

УДК 621.4 : 629.114.2
ББК 31.365 я 7
К 27

Одобрено методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства
30.12.2003.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Введение | 3 |
| 1. Общие сведения о системах впрыска бензина | 4 |
| 2. Управление топливopодачей в двигателях с впрыском топлива | 7 |
| 3. Системы центрального впрыска топлива | 11 |
| 4. Системы распределенного впрыска топлива | 15 |
| 4.1. Пневмомеханические системы впрыска | 16 |
| 4.2. Электронные системы впрыска | 20 |
| 5. Системы непосредственного впрыска топлива | 24 |
| 5.1. Механические системы впрыска | 25 |
| 5.2. Электронные системы впрыска | 26 |
| Литература | 28 |

Карташевич А.Н., Рудашко А.А., Белоусов В.А., Гордеенко А.В.
К 27 Системы впрыска бензина автомобильных двигателей: Лекция. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. 28 с.

Рассмотрены конструкции и принцип работы наиболее распространенных систем впрыска бензина автомобильных двигателей внутреннего сгорания.

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – техническое обеспечение сельскохозяйственного производства, 1-74 06 06 – материально-техническое обеспечение АПК, 1-74 06 04 – техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

Рисунков 20. Библиогр. 7.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» БНТУ Г. М. КУХАРЕНОК, канд. техн. наук, профессор кафедры «ТО и ремонт машин» БГСХА В. А. ХИТРЮК.

УДК 621.4 : 629.114.2
ББК 31.365 я 7

© А.Н. Карташевич, А.А. Рудашко,
В.А. Белоусов, А.В. Гордеенко, 2004
© Учреждение образования
«Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2004

ВВЕДЕНИЕ

Управление топливopодачей в бензиновых двигателях связано с регулированием топливовоздушной смеси и включает в себя следующие функции: измерение количественных и качественных характеристик рабочей смеси; образование рабочей смеси; распределение смеси по цилиндрам. Приготовление рабочей смеси в значительной мере зависит от типа устройства, используемого для этих целей.

Применение карбюраторной системы питания позволяет в определенной мере поддерживать требуемый состав топливовоздушной смеси и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя.

Однако эта система питания имеет свой предел максимума адаптации к режимам работы двигателя. В то же время системы впрыска топлива позволяют оптимизировать процесс смесеобразования в гораздо большей степени. Расширение применения систем впрыска бензина обуславливается необходимостью улучшения динамических характеристик автомобилей, повышения их топливной экономичности и снижения токсичности отработавших газов автомобильных двигателей.

Системы впрыска топлива изобретены практически одновременно с созданием автомобильного двигателя. Еще в 1881 году француз Этвиг получил патент на систему измерения массы сжатого воздуха, а в 1883 году немецкий инженер Шпиль получил патент на метод впрыска топлива в камеру сгорания. Первый серийный двигатель с системой впрыска топлива был разработан фирмой Стирлинга в 1887 году. Этот двигатель в основном работал в стационарном режиме.

До 1950-х годов системы впрыска применялись в основном на самолетах и гоночных автомобилях. Первый в мире серийный автомобиль с впрыском бензина – Mercedes-300SL – был выпущен в 1954 году и оснащался системой механического впрыска бензина.

В настоящее время двигатели с системами впрыска бензина производятся в Германии, США, Англии, Японии, Франции, Италии, России. Если не принимать во внимание выпускаемые до сих пор устаревшие типы двигателей (разработки более 10...15-летней давности), то почти все современные автомобильные бензиновые двигатели оборудованы впрыском топлива.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ВПРЫСКА БЕНЗИНА

По мере развития систем впрыска топлива на автомобили устанавливались механические и электронные системы, различающиеся по месту, способу и моменту подачи топлива в цилиндры двигателя.

Системы впрыска бензина классифицируются следующим образом.

По расположению форсунок:

- центральный впрыск;
- распределенный впрыск.

По месту впрыска топлива:

- во впускной трубопровод;
- в цилиндр (непосредственный впрыск).

По способу подачи топлива:

- непрерывный впрыск;
- циклический (прерывистый) впрыск.

По моменту впрыска топлива:

- несогласованный впрыск;
- согласованный впрыск.

Согласованный впрыск топлива привязан к определенной фазе цикла работы двигателя. В связи с этим, если несогласованный впрыск топлива может быть как непрерывным, так и циклическим, то согласованный – только циклическим.

Классификация и соответствие различных способов впрыска топлива приведены на рис. 1.

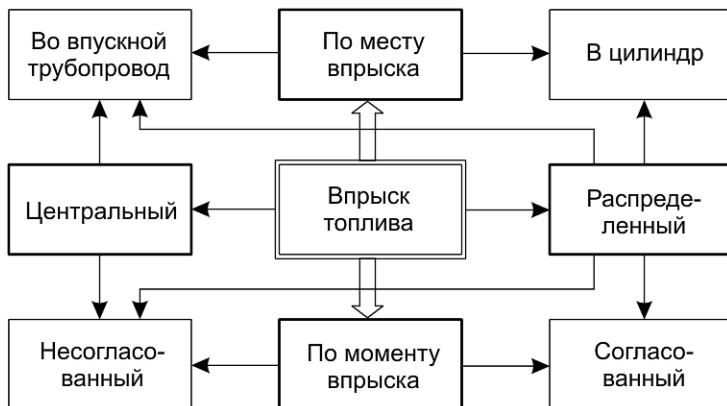


Рис. 1. Классификация способов впрыска топлива.

При центральном впрыске топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода.

По сравнению с карбюраторной системой питания существенных изменений в конструкции двигателя нет, т. е. система центрального впрыска практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях.

Обозначению «центральный впрыск топлива» соответствуют также термины «одноточечный впрыск» и «моновпрыск».

При распределенном («многоточечном») впрыске топливо подается индивидуально для каждого цилиндра форсунками. При этом возможны два места подачи топлива: перед впускными клапанами каждого цилиндра или непосредственно в цилиндры двигателя. Если в первых системах впрыск топлива возможен как без согласования момента впрыска с процессами впуска в каждый цилиндр (несогласованный впрыск), так согласованный с открытием соответствующих впускных клапанов, то во вторых системах возможен только согласованный впрыск.

С целью различия двух систем распределенного впрыска топлива принята следующая терминология. Для системы с подачей топлива в зону впускных клапанов используется термин «распределенный впрыск», а для системы с подачей топлива непосредственно в цилиндры двигателя – термин «непосредственный впрыск» (рис. 2).

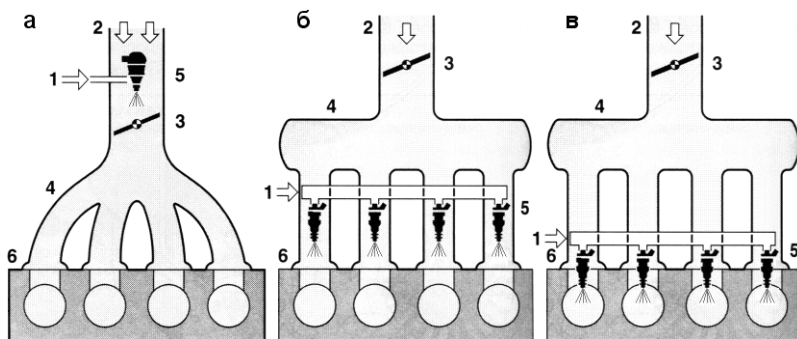


Рис. 2. Системы впрыска топлива: а – центральный впрыск; б – распределенный впрыск; в – непосредственный впрыск; 1 – подача топлива; 2 – поступление воздуха; 3 – дроссельная заслонка; 4 – впускной коллектор; 5 – форсунки; 6 – двигатель.

По сравнению с карбюраторными системами питания двигателя с впрыском бензина имеют следующие преимущества.

1. Топливо равномернее распределяется по цилиндрам, что дает возможность поддерживать одинаковый состав смеси в цилиндрах, вследствие чего повышается экономичность двигателя. При однородном составе смеси в цилиндрах снижается разброс показателей их работы, уменьшаются вибрация и износ деталей.

2. Уменьшается сопротивление впускного тракта благодаря отсутствию карбюратора, улучшается наполнение цилиндров рабочей смесью или воздухом, что увеличивает экономичность и мощность двигателя (рис. 3).

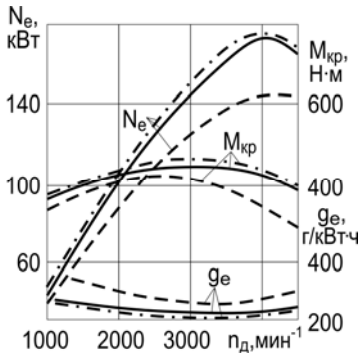


Рис. 3. Скоростные характеристики двигателя с различными системами питания: - - - с карбюраторной системой питания; — с распределенным впрыском топлива; - - - с непосредственным впрыском топлива.

3. Можно несколько повысить степень сжатия двигателя вследствие более однородного состава смеси в цилиндрах и возможности организовать продувку (для систем с распределенным циклическим впрыском топлива).

4. Достигается более точная, чем при карбюраторном смесеобразовании, коррекция состава смеси при переходе двигателя с одного режима на другой, чем обеспечивается лучшая приемистость и экономичность двигателя (рис. 4.).

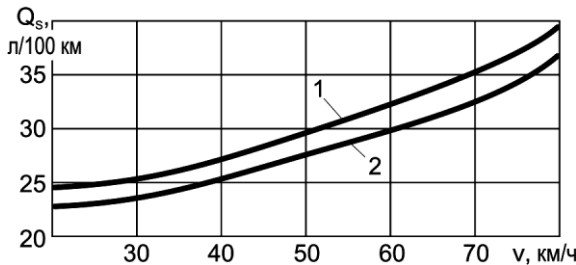


Рис. 4. Топливная характеристика установленного движения автомобиля ЗИЛ-431410: 1 – с карбюраторной системой питания; 2 – с центральным впрыском топлива.

5. В отработавших газах содержится меньшее количество окислов углерода, а также других вредных веществ.

6. Упрощается решение проблемы нейтрализации токсичных компонентов отработавших газов, поскольку применение хорошо отрегулированной системы впрыска позволяет использовать только один каталитический трехкомпонентный нейтрализатор и избежать приме-

нения более сложных систем нейтрализации, таких, как рециркуляция отработавших газов, подача дополнительного воздуха для дожигания горючих компонентов отработавших газов.

7. Уменьшается пожарная опасность, так как отсутствуют карбюратор и большие объемы, заполненные горючей смесью.

8. При электронном управлении впрыском облегчается возможность отключения подачи топлива на режимах принудительного холодного хода, что значительно уменьшает расход топлива.

9. Создаются предпосылки для оптимального управления работой двигателя на всех режимах с применением микропроцессорной техники.

Наряду с указанными преимуществами системы впрыска бензина обладают некоторыми существенными недостатками.

1. Эти системы сложнее, чем карбюраторные системы питания. Наличие прецизионных деталей и чувствительной автоматики для регулирования и корректирования состава смеси обуславливает более высокую стоимость систем впрыска по сравнению с карбюраторными системами.

2. Эксплуатация таких систем сложнее эксплуатации карбюраторных систем питания. Регулирование и устранение неисправностей в системе должны производиться высококвалифицированным персоналом.

Указанные недостатки до недавнего времени обуславливали ограниченное применение систем питания с впрыском топлива. Однако в связи с бурным развитием средств электроники и повышением их надежности, а также значительной экономией топлива системы впрыска бензина получили широкое применение на автомобильных двигателях.

2. УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВОПОДАЧЕЙ В ДВИГАТЕЛЯХ С ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА

Мощность установленного на автомобиле двигателя с впрыском топлива так же, как и мощность карбюраторного двигателя, регулируется изменением положения дроссельной заслонки, связанной с педалью акселератора. Если у карбюраторного двигателя при этом изменяется объем поступившей в цилиндры топливоздушной смеси, то дроссельная заслонка двигателя с впрыском топлива регулирует непосредственно только объем воздуха, состав же смеси зависит от массы топлива, впрыскиваемого топливоподающей аппаратурой.

Для поддержания состава смеси в заданных пределах необходим автоматический регулятор состава смеси, дозирующий топливо в точном соответствии с количеством поступающего в двигатель воздуха.

Регулирование количества топлива, впрыскиваемого форсунками, может осуществляться по следующим параметрам:

- часовому расходу воздуха;
- часовому расходу воздуха и частоте вращения коленчатого вала двигателя;
- углу открытия дроссельной заслонки и частоте вращения;
- разрежению во впускной системе двигателя;
- разрежению во впускной системе и частоте вращения;
- составу отработавших газов;
- комбинации перечисленных способов регулирования.

Регулирование по часовому расходу воздуха и частоте вращения коленчатого вала двигателя. Регулирование по часовому расходу воздуха производится на основе непосредственного измерения расхода воздуха лопастным расходомером, насадкой Вентури, мерным соплом или термоанемометром (рис. 5).

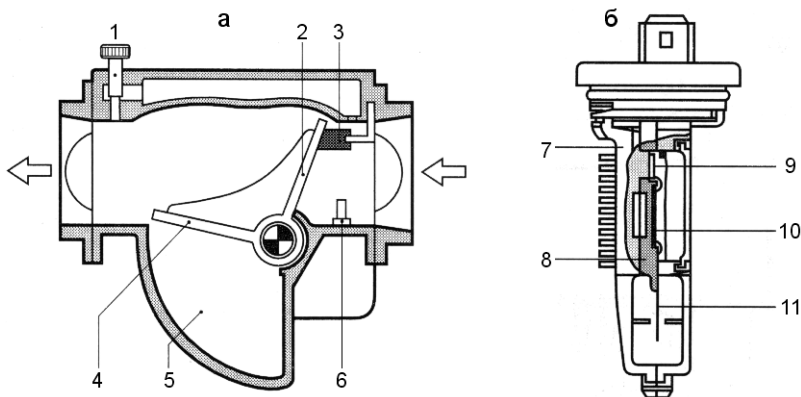


Рис. 5. Датчики объемного (а) и массового (б) расхода воздуха: 1 – винт регулирования смеси на холостом ходу; 2 – измерительная заслонка; 3 – стопор; 4 – компенсационная заслонка; 5 – демпфирующая камера; 6 – датчик температуры воздуха; 7 – теплоотводящий элемент; 8 – распорный элемент; 9 – задающая ступень; 10 – гибридная схема; 11 – пленочный измерительный элемент.

Наиболее простой является схема регулятора, непосредственно связывающего массу топлива с объемом поступившего в двигатель воздуха. Практически это может быть реализовано, в первую очередь, в системах непрерывного впрыска с пневмомеханическим управлением. Такая система регулирует состав смеси только в зависимости от расхода воздуха, но не учитывает особенностей изменения характеристик двигателя в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Этот недостаток устраняется в системах с измерителем расхода воздуха и электронным регулированием. В системах с электронным регулированием дозирование топлива осуществляется электромагнитными форсунками, подающими топливо циклически. Подаваемые на форсунки

электрические импульсы формируются синхронно с частотой вращения двигателя, для чего в управляющий электронный блок вводится сигнал от специального датчика частоты вращения или от первичной цепи системы зажигания. В управляющей блоке продолжительность формируемых импульсов зависит от циклового расхода воздуха и корректируется в зависимости от частоты вращения.

Регулирование по углу открытия дроссельной заслонки и частоте вращения двигателя. В таких системах величина циклового расхода воздуха связывается с положением дроссельной заслонки. Вместе с тем цикловой расход для каждого фиксированного положения заслонки зависит и от частоты вращения. Такая схема применяется в системах с механическим регулированием и плунжерными топливными насосами. Рейка насоса перемещается механизмом, суммирующим воздействие центробежного регулятора и тяги привода дросселя, для этой цели использовалось устройство с пространственным (двухмерным) кулачком. Возможно применение этого принципа и в системах с электронным управлением, где сигнал угла поворота дросселя может сниматься с потенциометра, соединенного с его осью, а частота вращения учитываться частотной характеристикой электронного блока.

Регулирование по разрежению во впускной системе и частоте вращения двигателя. Действие системы основывается на том, что цикловой заряд воздуха практически линейно зависит от разрежения в пространстве впускной трубы за дроссельной заслонкой. Таким образом, задача сводится к измерению разрежения во впускной трубе. На ранних стадиях развития аппаратуры впрыска применялись мембранные или сифонные регуляторы с тарированной пружиной, непосредственно управлявшие рейкой плунжерного топливного насоса. В современных системах с электронным управлением используются индуктивные датчики давления с мембранными коробками. Управляющие блоки таких систем изменяют длительность импульсов в зависимости от давления во впускной трубе и от частоты вращения двигателя.

Регулирование по составу отработавших газов. Учитывая постоянное ужесточение требований к уровню токсичности отработавших газов, в систему регулирования состава смеси вводится обратная связь по содержанию в отработавших газах одного из токсичных компонентов. Такое решение требует специального датчика, реагирующего на изменение состава отработавших газов. Датчиком такого типа, используемым в автомобильной промышленности, является так называемый датчик кислорода (лямбда-зонд или λ -зонд, от французского *sonde* – щуп), реагирующий на содержание в отработавших газах кислорода.

Схема одного из типов λ -зондов – циркониевого – представлена на рис. 6, а. Циркониевый датчик имеет два электрода – наружный 2 и внутренний 3. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита 1. Электролитом явля-

ется диоксид циркония ZrO_2 с добавлением оксида иттрия Y_2O_3 для повышения ионной проводимости электролита.

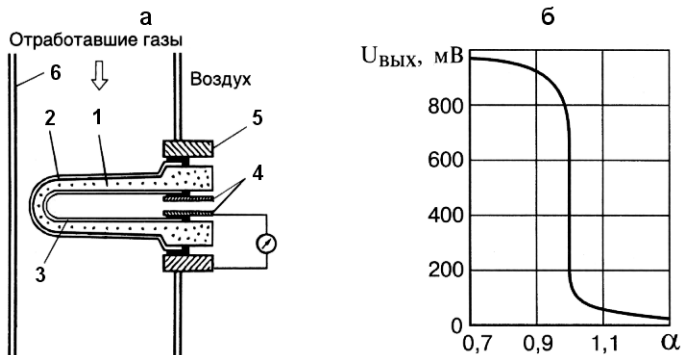


Рис. 6. Схема (а) и характеристика (б) циркониевого датчика кислорода (λ -зонда): 1 – твердый электролит ZrO_2 , 2 – платиновый наружный электрод, 3 – платиновый внутренний электрод, 4 – контакты, 5 – корпусной контакт, 6 – выпускной трубопровод.

Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода. Наружный электрод омывается потоком отработавших газов в выпускном трубопроводе с переменным парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на наружном и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси ($\alpha < 1$), датчик как гальванический элемент генерирует высокое напряжение (700...1000 мВ). При переходе на обедненную смесь ($\alpha > 1$) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до 50...100 мВ. Такое резкое падение напряжения датчика (рис 6б) при переходе от обогащенных к обедненным смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

Вместе с тем работа двигателя с $\alpha=1$ возможна далеко не на всех режимах (пуск двигателя, прогрев, движение с непрогретым двигателем, разгон автомобиля), и кроме того λ -зонд начинает давать сигнал только по достижении определенной температуры. Поэтому регулирование по составу отработавших газов вводится как дополнительная обратная связь в систему с обычной схемой регулирования, чем достигается работа двигателя на всех необходимых режимах. Следует отметить, что работа двигателя при $\alpha=1$ не является наиболее экономичной

и что такое решение оправдано, как правило, в случае применения на автомобиле трехкомпонентного нейтрализатора (рис. 7).

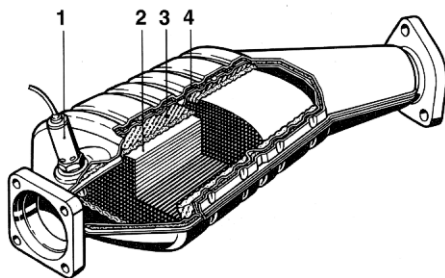


Рис. 7. Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор: 1 – λ -зонд; 2 – монолитный керамический блок из силиката алюминия; 3 – монтажный элемент в виде проволочной сетки; 4 – термостойкий корпус с двойными стенками.

Регулирование топливоподачи в двигателях с электронным управлением впрыском осуществляется, как правило, в зависимости от сочетания различных параметров (расхода воздуха, частоты вращения коленчатого вала двигателя, угла открытия дроссельной заслонки, разрежения во впускном трубопроводе, температуры воздуха и т.д.). Основным регулировочным параметром при этом остается количество поступающего в цилиндры двигателя воздуха.

3. СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВПРЫСКА ТОПЛИВА

Системы центрального впрыска топлива имеют блок центрального впрыска, расположенный во впускном тракте между воздухоочистителем и разветвлениями впускного коллектора, по которым рабочая смесь поступает к отдельным цилиндрам двигателя (рис. 8).

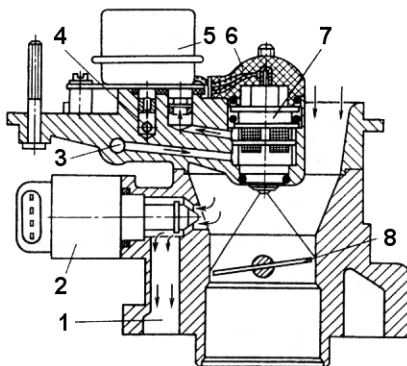


Рис. 8. Блок центрального впрыска топлива: 1 – канал холодного хода; 2 – регулятор холодного хода; 3 – канал подвода топлива; 4 – канал отвода топлива; 5 – регулятор давления топлива; 6 – штекер форсунок; 7 – электромагнитная форсунка; 8 – дроссельная заслонка.

Блок включает в себя смесительную камеру с дроссельной заслонкой 8, форсунку 7, расположенную над дроссельной заслонкой, регулятор давления 5 и регулятор холостого хода 2. Форсунка впрыскивает топливо в зону над дроссельной заслонкой, где происходит образование рабочей смеси. Регулирование количества смеси основано на изменении положения дроссельной заслонки. В режиме холостого хода управление осуществляется с помощью регулятора холостого хода, воздействующего на клапан обводного канала 1 или непосредственно на дроссельную заслонку, приоткрывая ее в случае падения частоты вращения меньше допустимой.

Типичной системой центрального впрыска является система «Mono-Jetronic» фирмы Bosch (рис. 9) с электронным блоком управления (ЭБУ).

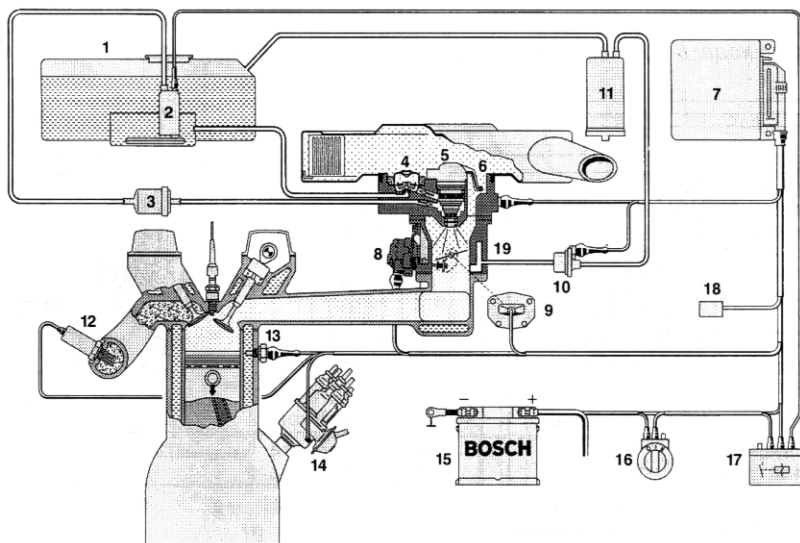


Рис. 9. Схема системы впрыска «Mono-Jetronic»: 1 – топливный бак; 2 – топливный насос с электроприводом; 3 – топливный фильтр; 4 – регулятор давления топлива; 5 – форсунка; 6 – датчик температуры воздуха; 7 – электронный блок управления; 8 – привод дроссельной заслонки; 9 – датчик положения дроссельной заслонки; 10 – клапан; 11 – резервуар с углем (адсорбер); 12 – кислородный датчик (λ -зонд); 13 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 14 – распределитель зажигания; 15 – аккумулятор; 16 – выключатель зажигания; 17 – реле; 18 – разъем для подсоединения диагностической аппаратуры; 19 – блок центрального впрыска.

Система имеет одну на весь двигатель электромагнитную форсунку 5 с циклической подачей топлива. Струя топлива направляется не-

посредственно в серпообразное отверстие между корпусом блока центрального впрыска и дроссельной заслонкой, где за счет большой разности давления обеспечивается оптимальное смесеобразование, исключающее возможность осаждения топлива на стенках впускного тракта.

Топливный насос 2 качает топливо через фильтр 3 с несколько большей, чем требуется, производительностью. Регулятор давления топлива 4 поддерживает давление в форсунке на постоянном уровне и возвращает избыток топлива в бак через возвратную трубку. Такая система постоянного потока уменьшает температуру топлива и предотвращает его повышенное испарение.

Так как топливная форсунка расположена перед дроссельной заслонкой практически на месте распылителя карбюратора, давление топлива в системе составляет всего около 0,1 МПа. Это позволяет устанавливать недорогой топливный насос с электроприводом, размещаемый в топливном баке. Форсунка непрерывно охлаждается потоком топлива, предотвращая образование воздушных пузырьков. Такое охлаждение необходимо в топливных системах с низким давлением.

Система «Mono-Jetronic» не имеет расходомера воздуха, поэтому соотношение масс воздуха и топлива на основных режимах работы определяется только положением дроссельной заслонки, температурой всасываемого воздуха и частотой вращения коленчатого вала. Устройство, определяющее положение дроссельной заслонки, представляет собой потенциометр, который информирует электронный блок управления о положении заслонки в данный момент времени.

Корректировка дозирования при холодном пуске и прогреве осуществляется ЭБУ по импульсам, получаемым от датчиков температуры всасываемого воздуха, охлаждающей жидкости и потенциометра дроссельной заслонки. Чтобы улучшить запуск холодного двигателя и работу в режиме холостого хода, на впускном коллекторе может устанавливаться нагревательный элемент, который предотвращает конденсацию паров топлива.

Содержание кислорода в отработавших газах постоянно контролируется блоком управления по сигналам λ -зонда 12, установленного в выпускном коллекторе. На основании этой информации происходит изменение дозирования за счет увеличения или уменьшения времени впрыска при постоянном давлении топлива. В связи с этим ручная регулировка содержания СО не требуется.

Регулировка холостого хода достигается поворотом дроссельной заслонки специальным электродвигателем. При этом увеличивается или уменьшается количество воздуха в зависимости от отклонения мгновенного значения частоты вращения коленчатого вала от номинального значения, заложенного в память электронного блока управления.

Блоком управления воспринимается также скорость поворота дроссельной заслонки. В режиме ускорения рабочая смесь обогащается.

Система впрыска «Mono-Jetronic» может быть выполнена также в варианте с расходомером воздуха и клапаном добавочного воздуха.

В аналогичной системе одноточечного впрыска «Fenix-3B» доза впрыскиваемого топлива зависит только от положения дроссельной заслонки или, другими словами, система имеет те же режимы работы, что и карбюратор, но обеспечивает лучший контроль за составом рабочей смеси. Форсунка обеспечивает точную дозировку топлива и его оптимальное распыление во впускном коллекторе. Продолжительность впрыска топлива форсункой синхронизирована по фазе с углом опережения зажигания. При формировании каждого сигнала «момент зажигания» контроллер выдает электрический импульс в обмотку 2 форсунки (рис. 10), через клапан 4 открывается доступ топлива к распылителю 5 и оно распыляется через шесть сопловых отверстий во впускной коллектор.

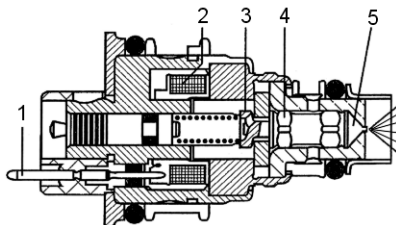


Рис. 10. Форсунка системы впрыска «Fenix-3B»: 1 – штикер, 2 – обмотка, 3 – якорь, 4 – клапан, 5 – распылитель.

Режим холостого хода и содержание CO в отработавших газах поддерживается в заданных пределах контроллером и не регулируется в процессе эксплуатации автомобиля.

Система одноточечного прерывистого впрыска низкого давления «General Motors» имеет много общего с рассмотренными выше системами. Одним из отличительных элементов системы «GM» является датчик давления воздуха (рис. 11), при помощи которого ЭБУ получает информацию о режиме нагрузки двигателя.

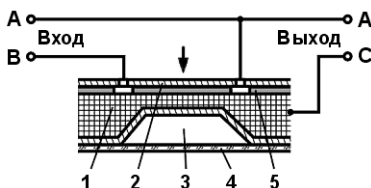


Рис. 11. Датчик давления воздуха во впускном трубопроводе: 1 – пьезоэлемент, 2 – мембрана, 3 – вакуумная камера, 4 – пластинка из тугоплавкого стекла, 5 – микросхема. Клеммы: А – «масса», В – подвод напряжения питания 5 В, С – выход напряжения 1,3...4,6 В.

Датчик расположен на перегородке моторного отделения. Он соединен шлангом с впускным коллектором (давление воздуха указано

стрелкой на рис. 11). Основным элементом датчика – микросхема 5 с пьезоэлементом 1. К датчику подводится эталонное напряжение питания 5 В (клеммы А и В).

Перепад давления между вакуумной камерой 3 (давление в ней 0,01 МПа) и впускным коллектором вызывает усилие, действующее через мембрану 2 на пьезоэлемент 1. Чем выше давление, тем больше пьезоэлемент вырабатывает электричества и тем меньше падение эталонного напряжения на выходе из датчика (клеммы А и С). Выходное напряжение датчика, пропорциональное разрежению в коллекторе, подается на вход ЭБУ.

При закрытой дроссельной заслонке (холостой ход) давление во впускном трубопроводе снижается до минимального: 0,02...0,03 МПа. Напряжение на выходе датчика падает до $1,3 \pm 0,2$ В. ЭБУ, получив соответствующий сигнал, уменьшает дозу впрыскиваемого топлива.

При полностью открытой дроссельной заслонке (полная нагрузка) давление во впускном трубопроводе повышается до атмосферного (0,085...0,095 МПа), а напряжение на выходе датчика будет приближаться к $4,6 \pm 0,2$ В. ЭБУ получает от датчика сигнал повышенного напряжения и увеличивает дозу впрыскиваемого топлива.

При первом включении зажигания ЭБУ считывает и запоминает показания датчика как атмосферное давление в данный момент. Поскольку в процессе эксплуатации автомобиля атмосферное давление меняется, информация о его текущем значении позволяет ЭБУ более точно вычислить количество впрыскиваемого топлива.

4. СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВПРЫСКА ТОПЛИВА

В системах распределенного впрыска топлива в отличие от систем центрального впрыска топливо к отдельным цилиндрам двигателя подается во впускной коллектор индивидуальными форсунками (рис. 12). Поскольку зона впрыска топлива расположена непосредственно перед впускными клапанами, сам впускной коллектор остается сухим, т. е. в нем отсутствуют пары топлива.

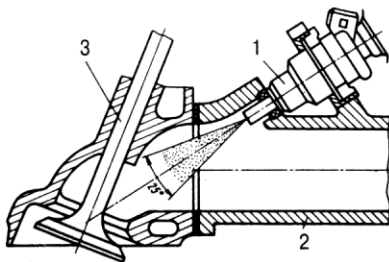


Рис. 12. Схема расположения форсунки при распределенном впрыске топлива: 1 – форсунка, 2 – впускной трубопровод, 3 – впускной клапан.

Независимая подача топлива к каждому цилиндру увеличивает точность дозирования, что улучшает мощностные и экономические показатели двигателей.

В настоящее время наибольшее распространение получили системы с пневмомеханическим и электронным управлением топливоподачей. В первых системах дозирование топлива и распределение его по форсункам осуществляется специальным дозатором-распределителем, во вторых топливо к форсункам поступает из единой распределительной магистрали, а количество впрыскиваемого топлива определяется электронным блоком управления.

4.1. Пневмомеханические системы впрыска

Среди пневмомеханических систем распределенного впрыска топлива наибольшее распространение получила система «К-Jetronic» фирмы BOSCH, которая представляет собой пневмомеханическую систему непрерывного впрыска топлива. Топливо под давлением поступает к рабочим форсункам, установленным во впускном коллекторе перед впускными клапанами. Форсунки непрерывно распыляют топливо, поступающее под давлением. Давление топлива и соответственно его расход зависят от нагрузки двигателя (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости.

Количество впрыскиваемого во впускной коллектор топлива регулируется дозатором-распределителем в строгом соответствии с объемом поступающего воздуха (за исключением ряда режимов работы двигателя, таких как пуск холодного двигателя, работа под полной нагрузкой и т.д.).

Топливный насос 11 (рис. 13) забирает топливо из бака 9 и подает его под давлением около 0,5 МПа через аккумулятор 12 и фильтр 10 к каналу А дозатора-распределителя 6. Поворотом дроссельной заслонки 4 регулируется подача не топливозоудшной смеси, а чистого воздуха. Для того чтобы установить требуемое соотношение между количеством поступающего воздуха и впрыскиваемого бензина, используется расходомер воздуха с напорным диском 5. На оси вращения рычага напорного диска 5 закреплен второй рычаг с роликом. Ролик упирается непосредственно в нижний конец плунжера дозатора-распределителя. Наличие второго рычага с регулировочным винтом позволяет менять относительное положение рычагов и этим изменять состав рабочей смеси. На некоторых автомобилях, например, BMW-520i, 525i, 528i, 535i, при необходимости этим винтом можно отрегулировать содержание СО в отработавших газах (при его завертывании смесь обедняется).

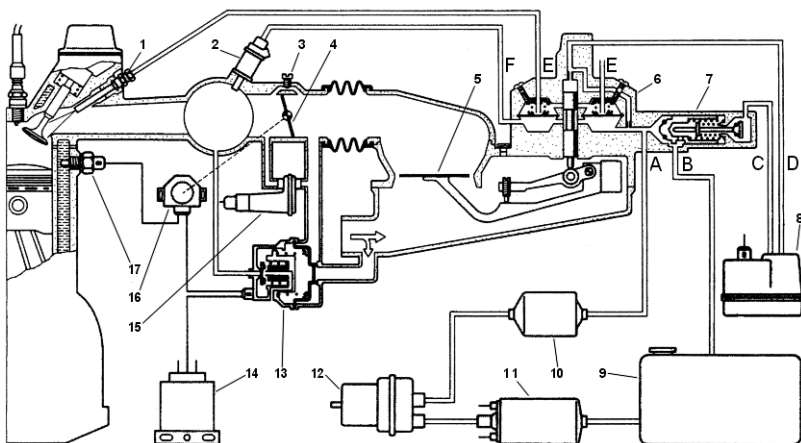


Рис. 13. Схема системы впрыска топлива «К/KE-Jetronic»: 1 – рабочая форсунка, 2 – пусковая форсунка, 3 – регулировочный винт холостого хода, 4 – дроссельная заслонка, 5 – измеритель расхода воздуха, 6 – дозатор-распределитель, 7 – регулятор давления топлива, 8 – регулятор управляющего давления, 9 – топливный бак, 10 – топливный фильтр, 11 – топливный насос, 12 – аккумулятор топлива, 13 – ограничитель частоты вращения, 14 – датчик частоты вращения, 15 – клапан обводного канала, 16 – датчик положения дроссельной заслонки, 17 – термореле. Каналы: А – подвод топлива к дозатору-распределителю, В – слив топлива в бак, С – канал дозатора, D – канал управления прогревом, Е – подвод топлива к рабочим форсункам, F – подвод топлива к пусковой форсунке.

Перемещение напорного диска, пропорциональное расходу воздуха, вызывает перемещение плунжера 3 (рис. 14) дозатора-распределителя и топливо через дозирующее отверстие 4 по каналу 2 (соответствует каналу Е на рис. 13) поступает к форсункам. Перед выходными каналами 2 внутри дозатора-распределителя располагаются дифференциальные клапаны 5, необходимые для получения линейной зависимости между перемещением плунжера и расходом топлива, поступающего к форсункам. На диафрагму 5 каждого дифференциального клапана снизу (показано стрелкой) действует давление, поддерживаемое регулятором давления 7 (см. рис. 13). При поступлении топлива через отверстие 4 в пространство над диафрагмой за счет действия пружины и перепада давлений между верхней и нижней камерами диафрагма прогибается вниз, увеличивая проходное сечение канала 2. В результате давление в верхней камере падает, диафрагма поднимается вверх, тем самым несколько уменьшая проходное сечение канала 2 и соответственно количество впрыскиваемого топлива. Работа дифференциальных клапанов во взаимодействии с перемещением плунжера обеспечивает стехиометрическое соотношение воздуха и бензина в рабочей смеси.

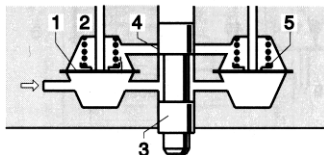


Рис. 14. Дозатор-распределитель топлива системы впрыска «K-Jetronic»: 1 – диафрагма, 2 – канал подвода топлива к форсунке, 3 – управляющий плунжер, 4 – дозирующее отверстие, 5 – дифференциальный клапан.

Поскольку двигатель должен быть приспособлен к различным режимам работы (холодный пуск, холостой ход, частичные нагрузки, полная нагрузка и т.д.), то смесь приходится либо обогащать, либо обеднять. Для получения соответствия состава рабочей смеси режиму работы двигателя в системе впрыска со стороны верхней части плунжера в распределитель по каналу D подводится топливо, давление которого определяется регулятором управляющего давления 8 (рис. 13). При большем давлении сопротивление перемещению плунжера увеличивается и смесь обедняется, при меньшем – обогащается. При резком открытии дроссельной заслонки обогащение смеси обеспечивается почти мгновенной реакцией напорного диска.

Холостой ход карбюраторных двигателей обычно регулируется двумя винтами: количества и качества смеси. Система питания с впрыском топлива «K-Jetronic» также имеет два винта: винт качества смеси, которым регулируется содержание CO в отработавших газах, и винт количества смеси 3, которым устанавливается частота вращения холостого хода.

В момент пуска холодного двигателя и в течение определенного времени пусковая форсунка 2 впрыскивает во впускной коллектор дополнительное количество топлива. Продолжительность работы пусковой форсунки определяет термореле в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. Клапан 15 обеспечивает подвод к двигателю дополнительного количества воздуха для повышения частоты вращения коленчатого вала холодного двигателя на холостом ходу, что обедняет топливовоздушную смесь. Дополнительное обогащение смеси при пуске и прогреве холодного двигателя достигается за счет более свободного подъема плунжера распределителя дозатора-распределителя благодаря тому, что регулятор управляющего давления 8 снижает над плунжером 4 (см. рис. 14) противодействующее давление. Если двигатель прогрет (температура не менее 35°C), термореле 17 выключает пусковую форсунку 2 и питание осуществляется только через главную дозирующую систему и систему холостого хода. Если пуск продолжается более чем 10...15 с, то термореле также выключает пусковую форсунку, чтобы двигатель не «залило».

Рабочие форсунки (рис. 15) открываются автоматически под давлением и не осуществляют дозирование топлива. Угол конуса распыла топлива составляет 30...35° (у пусковой форсунки около 80°).

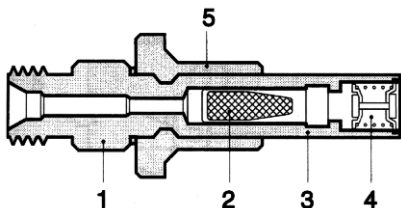


Рис. 15. Форсунка системы впрыска «K-Jetronic»: 1 – шестигранник, 2 – фильтр из мелкоячеистой сетки, 3 – корпус клапана, 4 – игольчатый клапан, 5 – резиновое кольцо.

Бензиновый электрический насос 2 (см. рис. 13) работает независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Он включается при двух условиях: включено зажигание и вращается коленчатый вал. В связи с тем, что насос обеспечивает двукратное превышение давления и десятикратный запас по подаче, то в системе впрыска установлен регулятор давления топлива 7, встроенный в дозатор-распределитель. Регулятор давления соединен с каналом А (подвод топлива), по каналу В осуществляется слив излишков топлива в бак, канал С соединен с регулятором управляющего давления 8.

В большинстве элементов системы «K-Jetronic» питание осуществляется от управляющего реле и только пусковая электромагнитная форсунка с термореле подключены к клемме «50» выключателя зажигания. Другими словами, пусковая форсунка и термореле могут быть включены только во время работы стартера.

Управляющее реле выключает электрический бензонасос, регулятор управляющего давления и клапан добавочного воздуха при включенном зажигании, но при невращающемся коленчатом вале двигателя, что важно по соображениям безопасности в случае аварии. Управляющее реле включается самостоятельно, как только стартер провернет коленчатый вал двигателя. Для этого реле получает импульсы от датчика-распределителя, катушки зажигания или от коммутатора системы зажигания. Управляющее реле распознает состояние – «коленчатый вал двигателя вращается». Если же двигатель не запустился, импульсы к управляющему реле больше не подходят. Реле распознает это и отключает топливный насос через 1 с после прохождения последнего импульса.

Система впрыска «KE-Jetronic» отличается от системы «K-Jetronic» наличием электронного блока управления, который позволяет лучше оптимизировать дозирование топлива. В данной системе регулятор управляющего давления 8 заменен электрогидравлическим регулятором (рис. 16), установленным в корпусе дозатора-распределителя. Электрогидравлический регулятор, управляемый ЭБУ, изменяет давление в нижних камерах дифференциальных клапанов в зависимости от режима работы двигателя путем регулирования величины тока, проходящего через катушку 3. В результате пластина 2 под действием

магнитного поля перемещается на определенную величину, изменяя должным образом давление топлива, проходящего через жиклер 1 к нижним камерам дифференциальных клапанов.

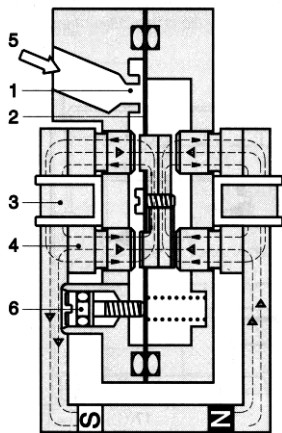


Рис. 16. Электрогидравлический регулятор давления системы впрыска «KE-Jetronic»: 1 – жиклер, 2 – пластина клапана, 3 – катушка, 4 – полюс магнита, 5 – вход топлива, 6 – регулировочный винт.

Кроме электрогидравлического регулятора система «KE-Jetronic» имеет датчик положения дроссельной заслонки 16 (см. рис. 13) и потенциометр, установленный на рычаге расходомера воздуха 5. Потенциометр сообщает в электронный блок управления информацию о положении напорного диска расходомера воздуха. Датчик положения дроссельной заслонки информирует ЭБУ о всех положениях дроссельной заслонки и о скорости ее открытия и закрытия. В свою очередь, электронный блок управления через электрогидравлический регулятор корректирует воздействие перемещений напорного диска на плунжер распределителя. Например, при резком нажатии на педаль акселератора электронный блок управления отличает ускорение движения автомобиля от увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу путем оценки взаимосвязи между величиной открытия дроссельной заслонки, перемещением напорного диска и изменением частоты вращения коленчатого вала.

4.2. Электронные системы впрыска

Главным отличием электронных систем распределенного впрыска от пневмомеханических является отсутствие дозатора-распределителя топлива. Так как нет дозатора-распределителя, то расходомер воздуха представляет собой отдельное устройство, подающее сигнал на электронный блок управления. Все форсунки (пусковая и рабочие) имеют электромагнитное управление с прерывистым впрыском топлива.

Большинство электронных систем распределенного впрыска схожи по конструкции с системой впрыска «L-Jetronic» фирмы Bosch. «L-Jetronic» – это более совершенная, чем «KE-Jetronic», система, с увеличением экономичности, снижением токсичности отработавших газов, улучшением динамики автомобиля.

Электрический топливный насос 2 (рис. 17) подает топливо из бака 1 под давлением 0,25 МПа через фильтр тонкой очистки 3 к распределительной магистрали, соединенной с рабочими форсунками цилиндров 5. Установленный с торца распределительной магистрали регулятор 6 поддерживает постоянное давление впрыска и осуществляет слив излишнего топлива в бак, чем обеспечивается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок.

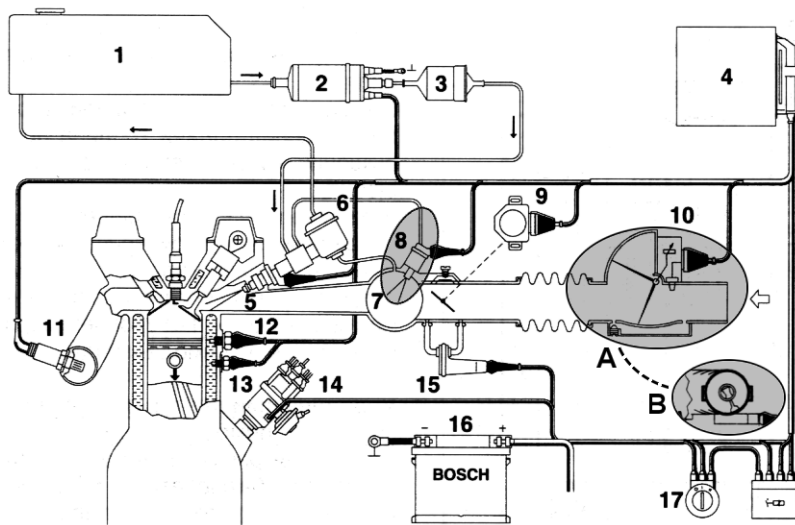


Рис. 17. Схема системы впрыска топлива «L/JH-Jetronic»: 1 – топливный бак, 2 – топливный насос, 3 – фильтр тонкой очистки топлива, 4 – электронный блок управления, 5 – форсунка (инжектор) впрыска, 6 – регулятор давления топлива в системе, 7 – впускной коллектор, 8 – пусковая форсунка, 9 – датчик положения дроссельной заслонки, 10 – расходомер воздуха, 11 – λ -зонд, 12 – термовыключатель и реле времени, 13 – датчик температуры охлаждающей жидкости, 14 – прерыватель-распределитель системы зажигания, 15 – регулятор частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу, 16 – аккумулятор, 17 – выключатель зажигания.

Количество впрыскиваемого топлива регулируется электронным блоком управления 4 в зависимости от температуры, давления и объема поступающего воздуха, частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя, а также от температуры охлаждающей жидкости.

Основным параметром, определяющим дозирование топлива, является объем всасываемого воздуха, измеряемый расходомером 10. Поступающий воздушный поток отклоняет измерительную заслонку 2 (см. рис. 5) расходомера на определенный угол, который преобразуется в электрическое напряжение посредством потенциометра.

Соответствующий количеству воздуха электрический сигнал передается в ЭБУ, который определяет необходимое количество топлива в данный момент работы двигателя и подает на электромагнитные клапаны рабочих форсунок импульсы тока с целью впрыска топлива. Независимо от положения впускных клапанов, через форсунки осуществляется разовый впрыск топлива за один или два оборота коленчатого вала двигателя (каждые два или четыре такта работы четырехтактного двигателя). Если впускной клапан в момент впрыска закрыт, топливо накапливается в пространстве перед клапаном и поступает в цилиндр при следующем его открытии одновременно с воздухом.

Каждый цилиндр имеет свою рабочую форсунку (рис. 18) с электромагнитным управлением, впрыскивающую топливо перед впускным клапаном. Синхронизация впрыска с циклами работы двигателя осуществляется электронным блоком управления посредством информации о частоте вращения, полученной от контактов прерывателя 14 (рис. 17) системы зажигания, от клеммы катушки зажигания или клеммы коммутатора (для бесконтактных систем зажигания).

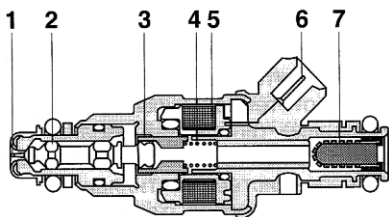


Рис. 18. Форсунка системы впрыска «L-Jetronic»: 1 – штифт, 2 – игла, 3 – якорь, 4 – пружина, 5 – обмотка электромагнита, 6 – электрический контакт, 7 – топливный фильтр.

Клапан дополнительной подачи воздуха 15, установленный в воздушном канале, выполненном параллельно дроссельной заслонке, подводит к двигателю добавочный воздух при холодном пуске и прогреве двигателя, что приводит к увеличению частоты вращения коленчатого вала (свыше 1000 мин^{-1}) и ускоренному прогреву. О тепловом режиме двигателя дает информацию датчик температуры охлаждающей жидкости 13.

Для облегчения пуска холодного двигателя, как и в других рассмотренных системах впрыска, применяется электромагнитная пусковая форсунка 8, продолжительность открытия которой изменяется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости (термореле 12).

Объем проходящего воздуха полностью определяется положением дроссельной заслонки (нагрузкой двигателя). Информацию о нагрузке

зочном режиме двигателя в ЭБУ сообщает датчик положения дроссельной заслонки. Информация состоит из сигналов: «холостой ход», «частичные нагрузки», «полная нагрузка». Если дроссельная заслонка закрыта, двигатель работает на холостом ходу, контакты холостого хода замкнуты и в электронный блок управления идет соответствующий сигнал. Также осуществляется информация о полной нагрузке двигателя, только в этом случае контакты разомкнуты. Сигнал о частичной нагрузке формируется при помощи потенциометра.

В системе «L-Jetronic» учитывается, что плотность холодного воздуха выше плотности теплого. Чем теплее засасываемый воздух, тем меньше массовый заряд воздуха, поступающего в цилиндры при постоянном положении дроссельной заслонки. Информация о температуре воздуха поступает от датчика 6 (рис. 5), встроенного в расходомер воздуха, в электронный блок управления, определяющий дозу впрыскиваемого топлива. На автомобиле также может устанавливаться высотный корректор, который информирует блок управления о наружном атмосферном давлении.

Большую часть времени двигатель работает в режиме частичных нагрузок, поэтому программа, заложенная в ЭБУ, обеспечивает минимально возможный расход топлива при приемлемой концентрации вредных веществ в отработавших газах. Топливную экономичность и (или) минимальную токсичность отработавших газов удается получить при использовании λ -зондов и нейтрализаторов (см. рис. 6 и 7).

Обогащение смеси происходит при холодном пуске, прогреве, холостом ходе, ускорении движения, полной нагрузке. При всех режимах, кроме последнего, излишек топлива необходим для устойчивой работы двигателя. При холодном двигателе «больше топлива» означает и больше его легкоиспаряющихся фракций. При холостом ходе хуже наполнение цилиндров, больше остаточных газов. При полной нагрузке «излишек» топлива необходим для «внутреннего» охлаждения двигателя за счет испарения части топлива.

В режиме принудительного холостого хода дроссельная заслонка закрыта и в блок управления идет сигнал: «холостой ход». Если при этом обороты двигателя выше так называемой восстанавливаемой частоты вращения, впрыск топлива прекращается. Соответственно уменьшается расход топлива и выброс вредных веществ. Восстанавливаемая частота вращения (когда вновь начинается впрыск топлива) обычно лежит в пределах 1200...1700 мин⁻¹.

Система холостого хода дополнена обводным каналом, в котором установлен винт качества смеси для регулирования уровня СО в отработавших газах.

Система «LH-Jetronic» отличается от систем «L-Jetronic» главным образом измерителем расхода воздуха. В системе «LH-Jetronic» вместо объемного расходомера А (выделен серым цветом на рис. 17) приме-

няется термоанемометрический измеритель расхода воздуха В. Принцип его действия состоит в следующем: тепловая энергия, необходимая в единицу времени для поддержания постоянного перепада температур между нагреваемым элементом и обтекающим его воздухом, пропорциональна массовому расходу воздуха, проходящего через заданное сечение потока. Величина тока нагрева, требуемого для сохранения постоянного температурного перепада между воздухом и проводником 11 (см. рис. 5), является мерой массы воздуха, поступающего в двигатель. Этот ток преобразуется в импульсы напряжения, которые обрабатываются блоком электронного управления как основной входной параметр наравне с частотой вращения коленчатого вала двигателя.

Диапазон измерения расхода воздуха составляет от 9 до 360 кг/ч, причем результаты измерений не зависят от плотности воздуха, его температуры и давления. Более точное измерение расхода воздуха позволило отказаться от пусковой форсунки 8 (выделена серым цветом на рис. 17). Обогащение смеси при пуске холодного двигателя осуществляется посредством рабочих форсунок за счет увеличения частоты и длительности импульсов управления форсунками.

5. СИСТЕМЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВПРЫСКА ТОПЛИВА

В системах непосредственного впрыска топливо подается индивидуальными форсунками прямо в камеру сгорания цилиндров двигателя (рис. 19). Давление впрыска топлива в таких системах на порядок выше, чем у других систем.

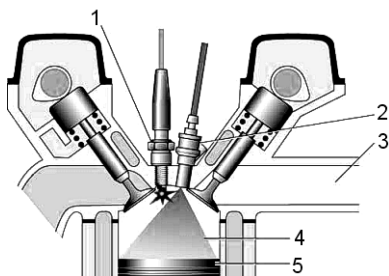


Рис. 19. Схема непосредственного впрыска топлива: 1 – свеча зажигания, 2 – форсунка, 3 – впускной трубопровод, 4 – впрыскиваемое топливо, 5 – поршень.

Специфика процесса смесеобразования в системах непосредственного впрыска зависит от формы камеры сгорания, расположения форсунки, закона подачи топлива и от движения находящегося в камере воздуха. Выбор формы камеры сгорания и размещение свечи зажигания осуществляется с учетом требований, вытекающих из необходимости обеспечения бездетонационной работы двигателя. Одновремен-

но не менее вескими являются и компоновочные соображения, так как в контур камеры сгорания должны быть вписаны седла впускных и выпускных клапанов, количество и площадь проходного сечения которых выбираются достаточными для газообмена в двигателях с впрыском топлива.

Подача топлива в системах непосредственного впрыска производится согласованно с циклом работы двигателя, причем из соображений наилучшего смесеобразования топливо впрыскивается в цилиндр либо во время такта впуска, либо в конце такта сжатия. При размещении форсунки принимается во внимание то, что впрыскиваемое топливо не должно выбрасываться во впускной трубопровод. С другой стороны, направление факела топлива в сторону выпускных клапанов дает возможность несколько улучшить их тепловой режим. Вместе с тем и сам распылитель форсунки нуждается в защите от тепловых перегрузок и сажеобразования.

При непосредственном впрыске обеспечивается наиболее точное распределение топлива по цилиндрам двигателя. В результате удается добиться наименьшей токсичности отработавших газов и выйти на нормы по токсичности Еуго-4. Кроме того, появляется возможность эксплуатации двигателя на обедненных смесях, что улучшает топливную экономичность (см. рис. 3). Применение таких систем повышает преимущество двигателя вследствие снижения отставания потока топлива от потока воздуха и облегчает пуск двигателя благодаря более точному дозированию топлива на пусковых режимах.

Недостатком систем непосредственного впрыска топлива является сокращение времени на смесеобразование, что влечет за собой повышение жесткости и шумности работы двигателя.

По способу подачи топлива к форсункам различают два типа систем: механические с топливным насосом высокого давления и электрические с топливной магистралью высокого давления.

5.1. Механические системы впрыска

В механических системах дозирование и распределение топлива по форсункам осуществляется топливным насосом высокого давления рядного или распределительного типа аналогично системам питания дизельных двигателей. Также существуют системы с отдельными насосом и распределителем. Как насос, так и распределитель топлива приводятся от двигателя.

Среди механических систем непосредственного впрыска топлива наиболее удачной является система «Kugelfischer» (рис. 20). Топливо из бака забирается электрическим бензонасосом и через фильтр поступает в топливный насос высокого давления 4, откуда по топливопроводам высокого давления 3 подается к форсункам 2. Давление начала

впрыска топлива составляет 3,0...3,8 МПа. Количество поступающего в двигатель воздуха регулируется дроссельной заслонкой, которая посредством системы тяг связана с топливным насосом. Регулировкой длины тяги 1 устанавливают требуемое содержание CO в отработавших газах.

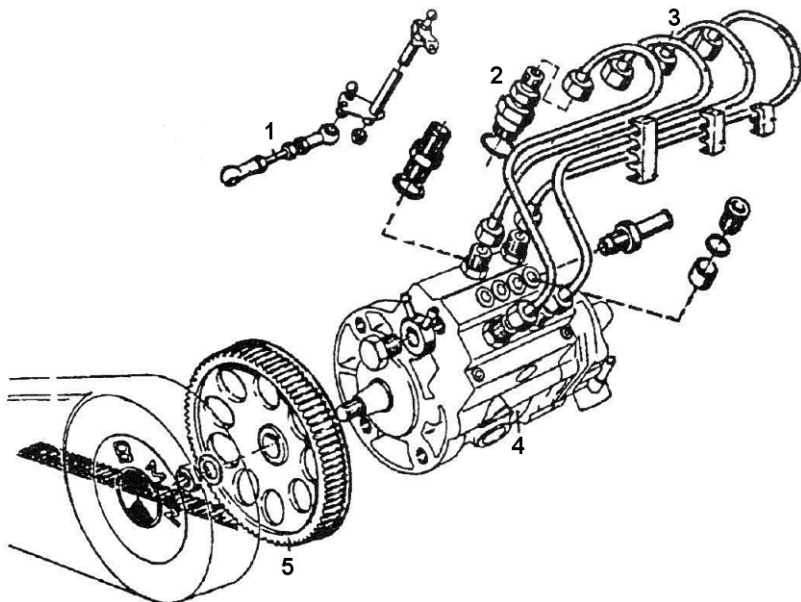


Рис. 20. Элементы системы впрыска «Kugelfischer»: 1 – тяга управления топливным насосом, 2 – форсунка, 3 – топливопроводы высокого давления, 4 – насос высокого давления, 5 – шкив привода насоса.

Управление топливоподачей осуществляется с помощью электронного блока. В ЭБУ поступает информация о следующих параметрах: частота вращения коленчатого вала двигателя, температура охлаждающей жидкости, положение дроссельной заслонки, температура и давление всасываемого воздуха, температура топлива, скорость движения автомобиля, режим работы и нагрузка двигателя. После обработки поступившей информации электронный блок управления вырабатывает команды для регулирования подачи топлива.

5.2. Электронные системы впрыска

Электронные системы непосредственного впрыска имеют много общего с электронными системами распределенного впрыска. Топливо

нагнетается поршневым насосом в распределительную магистраль под давлением 5...12 МПа, из которой через электромагнитные форсунки 4 (рис. 21) подается в камеру сгорания. Количеством топлива, подаваемого в цилиндры двигателя, управляет электронный блок 7 в зависимости от количества поступающего воздуха, частоты вращения, нагрузки на двигатель, токсичности отработавших газов и других параметров. Уровень СО контролируется датчиками кислорода 2 и 5.

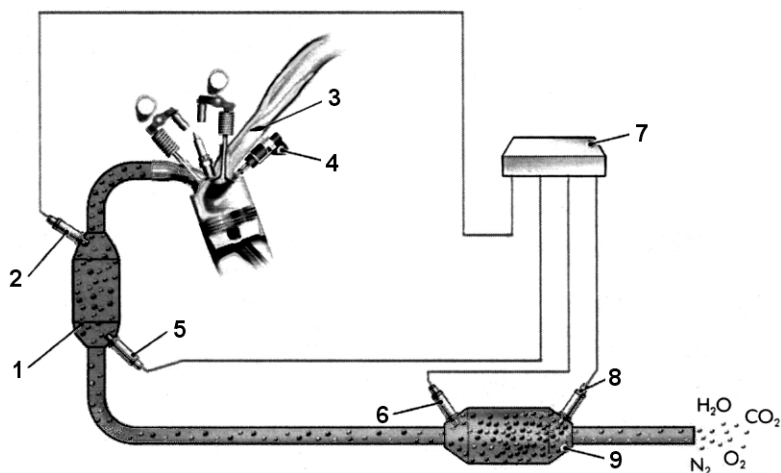


Рис. 21. Элементы системы непосредственного впрыска топлива FSI: 1 – трехкомпонентный каталитический нейтрализатор; 2, 5 – λ -зонды; 3 – заслонка во впускном коллекторе; 4 – форсунка; 6 – датчик температуры; 7 – ЭБУ; 8 – датчик NO_x ; 9 – накопительный нейтрализатор NO_x .

Особенностью таких систем является способность работать на сверхобедненных смесях, когда соотношение воздух – бензин может достигать до 40:1. При этом в выхлопных газах резко возрастает концентрация окислов азота NO_x , с которой обычный трехкомпонентный каталитический нейтрализатор 1 уже не справляется.

В двигателе с системой непосредственного впрыска FSI (автомобиль Volkswagen Golf V) впускной трубопровод каждого цилиндра разделен на два индивидуальных канала по количеству впускных клапанов. В одном из каналов перед впускным клапаном установлена специальная завихрительная заслонка 3 с электроприводом. Блок заслонок во впускном коллекторе обеспечивает завихрение потока воздуха при работе на сверхобедненной смеси при небольших нагрузках путем перекрытия подачи воздуха в соответствующем канале перед каждым цилиндром. На небольших нагрузках бензин впрыскивается в

камеру сгорания в конце такта сжатия при закрытых заслонках в половине впускных каналов. При этом двигатель работает на обедненной смеси, вырабатывая избыточное количество окислов азота NO_x , которые накапливаются в нейтрализаторе 9 с покрытием из бария. Затем ЭБУ по сигналу датчика 8 на короткое время переводит двигатель на обогащенную смесь, увеличивая подачу топлива форсунками и открывая завихрительные заслонки. Температура отработавших газов, контролируемая датчиком температуры 6, повышается, при этом связанные барьером молекулы NO_x высвобождаются и разлагаются на кислород и азот.

У автомобиля Volkswagen Golf V с системой непосредственного впрыска FSI по сравнению с системой распределенного впрыска расход топлива меньше на 6...13%, причем двигатель соответствует экологическим нормам Euro 4. Аналогичные показатели у автомобилей Mercedes C200 с системой CGI и Ford Mondeo с системой SCi. Так, расход топлива у Mercedes C200 CGI на 19% меньше, чем у Mercedes C200. Двигатель Duratec SCi, установленный на Ford Mondeo, позволяет экономить топливо на 15...20% в загородном цикле и на 6...8% в городском цикле также при соответствии нормам Euro 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник BOSCH. Перевод с англ. М.: За рулем, 2000. 896 с.
2. Аппаратура впрыска легкого топлива автомобильных двигателей / Ю.И. Будыко, Ю.В. Духнин, В.Э. Коганер, К.М. Маскенсков; Под общ. ред. Ю.И. Будыко. М.: Машиностроение, 1982. 144 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей / Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1995. 456 с.
4. Покровский Г.П. Электроника в системах подачи топлива автомобильных двигателей. М.: Машиностроение, 1990. 176 с.
5. Росс Твег. Системы впрыска бензина. М.: За рулем, 1999. 144 с.
6. Чарльз Уайт. Автомобильные двигатели: Системы управления и впрыска топлива. СПб.: Алфамер, 1999. 320 с.
7. Чижков Ю.П., Акимов А.В. Электрооборудование автомобилей. М.: За рулем, 1999. 384 с.