

## **Задание 1**

**изучить содержание учебных материалов, сформировать конспект по учебным вопросам.**

### **Тема Энергопреобразование в ПДВС**

#### **учебные вопросы**

1 Впрыскивание топлива в ДВС с принудительным зажиганием

Учебный материал

### **Впрыскивание топлива в ДВС с принудительным зажиганием**

Цель.

Изучение основных принципов управления двигателем автомобиля и критериев управления впрыскиванием бензина в ДВС;

Изучение способов реализации впрыскиванием бензина в ДВС.

#### **1. Основные принципы управления двигателем**

Автомобильный двигатель представляет собой систему, состоящую из отдельных подсистем: системы топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазки и т.д. Все системы связаны друг с другом и при функционировании они образуют единое целое. Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем. Скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движение с относительно постоянной скоростью, остановки. Водитель изменяет скоростной и нагрузочный режим двигателя, воздействуя на дроссельную заслонку. Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливно-воздушной смеси и угла опережения зажигания, управление которыми обычно осуществляется автоматически. Схема двигателя как объекта автоматического управления приведена на рисунке 1

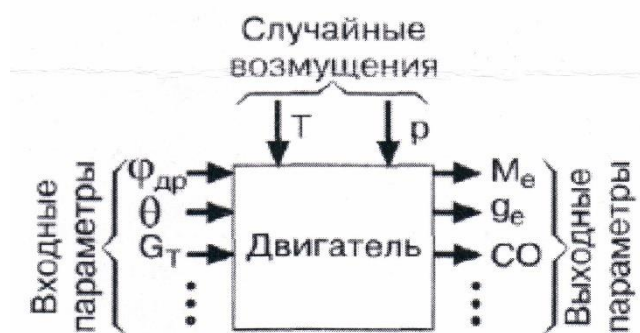


Рис. 1 – Схема двигателя как объекта автоматического управления

Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки  $\varphi_{др}$ , угол опережения зажигания  $\theta$ , цикловой расход топлива  $G_T$  и др.) - это параметры, которые влияют на качество рабочего цикла двигателя. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются также управляющими. Выходные параметры, называемые управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящий момент  $M_e$ , показатель топливной экономичности  $g_e$  и токсичности отработавших газов (например, содержание  $CO$ ), а также другие.

Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К случайным возмущениям можно отнести изменение параметров состояния внешней среды (температура воздуха  $T$ , атмосферное давление  $p$ , влажность  $B$ ), свойств топлива и смазочного материала и др. Для двигателя внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, так как реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель в условиях городского движения работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления. Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей двигателя одной и той же модели имеют различные характеристики. Кроме того, по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрия впускного и выпускного трактов и т.д.) отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя. Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления также должна быть многомерной. Внешние возмущающие воздействия в основном препятствуют управлению, отклоняя управляемые параметры двигателя от желаемых значений. Действия возмущений не только препятствуют достижению оптимальных (наилучших возможных) значений управляемых параметров, но и могут полностью нарушить работу двигателя. К таким возмущениям относятся: параметры внешней среды, внешняя нагрузка, возникающая при изменении условий движения автомобиля, параметры топлива и др. Возмущениями являются изменения состояния подающих отверстий в форсунках и т. п. Обычно возмущающие воздействия являются случайными и делятся на контролируемые (измеряемые для учета их влияния в системе управления) и неконтролируемые.

## 2. Критерии управления впрыском топлива ДВС

Выбор критериев управления определяется целевыми установками. Автомобильный двигатель - сложная система, целевые задачи которой противоречивы. Перед конструктором двигателя стоит проблема сделать максимально надежный мощный двигатель, а потребитель ожидает появления на рынке максимально простого в эксплуатации, дешевого и экономичного автомобиля, соответствующих качеств он ожидает и от двигателя. Легкий, бесшумный, экологически чистый двигатель - требование борцов за охрану окружающей среды. Система управления двигателем как система, обеспечивающая его оптимальное функционирование, подчинена целевым задачам управляемой системы, т.е. двигателя. Считается, что основное назначение систем управления двигателем состоит в обеспечении максимальной мощности двигателя при минимальном расходе топлива (энергии) и минимальном содержании вредных веществ в отработанных газах. Однако такой идеальной системы управления, удовлетворяющей сразу всем этим критериям, не существует. Предположим, что содержание вредных веществ в отработанных газах зависит от качества рабочей смеси, поступающей в цилиндры поршневого двигателя. Принято характеризовать качество смеси следующим образом: богатая, бедная и нормальная, что соответственно означает избыток, недостаток и относительно рациональное содержание топлива в ее составе. Представленные на рис.2 зависимости мощности и экономичности двигателя от качества смеси свидетельствуют, что максимальную мощность можно получить при обогащенной смеси, а минимум расхода топлива - при обедненной.

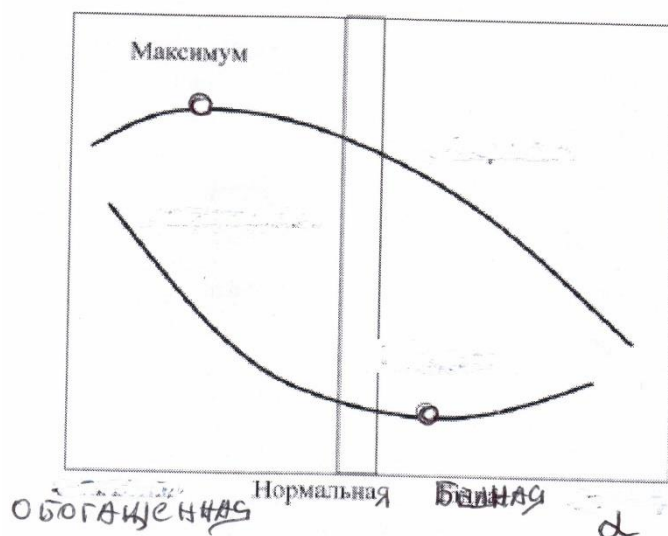


Рис. 2 - Зависимость мощности и экономичности двигателя от качества топливной смеси

Для увеличения мощности можно пожертвовать некоторым количеством топлива, обогащая смесь, что, кстати, и делают на отдельных режимах работы двигателя (например, при запуске, на режимах максимальных нагрузок) или на отдельных классах автомобилей. Это приводит в то же время к интенсивному образованию нагара,

повышенных нагрузок на механизмы и узлы двигателя и автомобиля и, как следствие, к резкому снижению надежности двигателя, его ресурса. В интересах повышения экономичности ДВС некоторые производители специально обедняют рабочую смесь. При этом возникают тенденции к детонации, двигатель перегревается из-за медленного сгорания топлива. Как найти компромисс между этими требованиями, взаимно исключаящими друг друга? Компромисс был найден. В его основе - последний из приведенных критериев - экологическая безопасность автомобильного транспорта. Системы управления создают прежде всего для обеспечения стабильной и экологически безопасной работы двигателя. Таким образом, правильнее было бы определить систему управления двигателем как такую, которая должна обеспечить максимально безопасную (с точки зрения охраны окружающей среды) работу двигателя при приемлемых значениях мощности и экономичности двигателя.

### **3. Системы впрыскивания топлива в ДВС с принудительным зажиганием**

Любая микропроцессорная система использует такую информационную технологию, как программирование. Ни одно действие системы управления невозможно без пошагового описания на одном из языков программирования. Программисты вместе со специалистами по ДВС должны предусмотреть все возможные варианты развития событий во время управления теми или иными процессами в двигателе или транспортном средстве в целом. В мировой практике разработкой электронных систем впрыска топлива занимаются многие фирмы, однако наиболее известны в Европе BOSCH и Siemens, поэтому чаще всего используют их разработки и терминологию. Общепринятым международным обозначением электронных систем впрыска является Jetronic. В настоящее время в массовом производстве преобладает система под названием LH-Jetronic, которая является системой распределенного впрыска топлива во впускной трубопровод. Применяется как синхронный и асинхронный впрыск топлива. Главной чертой этой системы является термоанемометрический расходомер воздуха, взамен расходомера на основе потенциометра с заслонкой. В настоящее время производители практически отказались от отдельных электронных систем впрыска и производят электронные системы управления двигателем (МСУД), объединяющие управление впрыском топлива и зажиганием бензинового двигателя. Такие системы обозначаются Motronic.

Производятся на современном этапе три типа систем:

- M-Motronic – микропроцессорная система управления зажиганием и распределенным впрыском топлива;
- ME-Motronic – микропроцессорная система управления зажиганием и распределенным, последовательным впрыском топлива, с  $\lambda$ -регулирующим и электронным дросселем (система ETC);
- MED-Motronic – микропроцессорная система управления зажиганием и непосредственным впрыском топлива в цилиндры (Direct injection, DI).

Система ME-Motronic. Кроме основных своих функций система ME-Motronic выполняет и целый ряд дополнительных функций с разомкнутой и замкнутой системами управления. В качестве примера можно назвать следующие: • регулирование частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу; • регулирование коэффициента избытка воздуха (замкнутая система управления); • улавливание топливных паров; рециркуляция

отработавших газов для снижения содержания оксидов азота; • контроль за работой вспомогательной воздушной системы для снижения содержания углеводородов в отработавших газах; • автоматическое регулирование скорости движения (круиз-контроль). Система ME-Motronic может выполнять еще целый ряд функций: - управление работой турбонагнетателя и регулирование параметров впускного трубопровода с целью повышения выходной мощности двигателя; - регулирование фаз газораспределения для снижения содержания вредных веществ в отработавших газах и увеличения мощности двигателя; - устранение детонации, ограничение частоты вращения коленчатого вала и ограничение скорости движения автомобиля для защиты отдельных узлов и деталей двигателя и самого автомобиля от повреждений. В системе ME-Motronic применяется координирование крутящего момента, с помощью которого сопоставляются часто противоречащие друг другу требования в обеспечении определенного значения крутящего момента и затем реализуется наиболее важное из этих требований. Система ME-Motronic через цепь питания бортового контроллера связи (CAN) может подсоединяться к электронным блокам управления (ECU) Других систем автомобиля. Так, подсоединение к блоку ECU автоматической трансмиссии среди прочих функций позволяет снизить крутящий момент во время изменения передаточного отношения в трансмиссии, благодаря чему уменьшаются нагрузки на трансмиссию и ее износ. Система регулирования тягового усилия на колесах (TCS), входящая в блок ECU, при проскальзывании колес выдает системе MEMotronic сигналы для уменьшения создаваемого крутящего момента. Система ME-Motronic содержит компоненты бортового мониторинга (OBD). Они отвечают наиболее строгим экологическим нормам и требованиям интегрированной диагностики транспортного средства. Система с электронным управлением дроссельной заслонкой (ETC), интегрированная в единый блок управления зажиганием, впрыском и другими вспомогательными функциями, позволяет определять положение педали газа посредством датчика ее перемещения (потенциометра). В соответствии с текущим режимом работы двигателя блок ECU, рассчитав необходимую величину открытия дроссельной заслонки, воздействует на привод этой заслонки - положение контролируется датчиком угла поворота дроссельной заслонки (потенциометром). Таким образом, два потенциометра - педали газа и дроссельной заслонки - образуют элемент управляющей системы ETC, которая при работе двигателя производит непрерывный опрос всех датчиков и анализ расчетных данных, влияющих на угол открытия дроссельной заслонки

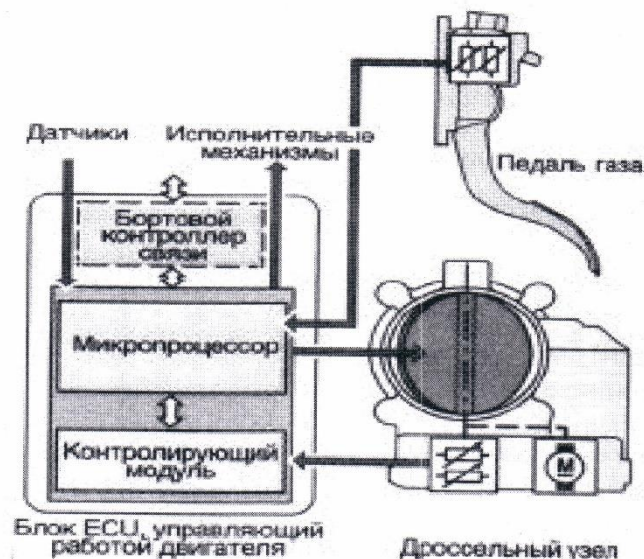


Рис. 3 - Система MED-Motronic с электронным управлением дроссельной заслонкой

Система MED-Motronic. При оснащении бензинового двигателя с искровым зажиганием и непосредственным впрыском топлива системой MED-Motronic расход топлива может быть снижен не менее чем на 20% по сравнению с двигателем, имеющим впрыск топлива во впускной трубопровод. При этом может быть достигнут длительный эффект снижения выбросов диоксида углерода ( $CO_2$ ) во время движения автомобиля. При непосредственном впрыске топлива должна осуществляться возможность скоординированного выбора между вариантами применения неоднородной смеси (послойного заряда) при неполной нагрузке и однородной (гомогенной) смеси при полной нагрузке и наоборот. Основными требованиями при использовании системы MED-Motronic являются: • точное дозирование потребного количества впрыскиваемого топлива; • создание необходимого давления впрыска; • управление моментом впрыска; • впрыскивание топлива непосредственно в камеру сгорания. Также должны быть согласованы требования к величине крутящего момента двигателя, с тем, чтобы затем имелась возможность проведения необходимых регулировочных операций на данном двигателе. Основной интерфейс системы обеспечивает регулирование крутящего момента двигателя, создаваемого процессом сгорания. Структура управления крутящим моментом может быть разбита на следующие действия: определение крутящего момента; согласование при выборе требуемой величины крутящего момента; изменение крутящего момента. Наиболее важной при изменении крутящего момента является команда, поступающая через педаль газа от водителя автомобиля - в зависимости от положения педали газа система определяет конкретную величину крутящего момента. В системе MED-Motronic топливо непосредственно впрыскивается в цилиндры в заданный момент времени посредством электромагнитных топливных форсунок высокого давления .