.И., Махмудов Г.Н. // Экологическое образование и проблемы охраны окружающей среды в промышленности. Матер. Всесоюз. науч.-техн. конф.: Тез. докл. –Ташкент, 1991. –С. 71-72.
 41. Метод расчета системы топливоподачи газового двигателя при переходных процессах / Базаров Б.И., Сенчило А.Г. Абдуллаев Х.Т. //Теория и расчет мобильных машин и ДВС: Матер. Всесоюз. науч.-техн. конф.: Тез. докл. Ин-та механики машин АН Грузии. –Тбилиси, 1985. –С. 85.
 42. Особенности работы системы питания быстроходного двигателя на эксплуатационных режимах / Базаров Б.И., Абдуллаев Х.Т., Алиев Р.М. // Повышение эффективности использования автотранспорта и автодорог в условиях жаркого климата и высокогорных районов: Матер Всесоюз. науч.-техн. конф.: Тез. докл. – Ташкент, 1985. –С. 11.
 43. Повышение мощности газового двигателя с искровым зажиганием / Мурашов О.Д., Базаров Б.И., Абдуллаев Х.Т. // Альтернативные топлива в двигателях внутреннего сгорания. Матер. Всесоюз. науч.-техн. конф.: Тез. докл. –Киров, 1988. – С. 35.
 44. Пути улучшения показателей двигателей, работающих на альтернативных видах топлива. / Базаров Б.И. // Проблемы экологии на транспорте и пути их решения: Матер.Респуб.науч.-техн. конф.: Тез. докл. –Ташкент, 1995. –С. 28-29.
 45. Способы повышения показателей автомобильных двигателей с двухтопливными системами питания / Базаров Б.И., Умиршайхов Б.И. Шиндин А.А. // Проблема развития автотранспортных и транзитных коммуникации в Центрально-азиатском регионе: Матер. Междунар. науч.-техн.конф.: Докл. –Ташкент, 1996. –С. 126-128.
 46. Улучшение экологических показателей газовых и газодизельных двигателей / Базаров Б.И. // Системотехника на автомобильном транспорте: Матер.науч.-практ.конф.: Тез.докл. –Харьков, 1998. –С. 26-28.
 47. Энерго-экологическая оценка применения альтернативных моторных топлив на основе метода анализа иерархий / Базаров Б.И. // Тез.докл.науч.-метод.конфер. «Замонавий илм-фан ва технологияларининг энг мухим муаммолари» 14-15 май 2004. –Жиззах, 2004. –С. 26-28.
 48. Эксплуатационные исследования газобаллонного оборудования сжатого природного газа новой конструкции / Базаров Б.И. и др. // Мат.Междунар.науч.-практ.конф. «Повышение эффективности транспортно-строительно-дорожных машин и коммуникации в горных условиях Кыргызстана». Бишкек, 20-21мая 2004. –Бишкек, 2004. С. 76-77.

Учебные пособия

49. Базаров Б.И. Газобаллонные транспортные средства и стационарные установки.: Уч. пос. –Ташкент: ТАДИ, 2004. –222с.
50. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств: Уч. пос. – Ташкент: ТАДИ, 2005. –104 с.

РЕЗЮМЕ

диссертации Базарова Бахтиёра Имамовича на тему «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, альтернативные моторные топлива, энерго-экологические показатели, внешняя скоростная характеристика, системы с иерархической структурой.

Объекты исследования: альтернативные моторные топлива, двигатели внутреннего сгорания, автотранспортные средства и стационарные установки.

Цель работы: разработка научных основ энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив для двигателей автотранспортных средств и стационарных установок, получение решения на уровне научного обобщения проблем основ эффективности их использования для ДВС с учетом особенностей изменений характеристик и требования эксплуатации.

Метод исследования: поставленная цель достигалась глубоким анализом и обобщением ранее выполненных теоретических и экспериментальных работ и современных тенденций мирового двигателестроения, проведением теоретических исследований на математико-статистической модели с применением ЭВМ и комплекс методов, включающей системный анализ, выполнением лабораторно-дорожных и эксплуатационных исследований на базе современной зарубежной и отечественной измерительной аппаратуры.

Полученные результаты и их новизна: разработаны:

- метод анализа энерго-экологических показателей ДВС, работающих на АМТ для комплексной оценки энерго-экологической эффективности их использования в системе с иерархической структурой;
- метод формирования оценочных показателей энерго-экологической эффективности использования АМТ, и их классификации, обеспечивающей учет основных признаков;
- метод расчета, моделирования и прогнозирования внешней скоростной характеристики ДВС на альтернативных топливах;
- метод расчета основных показателей рабочего цикла ДВС, работающих на альтернативных топливах;
- полученные результаты расчетно-экспериментальных исследований, позволяющие: разработать новые способы нейтрализации вредных веществ в составе отработавших газов и улавливание меркаптана; управлять режимами испытаний ДВС; разработать организовать рабочий процесс ДВС, работающие на топливных смесях (управление степенью сжатия и рециркуляция отработавших газов газодизеля); обогащение различными жидкими топливами газоздушная смеси;
- разработать метод прогнозирования по перспективным альтернативным моторным топливам и способом работы ДВС.

Практическая значимость: разработаны метод оценки и применения альтернативных моторных топлив в системе с иерархической структурой; метод выбора оценочных критериев применения альтернативных моторных топлив в различных стадиях иерархии системы «Т-ДВС-АТС и СУ-П-ЭР-Г-МГ»; метод расчета ВСХ ДВС на различных топливах; системы испытаний ДВС, работающие на АТ и оснащенные различными системами снижения токсичности ОГ; база данных по моторном АТ для разработки: справочных материалов; учебников и учебных пособий; нормативных документации (ГОСТ, СП, ТУ, РД); конструкторских разработок по ГБО для АТС и СУ; а также средств их ТО и Р, диагностики.

Степень внедрения и экономическая эффективность: Разработанные рекомендации по совершенствованию показателей газобаллонной аппаратуры автомобилей приняты и используются в Узбекском агентстве автомобильного и речного транспорта, Навоийском горно-металлургическом комбинате, НПФ «САГА» и др.

Экономическая эффективность использования альтернативных моторных топлив с заменой 1.3 млн тонн нефтяных топлив для Узбекистана составит 455 млрд. сумов в год.

Область применения: автомобилестроение, двигателестроение, автомобильный транспорт, научно-исследовательские работы.

Техника фанлари доктори даражасига даъвогар Базаров Бахтиёр Имомовичнинг
05.04.02 - «Иссиблик двигателлари» мутахассислиги бшйича **«Альтернатив мотор
ёнилциларидан фойдаланиш энерго-экологик самарадорлигининг илмий асослари»**
мавзусидаги диссертациясининг **ЎСЪАЧА МАЗМУНИ**

Таянч (энг мушим) сщзлар: ички ёнув двигателлари, альтернатив мотор ёнилцилари, энерго-экологик кщрсатгичлар, ташъи тезлик характеристика, иерархия таркибли тизим.

Тадъиёт объектлари: альтернатив мотор ёнилцилар, ички ёнув двигателлар, автотранспорт воситалари ва ёщзчалмас ёурилмалар.

Ишнинг максади: АЁ ишлайдиган АТВ ва ЁБ двигателлари характеристикаларини ёисоблаш, таълил ёилиш ва такомиллаштириш йщли билан, замонавий технологиялардан фойдаланиб, уларни ишлатиш тизимларини тартибга келтириш оръали ЭЭК яхшилашнинг самарали услублари ва баёолашнинг илмий асосларини ишлаб чиёиш.

Тадъиёт усули: Ёщйилган маъсадга дунё двигателсозлигининг замонавий йщналишлари ёамда илгари бажарилган назарий ва экспериментал тадъиётларни чуёур таълил ёилган ва умумлаштирган холда, тизимли таълилни щз ичига олувчи услублар мажмуасидан фойдаланувчи ЭЫМ ни ёщллайдиган математик-статик услуб ёрдамида назарий тадъиётлар олиб бориш, чет элда ва Ватанимизда ишлаб чиёарилган замонавий щлчов аппаратлари асосида лаборатория, йщл ва эксплуатацион тадъиётлар мажмуасини бажарган холда эришилади.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилилиги: Ишнинг илмий янгилилиги ёуйидагича:

- ИЁДда альтернатив мотор ёнилциларидан фойдаланиш энерго-экологик самарадорлигининг комплекс тахлил услуги;
- альтернатив мотор ёнилциларидан фойдаланишнинг энерго-экологик самарадорлигини баёоловчи кщрсатгичларини шакллантириш услуги;
- шакллантирилган альтернатив мотор ёнилциларининг классификацияси;
- альтернатив мотор ёнилциларида ишлайдиган ИЁД ташъи тезлик характеристикаларини ёисоблаш, моделлаштириш ва башорат ёилиш услуги;
- альтернатив мотор ёнилциларидан фойдаланадиган ИЁД ишчи циклининг асосий кщрсатгичларини ёисоблаш услуги;
- альтернатив мотор ёнилциларидан фойдаланишнинг энерго-экологик самарадорлигини ошириш учун тадбирлар (газ-ёаво аралашмаси газодинамик ёолатининг бошьарилиши; газ ёнилчиси чиёиш босимининг рационал ёийматини щрнатилиши; газ-суюъ тизимидан фойдаланиш; янги турдаги нейтраллизатор-катализатордан фойдаланиш; газдизел тизимида сиёиш даражасини сунъий камайтириш ва маълум иш режимларида ишлатилган газлардан ёайта фойдаланиш);
- истиёболли альтернатив мотор ёнилцилар ва ИЁД ишлашининг янги усуллари башорати.

Амалий аямияти: - турли ёнилциларда ишлайдиган ИЁД ТТХ ёисобининг услуги;

- альтернатив мотор ёнилциларини иерархия таркибли тизимда ишлатиш ва баёолаш услуги;
- альтернатив ёнилциларини «Ё-ИЁД-АТВ ва ЁБ-К-ИМ-Д-Д» тизими иерархиясининг турли босъичларида ишлатишнинг баёолаш меёрларини танлаш услуги;
- АЁ ишлайдиган ва ИГ заёарлилигини камайтиришнинг турли тизимлари билан таъминланган ИЁД синаш тизимлари;
- маълумот материаллари, дарсликлар ва щуёв ёщлланмалари, меёрий хужатлар (ГОСТ, СП, ТУ, РД) АТВ ва ЁБ учун ГБУ конструктив ишланмалари ёамда уларга ТХ ва Т, диагностика ёилиш учун ишланмалар яратишда ишлатадиган мотор АЁ маълумот базаси.

Тадбиё этиш даражаси ва иётисодий самарадорлиги: Автомобил газ баллонли ускуналар кщрсатгичларини такомиллаштириш бшйича ишлаб чиёилган таклифлар Щзбекистон автомобил ва дарё транспорти» агентлиги Навоий тоц-металлургия комбинати, «САГА» КПФ ва бошьалар томонидан ёабул ёилинган ва ишлатилмоёда.

Щзбекистон учун 1.3 млн. тонна нефть ёнилциларини альтернатив мотор ёйилцилари билан алмаштириш бир йилда 455 млрд. сум иётисодий самара келтиради.

Ёщланиш (фойдаланиш) соёаси: автомобилсозлик, двигателсозлик, автомобил транспорти, илмий-тадъиёт ишлари.

RESUME

Dissertation of Bazarov Baxtior Imamovich on the title of
 « *SCIENTIFIC BASES ENERGETIC-ECOLOGICAL EFFICIENCY USE ALTERNATIVE
 MOTOR FUELS*»

For fulfillment of a scientific degree, Doctor of Technical Sciences
 in 05.04.02 - «Heat engines»

Key words: internal combustion engines, alternative motor fuel, energetic-ecological parameters, wide opened throttle characteristics, systems with hierarchical structure.

Subjects of the inquiry: Alternative motor fuel, internal combustion engines, vehicles and stationary plants.

Aim of the inquiry: Development of scientific bases of estimation and effective ways of improvement energetic-ecological parameters of vehicles and stationary plant engines, working on alternative fuel by calculation, analysis and perfection of their characteristics, regulating the systems of their operation with the use of modern technologies.

Method of inquiry: the objective has been achieved by profound analysis and generalization of the executed theoretical and experimental works and modern world engine-construction tendencies, carrying out theoretical research on a mathematical-statistical model with application of the computer with use of complex methods, including the system analysis, performance of a complex laboratory - road and operational research on the basis of the modern foreign and domestic measuring equipment.

The results achieved and their novelty: Scientific novelty of the work is the following:

- To develop a method of the analysis of the energy-ecological parameters of ICE working on alternative motor fuels, allowing to perform a complex estimation of energy-ecological efficiency of their use in system with hierarchical structure;
- To develop a method of formation of estimated parameters of energy-ecological efficiency of use alternative motor fuels which is taking into account all influencing factors;
- To develop a method of formation of classification alternative motor fuels which is providing account of the basic attributes;
- To develop a method of calculation, modeling and predicting characteristic on wide open throttle position of ICE fueled with alternative fuels;
- To develop a method of calculation of the basic parameters of operating cycle of ICE fueled with alternative fuels;
- The obtained results of computational-experimental studies allow following:
 - to develop new ways of neutralization of harmful substances in exhaust gases and mercaptan catching;
 - to control ICE testing modes;
 - to organize the working process of ICE, working on fuel mixtures (compression ratio controlling and recirculation of gas-diesel exhaust gases);
 - enrichment of air-gas mixture with various liquid fuels;
- To develop a method to forecast on perspective alternative motor fuels and working mode of the ICE.

Practical value:

- A method of calculation of wide opened throttle characteristic of ICE on various fuels;
- A method of an estimation and application of alternative motor fuels in the system with hierarchical structure;
- A method of choice of estimated criteria of application of the alternative motor fuels at various stages of hierarchy of system («F – ICE – V and SP – E – ER – S – IS»);
- The systems of testing ICE operation working on AF and equipped with various systems of reduction of toxicity of exhaust gases;
- A database on alternative motor fuels for development of reference materials; textbooks and manuals; normative documentation (GOST, SP, Technical conditions, RD); design development on Gas Equipment for vehicles and stationary plants; and also means of their technical services and repairing, diagnostics.

Degree of embed and economical affectivity: The developed recommendations on perfection of parameters of the gas-balloon equipment of the automobiles have been accepted and used in the Uzbek Agency of Automobile and River Transport, Navoi mountain – metallurgical plant, NPF "SAGA", etc. Economic efficiency of using alternative motor fuels in change of 1.3 million a petroleum fuels for Uzbekistan is 455 billion sums in a year.

Sphere of usage: motor industry, engine production industry, motor transport, and research works.

Разрешено к печати: 18.05.2006г.
Отпечатано: 18.05.2006г.
Заказ № 166-в от 18.05.06г.
Формат: 21x30½ . Тираж: 100 экз.
Ташкент, ул. Мовароуннахр-20.
МУ ТАДИ