

Министерство образования и науки Украины

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра *ДВС*

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

дисциплины *“Проблемы повышения
потребительских качеств ДВС”*

для специальности 8.05050304, ДВС

Составитель: доц. Жилин С.С.

Харьков ХНАДУ 2002

Лекция 1

ВВЕДЕНИЕ

План

1. Предмет и задачи дисциплины “Проблемы повышения потребительских качеств ДВС”, ее роль в подготовке магистров в области двигателей внутреннего сгорания.
2. Структура дисциплины.
3. Общие понятия потребительских качеств продукции.
4. Основные направления совершенствования потребительских качеств ДВС.

1. Предмет и задачи дисциплины “Проблемы повышения потребительских качеств ДВС”, ее роль в подготовке магистров в области двигателей внутреннего сгорания

Учебная дисциплина “Проблемы повышения потребительских качеств ДВС” принадлежит к циклу специальных дисциплин по выбору университета по специальности 8.090210 “Двигатели внутреннего сгорания” на основе полного высшего образования направления 6.090210 “Инженерная механика”.

Предметом учебной дисциплины являются закономерности развития потребительских качеств двигателей внутреннего сгорания для различных сфер применения и принципы их формирования.

Цель преподавания дисциплины - подготовка студентов к самостоятельному решению профессиональных задач в области потребительских качеств ДВС в соответствии с требованиями профессионально-квалификационной характеристики.

Основными задачами учебной дисциплины является формирование у студентов комплекса знаний, умений, навыков и представлений, которые необходимы для решения профессиональных задач, связанных с обоснованным выбором типа двигателя для конкретных условий эксплуатации, прогнозирование его потребительских качеств и всей энергетической установки, возможностью дальнейшего улучшения этих качеств с учетом требований заказчика и существующих тенденций.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: общие понятия потребительских качеств продукции, критерии оценки потребительских качеств ДВС (технико-экономических, экологических, эргономических и других); основные пути их повышения, современные требования к ДВС различного назначения, тенденции их развития;

уметь выбирать тип двигателя для конкретных условий эксплуатации, прогнозировать потребительские качества при создании конкурентоспособных

конструкций, пользоваться методами оценки повышения потребительских качеств при использовании нетрадиционных схем ДВС или альтернативных топлив и т.д.;

иметь представления о достижениях мирового двигателестроения, направлениях работ по созданию перспективных высокоэкономичных и экологически чистых двигателей и энергетических установок, перспективах использования альтернативных топлив, применении новых материалов, использовании электронных систем управления и т.п.

2. Структура дисциплины

Для полготовки магистров на уровне знаний в программе учебной дисциплины предусмотрен цикл лекций в объеме 18 часов и самостоятельная подготовка к ним в объеме 9 часов. Формирование умений и навыков осуществляется путем проведения лабораторно-практических занятий (18 часов). Уровень представлений студентов достигается в ходе их самостоятельной работы с учетом консультаций преподавателя, выполнения контрольной работы, а также самостоятельной работы студентов с учебниками, реферативными журналами, справочной литературой, специальными изданиями, патентами и работой с системой “Intern”.

Контроль знаний студентов осуществляется систематически путем опроса на лекциях, лабораторно-практических занятиях, при защите контрольной работы. Завершающим этапом контроля является экзамен.

Дисциплина “Проблемы повышения потребительских качеств ДВС” базируется на знаниях предыдущих фундаментальных и профессионально-ориентированных дисциплин: “Теория технических систем”, “Технология конструкционных материалов и материаловедение”, “Теория ДВС”, “Конструкция и динамика ДВС”, “Системы ДВС”, “Автоматическое регулирование ДВС”, “Надежность ДВС”.

Знания, полученные при изучении дисциплины, используются при выполнении квалификационной работы магистра и в будущей профессиональной деятельности.

3. Общие понятия потребительских качеств продукции

Под потреблением понимается использование общественного продукта в процессе удовлетворения потребностей, и потребление является заключительной фазой процесса воспроизводства.

Производство осуществляется для потребления. В свою очередь потребление активно воздействует на производство.

Качество - это философская категория, выражающая существенную определенность объекта, благодаря которой он является этим, а не иным.

В более узком смысле качество продукции - это совокупность свойств и мера полезности продукции, обуславливающая ее способность все более полно удовлетворять потребности.

Необходимо отметить, что улучшение качества продукции - важное условие повышения эффективности общественного производства.

При знакомстве с любой технической системой (ТС) приходится задавать вопросы, начинающиеся со слов “каков”, “какой”. Например: Каков автомобиль? Какая у него скорость? Какой у него расход горючего? Какова его надежность? Какой у него внешний вид? и т. д.

Таким образом, чтобы отвечать предъявляемым требованиям, ТС должна не только выполнять желаемую рабочую функцию, но и обладать определенными свойствами или потребительскими качествами. Ценность ТС будет определяться сочетанием многообразных свойств.

Свойства любой ТС можно разбить на несколько основных групп:

- производственные (технические);
- экономические ;
- конструктивные;
- технологические;
- эргономические;
- эстетические;
- манипуляционные;
- качество изготовления.

Двигатель внутреннего сгорания является энергетическим элементом технической системы, в состав которой он входит. Поэтому потребительские качества автомобилей, тракторов, комбайнов, тепловозов, дорожно-строительной техники, буровых установок и т.д. во многом определяются свойствами ДВС. То есть двигатель внутреннего сгорания также имеет свои потребительские качества. По мере развития ДВС увеличивается количество их потребительских качеств. Некоторые из них с течением времени становятся менее существенными, некоторые наоборот приобретают актуальность. Эти потребительские качества зависят от объекта (потребителя), на котором установлен этот двигатель. Так, для стационарного двигателя способность быстрого перехода с одного режима работы на другой (приемистость) не является существенным потребительским качеством. Двигатель пропашного энергонасыщенного трактора не должен иметь удельную массу, близкую к удельной массе двигателя легкового автомобиля. В зависимости от назначения двигателя разрабатываются оценочные параметры, характеризующие его свойства. Базовыми потребительскими качествами в настоящее время являются: достаточная мощность и крутящий момент, высокая топливная и масляная экономичность, низкая токсичность и дымность, высокая надежность, малый уровень шума и вибраций.

4. Основные направления совершенствования потребительских качеств ДВС

Несмотря на то, что ДВС достигли в настоящее время высокой степени совершенства, актуальными остаются такие направления совершенствования потребительских качеств:

- уменьшение потребления двигателями внутреннего сгорания нефтяного моторного топлива;
- повышение мощности, снимаемой с единицы рабочего объема при высокой надежности конструкции;
- снижение стоимости производства и эксплуатации двигателей;
- осуществление мероприятий по снижению, а в перспективе и полной ликвидации токсичности ДВС;
- использование в ДВС принципиально новых конструкционных материалов;
- широкое применение для управления и регулирования ДВС микропроцессорной техники и электроники;
- адаптация двигателей к работе на различных альтернативных топливах.

Контрольные вопросы

1. Что является предметом дисциплины “Проблемы повышения потребительских качеств ДВС?” Какие задачи ставятся при изучении дисциплины?
2. Дайте определение понятию “качество продукции”.
3. Какими основными свойствами характеризуется любая техническая система?
4. Перечислите основные потребительские качества ДВС.
5. В каких направлениях осуществляется совершенствование потребительских качеств ДВС?

Литература

1. Тимченко І.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є. и др. Автомобільні двигуни. - Х.: Основа, 1995 - 464 с.
2. Хубка В. Теория технических систем. - М.: Мир, 1987. - 208 с.

Лекция 2

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

План

1. Основные направления совершенствования двигателей с искровым зажиганием на современном этапе.

2. Состояние работ по созданию и совершенствованию бензиновых двигателей с непосредственным впрыскиванием топлива и расслоением заряда.

3. Направления по созданию бензиновых двигателей с бездрессельным регулированием мощности.

4. Конструктивные решения по созданию высокоэффективных бензиновых двигателей с изменяющейся степенью сжатия.

1. Основные направления совершенствования двигателей с искровым зажиганием на современном этапе

Бензиновые двигатели с искровым зажиганием прошли большой путь развития. За это время значительно повысились его технико-экономические и экологические показатели. В связи с высокими удельными показателями (удельная и литровая мощность) они получили наибольшее применение в легковом автомобильном транспорте. Развитие этого типа двигателей стимулируется постоянной конкурентной борьбой с дизелями, обладающими более высокой топливной экономичностью.

Опыт мирового двигателестроения и анализ исследований, выполненных учеными, указывает на ряд путей дальнейшего совершенствования бензиновых двигателей с принудительным воспламенением смеси:

1. Повышение индикаторного коэффициента полезного действия путем:

- дальнейшего совершенствования электронных систем зажигания с микропроцессорным управлением;

- повышение степени сжатия (от 10 до 12);

- повышение скорости сгорания бедных смесей;

2. Снижение механических потерь путем:

- применения легких металлов, позволяющих уменьшить на 30-50% массу клапанов, клапанных пружин, шатунов, поршней и др.;

- переход на двухколечные поршни;

- оптимизации элементов подвижных сопряжений цилиндро-поршневой группы, в том числе с применением более эффективных покрытий поршней и поршневых колец;

- снижение затрат мощности на привод вспомогательных агрегатов.

3. Снижение насосных потерь путем:

- увеличения количества клапанов на цилиндр (до 5);

- изменение фаз газораспределения при неизменных величинах подъема клапана и с изменяемыми значениями подъемов клапанов;

- отказ от дроссельной заслонки как органа, регулирующего мощность двигателя;

- отключение части цилиндров при малых нагрузках;
- применение двухрежимного резонансного впуска;
- изменение длины впускного трубопровода

и другие.

Рациональное использование совокупности упомянутых выше технических решений может повысить топливную экономичность 4-х клапанного двигателя до 25% относительно базового.

2. Состояние работ по созданию и совершенствованию бензиновых двигателей с непосредственным впрыскиванием топлива и расслоением заряда.

Более полувека не прекращаются работы по созданию автомобильного двигателя с впрыскиванием бензина непосредственно в камеру сгорания и искровым зажиганием, в котором сочетались бы лучшие свойства двигателей Отто и Дизеля.

Основная идея заключается в том, чтобы обеспечить эффективную без детонации работу двигателя при степени сжатия $\varepsilon = 12...14$ и качественным регулированием мощности.

Реализовать эту идею стало возможным, применяя расслоение заряда. Обогащенная, хорошо воспламеняющаяся смесь с $\alpha = 0,85 - 0,9$ сосредотачивается у свечи зажигания, а сильно обедненная с $\alpha = 2...3$ - на периферии камеры сгорания.

Эту сложную задачу удалось осуществить японским компаниям “Мицубиси” и “Тойота” в двигателях “Мицубиси GDI” и “Тойота 3S - FSE”, устанавливаемых на легковых машинах “Мицубиси Галант” “Мицубиси Паджеро” и “Тойота Корона-Премио”.

В двигателях с расслоением заряда осуществляется рабочий цикл, который обеспечивается комбинацией характеристик впрыскивания топлива и структурой воздушного вихря в камере сгорания.

На рис. 2.1. представлена многопараметровая характеристика двигателя “Тойота 3S - FSE”, а на рис. 2.2. схема смесеобразования в этом двигателе.

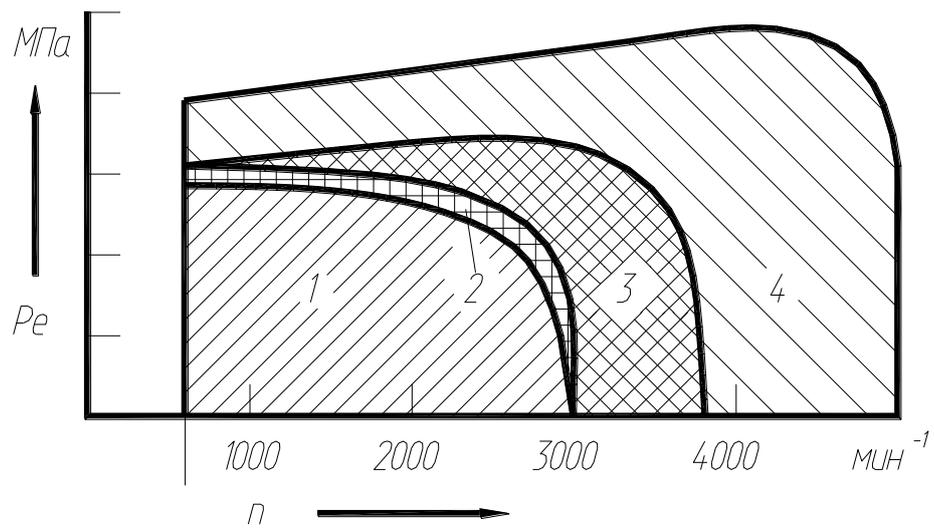


Рис. 2.1. Многопараметровая характеристика “Тойота 3S - FSE”

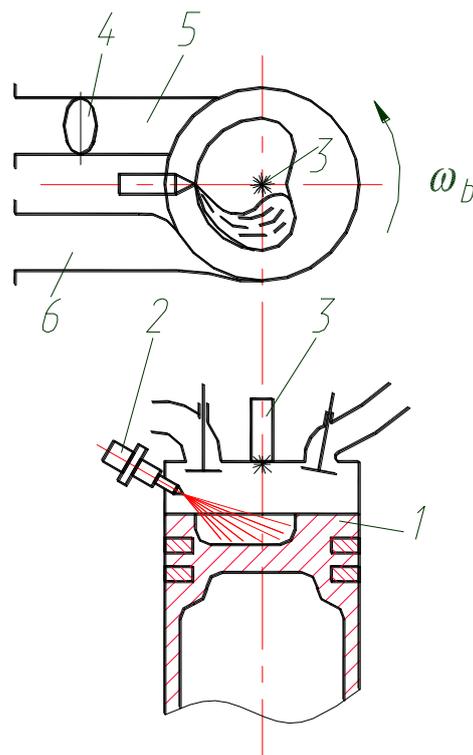


Рис. 2.2. Смесеобразование в двигателе “Тойота 3S - FSE”
 1 - поршень; 2 - форсунка; 3 - свеча зажигания;
 4 - заслонка; 5 - прямой канал; 6 - винтовой канал

Поле режимов работы двигателя делится на четыре зоны, в пределах которой обеспечивается наиболее выгодный рабочий процесс.

В зоне 1 на малых нагрузках двигатель работает на очень бедных ($\alpha = 1,7 \dots 3,4$) расслоенных смесях (послойное смесеобразование). Впрыскивание бензина осуществляется вблизи ВМТ. Воздух проходит через винтовой канал 6, создавая интенсивное вихревое движение.

В зоне 2 увеличивается подача топлива ($\alpha = 1,4 \dots 2,0$). Двигатель переходит на полупослойное смесеобразование с впрыскиванием бензина в два этапа: на такте впуска и вблизи ВМТ на такте сжатия.

При еще большем увеличении нагрузки в зоне 3 организуется бедная смесь с $\alpha = 1 \dots 1,5$. Для этого открывается заслонка 4, увеличивается наполнение цилиндра воздухом и снижается интенсивность осевого вихря. Подача бензина остается двухфазной.

Зона 4 - это зона полной нагрузки. В ней осуществляется сгорание гомогенной смеси мощностного ($\alpha = 0,85$) или стехиометрического ($\alpha = 1$) состава. Воздух поступает в цилиндр через оба впускные каналы, а топливо впрыскивается на такте впуска.

Этот двигатель имеет уменьшенные тепловые потери в систему охлаждения, т.к. температура у стенок камеры сгорания ниже чем в центре у свечи. Двигатель имеет высокие антидетонационные качества и может работать на низкооктановом бензине при степени сжатия $\varepsilon = 10$.

Для снижения токсичности в двигателе применяется система рециркуляции отработавших газов и каталитический нейтрализатор накопительного типа.

Применяемые технические решения позволяют снизить расход топлива на 30% и эмиссию NO_x на 95%.

3. Направления по созданию бензиновых двигателей с бездрессельным регулированием мощности.

Для улучшения наполнения цилиндра двигателя применяется широкий арсенал средств: настроенный впуск с регулируемой длиной впускного канала, управляемые фазы газораспределения, многоклапанные головки. Однако эти усовершенствования в полной мере проявляют себя при полностью открытой дроссельной заслонке (на максимальной мощности). На частичных режимах впускной трубопровод прикрывается дроссельной заслонкой, что приводит к увеличению насосных потерь при газообмене. Поэтому специалисты в области ДВС давно рассматривают возможность отказа от дроссельной заслонки, как органа регулирующего мощность. Практическим решением этой задачи является использование циклов Миллера и Аткинсона.

Оба цикла предполагают изменять количество смеси, поступающей в цилиндр, за счет момента закрытия впускного клапана.

В цикле Миллера впускной клапан закрывается задолго до НМТ. Причем, чем меньше нужно подать топливовоздушной смеси в цилиндр, тем раньше необходимо закрыть впускной клапан. После закрытия впускного клапана смесь принудительно расширяется. При этом снижается температура рабочего тела и стенок камеры сгорания, снижая вероятность возникновения детонации. Работа, затрачиваемая на расширение, уменьшает дальнейшую работу на сжатие. Воплощением цикла Миллера на легковых автомобилях стал двигатель КJ на моделях Мазда-Кседос и Мазда-Юнос. Эти двигатели снабжены объемным нагнетателем Лисхольма.

В цикле Аткинсона впускной клапан закрывается после НМТ и часть заряда выталкивается во впускную систему. В зависимости от нагрузки изменяется момент закрытия впускного клапана. Реализация цикла Аткинсона стала возможной, когда появились механизмы регулирования фаз газораспределения. Этот цикл применила компания “Тойота” в бензиновом двигателе, установленном на гибридном автомобиле “Приус”.

Принципиально новое техническое решение бездрессельного регулирования мощности предложено фирмой BMW. Разработан механизм, получивший название Valvetronic. Он включает кулачковый вал, который воздействует на промежуточный маятниковый рычаг, а он в свою очередь воздействует на коромысло. Коромысло передает движение на клапан. Положение маятникового рычага может меняться с помощью эксцентрикового вала, который приводится в движение от сервомотора через червячную передачу. В зависимости от положения маятникового рычага меняется ход клапана от нуля до максимума. За счет этого изменяется количество свежего заряда, попадающего в цилиндр. Кроме того двигатель с механизмом Valvetronic снабжается системой изменения фаз газораспределения Double VANOS. Проведенные испытания показали, что использование этих систем снижает средний эксплуатационный расход топлива на 18%, а токсичность отработавших газов отвечает нормам Евро 4. Дополнительным достоинством двигателя с бездрессельным регулированием мощности стала невысокая требовательность к октановому числу бензина и сорту моторного масла. В настоящее время новыми двигателями оснащаются автомобили BMW - 316i, 735i, 745i.

Еще большие возможности открывает электромагнитный привод клапанов, над которым интенсивно работают автогиганты BMW и Daimler Chrysler.

4. Конструктивные решения по созданию высокоэффективных бензиновых двигателей с изменяющейся степенью сжатия

Идея использования переменной степени сжатия не нова, но ранее предлагаемые конструктивные решения были сложными, громоздкими и ненадежными в работе. С появлением компьютерных систем управления и быстродействующих исполнительных механизмов оживился интерес к этой идее.

Инженеры шведской компании SAAB предложили оригинальную конструкцию двигателя SVC (SAAB Variable Compression). В этом двигателе степень сжатия изменяется в пределах $\varepsilon = 8 \dots 14$ в зависимости от режима работы. Двигатель имеет систему высокого наддува ($p_k = 2,8$ бар).

Система изменения степени сжатия состоит из головки цилиндров с интегрированными гильзами *monohead* и гидравлического механизма наклона (подъема) этой головки относительно блока. Зазор между головкой и блоком уплотняется резиновыми мехами. Система управления - процессор SAAB Trionic учитывает частоту вращения коленчатого вала, нагрузку и качество бензина.

По данным фирмы 1,6 литровый пятицилиндровый двигатель SVC развивает мощность 225 л.с., крутящий момент $M_{max} = 305$ Нм и имеет расход топлива на 30% ниже по сравнению со стандартным двигателем с рабочим объемом 1,6 литра.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность расслоения топливовоздушной смеси в бензиновом двигателе с искровым зажиганием?
2. Как осуществляется рабочий процесс в двигателе непосредственного впрыскивания бензина “Тойота 3S - FSE”?
3. Каковы преимущества бездроссельного регулирования мощности?
4. В чем суть циклов Миллера и Аткинсона?
5. Поясните принцип действия системы бездроссельного регулирования мощности Valvetronic.
6. Как осуществляется изменение степени сжатия в бензиновом двигателе SVC компании SAAB?

Литература

1. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая Среда - Харьков: Прапор, 2000. - 304 с.
2. Дмитриевский А. Как обойтись без дросселя. - За рулем. № 1, 1999, с.53-54.
3. Фомин А, Воробьев-Обухов А. Распредвал - на пенсию? - За рулем. № 14, 1998, с. 56-57.
4. Бегишев Д. Убить двоих зайцев. - Motor News № 1, 2000.

Лекция 3

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

С ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ОТ СЖАТИЯ

План

1. Основные направления совершенствования дизелей различного назначения.
2. Особенности организации рабочего процесса и конструкции современного автомобильного дизеля.
3. Повышение давления впрыскивания топлива и компьютерное управление им - магистральное направление улучшения технико-экономических и экологических показателей автомобильных дизелей.

1. Основные направления совершенствования дизелей различного назначения

Дизель в настоящее время является наиболее экономичным тепловым двигателем. Это одна из основных причин его широкого распространения в силовых установках. Несмотря на высокий уровень технического совершенства, дизель имеет резервы дальнейшего повышения технико-экономических и экологических показателей.

Анализ современных литературных источников позволяет сформулировать основные пути, по которым идет развитие и совершенствование дизелей:

1. Совершенствование процессов газообмена на номинальном режиме и на режимах эксплуатационной характеристики:
 - применение 3-х - 5-и клапанных головок на цилиндр;
 - использование механизмов регулирования фаз газораспределения;
 - регулирование параметров впускных каналов.
2. Совершенствование систем наддува:
 - промежуточное охлаждение наддувочного воздуха;
 - применение комбинированных схем наддува;
 - применение регулируемых обменников давления;
 - повышение КПД агрегатов наддува.
3. Совершенствование рабочего цикла:
 - применение открытых камер сгорания и оптимизация их формы;
 - повышение давления впрыскивания топлива до 150-200 МПа;
 - повышение среднего эффективного давления до 2-2,5 МПа и максимального давления цикла до 20 МПа.
4. Уменьшение потерь теплоты в систему охлаждения (адиабатизация):
 - керамические детали, ограничивающие камеру сгорания;
 - применение высокотемпературного охлаждения.
5. Дальнейшее использование энергии отработавших газов:
 - применение силовых турбин (турбокомпаундирование);

- применение систем вторичного использования теплоты (ВИТ).
- 6. Применение новых материалов для деталей КШМ и ГРМ.
- 7. Уменьшение шума и вибраций:
 - совершенствование акустических характеристик деталей и узлов;
 - применение механизмов уравнивания;
 - капсулирование двигателя.
- 8. Уменьшение токсичности и дымности.
- 9. Широкое использование электронных и компьютерных систем управления.

2. Особенности организации рабочего процесса и конструкции современного автомобильного дизеля.

Энергетический кризис, разразившийся в 70-х годах значительно ускорил дизелизацию автомобильного транспорта. В грузовом автотранспорте преимущественно стали применять дизель в силовом агрегате. В них удалось организовать удовлетворительный процесс сгорания топлива, применяя объемную, пленочную и объемно-пленочную схемы смесеобразования. В дизелях с малыми размерами цилиндра и повышенной быстроходностью ($n = 3000 - 4000 \text{ мин}^{-1}$) традиционно применялись разделенные камеры сгорания (вихревые, предкамеры), которые позволяли обеспечить удовлетворительное протекание процессов смесеобразования и сгорания, допустимые шумность работы и токсичность отработавших газов. Но большие тепловые и гидравлические потери приводили к тому, что эти двигатели имели на 15-20% худшую топливную экономичность и плохие пусковые качества.

Начиная с конца 70-х годов и до настоящего времени совершенствование дизелей легковых автомобилей идет бурными темпами.

В конце 70-х годов попытка создать дизель для легкового автомобиля с неразделенной камерой сгорания предприняла английская компания "Rover". Но из-за слишком жесткой работы такие двигатели не пользовались популярностью.

Более удачную попытку в этом направлении сделал в 1988 г. "Fiat". Это был современный дизель рабочим объемом 1,93 л с турбонаддувом.

В 1989 г. появился 5-ти цилиндровый дизель с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха компании "Audi" с удельным расходом топлива 198 г/кВт·ч.

В 1993 г. "Volkswagen" представил малотоксичный 4-цилиндровый дизель с однополостной камерой сгорания рабочим объемом 1,9 л и удельным расходом топлива 197 г/кВт·ч, получивший название TDI (безнаддувный вариант SDI).

Недавно фирма "Opel" создала дизель с неразделенной камерой сгорания нового поколения ECOTEC (экология, экономия, технология). Это базовый

многоклапанный двигатель 2. OD/16 V мощностью 60 кВт (82 л.с.) и модификации: 2.OTD/16V - 74 кВт (100 л.с.), 2.2TD/16V - 88 кВт (115 л.с.).

У дизелей ECOTEC один распредвал, приводящий в движение 16 клапанов. Это позволило упростить конструкцию головки цилиндров и снизить на 30% потери на трение в клапанном приводе.

У дизелей семейства ECOTEC отсутствуют индивидуальные крышки коренных подшипников, а вместо них - одна общая рама с поперечинами, которая крепится снизу к картеру. Такая конструкция наряду с бочкообразной формой боковых стенок блока цилиндров и их оребрением, значительно увеличила жесткость блока и улучшила акустические показатели. Для уменьшения вибраций применен механизм Ланчестера.

В дизеле используется специальная заслонка в одном из 2-х впускных каналах, что дает интенсивное завихривание на малых скоростных режимах и высокий коэффициент наполнения на больших.

Регулируемый турбонаддув позволяет быстро поднять давление на впуске до 0,084 - 0,095 МПа на низких частотах вращения коленчатого вала и снизить сопротивление на выхлопе на повышенных частотах. Применен также воздуховоздушный охладитель наддувочного воздуха с КПД до 78% и минимальными потерями давления.

Новая система управления дизелем учитывает десятки различных параметров двигателя и окружающей среды. Степень рециркуляции ОГ изменяется от 0 до 50% в зависимости от режима работы, снижая выбросы окислов азота. Уменьшению на 40% C_nH_m , 50% CO и на 10% твердых частиц в ОГ способствует окислительный нейтрализатор, который начинает действовать уже при температуре 200⁰ С.

Не остались в стороне и компании “Mercedes - Benz” и BMW, создавшие серию турбодизелей с неразделенными камерами сгорания.

3. Повышение давления впрыскивания топлива и компьютерное управление им - магистральное направление улучшения технико-экономических показателей автомобильных дизелей

Важнейшим условием получения высоких экономических и мощностных показателей дизеля с неразделенной камерой сгорания при допустимой динамике цикла, дымности и токсичности является обеспечение необходимой мелкости, однородности распыливания и макрораспределения топлива в камере сгорания.

Многочисленные исследования по влиянию характеристик впрыскивания топлива на рабочий процесс дизеля с объемной схемой смесеобразования свидетельствует, что эффективным средством снижения удельного расхода топлива является сокращение продолжительности впрыскивания $\varphi_{впр.}$ с одновременным уменьшением мелкости распыливания, характеризуемой средним диаметром капель Заутера d_{32} . Такая интенсификация впрыскивания

сопровождается увеличением давления в топливной аппаратуре. Это положение наглядно иллюстрируют исследования, проведенные в НТУ - ХПИ на кафедре ДВС для транспортного дизеля Д 70.

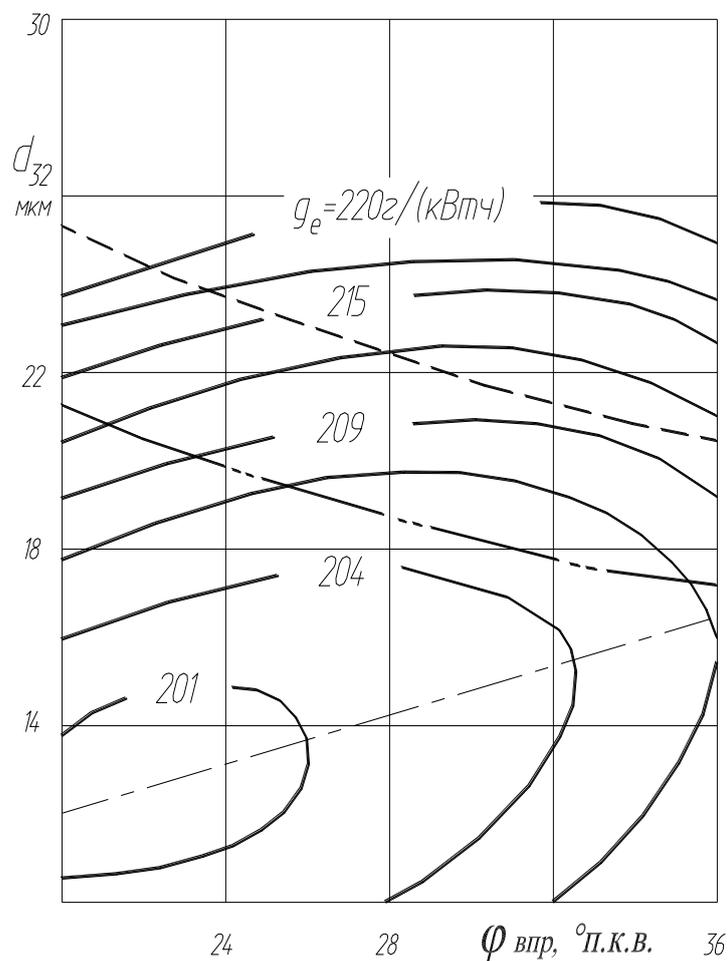


Рис. 3.1. Расчетные изопараметрические характеристики удельного расхода топлива дизеля типа ЧН 25/27 в зависимости от продолжительности впрыскивания $\phi_{впр}$ и мелкости распыливания d_{32} топлива
 — — — — — $P_{\phi \max} = 100 \text{ МПа}$;
 — · · — · · — $P_{\phi \max} = 150 \text{ МПа}$

Таким образом, минимальная топливная экономичность дизеля ограничивается, с одной стороны, уровнем достигнутой напряженности топливной аппаратуры, с другой стороны, допустимой жесткостью работы. С жесткостью процесса сгорания тесно связаны надежность и шумность работы дизеля.

Наиболее эффективным средством снижения жесткости работы дизеля является целенаправленное воздействие на характеристики впрыскивания топлива. В целях уменьшения количества топлива, подаваемого за период задержки воспламенения применяется двухфазный впрыск топлива. сначала

впрыскивается небольшая порция топлива, которая воспламеняется, не вызывая при этом резкого повышения давления. Вторая, основная порция топлива впрыскивается в камеру сгорания уже после воспламенения первой порции, т.е. при наличии очага горения.

Именно применение однополостных камер сгорания в сочетании с повышением уровня давления впрыскивания и двухфазной или многофазной подачей топлива, управляемой электронными системами, является основным направлением совершенствования автомобильных дизелей. Для реализации этих направлений потребовалось значительное усовершенствование топливоподающих систем. на смену разделенной топливной системе приходят насос-форсунки и аккумуляторные системы.

В настоящее время ведущими зарубежными компаниями налажен выпуск дизелей для легковых автомобилей, в которых используются однополостные ω -образные камеры сгорания и аккумуляторные системы Common Rail. В этой системе топливо непрерывно нагнетается в общий ресивер под давлением, достигающим 135...150 МПа, а доступ к форсункам ему открывают клапаны, управляемые электронными устройствами. Результаты сравнительных испытаний дизеля Alfa Romeo - 156 с предкамерой и с неразделенной камерой сгорания и топливной системой Common Rail свидетельствует, что дизель с неразделенной камерой сгорания на 6% экономичнее дизеля с предкамерой на холостом ходу и на 20% - на номинальном режиме работы.

Еще большие давления впрыскивания обеспечивает насос-форсунка. Насос-форсунка дизеля 1,9 TDI концерна Volkswagen создает давление впрыскивания до 205 МПа.

Многофазное впрыскивание предполагает использование управляющих систем с высоким быстродействием. Электромагнитные клапана уже не обеспечивают необходимого быстродействия. Концерн "Сименс" запатентовал пьезокерамический инжектор со значительно большим быстродействием. Управляющим элементом этой форсунки является 280-слойный пакет из тончайших пьезокварцевых пластин, расширяющийся на 80 мкм всего за 0,1 мс, который воздействует на иглу распылителя с усилием 6300 Н.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные направления совершенствования дизелей.
2. Каковы особенности организации рабочего процесса и конструкции современного автомобильного дизеля?
3. В чем причины перехода от дизелей с разделенными камерами сгорания к дизелям с однополостной камерой сгорания?
4. Как отражается повышение давления впрыскивания топлива на процессы смесеобразования и сгорания в дизеле?
5. Какой основной метод снижения жесткости работы дизеля используется в современных автомобильных дизелях?

Литература

1. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности / Под ред. А.Ф. Шеховцова.-К.: Техника, 1992 - 272 с.
2. Процессы в перспективных дизелях / Под ред. А.Ф. Шеховцова. - Х.: Изд-во "Основа", 1992 - 352 с.
3. Жерновой А. Автомобильный дизель сегодня. - Сигнал, № 2, 2000, с. 32-34.
4. Воробьев-Обухов А.И. 2000 атмосфер не предел. - За рулем №1. 1999, с. 50-51

Лекция 4

НАДДУВ КАК ФАКТОР ЗНАЧИТЕЛЬНОГО ПОВЫШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ КАЧЕСТВ ДВС

План

1. Современное состояние и уровень применения разных систем наддува на транспортных ДВС.
2. Проблемы и особенности организации турбонаддува в бензиновых двигателях
3. Основные направления повышения эффективности агрегатов наддува.

4. Применение систем регулирования турбокомпрессоров.

1. Современное состояние и уровень применения различных систем наддува на транспортных ДВС

Как уже отмечалось, важнейшими требованиями, предъявляемыми к ДВС являются: достижение высокой удельной мощности и топливной экономичности, снижение токсичности выбросов, рост надежности, снижение материалоемкости. Эти требования могут быть выполнены при применении наддува как средства комплексного совершенствования показателей двигателей.

Серийное производство автомобильных двигателей с наддувом началось еще в конце 30-х годов. В этот период они оборудовались приводными нагнетателями как объемными так и центробежными. Сфера их использования ограничивалась легковыми автомобилями с повышенными динамическими качествами, а также двухтактными дизелями. Небольшими сериями выпускались четырехтактные двигатели с нагнетателями Рут для большегрузных автомобилей.

В конце 40-х годов возросли объемы автомобильных перевозок. Стремление к снижению себестоимости автоперевозок привело к необходимости роста грузоподъемности автомобилей и скорости их движения. Это в свою очередь привело к росту мощности автомобильных двигателей, что наиболее экономными путями достигалось посредством их наддува. Наряду с расширением применения объемных нагнетателей был начат ограниченный выпуск двигателей с турбонаддувом для грузовых автомобилей. Появились фирмы, специализирующиеся на выпуске агрегатов наддува для двигателей автомобильного и тракторного типа.

Во второй половине 60-х годов применение турбонаддува для двигателей автомобилей большой грузоподъемности стало приобретать все более широкий характер, а для карьерных автомобилей - преобладающий.

В 70-х годах в связи с энергетическим кризисом и благодаря совершенствованию турбокомпрессоров произошел качественный скачок в их применении на автомобилях. В этот период турбонаддув стал рассматриваться как средство не только повышения мощности, но и топливной экономичности, благодаря утилизации энергии отработавших газов, снижения их токсичности и дымности. Предпринятые в этот период попытки внедрения усовершенствованных дифференциальных систем привода объемных нагнетателей не позволили приблизиться к показателям топливной экономичности двигателей с турбонаддувом. Благодаря повышению эффективности и надежности турбокомпрессоров широкое распространение получили двигатели не только с низким, но и средним, а затем и с высоким турбонаддувом, стали применяться системы охлаждения надувочного воздуха, развернулось их серийное производство. Были реализованы дополнительные

положительные качества двигателей с турбонаддувом, такие как улучшение форм скоростных характеристик, выражающиеся в росте запаса крутящего момента, в смещении максимума крутящего момента в диапазоне пониженных частот вращения коленчатого вала. Уменьшилось отставание двигателей с турбонаддувом по приемистости.

В настоящее время автомобильные дизели с турбонаддувом для грузовых автомобилей доведены до большей степени совершенства. лучшие показатели серийных двигателей достигнуты только для моделей с турбонаддувом. Кроме того, стало технически и экономически оправдано применение турбонаддува для дизелей, устанавливаемых на автомобилях всех категорий, включая легковые. На базе достижений в области конструирования и производства турбокомпрессоров и наряду с этим микропроцессорной техники создали условия и для турбонаддува на двигателях с принудительным воспламенением.

В конце 1998 года для автомобиля BMW-740d изготовлен восьмицилиндровый V-образный турбодизель мощностью 170 кВт при $n = 4000 \text{ мин}^{-1}$ (максимальный крутящий момент $M = 500 \text{ Нм}$ при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$). Это один из самых мощных дизелей, которые будут устанавливаться на легковые автомобили. Предполагается, что расход дизельного топлива в среднем не будет превышать 10 литров на 100 километров по городскому циклу.

Самый крупный седан фирмы “Тойота” - “Лендкрюйзер -100” будет оснащаться турбодизелем мощностью 110 кВт. Дизель оснащен турбонаддувом с промежуточным охлаждением воздуха и системой для электронного управления углом опережения впрыска топлива. Благодаря этому мощность и крутящий момент дизеля возросли в полтора раза.

В ближайшее время появится автомобиль “Мерседес-Бенц-600” с бензиновым двигателем V-12, оснащенным двумя регулируемые турбокомпрессорами и охладителями наддувочного воздуха. Мощность двигателя возросла с 380 л.с. до 500 л.с. Время разгона автомобиля до 100 км/ч составляет 4,6 с.

Предполагается довести мощность двигателя ЗМЗ-406 автомобиля ГАЗ-3110 до 200 л.с. за счет применения газотурбинного наддува.

2. Проблемы и особенности организации турбонаддува в бензиновых двигателях

Применение наддува в бензиновых двигателях представляет особые трудности по сравнению с дизелями в связи с рядом особенностей:

- ограничение уровня наддува вследствие возможности возникновения детонации;
- малые расходы воздуха в связи с меньшей агрегатной мощностью двигателей легковых автомобилей, меньшим коэффициентом избытка воздуха, количественным регулированием мощности определяют меньшие размеры

проточной части, большую кривизну каналов и большие энергетические потери;

- более широкий диапазон рабочих частот вращения коленчатого вала ($n = 800 - 6000 \text{ мин}^{-1}$);
- более высокие требования к приемистости автомобилей;
- более высокая температура отработавших газов;
- защита от ошибок эксплуатации;
- небольшая цена агрегатов наддува для автомобилей массового производства.

Все эти сложности на многие годы задержали внедрение турбонаддува на бензиновых автомобильных двигателях, хотя имелся опыт использования турбонаддува в авиационных поршневых ДВС.

Отмеченные проблемы в значительной степени находят разрешение.

Детонация в современных бензиновых двигателях с наддувом подавляется регулированием опережения зажигания. Для этого двигатель снабжается датчиком детонации. Снижению вероятности возникновения детонации способствует: уменьшение диаметра цилиндра, увеличение быстроходности, применение охладителей наддувочного воздуха.

Для оптимизации работы турбокомпрессора в широком диапазоне эксплуатационных режимов, характерных для автомобильных двигателей, применяются регулируемые системы наддува.

Для уменьшения времени разгона ротора турбокомпрессора уменьшают диаметры колес турбины и компрессора, тем самым снижается их момент инерции. Так турбокомпрессор TD02 (Мицубиси) имеет диаметр колес турбины и компрессора 34 мм и частоту вращения 270000 мин^{-1} . Для решения этой проблемы проводятся работы по использованию керамики для изготовления вращающихся частей ТКР.

Двигатели престижных легковых автомобилей (Мерседес Бенц - CLK и SLK, Ягуар - XJR, некоторые модели “Дженерал моторс”) снабжаются приводными нагнетателями типа Лисхольма, которые обеспечивают лучшую приемистость автомобиля.

3. Основные направления повышения эффективности агрегатов наддува

Несмотря на большие успехи в совершенствовании элементов конструкции малоразмерных турбокомпрессоров, достигнутых в последние годы, агрегатам турбонаддува присущ ряд недостатков:

- чрезмерно резкое нарастание давления наддува по скоростной характеристике дизеля;
- запаздывание разгона турбокомпрессора на переходных режимах работы двигателя из-за инерционности ротора и газовой связи;

- сравнительно высокие механические потери и ухудшение аэродинамических показателей по мере уменьшения диаметра колес турбокомпрессора.

Для устранения первых двух недостатков применяются регулируемые турбокомпрессоры разработка которых является в настоящее время одним из важных направлений развития систем турбонаддува.

Другим важным направлениям развития конструкции автомобильных турбокомпрессоров является разработка керамических колес турбины. Их установка позволяет уменьшить запаздывание раскрутки ротора ТКР на переходных режимах.

Перспективным направлением улучшения характеристик турбокомпрессора является применение воздушного смазывания подшипников. К преимуществам воздушного смазывания относится малая вязкость воздуха, что обеспечивает значительное снижение потерь на трение в подшипниках и повышение эффективного КПД турбины. Однако малая вязкость воздуха создает также и трудности связанные со значительным снижением несущей способности смазочного слоя.

Другим направлением развития конструкции узла подшипников является возвращение к подшипникам качения.

Таким образом, можно выделить следующие перспективные направления развития автомобильных ТКР:

- разработка турбин с эффективным регулированием пропускной способности;
- разработка подшипников с газовым смазыванием и применением подшипников качения;
- применение керамических материалов для деталей ТКР;
- использование более совершенных технологических приемов, обеспечивающих высокое и стабильное качество изготовления.

4. Применение систем регулирования турбокомпрессоров

Разработка регулируемых турбокомпрессоров и регулируемых устройств относится к числу важных направлений развития систем турбонаддува.

Анализ патентной литературы показал, что наибольшее развитие получили системы регулирования путем перепуска газа мимо турбины. Второе место по числу изобретений занимают системы регулирования с дополнительной (форсажной) камерой сгорания, третье - системы регулирования выпуском сжатого воздуха. Практически на большинстве автомобильных двигателях в настоящее время применяются системы регулирования первого типа как наиболее простые, надежные и недорогостоящие. Регулирование расхода газа через турбину в таких системах осуществляется клапанами тарельчатого типа с диафрагменным

исполнительным механизмом или поворотной заслонкой, приводимой через систему рычагов.

Система регулирования с дополнительной камерой сгорания в выпускном коллекторе перед турбиной (по патенту фирмы “Гипербар дизель”) позволяет получить высокое среднее эффективное давление ($p_e = 1,5 \dots 1,9$ МПа) хорошее протекание характеристики крутящего момента. Существенным ее недостатком является высокая сложность и ухудшение топливной экономичности на части рабочих режимов.

В последнее время значительное развитие получили работы по турбинам с изменяемой геометрией. Их целью является создание устройств, обеспечивающих изменение эффективного проходного сечения турбины при сохранении КПД. Основные конструктивные решения, используемые для изменения пропускной способности турбины включают регулирование: путем поворота сопловых лопаток, путем использования перекрываемого дополнительного канала, за счет изменения геометрии канала безлопаточного входного аппарата в районе расположения “языка” с помощью подвижной стенки.

Исследования турбокомпрессора, снабженного турбиной с поворотными сопловыми лопатками, показали возможность уменьшения расхода через турбину на 40% при сохранении КПД турбины в диапазоне 65...70%

Применение турбокомпрессора с регулируемой турбиной фирмы Ниссан на бензиновом двигателе рабочим объемом 2 л. обеспечило понижение частоты вращения коленчатого вала на режиме с максимальным давлением наддува с 2100 до 1600 мин⁻¹ и улучшило динамику разгона автомобиля.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте современное состояние применения наддува в автомобильных ДВС.
2. В чем заключаются проблемы и особенности организации турбонаддува в бензиновых двигателях и как они решаются?
3. Перечислите основные направления повышения эффективности агрегатов наддува.
4. Каким способом осуществляется регулирования турбокомпрессоров?

Литература

1. Ханин Н.С., Аболтин Э.В., Лямцев Б.Ф. и др. Автомобильные двигатели с турбонаддувом. - М.: Машиностроение, 1991. - 336 с.
2. Ханин Н.С., Шерстюк А.Н., Зайченко Е.Н. и др. Наддув и нагнетатели автомобильных двигателей. - М.: Машиностроение, 1965. - 219 с.
3. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая Среда. - Х.: Прапор, 2000. - 314 с.

Лекция 5

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЕ ДИЗЕЛЕЙ. НАПРАВЛЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

План

1. Общие требования к системам топливоподачи дизелей и классификация систем питания.
2. Показатели технического уровня и потребительских качеств топливной аппаратуры дизелей.
3. Совершенствование топливных систем автотракторных дизелей.
4. Особенности современной топливной аппаратуры автотракторных дизелей.

1. Общие требования к системам топливоподачи дизелей и классификация систем питания

Топливная система (ТС) относится к наиболее ответственным системам, так как ее основные параметры в значительной степени определяют топливную экономичность и экологические характеристики дизелей. Учитывая, что

топливная система играет важную роль в процессе смесеобразования к ней предъявляются достаточно жесткие требования

Она должна:

- подавать на цикл заданное количество топлива;
- подавать топливо в заданный период и по определенному закону;
- распыливать топливо на капли, размер которых обеспечивает быстрое испарение и сгорание топлива;
- обеспечивает идентичную работу всех секций топливной системы.

Кроме требований, связанных с осуществлением рабочего цикла дизеля существует ряд специальных требований:

- высокая надежность топливной системы, которая оценивается безотказностью, долговечностью, сохраняемостью, ремонтпригодностью и т.д.;
- необходимые массогабаритные показатели;
- унификация конструкции и широкий диапазон типоразмерного ряда насосов и форсунок;
- технологичность конструкции, выражающаяся в удельной трудоемкости изготовления.

Эти требования непрерывно ужесточаются в связи с разработкой быстроходных дизелей с объемным смесеобразованием для легковых автомобилей; ужесточением норм на экологические показатели; применением газотурбинного наддува и элементов адиабатности.

Современные системы питания дизелей отличаются большим разнообразием. На рис. 5.1. представлена классификация систем питания дизелей.

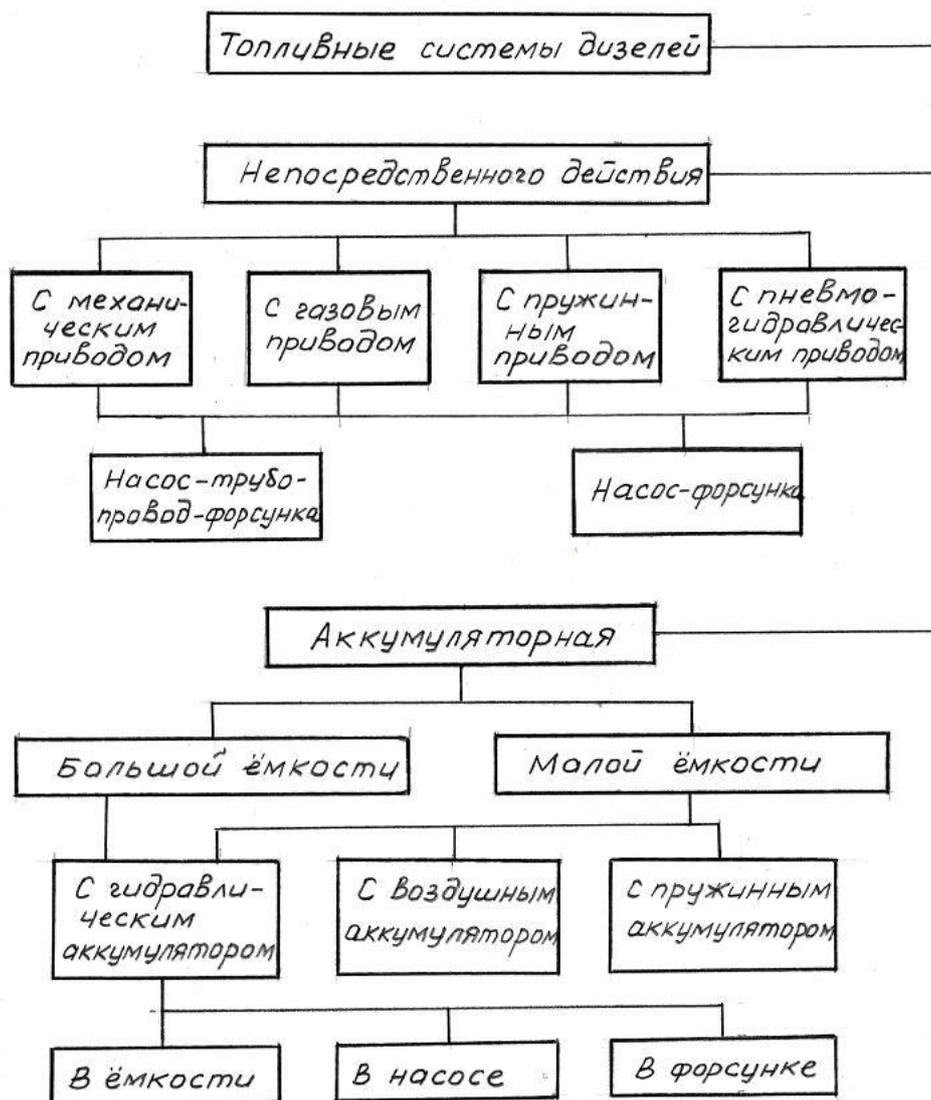


Рис. 5.1. Классификация систем питания дизелей

Решающее влияние на конструкцию систем питания дизеля оказывает способ подачи и распыливания топлива. По способу подачи и распыливания системы питания современных дизелей разделяют на системы непосредственного действия и аккумуляторные системы.

2. Показатели технического уровня и потребительских качеств топливной аппаратуры дизелей.

Основные потребительские качества топливной аппаратуры ТА оцениваются показателями технического уровня. Возможна комплексная, интегральная оценка ТА при использовании ее на данной модели дизеля по обобщенному показателю, характеризующему эффективность дизеля в эксплуатации. Таким обобщающим показателем может явиться стоимость единицы вырабатываемой дизелем энергии.

Показатели технического уровня ТА в настоящее время еще окончательно не отработаны, однако в соответствии со сложившейся практикой их можно разделить на следующие группы:

- показатели, определяющие условия впрыскивания топлива в цилиндр дизеля (характеристика впрыскивания и давление впрыскивания, изменение угла опережения впрыскивания);

- показатели производительности ТА ($V_{ц}$, $G_{тн}$) на номинальном режиме, режимах максимального крутящего момента и пуска и др., характеристики производительности системы при изменении частоты вращения вала насоса;

- показатели стабильности параметров ТА-идентичности подачи топлива во все цилиндры дизеля, а также стабильность показателей от цикла к циклу и при изменении условий работы ТА.

- показатели надежности (срок службы, отказность, включая характеристики стабильности исходных конструктивно-регулируемых параметров в процессе эксплуатации);

- показатели, характеризующие стоимость обслуживания и ремонта ТА в эксплуатации, периодичность и объемы техобслуживания, ремонтпригодность, средняя стоимость комплекта запасных частей, необходимых для эксплуатации изделия в течение срока службы;

- габаритно-массовые показатели - габаритные размеры, масса изделий ТА;

- показатели технологичности (трудоемкость изготовления, степень унификации между деталями и узлами).

В ряде случаев ТА должна соответствовать также дополнительным специальным требованиям (многотопливные дизели, газодизели).

Приведенные выше показатели регламентируются государственными стандартами или техническими условиями. По мере повышения технического уровня эти показатели ужесточаются. Так, например, допустимая неравномерность подачи топлива определяется в соответствии с ГОСТ 10578-86. В перспективе неравномерность подачи топлива должна быть доведена до 2-5% (на номинальном режиме) и до 15-20% (на режиме холостого хода).

3. Совершенствование топливных систем автотракторных дизелей

Особенностью перспективных автотракторных дизелей, имеющих высокие показатели топливной экономичности при пониженном выбросе токсичных составляющих ОГ, являются высокие средние эффективные

давления, обеспечиваемые наддувом. Повышение топливной экономичности требует от топливных систем существенно более высоких объемной скорости и давления впрыскивания и более гибкого управления его параметрами. В связи с этим совершенствование ТС проводится в следующих направлениях:

- повышение объемной скорости и давления впрыскивания традиционными ТС и решение связанных с этой задачей вопросов надежности, а также идентичности и стабильности показателей ТС;
- обеспечение управления и автоматизации ТС для оптимизации параметров впрыскивания во всем диапазоне режимов и повышение топливной экономичности и производительности автомобиля или трактора в целом;
- улучшение массовых, габаритных и экономико-технологических показателей ТС.

Традиционным способом повышения давления и сокращение продолжительности впрыскивания - переход на увеличенный диаметр и скорость плунжера, которая обеспечивается увеличением хода плунжера. Повышая объемную скорость вытеснения топлива, важно выбрать оптимальное сочетание хода и диаметра плунжера. Наметилась тенденция к переходу на длинноходные конструкции, когда $S_n/d_n = 1,2...1,5$. Это приводит к росту высоты насосов.

Повысить объемную скорость можно за счет увеличения вдвое угловой скорости кулачкового вала насоса. Очевидно, что топливный насос с удвоенной скоростью кулачкового вала необходимо оснастить золотником-распределителем, так как каждая секция будет обслуживать два цилиндра.

Общепринятым методом повышения давления впрыскивания является уменьшение объемов топлива в линии высокого давления (ЛВД). Наименьший объем топлива в ЛВД имеют насос-форсунки. Поэтому даже при сравнительно небольших скоростях плунжера можно получать высокие давления впрыскивания (до 200 МПа). Сложности в компоновке и управлении насос-форсункой устранены применением электронного управления.

При форсировании ТА увеличивается склонность к подвпрыскиванию. Устранения подвпрыскивания достигаются правильным выбором параметров нагнетательного клапана. В некоторых топливных насосах для устранения подвпрысков устанавливается дополнительный клапан-дроссель обратного потока. Повышение давления и объемной скорости впрыскивания приводит к увеличению нагруженности узлов ТА и требует изменения их конструкции. Основные направления этих изменений - использование монолитного корпуса (без люка), подвесных секций, регулировка которых осуществляется снаружи, а также использование усиленных узлов привода плунжера и центральной смазки ТН. Характерный в этом отношении топливный насос конструкции ЯЗТА типа "Компакт".

Форсунка вследствие особенностей своего расположения и условий работы - наиболее уязвимый элемент ТС. Основное направление совершенствования форсунок - уменьшение габаритов и массы подвижных

деталей прежде всего за счет уменьшения диаметра иглы. Эти мероприятия приводят к снижению силы пружины и силы удара иглы о седло и к уменьшению возможности обратного прорыва газов.

В 1963 г. фирмой “Стейнадайн” (США) впервые в мировой практике были разработаны форсунки карандашного типа с установочным диаметром корпуса 9,5 мм, диаметром носика распылителя 5,4 мм и массой 0,14 кг.

4. Особенности современной топливной аппаратуры автотракторных дизелей

На новом дизеле ЯМЗ-7511, созданного на базе дизеля ЯМЗ-238 Д, установлена новая топливная аппаратура (“Компакт-40”), обеспечивающая повышение до 120 МПа давления впрыскивания топлива (у предшествующих серийных конструкций - 60-70 МПа). Новый ТНВД - рядный, закрытого типа с агрегатным способом сборки секций. Ход его плунжера - 14 мм вместо 12 у прежних насосов, хотя диаметр - тот же, т.е. 12 мм. Нагнетательный клапан - двойного действия; форсунка - с уменьшенными подвижными массами; диаметр направляющий иглы распылителя - 4,5, а не 6 мм как раньше. Распылитель типа “Р” - с уменьшенным эффективным сечением сопловых отверстий (до 0,24 - 0,26 мм²) и подигольным объемом (0,5 вместо 1,8 мм³), но с увеличенным с четырех до пяти числом сопловых отверстий. Давление начала подъема иглы распылителя - 27 МПа. В результате комплексной модернизации мощность двигателя ЯМЗ-7511 была повышена, по сравнению с прототипом, с 243 до 295 кВт, крутящий момент с 1225 до 1765 Н·м, удельный расход топлива снижен до 194 г/(кВт·ч). Расход масла стал равным 0,2% от расхода топлива. Ресурс нового дизеля - 800 тыс. км пробега. По экологическим характеристикам он соответствует требованиям норм “Евро-2”.

В последнее время благодаря внедрению электроники массовое распространение на дизелях с неразделенной камерой сгорания получала гидроаккумуляторная система топливоподачи Common-Rail. Схема этой системы приведена на рис. 5.1.

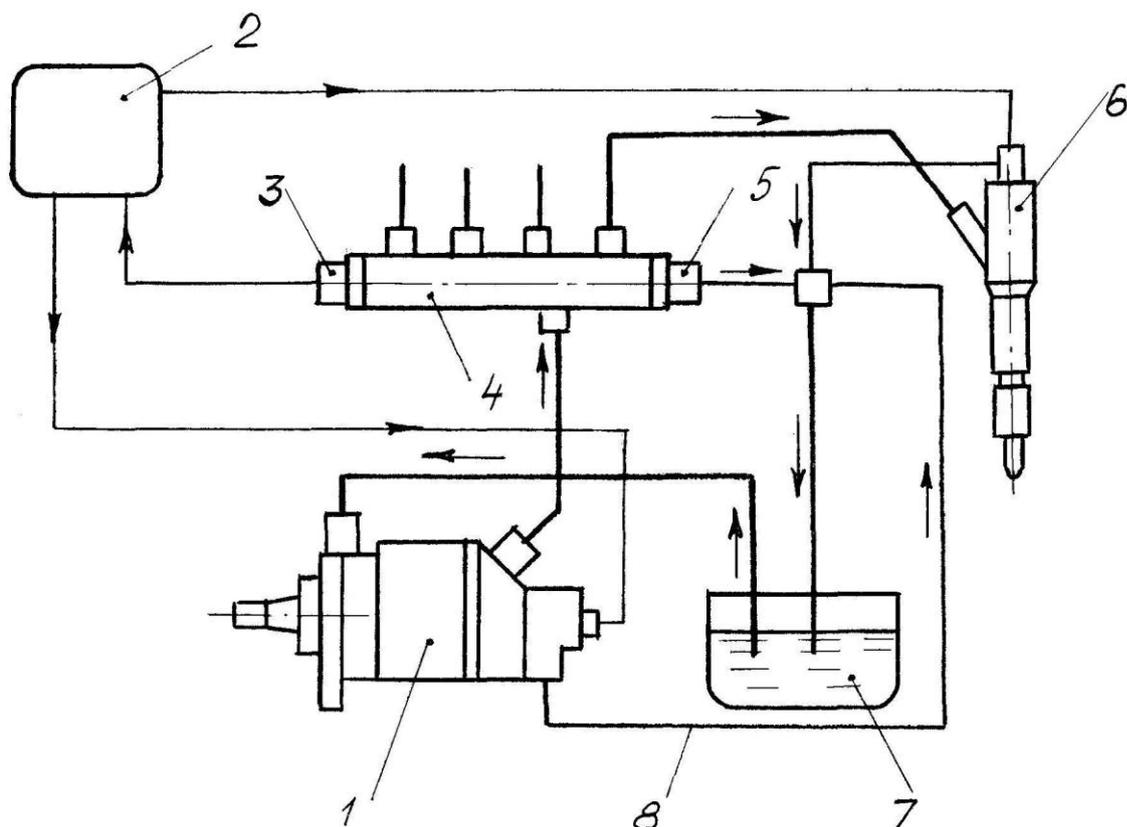


Рис. 5.1 Гидроаккумуляторная система Common Rail

- 1 - топливный насос высокого давления и подкачивающий насос;
- 2 - электронный блок управления;
- 3 - датчик давления;
- 4 - гидроаккумулятор;
- 5 - обратный клапан;
- 6 - форсунка с электромагнитным управлением;
- 7 - топливный бак;
- 8 - дренажный трубопровод

Она относится к системе разделенного типа, но между ТНВД и форсунками устанавливается гидроаккумулятор, в который насосом подкачивается топливо под давлением 130-140 МПа. Электронный блок управления в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя, нагрузки, температуры охлаждающей жидкости и т.д. изменяет давление, длительность и фазность впрыскивания топлива, управляя электромагнитными форсунками. Таким образом обеспечивается оптимальная работа дизеля на всех режимах.

Недавно появилась система впрыскивания Common-Rail второго поколения, разработанная компанией Lucas. По заявлению специалистов, она существенно превосходит систему разработанную фирмой Bosh. В систему входит сферический гидроаккумулятор и высокопроизводительный роторный топливный насос, развивающий давление 160 МПа. Форсунки ТС изготовлены с очень высокой точностью. Каждой форсунке присваивается код, который вместе с индивидуальной характеристикой вводится в программное

обеспечение электронного модуля управления. Учет особенностей каждой форсунки позволяет оптимизировать процесс сгорания в каждом цилиндре.

Ключевым моментом организации оптимального процесса сгорания является разделение впрыскивания топлива на несколько фаз, а именно, на две пилотные, одну основную и одну после основной. Форсунки в этой системе не пьезоэлектрического типа, однако они точно отмеряют дозу подаваемого топлива (до 1 мм³).

Новый двигатель TDCi автомобиля Ford Focus развивает мощность 115 л.с. и крутящий момент 250 Н·м при 1850 мин⁻¹, его рабочий объем составляет 1753 см³. Он обеспечивает расход топлива автомобилем 5,5 л/100 км (по комбинированному циклу). Выброс CO₂ с отработавшими газами сведен до уровня 145 г/км. Оснащенный таким двигателем Ford Focus разгоняется с места до 100 км за 10,8 с, его максимальная скорость достигает 193 км/ч.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к топливной системе дизелей.
2. Приведите схему классификации систем топливоподачи дизелей.
3. Какие показатели характеризуют технический уровень и потребительские качества топливной аппаратуры дизелей?
4. В каких направлениях осуществляется совершенствование топливных систем автотракторных дизелей.
5. Какова принципиальная схема гидроаккумуляторной системы топливоподачи Common-Rail?

Литература

1. Лышевский А.С. Системы питания дизелей. - М.: Машиностроение, 1981.-216 с.
2. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. - Л.: Машиностроение, 1990. - 352 с.
3. Астахов И.В., Голубков Л.Н., Трусов В.И. и др. - М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.
4. Желтяков В.Т., Субботин Ю.Г., Григорьев М.А. Новые дизели ЯМЗ // Автомобильная промышленность. 1999. № 9. с. 10-13.

Лекция 6

РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В ПОВЫШЕНИИ ЕГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ КАЧЕСТВ

План

1. Преимущества компьютерных систем управления двигателем внутреннего сгорания и направления их развития.
2. Общие требования к компьютерным системам управления ДВС.
3. Компьютерные подсистемы управления двигателем.
4. Комплексные компьютерные системы управления ДВС.

1. Преимущества компьютерных систем управления двигателем внутреннего сгорания и направления их развития

Важным резервом повышения потребительских качеств ДВС является его способность адаптации к условиям эксплуатации. В настоящее время это достигается все более широким использованием электронных и компьютерных систем управления (КСУ). Это позволяет значительно улучшить эксплуатационную топливную экономичность ДВС при жестком нормировании токсичности отработавших газов, надежности, шумности и вибраций.

Компьютеризация систем управления ДВС обусловлена преимуществами электронных систем:

- более быстрая реакция на изменение параметров рабочего процесса ДВС;
- возможность реализации более точных и сложных законов управления опережением зажигания (впрыска) и составом смеси с учетом эксплуатации двигателя;
- сохранение выбранных регулировок двигателя;
- улучшение дозирования топлива и воздуха, особенно при переходных процессах;
- улучшение распределения смеси по цилиндрам;
- возможность комплексной оптимизации управления при использовании текущей информации по многим параметрам двигателя.

Развитие комплексных компьютерных систем управления ДВС идет по нескольким направлениям:

- 1) создание множества чувствительных элементов (датчиков) первичных сигналов КСУ;
- 2) построение самонастраивающихся КСУ с высокой степенью адаптивности управления;
- 3) развитие конструкций исполнительных устройств топливоподачи, наддува, снижения токсичности, теплозащиты или охлаждения и др.;
- 4) совместная автоматизация и компьютеризация управления двигателем и ходовыми системами силовой установки;
- 5) повышение надежности КСУ.

Таким образом разработка КСУ является бурно развивающейся отраслью. Причем, разрабатываются системы с высоким уровнем интеллекта, которые в дальнейшем будут реагировать на словесные команды пользователя.

2. Общие требования к компьютерным системам управления ДВС

Конкретные требования к КСУ ДВС предопределяются спецификой управляющих воздействий. Однако можно сформулировать к любой КСУ ДВС общие требования. К этим требованиям относятся:

1. Рациональный выбор командного параметра.
2. Составление корректной программы увязки командного параметра с конечным эффектом.
3. Реализация принципа оптимальности в КСУ.
4. Обеспечение принципа программного управления в КСУ с низким уровнем интеллекта.
5. Реализация принципа адаптивности в КСУ более высокого уровня.
6. Реализация принципа модульности, унификации и стандартизации при разработке КСУ.
7. Обеспечение возможности встраивания локальной КСУ в комплексную КСУ ДВС.
8. Обеспечение возможности встраивания в КСУ ДВС подсистемы автоматического диагностирования.
9. Обеспечение возможности встраивания КСУ ДВС в КСУ силовой установкой (автомобиля и т.д.)
10. Обеспечение высокой стабильности параметров КСУ ДВС и реализация самодиагностирования с целью компенсации и локализации отказов.
11. Обеспечение аварийной защиты двигателя.

Полностью все приведенные требования относятся к КСУ среднего и высокого уровня интеллекта. Однако в некоторых КСУ сегодняшнего дня часть требований не обеспечивается.

3. Компьютерные подсистемы управления двигателем

Важным элементом любой компьютерной подсистемы управления (КПСУ) ДВС являются датчики. Датчики служат для преобразования неэлектрических управляющих показателей в электрические. В КПСУ бензиновым двигателем устанавливаются датчики различного назначения: расходомеры воздуха, датчики температуры, угла открытия дроссельной заслонки, угла поворота коленчатого вала, датчик кислорода - λ -зонд и датчик детонации.

Принципиально различаются четыре типа расходомеров:

1. Потенциометр, управляемый поворачивающейся под воздействием воздуха заслонкой.

2. Датчик изменения перепада давления во впускном трубопроводе.

3. Датчик Кармана, измеряющий число вихрей, создаваемых воздушным насосом.

4. Термоанемометрический датчик, реагирующий на изменение сопротивления обдуваемой платиновой проволоки.

Перспективным является датчик четвертого типа. Он не имеет движущихся деталей. Сопротивление проволоки изменяется под воздействием температуры пропорционально скорости воздушного потока (ЛН - Джетроник, 1984г.)

Датчик температуры охлаждающей жидкости и воздуха представляет собой полупроводниковый элемент, сопротивление которого изменяется практически по линейному закону.

Датчик угла открытия дроссельной заслонки представляет собой потенциометр, ползун которого связан с осью заслонки. Характеристика датчика линейная. Проводятся исследования по повышению стабильности и долговечности работы этих датчиков.

Датчик угла поворота коленчатого вала двигателя размещается в корпусе распределителя зажигания и состоит обычно из двух катушек и двух роторов-магнитов. Одна пара катушка-ротор выдает сигнал угла поворота коленчатого вала, другая - сигнал скорости вращения коленчатого вала. Ротор датчика скорости имеет два выступа, а ротор датчика угла поворота 24 выступа (30⁰ п.к.в.).

Датчик кислорода (λ -зонд) устанавливается в выпускной системе. Он выдает данные о концентрации кислорода в ОГ, реагируя на отклонения от стехиометрического состава горючей смеси.

Датчик детонации - представляет собой пьезоэлемент, установленный в жестком корпусе, частота собственных колебаний которого равна частоте колебаний при детонации. Если двигатель имеет широкий диапазон детонационных частот f , то применяется датчик детонации нерезонансного типа.

Разрабатываются также датчики качества топлива и масла.

Микропроцессоры, входящие в состав ЭБУ, питаются постоянным напряжением 5в. Поскольку бортовая сеть автомобиля питается напряжением 12в или 24в, в ЭБУ имеется стабилизированный источник питания. Обычно этот источник имеет два выхода (рис. 6.1) основной (рабочий) и дополнительный (резервный). Микро ЭВМ обычно выполняют в одном кристалле, содержащем основные функциональные элементы:

- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);
- центральный компрессор (ЦП);
- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Поскольку сигналы, поступающие от датчиков, в микроЭВМ вводить нельзя, применяются аналогово-цифровые преобразователи.

Выходные сигналы микроЭВМ в большинстве случаев не могут быть использованы для привода исполнительных механизмов, так как напряжение на выходе микроЭВМ равно 5В, а номинальное напряжение исполнительных механизмов - форсунок, транзисторных коммутаторов, шаговых электродвигателей - 14В. Поэтому между микроЭВМ и исполнительными механизмами устанавливаются электронные усилители. Типичная схема управления автомобилем с бензиновым двигателем приведена на рис. 6.1.

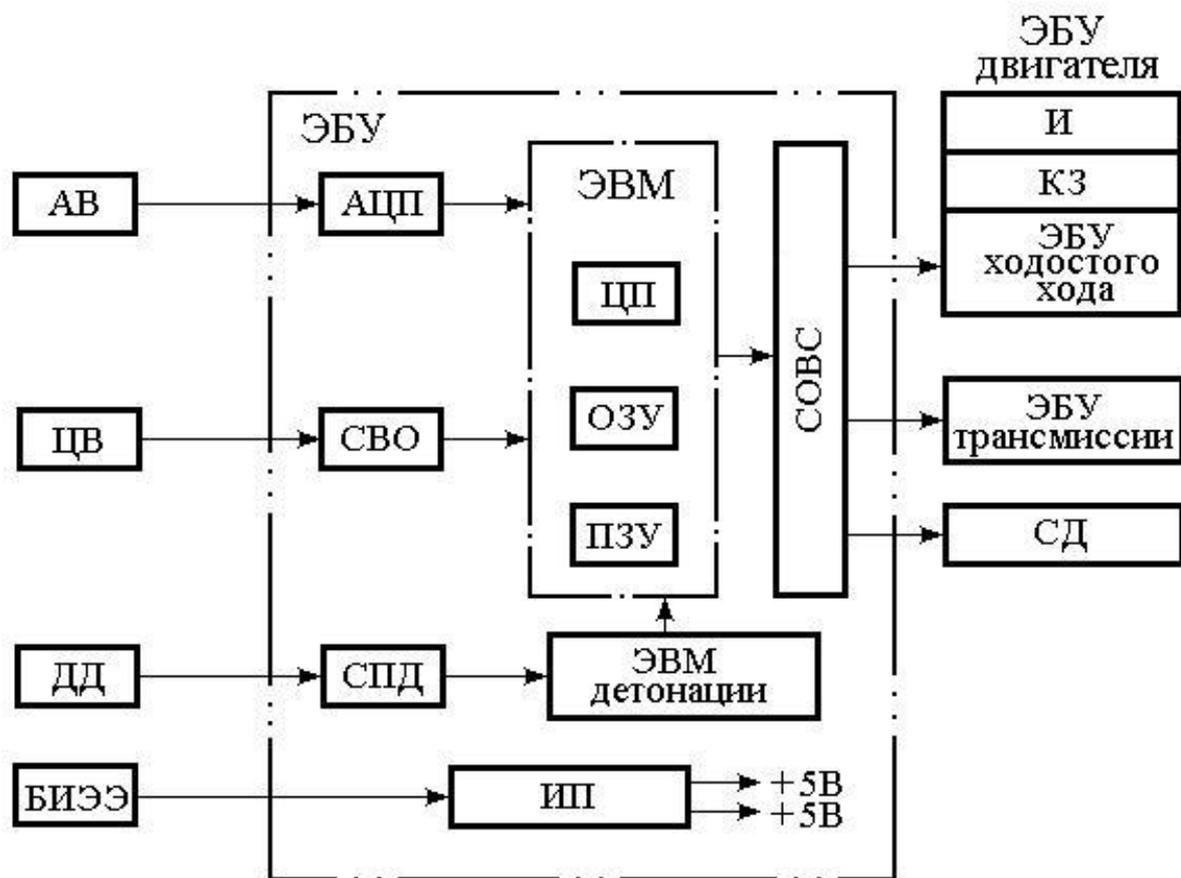


Рис. 6.1 Схема системы управления автомобиля с бензиновым двигателем: БИ ЭЭ - бортовой источник электроэнергии; ДД - датчик детонации; ЦВ - цифровые входы; СВО - схема входной обработки; ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; АВ - аналоговые входы; АЦП - аналогово- цифровой преобразователь; ЭВМ - 8-разрядная однокристальная ЭВМ; ЦП - центральный процессор; СОВС - схема обработки выходных сигналов; И - инжектор; КЗ - коммутатор зажигания; СД - система диагностики; ПЗУ - постоянное запоминающее устройство; ЭВМ детонации - 4-разрядная однокристальная ЭВМ для выявления детонации; СПД - схема преобразования сигнала детонации; ИП - источник питания.

Управление дизелем имеет много общего с управлением бензиновым двигателем. Однако имеются и отличия. Вместо управления углом опережения зажигания осуществляется управление опережением впрыскивания топлива.

Регулирование частоты вращения коленчатого вала дизеля обеспечивается путем изменения количества впрыскиваемого топлива. часто исполнительным механизмом количества впрыскиваемого топлива является электромагнитный игольчатый клапан, установленный на распределительной головке топливного насоса высокого давления. Он закрывает и открывает по сигналам ЭБУ возвратный канал топлива, отходящий от подплунжерной полости.

4. Комплексные компьютерные системы управления ДВС

Опыт лучших моторостроительных фирм США, Японии, Германии и других стран показывает, что наивысшие показатели двигателей достигается при внедрении комплексных микропроцессорных систем управления. Стремление к созданию многофункциональных, комплексных КСУ ДВС рассматривается как устойчивая тенденция ближайших десятилетий.

Характерна в этом отношении комплексная цифровая система управления Motronic 3.1, применяемая в автомобилях BMW-525i, Mercedes-E200 и т.д. В отличие от более ранних систем Motronic 1.3, 1.1, M 1.7 в ней:

- увеличена производительность электронного блока управления (ЭБУ);
- применен измеритель количества воздуха термоанемометрического типа с нагреваемым проводником;
- применен полностью последовательный режим впрыска топлива;
- дроссельная заслонка снабжена потенциометром;
- применена полностью электронная система зажигания, не имеющая подвижных деталей.

Каждый цилиндр двигателя имеет свою катушку зажигания, управляемую одним из каскадов ЭБУ. Катушка подает на наконечники свечи зажигания высокое напряжение - до 32 кВ. Такая система зажигания позволяет быстро изменять угол опережения зажигания в каждом цилиндре независимо от других. Для контроля за правильностью порядка работы цилиндров в системе используется датчик углового положения распределительного вала.

При пуске двигателя рабочая смесь обогащается путем увеличения количества впрыскиваемого топлива. Если делается несколько попыток пуска двигателя в течение 1 мин. количество впрыскиваемого топлива уменьшается.

После прогрева ($t_{ox} = 70^{\circ}$) продолжительность впрыска топлива регулируется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя в соответствии с заложенной программой.

Каждая форсунка управляется отдельным выходным каскадом ЭБУ. Этим достигается точность дозирования впрыскиваемого топлива.

Регулирование содержания кислорода в ОГ на автомобилях с нейтрализатором обеспечивается по сигналам λ -зонда. Максимальная эффективность нейтрализатора достигается при стехиометрическом соотношении топлива и воздуха. Поскольку для нормальной работы датчика необходима температура около 300°C , в датчик встроен нагревательный резистор, запитываемый через реле. При выходе из строя λ -зонда состав смеси корректируется по величине, запрограммированной в ЭБУ.

Отключение от нормальной работы первичной цепи системы зажигания обнаруживается ЭБУ, который выключает форсунку неисправного цилиндра.

Благодаря этому предотвращается поступление избыточного количества несгоревшей рабочей смеси в нейтрализатор, что увеличивает его ресурс.

Контрольные вопросы

1. Каковы преимущества компьютерных систем управления ДВС?
2. По каким направлениям идет развитие КСУ двигателем?
3. Сформулируйте основные требования к КСУ ДВС.
4. Какие датчики используются в компьютерных подсистемах управления двигателем? Каков их принцип действия?
5. Приведите схему системы управления бензиновым двигателем.
6. В чем отличия КСУ дизелем от КСУ бензиновым двигателем?

Литература

1. Шеховцов А.Ф. Компьютерные системы управления ДВС: Учебное пособие. - Харьков: ХГПИ, 1995. - 256 с.
2. Покровский Г.П. Электроника в системах подачи топлива автомобильных двигателей. - М.: Машиностроение, 1990. - 176 с.
3. Данов Б.А., Титов Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления двигателем. - М.: Транспорт, 1998. - 76с.

Лекция 7

НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАК ВАЖНЕЙШИХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ КАЧЕСТВ ДВС

План

1. Экологические проблемы развития автомобильного транспорта.
2. Современные направления улучшения экономических и экологических показателей автомобильных бензиновых двигателей.
3. Современные направления улучшения экономических и экологических показателей автомобильных дизелей.

1. Экологические проблемы развития автомобильного транспорта

В настоящее время уменьшение загрязнения атмосферного воздуха токсичными веществами, выделяемыми промышленными предприятиями и автомобильным транспортом, является одной из важнейших проблем всех промышленно развитых стран. Загрязненный воздух оказывает вредное влияние на человека, растения, животных, здания и сооружения. Материальный ущерб, наносимый загрязнением воздуха, трудно оценить, так как для этого необходимы многочисленные сведения из различных отраслей хозяйства.

Роль автомобильных двигателей внутреннего сгорания в загрязнении атмосферы отдельных стран велика. Сейчас в мире насчитывается более 500 миллионов автомобилей. За 30 лет (с 1970 по 2000г.) количество легковых и грузовых автомобилей увеличилось в 2-3 раза. Почти 40% автомобилей изготавливается в США, 30% - в странах Западной Европы. Однако, темпы увеличения количества автомобилей у европейских стран и Японии выше, чем в США.

При таком значительном увеличении масштабов и росте темпов автомобилизации возникает ряд серьезных проблем, связанных с вредными для общества и окружающей среды последствиями, которые сопровождают этот процесс. Объектом ингредиентного загрязнения являются биосфера, атмосфера, гидросфера и литосфера, т.е. важнейшие компоненты, составляющие среду обитания человека.

С отработавшими газами ДВС выбрасываются, кроме нетоксичных веществ (азот, диоксид углерода, кислород, пары воды), огромный спектр вредных ингредиентов, основными из которых являются: несгоревшие углеводороды C_H , оксид углерода CO , альдегиды RCHO , канцерогенные углеводороды, оксиды азота NO_x , оксиды серы SO_x , сажистые частицы, оксиды металлов.

Таким образом, экологические аспекты использования ДВС на транспортных средствах выходят на первый план. То есть экологические показатели становятся важнейшими потребительскими качествами ДВС, регламентируемыми различными нормативными актами.

Работы по снижению токсичности транспортных энергетических установок проводятся по двум основным направлениям: уменьшение токсичности ДВС и создание малотоксичных транспортных энергетических установок другого типа. В качестве возможных малотоксичных двигателей рассматриваются: газотурбинные двигатели, двигатели внешнего сгорания

(паровые, двигатели Стирлинга). проводятся также работы по совершенствованию установок с аккумуляторными батареями, с топливными элементами и гибридных установок с ДВС.

Учитывая значительные успехи, достигнутые в уменьшении токсичности поршневых ДВС, а также отлаженность их производства, по-видимому, они будут основными источниками энергии на ближайшие 15-20 лет.

2. Современные направления улучшения экономических и экологических показателей автомобильных бензиновых двигателей

Эксплуатационные показатели автомобилей в значительной степени определяются экономическими и экологическими характеристиками двигателей. При создании новых двигателей и совершенствовании существующих необходимо выделить три основных направления:

- конструирование устройств, обеспечивающих снижение расхода топлива, и выполнение норм по токсичности бензиновых двигателей без коренного изменения их конструкции;

- разработка двигателей с новым рабочим процессом, которые удовлетворяли бы перспективные жесткие нормы по токсичности при использовании нефтяных топлив в чистом виде или с различными присадками (метанол, этанол и т.п.)

- создание двигателей с рабочим процессом, позволяющим использовать топлива нефтяного происхождения, например, природных и синтетических газов, метанола, водорода и других.

Все более широкое применение находит электронное регулирование состава горючей смеси с обратной связью и с использованием как системы впрыскивания топлива, так и традиционной карбюраторной системы питания, разрабатываются различные системы (отключения подачи топлива на принудительном холостом ходе, турбонаддув, применение присадок к моторным маслам, повышение крутящего момента в зоне низкой частоты вращения коленчатого вала).

При проведении работ по уменьшению расхода топлива приходится учитывать необходимость выполнения норм по токсичности, сохранение высоких динамических и ездовых качеств автомобиля, обеспечение надежности и хороших пусковых качеств.

Необходимо также иметь в виду, что введение в двигатель конструктивных параметров для улучшения динамических качеств автомобиля и выполнения норм по токсичности (применение каталитических нейтрализаторов, рециркуляция отработавших газов), как правило связано с ухудшением топливной экономичности.

Таким образом, при внедрении различных усовершенствований приходится решать комплекс сложных задач и находить в каждом конкретном случае оптимальное решение.

Одним из направлений снижения расхода топлива является использование высоких степеней сжатия (10,5-11). Это стало возможным при использовании датчика детонации в электронной системе управления опережением зажигания. Рабочий процесс двигателя на всех эксплуатационных режимах находится на грани детонации, что способствует улучшению его мощностных и экономических показателей. При этом учитывается: фактическое октановое число топлива, тепловой режим двигателя, атмосферные условия, наличие нагара в КС и т.д.

Другим перспективным направлением повышения экономичности бензинового двигателя с одновременным уменьшением выброса токсичных компонентов с отработавшими газами является обеднение горючей смеси на частичных нагрузках. При этом приходится решать ряд сложных задач: обеспечить воспламенение бедных бензовоздушных смесей и достаточно высокую скорость ее сгорания. В настоящее время существуют различные решения этих проблем: интенсификация искрового разряда, расслоение топливовоздушного заряда цилиндра, применение факельных воспламенителей, использование плазменных воспламенителей.

Увеличение энергии электрической искры позволяет обеднять смесь до больших пределов ($\alpha = 1,25 - 1,35$). При этом уменьшается неидентичность последовательных циклов и как следствие снижаются выбросы несгоревших углеводородов. Этому способствует также применение четырехэлектродных свечей зажигания с созданием ступенчатого разряда.

Как известно, двигатели с послойным смесеобразованием можно разделить по конструктивному исполнению камер сгорания на разделенные (форкамерные) и неразделенные. У форкамерных двигателей в дополнительной КС смесь обогащенного состава надежно воспламеняется электрической искрой. Факел пламени, вырывающийся из форкамеры, способствует воспламенению и полному сгоранию обедненных смесей.

Недостаток двигателей с форкамерно-факельным зажиганием, сдерживающий его широкое распространение - сложность систем приготовления смеси и газораспределение, повышенные газодинамические и тепловые потери из-за сложной конфигурации и большой площади поверхности КС. С точки зрения улучшения энергетических показателей рабочего процесса целесообразнее применение неразделенных КС. Расслоение заряда достигается направленной подачей обогащенной смеси к электродам свечи зажигания, а обедненной смеси или даже воздуха - в периферийную зону.

Эффективным средством снижения выбросов оксидов азота NO_x является рециркуляция - перепуск во впускную систему части ОГ, которые попадают в камеру сгорания как инертный заряд, обладающий высокой теплоемкостью (в 1,5 раза выше, чем воздух). При этом часть теплоты сгорания топлива затрачивается на нагрев инертной массы, тем самым снижается максимальная температура цикла и образования NO_x . Рециркуляция применяется как в бензиновых двигателях, так и дизелях. На полных нагрузках рециркуляцию

применять нецелесообразно, так как значительно возрастают выбросы углеводов, сажи, расхода топлива (до 20%). Более эффективна межцилиндровая рециркуляция отработавших газов.

Наиболее эффективными из всех существующих антитоксичных устройств являются системы нейтрализации отработавших газов. Современные окислительные нейтрализаторы очищают ОГ бензиновых двигателей от оксида углерода на 90-95%, а от углеводородов на 80-85%. При жестких нормах на выброс оксидов азота применяют трехкомпонентные нейтрализаторы, в которых нейтрализуются и оксиды азота путем восстановления их в азот и кислород. Применение восстановительного нейтрализатора связано с дополнительными затратами, так как для эффективной нейтрализации оксидов азота необходимо выдерживать состав горючей смеси в каждом цилиндре с $\alpha = 0,98 - 1$, вместо экономичного состава, когда $\alpha = 1,1 - 1,2$.

В окислительных нейтрализаторах применяется катализатор на основе платины или палладия или смеси этих металлов, в восстановительных нейтрализаторах - на основе рутения или родия. Из-за использования благородных или редкоземельных металлов системы нейтрализации являются самыми дорогими из существующих антитоксичных устройств, и при их установке необходимо применение только неэтилированных бензинов с низким содержанием серы (не выше 0,02% по массе) и полностью очищенных от фосфора.

3. Современные направления улучшения экономических и экологических показателей автомобильных дизелей

Дизели по ряду эксплуатационных показателей превосходят бензиновые двигатели. Автомобили с дизелями расходуют на 20-25% меньше топлива, чем автомобили с бензиновым двигателем. Дизели имеют примерно в 2 раза больший технический ресурс, лучше приспособлены к форсированию применением газотурбинного наддува, обеспечивают получение большой мощности в одном агрегате.

Однако процесс смесеобразования и сгорания в дизелях предопределяет значительно более высокие уровни образования сажи и концерованных углеводородов по сравнению с бензиновыми двигателями. Наличие значительного избытка воздуха в дизеле вызывает большие трудности в нейтрализации оксидов азота.

Накопленный мировой опыт свидетельствует, что наилучшие экономические и экологические показатели в дизелях с неразделенными камерами сгорания обеспечиваются при объемном смесеобразовании. При этом топливная аппаратура должна обеспечивать высокую интенсивность

впрыскивания топлива, создавая давление до 150-200 МПа. при таком уровне давлений значительно уменьшается мелкость распыливания и продолжительность впрыскивания, благодаря чему достигается снижение дымности ОГ и уменьшение выбросов оксидов азота и углеводородов. Уменьшению выбросов углеводородов способствует также уменьшение объема поддольного пространства в распылителе форсунки.

Для снижения уровня шума и жесткости работы дизеля широко используется двухступенчатый, двухстадийный и даже многостадийный впрыск топлива.

Другими особенностями перспективных автотракторных дизелей являются: применение четырех клапанов в каждом цилиндре; электронное управление подачей топлива; более точное автоматическое регулирование угла опережения впрыскивания топлива, нагрузки и температуры охлаждающей жидкости, применение регулируемого газотурбинного наддува с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха; использование систем рециркуляции ОГ для снижения уровней образования оксидов азота.

Газотурбинный наддув широко применяется для грузовых автомобилей и автобусов. В настоящее время практически все дизели мощностью свыше 100 кВт оснащены системами наддува. Газотурбинный наддув не только позволяет существенно повысить мощность дизеля, но и обеспечивает улучшение экономичности, снижение токсичности и дымности ОГ за счет более высокого коэффициента избытка воздуха. У современных дизелей степень повышения давления при наддуве находится в пределах 1,5-2,5 и в ближайшее время будет повышена до 3,0.

Быстро расширяется применение электронных микропроцессорных систем управления, обеспечивающих улучшение топливной экономичности на 5-7%, снижение дымности и токсичности ОГ, благодаря более точной реализации характеристик управления и оптимизации угла опережения впрыскивания топлива, а также облегчение пуска дизеля путем оптимизации пусковой подачи.

В результате реализации перечисленных выше мероприятий минимальный удельный эффективный расход топлива по скоростной характеристике у дизеля с неразделенной КС и газотурбинным наддувом составляет 189-215 г/кВт·ч, а при номинальной мощности 205-255 г/кВт·ч.

Как правило, уровень шума дизелей на 5-8 дБа выше, чем у бензиновых двигателей. К наиболее эффективным мероприятиям по снижению шума дизелей относятся:

- совершенствование процесса сгорания с целью снижения скорости нарастания давления (уровень шума можно снизить на 4-5 дБа);
- частичное или полное капсулирование двигателя (на 3-8 дБа).

В среднем по Европе уровень шума капсулированного дизеля составляет от 72 до 82 дБа.

Зарубежные фирмы устанавливают в системах выпуска дизелей устройства снижения токсичности с сажевым фильтром и системой регенерации, переходят на малосернистое (менее 0,05%) топливо. Достаточно сказать, что за последние пять лет по этим направлениям запатентовано свыше 200 технических решений.

В качестве материала для изготовления сажевого фильтра используются керамика (сотовые пористые структуры на основе кордиерита), металлические сетки и войлок (на основе волокон из нержавеющей стали), тканые материалы из кремнеземной нити. Испытания показали, что фильтрующие элементы способны задерживать 80-95% содержащихся в ОГ твердых частиц при сопротивлении элемента, равном 0,008 - 0,01 МПа.

Сложной проблемой является регенерация сажевых фильтров. Продолжаются работы по снижению температуры регенерации за счет добавок-активаторов, которые либо могут вводиться в топливо, либо наноситься на поверхность фильтрующего элемента.

Не прекращаются и работы по созданию систем нейтрализации для дизелей. Специалистами НАМИ разработан типоразмерный ряд каталитических нейтрализаторов для двигателей мощностью от 10 до 1000 кВт. Эффективность очистки ОГ этими нейтрализаторами при температурах ОГ более 250⁰С составляет: по оксиду углерода - 50-90, по углеводородам - 50-80, по альдегидам и бенз(а)пирену - до 50%, их ресурс - 160 тыс. км пробега (с заменой катализатора через 80 тыс. км).

В последнее время оживился интерес к использованию газового топлива в дизелях. Газодизель обладает высокой топливной экономичностью, низкой дымностью и токсичностью ОГ. Это направление особенно актуально для Украины, имеющей ограниченные источники для получения жидких дизельных топлив.

Контрольные вопросы

1. С чем связано обострение экологических проблем в настоящее время?
2. Назовите основные направления снижения токсичности транспортных энергетических установок.
3. Охарактеризуйте основные пути снижения токсичности ОГ бензиновых ДВС.
4. Какие преимущества дает использование обедненных смесей в бензиновых двигателях? Какие при этом возникают проблемы?
5. Охарактеризуйте основные пути снижения токсичности и дымности ОГ дизелей.
6. С чем связаны трудности нейтрализации оксидов азота, выбрасываемых дизелями?

Литература

1. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. - М: Машиностроение, 1981. - 160 с.
2. Жегалин О.И. Лупачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. - М.: Транспорт, 1985. - 120 с.
3. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая Среда. - Х.: Прапор, 2000. - 304 с.

Лекция 8

РАСШИРЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ НЕФТЯНЫХ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ И КОМПОЗИТНЫХ ТОПЛИВ

План

1. Необходимость повышения качества нефтяных топлив.
2. Применение альтернативных и композитных топлив в ДВС.
 - 2.1. Природный газ (метан).
 - 2.2. Метанол.
 - 2.3. Водород.
 - 2.4. Другие виды топлив.

1. Необходимость повышения качества нефтяных топлив

Автомобильный транспорт является основным потребителем нефтяных топлив. Автомобильный парк Украины (примерно 900 тысяч грузовых автомобилей, 125 тысяч автобусов и около 6 миллионов легковых автомобилей) потребляет в год более 10 миллионов тонн бензина и 3 миллиона тонн дизельного топлива. Ассортимент автомобильных бензинов сегодня довольно широк: А-76, АИ-80, АИ-91, АИ-92, АИ-93, АИ-95, АИ-96. Прямогонного

высокоактивного бензина из нефти получается менее 50%. Поэтому его октановое число повышают путем добавления антидетонационных присадок или подвергают его вторичной переработке (крекингу или каталитическому риформингу). Получение таких бензинов удешевляется, но их экологические качества резко ухудшаются.

В Украине в основном используются экологически низкокачественные топлива: этилированные бензины, бензины с высоким содержанием (до 70%) ароматиков (в Европе, США и Японии этот показатель равен 26%), дизельные топлива с высоким содержанием серы (на порядок выше, чем в названных странах). При использовании таких топлив практически исключается каталитическая нейтрализация отработавших газов (ОГ).

Вид и качество используемых топлив в значительной степени определяют эксплуатационную топливную экономичность, параметрическую надежность, ресурс ДВС и особенно - экологические показатели. Выбросы с ОГ оксидов серы и металлов прямо пропорционально их содержанию в топливах. При снижении ароматических углеводородов снижаются выбросы несгоревших углеводородов, канцерогенных ингредиентов и сажи. Выбросы оксидов азота также зависят от качества топлива. Поэтому с повышением качества нефтяных топлив снижаются уровни их потребления, термического и экологического загрязнения окружающей среды.

2. Применение альтернативных и композитных топлив в ДВС

Заменителями нефтяных топлив могут быть: спирты - метанол (CH_3OH) или этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), изооктан (C_8H_{18}), сжиженный газ пропан (C_3H_8 , с бутаном (C_4H_{10}), природный газ метан (CH_4), водород (H_2), водородосодержащие газы (коксовый) и т.д. Некоторые из этих заменителей могут применяться в смесях с бензином или дизельным топливом.

Основными причинами, вынуждающими расширять использование альтернативных топлив, являются следующие:

- отсутствие или ограниченность собственных нефтяных ресурсов;
- неуклонное повышение мировых цен на нефтепродукты;
- нарастающее загрязнение окружающей среды вредными выбросами предприятий нефтепереработки, токсическими и канцерогенными компонентами отработавших газов ДВС.

2.1. Природный газ (метан).

К наиболее приемлемым заменителям нефтяных топлив в настоящее время относят в первую очередь природный газ (метан). Моторные качества метана (высокая детонационная стойкость и более широкий диапазон изменения концентрационных пределов воспламенения) позволяют

существенно повысить степень сжатия ДВС и реализовать энергетически высокоэффективное сжигание обедненных газоздушных смесей.

Можно отметить такие направления конвертирования бензиновых двигателей для работы на природном газе:

- повышение степени сжатия (до 14-16 ед.);
- уменьшение подогрева газоздушной смеси на впуске;
- обеднение смеси (до $\alpha = 1,6$);
- введение газа непосредственно в цилиндр двигателя;
- применение наддува;
- применение форкамерно-факельного зажигания;
- использование газодизельного цикла;
- применение электронных систем управления.

Необходимо отметить, что газовые двигатели имеют значительно меньше выбросы CO, CH, NO_x. У этих двигателей меньше выбросы CO₂, влияющие на парниковый эффект.

Практически единственным недостатком природного газа как топлива является его низкая плотность, что увеличивает массу баллонов для хранения запаса топлива, снижает грузоподъемность транспортного средства и дальность пробега между заправками.

Этот недостаток в какой-то степени преодолевается при использовании бинарного топлива - бензин-газ.

Успех в решении проблемы широкого использования природного газа как топлива для ДВС во многом будет зависеть от таких факторов:

- производство газотопливного оборудования в необходимом количестве;
- создание и развитие сети автозаправочных станций;
- стимулирующей политикой ценообразования и налогообложения со стороны государства.

2.2. Метанол

Метанол как топливо имеет следующие особенности:

- меньшая по сравнению с бензином низшая теплота сгорания ($H_{и} = 22300$ кДж/кг);
- меньшее теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива ($l_o = 6,5$ кг возд./кг топл.);
- значительное содержание кислорода (50% по массе);
- большая скрытая теплота парообразования;
- более высокая температура воспламенения по сравнению с бензином, но более низкая температура сгорания.

Рассмотренные выше свойства лучше подходят для двигателей с принудительным воспламенением горючей смеси.

К техническим проблемам использования жидкого метанола в качестве топлива являются:

- повышенный (в 1,6-1,8 раза) по сравнению с бензином расход метанола;
- трудности в обеспечении качественного смесеобразования и холодного запуска;
- коррозионная активность метанола по отношению к металлам;
- повышенный износ деталей ЦПГ вследствие ухудшения качества смазки;
- токсичность испарений метанола.

В настоящее время и на ближайшую перспективу наиболее реальной возможностью использования метанола является использование бензометанольных смесей (БМС). При использовании 5-15% добавки метанола не требуются значительные затраты на переоборудования существующих двигателей.

Важнейшим направлением в повышении топливо-энергетического совершенства ДВС является использование конверсионного газа, состоящего из 67% водорода и 33% оксида углерода, и получаемого из метанола. При этом теплота сгорания продуктов конверсии оказывается выше, чем у исходного углеводородного топлива.

Стендовые испытания автомобильного бензинового двигателя ЗМЗ-402 показали, что на режиме 30% мощности эффективный КПД двигателя возрос с 28% (при работе на бензине А-76) до 32% при работе на испаренном метаноле ($\alpha = 1,5$) и до 36% при работе на конверсионном газе ($\alpha = 2,1$). Причем, при работе на продуктах конверсии метанола в ОГ практически отсутствовали СО, СН, а уровень концентрации NO_x снизился более чем в 10 раз.

2.3. Водород

Водород резко отличается от обычных углеводородных топлив высокими значениями трех важнейших физико-химических показателей: детонационной стойкостью, нормальной скоростью распространения пламени (на порядок выше таковой для традиционных топлив), пределами воспламеняемости, особенно в сторону бедных смесей ($\alpha_{\max} = 10$). Кроме того, энергия его воспламенения более чем на порядок ниже энергии воспламенения бензина и природного газа.

Для реализации всех преимуществ, которые может дать использование водорода в качестве топлива, целесообразно создание специальных водородных двигателей. Однако большинство исследований пока ориентируется на двухтопливный вариант. Исследования направлены на снижение термохимического загрязнения окружающей среды при использовании водорода в качестве дополнительного теплоносителя, в том числе инициирующего процессы сжигания обедненных углеводородно-воздушных смесей и ингибирующего процесса образования канцерогенных веществ.

Результаты испытаний легкового автомобиля ГАЗ-24 по городскому ездовому циклу показали, что расход бензина при работе на бензоводородной

смеси снизился на 40%, а топливная экономичность повысилась на 20%. При этом существенно снизились уровни выбросов с ОГ вредных веществ: CO - в 15 раз, CH - в 1,5 раза, NO_x - в 5 раз.

При переводе ДВС на водород возникает ряд дополнительных проблем. Одна из них - способы хранения водорода: в газообразном состоянии - в баллонах, в жидком - в криогенных емкостях, в связанном состоянии - в металлгидридных устройствах.

2.4. Другие виды топлив

Твердые топлива непосредственно в автомобильных и тракторных двигателях не применяются. Работы, проводимые в области получения беззольной угольной пыли и сжигания ее в цилиндре двигателя, еще не вышли из стадии опытов. Промежуточным этапом использования твердых топлив в ДВС могло бы быть применение смесей пылевидных топлив с жидкими, т. е. топливных суспензий.

Технологический процесс получения жидкого синтетического топлива из каменного угля и других веществ (бурого угля, торфа), уже достаточно отработан. В Германии для гидрирования использовался бурый уголь. К 1945 г. общая мощность заводов по производству синтетического бензина составляла 3...3,5 млн.т. в год. Главная задача этого направления снизить себестоимость получаемого жидкого топлива из угля.

В настоящее время проводятся интенсивные исследования по использованию в качестве топлива в дизелях рапсового масла. Первые испытания показали, что при работе на чистом рапсовом масле происходит сильное коксование распылителя форсунки, поэтому в дальнейшем стали применять метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ). Исследователи отмечают, что при работе на МЭРМ снижается токсичность ОГ, кроме того выделяющийся диоксид углерода поглощается растениями и уменьшается опасность парникового эффекта. Некоторые ученые не разделяют мнение о перспективности этого биотоплива, так при этом используются плодородные пахотные земли.

Контрольные вопросы

1. Чем вызвана необходимость повышения качества нефтяных топлив?
2. Какие топлива можно отнести к альтернативным?
3. Перечислите основные причины, вынуждающие расширять использование альтернативных топлив.
4. Какие мероприятия необходимо провести при конвертировании бензинового двигателя для работы на природном газе?
5. Каковы моторные свойства метанола?

Литература

1. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая среда - Х.: Прапор, 2000 - 304 с.
2. Тимченко І.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є. та інш. Автомобільні двигуни. - Х.: Основа, 1995. - 464 с.

Лекция 9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

План

1. Достижения в разработке газотурбинных двигателей с высокими эксплуатационными показателями для автомобильного транспорта.
2. Перспективы использования роторно-поршневого двигателя.
3. Направления работ по совершенствованию двигателя Стирлинга.
4. Достижения в создании высокоэффективных комбинированных (гибридных) силовых установок.

1. Достижения в разработке газотурбинных двигателей с высокими эксплуатационными показателями для автомобильного транспорта

Идея создания газовой турбины возникла значительно раньше идеи создания поршневого ДВС. Работы по созданию газотурбинных двигателей (ГТД) интенсивно начали проводиться в 50-х годах 20-го столетия и за короткий промежуток времени ГТД практически полностью вытеснили поршневые ДВС в области авиации. Все чаще применяются газовые турбины в судостроении, танкостроении и на тепловых электростанциях. Создание совершенных авиационных ГТД способствовало разворачиванию работ над ГТД для автомобильного транспорта. Для двигателя автомобиля характерны быстроизменяющиеся режимы, что вызывают определенные трудности в создании эффективных силовых установок с ГТН.

В настоящее время наиболее приемлемым считается двухвальный газотурбинный двигатель, принципиальная схема которого приведена на рис. 9.1.

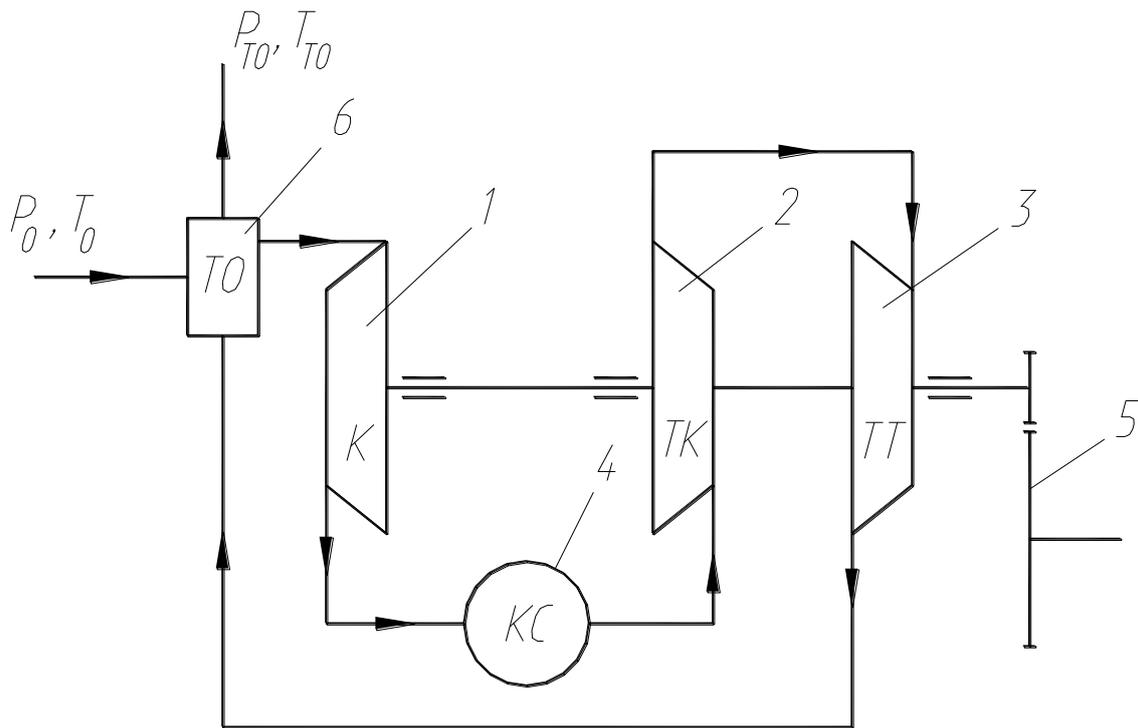


Рис. 9.1. Схема двухвального газотурбинного двигателя
 1 - компрессор; 2 - турбина компрессора; 3 - тяговая турбина;
 4 - камера сгорания; 5 - редуктор; 6 - регенеративный теплообменник

Повышенный интерес к ГТД объясняется рядом его преимуществ перед поршневым ДВС:

- меньшая удельная масса ($g_N = 0,35...0,5$ кг/кВт);
- возможность применения различных топлив, включая дешевые газоконденсатные;
- небольшое содержание вредных веществ в ОГ;
- благоприятная характеристика крутящего момента;
- малый расход смазочного масла;
- отсутствие системы охлаждения;
- легкость холодного запуска;
- высокая агрегатная мощность;
- хорошая уравновешенность.

Недостатками ГТД, которые препятствуют широкому их использованию на автомобилях являются:

- недостаточная топливная экономичность, особенно на частичных нагрузках;
- высокая стоимость изготовления.

Основное влияние на показатели ГТД оказывает температура газа перед турбиной. Температура на входе в турбину $T_{вх}$ ограничивается жаростойкостью материала турбины, теплообменников и камер сгорания. Поэтому дальнейшее развитие автомобильных ГТД связано с использованием новых керамических и металлокерамических материалов.

С целью дальнейшего повышения экономичности автомобильных ГТД применяют теплообменники, позволяющие частично утилизировать теплоту ОГ после силовой турбины. Для этой цели чаще применяют регенеративные вращающиеся теплообменники, аккумулирующие теплоту ОГ, а затем отдающие ее воздуху, поступающему в компрессор. Регенеративный вращающийся теплообменник позволяет утилизировать 90-92% теплоты ОГ. Удельный расход топлива при этом уменьшается в 1,5 раза и экономичность ГТД приближается к экономичности дизеля.

Повышение термического КПД и соответственно экономичности при понижении нагрузки в двухвальной ГТД можно достичь, применяя устройство поворота сопловых лопаток силовой турбины. При снижении нагрузки и расхода топлива лопатки соплового аппарата прикрываются, расход воздуха через двигатель уменьшается, а температура цикла сохраняется неизменной. Это мероприятие позволяет сохранить практически постоянный удельный расход топлива при снижении мощности до 50% от номинальной.

Применение указанного способа позволяет использовать двигатель для торможения автомобиля. При этом способе изменяется угол входа газового потока на лопатки силовой турбины и она осуществляет торможение автомобиля.

В качестве примера приведем данные современного ГТД для легкового автомобиля большого класса, разработанного фирмой Daimler - Benz AG:

расчетная мощность $N_e = 110$ кВт;

частота вращения вала
турбокомпрессора $n = 63000$ мин⁻¹;

максимальный крутящий момент $M_{max} = 550$ Нм;

температура газа на входе в турбину $T_{вх} = 1620$ К;

диаметр колес соответственно
компрессора, турбины компрессора,
силовой турбины 180, 165, 170 мм;

масса двигателя 240 кг;

размеры двигателя $L \times B \times H$ 770 x 650 x 550 мм;

расчетные расходы топлива для автомобиля массой 1600 кг	90 км/ч - 5,1 л/100 км, 120 км/ч - 6,7 л/100 км, городской цикл - 14 л/100 км.
---	---

2. Перспективы использования роторно-поршневого двигателя

Идея создания роторно-поршневого двигателя возникла еще в 1901 г. , однако только в 1958 г. немецкая мотоциклетная и автомобильная фирма НСУ после шести лет поисковых работ создала работоспособный двигатель, предложенный инженером-специалистом по уплотнениям Феликсом Ванкелем. Была принята принципиальная схема с эпитрахоидной рабочей поверхностью статора.

Роторно-поршневой двигатель в сравнении с традиционным поршневым ДВС имел ряд преимуществ: более высокая удельная мощность, меньшая металлоемкость, лучшая уравновешенность и более низкий уровень шума.

В настоящее время в значительной степени решена проблема надежного долговечного уплотнения рабочей плоскости. Однако появились трудноустраняемые недостатки: более высокий расход топлива и повышенная токсичность отработавших газов. Эти недостатки связаны с неоптимальной формой камеры сгорания, имеющей большое отношение площади поверхности к объему. Поэтому вопрос о целесообразности использования этого двигателя до конца не решен. Некоторые фирмы прекратили их выпуск. Фирма “Крайслер” сделала вывод о бесперспективности данного двигателя. В значительной степени отрицательное отношение к этому типу двигателей связано с необходимостью значительного изменения огромного отлаженного производства традиционных поршневых двигателей.

Однако там, где нужны компактные, быстроходные уравновешенные двигатели целесообразность их применения бесспорна. Специалисты считают, что роторно-поршневые двигатели перспективны для мотоциклов, катеров, мотонарт, пусковых агрегатов т.д.

Работы с двигателем Ванкеля продолжает фирма “Мазда”. Она объявила о начале испытаний на дорогах Японии водородных автомобилей с роторно-поршневым двигателем. Японские специалисты считают, что использование водорода в качестве топлива в роторно-поршневых двигателях позволит создать автомобиль с малым расходом топлива в условиях города и малой токсичности ОГ.

Продолжается выпуск автомобилей с РПД на Волжском автомобильном заводе.

3. Направление работ по совершенствованию двигателя Стирлинга.

Двигатели Стирлинга являются двигателями внешнего сгорания, в которых рабочее тело не изменяется, а подвод теплоты может осуществляться

от любого источника энергии, в том числе солнечной и ядерной. Даже в случае использования топлив нефтяного происхождения выбросы токсичных веществ в таких двигателях значительно меньше по сравнению с поршневыми ДВС в результате лучшего смесеобразования и непрерывного горения топлива при достаточном количестве кислорода. К основным преимуществам двигателей Стирлинга следует отнести:

- высокий и малозависящий от нагрузки КПД;
- меньшая по сравнению с ДВС токсичность отработавших газов;
- малый шум при работе (на 20 дБ меньше, чем у дизелей);
- возможность применения различных топлив;
- низкий расход масла и отсутствие его старения при работе двигателя;
- низкая температура отработавших газов;
- более высокий коэффициент приспособляемости;
- хорошие пусковые качества и простота пуска;
- возможность использования теплоты от любого источника;
- большой моторесурс.

Эти существенные преимущества объясняют повышенный интерес к этим двигателям.

Однако имеются и ряд недостатков:

- относительно невысокая приемистость из-за наличия тепловой инерции всех его контуров;
- сложность конструкции большинства систем;
- худшие по сравнению с ДВС массовые и габаритные показатели установки;
- сложность обеспечения надежного уплотнения зон раздела рабочего и картерного пространства.

Наибольшие успехи в усовершенствовании двигателя Стирлинга достигнуты голландской фирмой “Филипс”. Проводятся работы фирмами МАН - Германия и “Юнайтед Стирлинг АВ” - Швеция.

Перечисленные выше недостатки постепенно устраняются в процессе исследований и разработки новых конструкций.

3. Достижения в создании высокоэффективных комбинированных (гибридных) силовых установок

Гибридные энергоустановки включают электропривод (аккумуляторные батареи, батарею конденсаторов, тяговые электродвигатели, блок управления) и ДВС с генератором.

Снабдив легковой автомобиль, например, электродвигателем 30 кВт, допускающим кратковременный перегруз, высокооборотным экономичным ДВС с генератором такой же мощности и небольшой аккумуляторной батареей, а также динамическим накопителем типа ультраконденсатора, можно получить

двигателя - электрический, работающий от аккумуляторных никель-кадмиевых батарей и газотурбинный, использующий дизельное топливо. Двигатели могут работать как независимо, так и дополняя друг друга. В условиях города "Volvo EСС" будет использовать электродвигатель, а на загородных шоссе - газотурбинный. Система управления с ЭВМ подключает автоматически газотурбинную установку, когда запас энергии в аккумуляторных батареях снижается до 20%.

Автомобиль с гибридной силовой установкой имеет такие показатели:

- максимальная скорость - 175 км/ч;
- разгон до 100 км/ч с приводом:
 - от аккумуляторной батареи - 23 с.;
 - с подключением газовой турбины - 13 с.;
- запас хода с газовой турбиной - 670 км;
- запас хода при работе на аккумуляторе - 150 км.

Компания Adam Opel AG разработала гибридный автомобиль на базе топливных элементов. Обогащенный водородом газ вырабатывается прямо на борту машины из метанола, который хранится в 54-литровом баке. Электродвигатель мощностью в 50 кВт в состоянии разогнать автомобиль до 120 км/ч.

Приведенные выше гибридные силовые установки являются экспериментальными, но с появлением соответствующих условий может быть организовано их серийное производство.

Таким образом, гибридные установки следует рассматривать не как промежуточный этап перехода к электромобилю, а как самостоятельное направление.

Контрольные вопросы

1. Перечислите преимущества и недостатки газотурбинных двигателей.
2. В каких направлениях происходит совершенствование ГТД?
3. Каковы причины снижения интереса к роторно-поршневым двигателям?
4. Каковы преимущества двигателя внешнего сгорания (Стирлинга) перед поршневым ДВС?
5. В каких направлениях ведутся работы по совершенствованию двигателя Стирлинга?
6. Какие элементы входят в гибридную силовую установку с ДВС?
7. Приведите схемы гибридных энергоустановок.

Литература

1. Тимченко І.І., Гутаревич Ю.Ф. , Муждобаєв М.Р. Автомобільні двигуни. - Х.: Основа, 1995. - 464 с.

2. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая Среда. - Х.: Прапор, 2000. - 304 с.
3. Гулиа Н.В. Инерционные двигатели для автомобилей. - М.: Транспорт, 1974. - 152 с.