

### 3. Впрыскивание бензина во впускной трубопровод

#### 3.1. Особенности впрыскивания бензина

##### Преимущества впрыска топлива:

- снижение расхода топлива в результате более точного дозирования состава смеси, особенно на переходных режимах работы ДВС;
- больший крутящий момент, так как максимальное наполнение цилиндров выше из-за уменьшения гидравлического сопротивления впускной системы;
- большая приемистость;
- улучшение холодного старта и прогрева;
- возможность начала движения автомобиля сразу после запуска двигателя;
- снижение эмиссии отработавших газов за счет более точного поддержания нужного состава сгорающей топливовоздушной смеси и применения нейтрализатора отработавших газов.

Преимущества впрыскивания бензина перед карбюраторными системами питания иллюстрирует рис. 1.

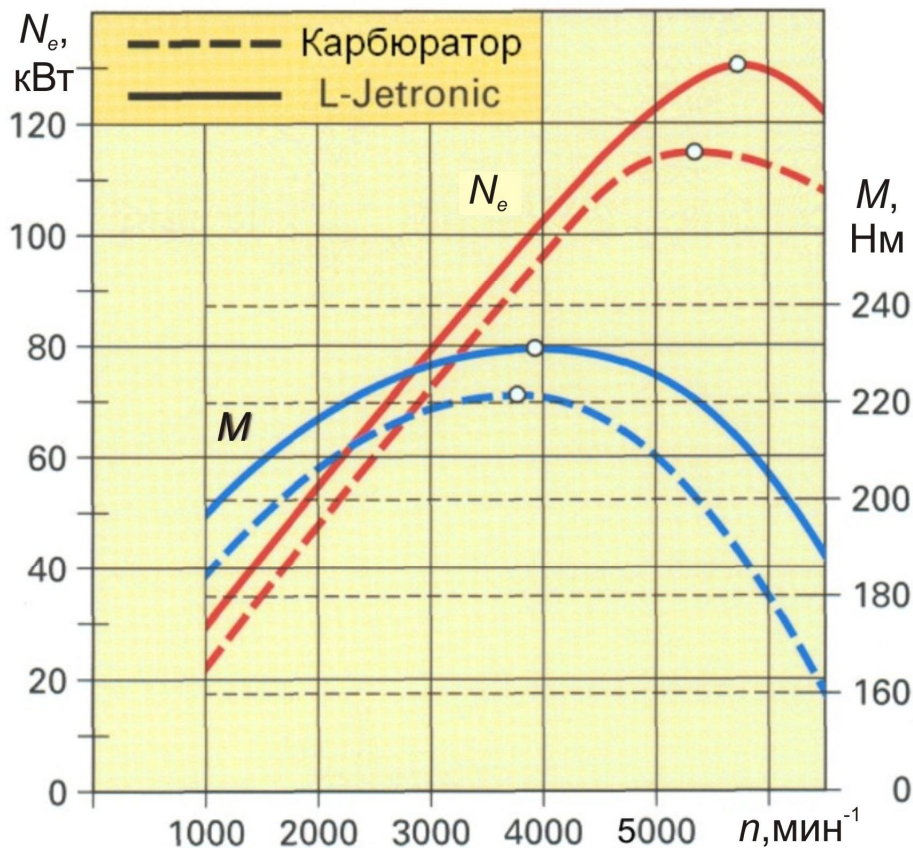


Рис. 1. Сравнение показателей двигателя с карбюратором и впрыскиванием бензина во впускной коллектор

Виды систем впрыскивания бензина во впускной коллектор приведены на рис. 2.

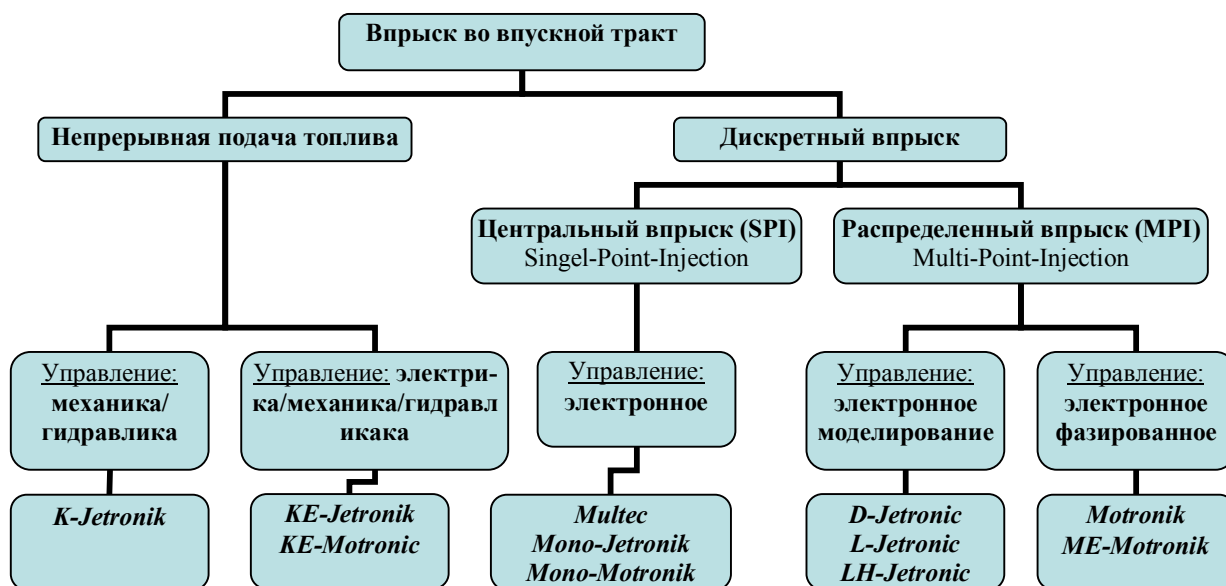


Рис. 2. Классификация систем впрыскивания бензина во впускной коллектор

На рис. 3 представлена хронология появления различных систем впрыскивания бензина на двигателях серийных автомобилей.

Системы управления смесеобразованием	D- Jetronic	1967 - 1979
	K- Jetronic	1973 - 1995
	L- Jetronic	1973 - 1986
	LH- Jetronic	1981 - 1998
	KE- Jetronic	1982 - 1996
	Mono- Jetronic	1987 - 1997
Комбинированные системы управления смесеобразованием и зажиганием	M- Motronic	после 1979
	KE- Motronic	1987 - 1996
	Mono- Motronic	после 1989
	ME- Motronic	после 1995
	MED- Motronic	после 1997

Рис. 3. Хронология внедрения систем впрыска топлива

### **3.2. Система непрерывной подачи топлива K-Jetronic**

Система впрыска "K-Jetronic" фирмы BOSCH представляет собой механическую систему постоянного впрыска топлива. Топливо под давлением поступает к форсункам, установленным перед впускными клапанами во впускном коллекторе. Форсунка непрерывно распыляет топливо, поступающее под давлением. Давление топлива (расход) зависит от нагрузки двигателя (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости (рис. 4).

Топливный насос 15 (рис. 4), забирает топливо из бака 10 и подает его под давлением около  $4,8 \text{ кгс/см}^2$  через аккумулятор давления 12 и фильтр 11 к дозатору-распределителю 7. В системе впрыска дроссельная заслонка 3 регулирует только подачу чистого воздуха.

Для того, чтобы установить требуемое соотношение между количеством поступающего воздуха и количеством впрыскиваемого бензина используется расходомер воздуха 14 с так называемым напорным диском и дозатор-распределитель топлива 7.

В действительности расходомер не замеряет, в буквальном смысле слова, расход воздуха, просто его напорный диск перемещается "пропорционально" расходу воздуха. А само название "расходомер" объясняется тем, что в этом устройстве использован принцип действия физического прибора, называемого трубкой Вентури и применяемого для замера расхода газов.

Расходомер воздуха системы впрыска топлива представляет собой прецизионный механизм. Напорный диск его очень легкий (толщина примерно 1 мм, диаметр — 100 мм) крепится к рычагу, с другой стороны рычага установлен балансир, уравновешивающий всю систему. С учетом того, что ось вращения рычага лежит в опорах с минимальным трением (подшипники качения), диск очень "чутко" реагирует на изменение расхода воздуха.

На оси вращения рычага напорного диска закреплен второй рычаг с роликом. Ролик упирается непосредственно в нижний конец плунжера дозатора-распределителя. Наличие второго рычага с регулировочным винтом качества топливовоздушной смеси 13 позволяет менять относительное положение рычагов, а значит напорного диска и упорного ролика (плунжера распределителя) и этим изменять состав рабочей смеси. Положение винта регулируется на заводе-изготовителе. На большинстве автомобилей, этим винтом можно отрегулировать содержание СО в отработавших газах (при его завертывании смесь обедняется). Кроме того имеется регулировочный винт количества смеси 19, этим винтом устанавливается частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу.

Механическая система: расходомер воздуха — дозатор-распределитель обеспечивает только соответствие перемещений напорного диска и плунжера распределителя. Но, если трубка Вентури обеспечивает линейную зависимость перемещения напорного диска от расхода воздуха, то простейший по форме плунжера распределитель, линейной зависимости между перемещением плунжера и расходом бензина уже не дает. Для получения линейной зависимости применена система дифференциальных клапанов 5 (рис. 4).

Из дозатора-распределителя топливо поступает к форсункам 1, (рис. 4). Иногда вместо слова форсунка (от *force* — франц. сила) применяется слово инжектор (лат. *injicere*—бросать внутрь).

Итак, перемещение напорного диска вызывает перемещение плунжера распределителя, что обеспечивают стехиометрическое соотношение воздуха и бензина в рабочей смеси. Но, характерной особенностью автомобильного двигателя является то, что он должен быть приспособлен к различным режимам: холодный пуск, холостой ход, частичные нагрузки, полная нагрузка. Смесь приходится при соответствующих режимах или обогащать или обеднять. Для получения соответствия состава рабочей смеси режиму работы двигателя в системе впрыска со стороны верхней части плунжера (рис. 4) в распределитель под-ходит управляющее давление.

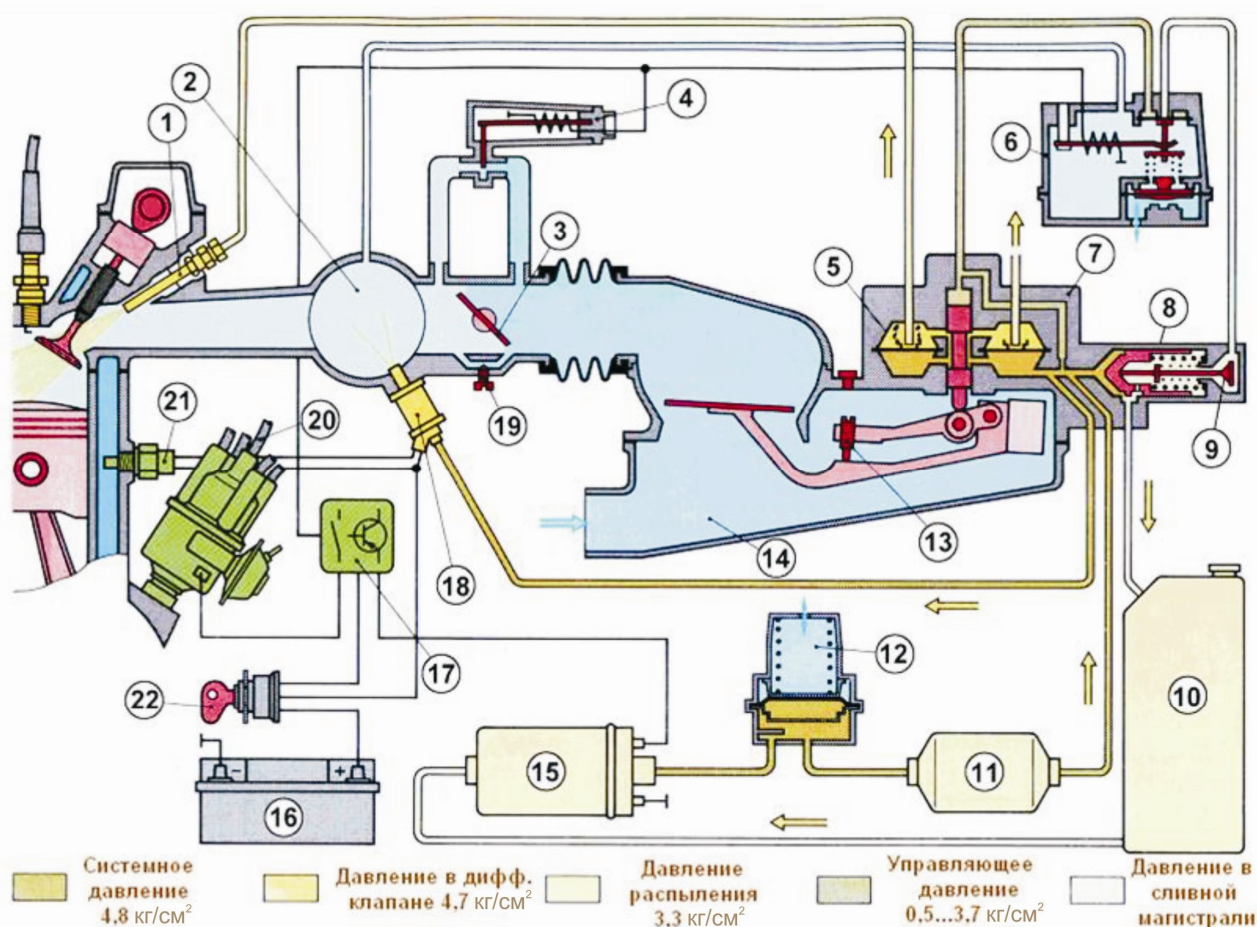


Рис. 4. Система непрерывной подачи топлива K-Jetronic:

- 1 – форсунка; 2 – впускной коллектор; 3 – дроссельная заслонка; 4 – клапан дополнительного воздуха; 5 – дифференциальный клапан; 6 – регулятор управляющего давления; 7 – распределитель; 8 – регулятор давления; 9 – клапан слива; 10 – топливный бак; 11 – топливный фильтр; 12 – аккумулятор давления; 13 – винт качества топливоздушной смеси; 14 – расходомер воздуха; 15 – топливный насос; 16 – аккумулятор; 17 – реле управления топливным насосом; 18 – пусковая форсунка; 19 – винт количества; 20 – распределитель зажигания; 21 – термореле; 22 – замок зажигания

Величина давления определяется регулятором управляющего давления 6. Это давление в зависимости от режима работы двигателя имеет большую или меньшую величину. В первом случае сопротивление перемещению плунжера увеличивается — смесь обедняется. Во втором случае, напротив, сопротивление перемещению плунжера уменьшается — смесь становится богаче.

Одним из режимов работы автомобильного двигателя является резкое открытие дроссельной заслонки. При карбюраторной системе питания необходимое обогащение смеси производится ускорительным насосом. При системе впрыска обогащение обеспечивается почти мгновенной реакцией напорного диска. Регулирование количества топлива обеспечивается распределителем, управляемым расходомером воздуха и регулятором управляющего давления. В свою очередь воздействие регулятора управляющего давления определяется величиной подводимого к нему разрежения во впускном трубопроводе и температурой жидкости системы охлаждения двигателя.

Бензиновый электрический насос 15 работает независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Он включается при двух условиях, когда включено зажигание и вращается коленчатый вал. Если учесть, что насос имеет запасы по давлению двукратный, по подаче десятикратный, то понятно, что система впрыска должна иметь регулятор давления питания. Этот регулятор 8, встроены в дозатор-распределитель, слив излишнего топлива осуществляется в топливный бак 10.

При пуске двигателя электронасос 15 (рис. 4), практически мгновенно создает давление в системе. Если двигатель прогрет (температура не менее 35°C) термореле 21 выключает пусковую форсунку 18 с электромагнитным управлением. В момент пуска холодного двигателя и в течение определенного времени пусковая форсунка впрыскивает во впускной коллектор дополнительное количество топлива.

Продолжительность работы пусковой форсунки определяет термореле в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. Клапан 4 обеспечивает подвод к двигателю дополнительного количества воздуха для повышения частоты вращения коленчатого вала холодного двигателя на холостом ходу. Дополнительное обогащение топливовоздушной смеси при пуске и прогреве холодного двигателя достигается за счет более свободного подъема плунжера распределителя дозатора-распределителя благодаря тому, что регулятор управляющего давления 6 снижает над плунжером противодействующее давление возврата.

Таким образом, если двигатель уже прогрет, питание осуществляется только через главную дозирующую систему и систему холостого хода. При этом, термореле 21, пусковая электромагнитная форсунка 18 и клапан добавочного воздуха 4 в работе не участвуют. При пуске и прогреве холодного двигателя все перечисленные элементы системы впрыска включаются в работу, обеспечивая надежный запуск и стабильную работу двигателя на холостом ходу.

### 3.3. Система непрерывной подачи топлива KE-Jetronic

Схема механической системы непрерывной подачи топлива с электронным регулированием представлена на рис. 5. Система работает в основном аналогично системе K-Jetronic, но за счет дополнительных узлов и элементов: электрогидравлический регулятор давления 11, датчик положения напорного диска 14, датчик положения дроссельной заслонки 17, лямбда-зонд 1, электронный блок управления 26 более точно поддерживается требуемый состав топливо-воздушной смеси, повышаются мощностные показатели двигателя, снижается токсичность отработавших газов.

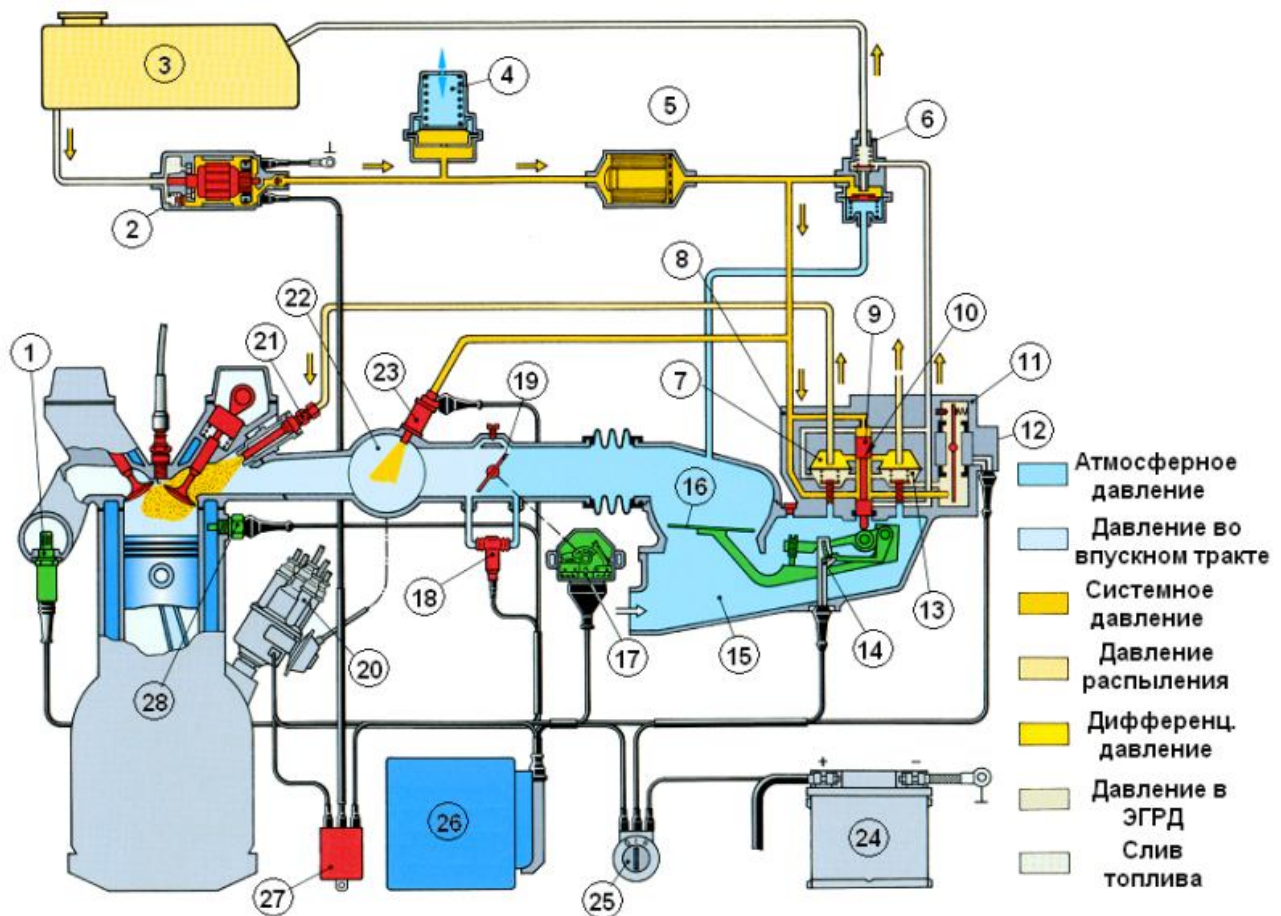


Рис. 5. Система непрерывной подачи топлива KE-Jetronic:

1 – лямбда-зонд; 2 – топливный насос; 3 – топливный бак; 4 – аккумулятор давления; 5 – топливный фильтр; 6 – регулятор давления; 7 – верхняя камера; 8 – подводящий топливный канал; 9 – плунжер дозатора; 10 – управляющая кромка; 11 – электрогидравлический регулятор давления; 12 – дозатор-распределитель; 13 – нижняя камера; 14 – датчик положения напорного диска; 15 – расходомер воздуха; 16 – напорный диск; 17 – датчик положения дроссельной заслонки; 18 – клапан дополнительного воздуха; 19 – дроссельная заслонка; 20 – распределитель зажигания; 21 – форсунка; 22 – впускной коллектор; 23 – пусковая форсунка; 24 – аккумулятор; 25 – замок зажигания; 26 – электронный блок управления; 27 – главное реле; 28 – термореле

### 3.4. Система одноточечного впрыска Mono-Jetronic

**Mono-Jetronic** — это система впрыска с электронным управлением (рис. 6). Система имеет одну на весь двигатель (греч. монос — один) электромагнитную форсунку 11. Подача топлива определяется длительностью управляющего электрического импульса, подаваемого на форсунку. Так как форсунка расположена перед дроссельной заслонкой, практически на месте жиклера карбюратора, давление топлива в системе составляет всего около  $1 \text{ кгс/см}^2$ . Регулятор давления системы 9 расположен вблизи форсунки в центральном узле впрыска (рис. 6), где размещены также дроссельная заслонка, датчик положения дроссельной заслонки 15, датчик температуры всасываемого воздуха.

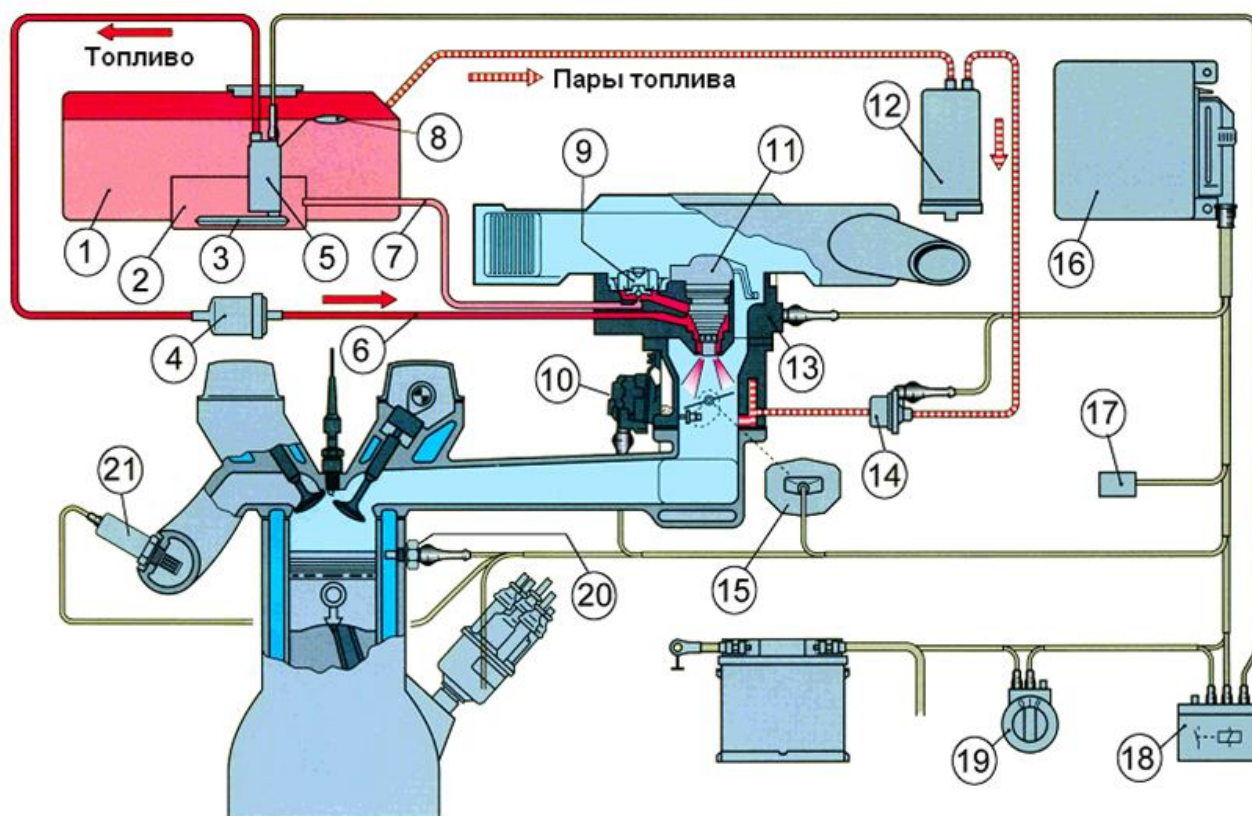


Рис. 6. Система одноточечного впрыска Mono-Jetronic:

1 – топливный бак; 2 – отборник; 3 – топливозаборник; 4 – топливный фильтр; 5 – топливный насос; 6 – напорная магистраль; 7 – сливная магистраль; 8 – измеритель уровня топлива; 9 – регулятор давления; 10 – регулятор холостого хода; 11 – электромагнитная форсунка; 12 – адсорбер; 13 – датчик температуры воздуха; 14 – клапан продувки адсорбера; 15 – датчик положения дроссельной заслонки; 16 – электронный блок управления; 17 – диагностический разъем; 18 – реле топливного насоса; 19 – замок зажигания; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 21 – лямбда-зонд

Система Mono-Jetronic не имеет расходомера воздуха, поэтому соотношение масс воздуха и топлива здесь определяется только положением дроссельной заслонки, температурой всасываемого воздуха, температурой двигателя и частотой вращения коленчатого вала. Датчик положения дроссельной заслонки,

представляет собой потенциометр, который информирует электронный блок управления о положении заслонки в данный момент времени.

Корректировка позиционирования дроссельной заслонки при холодном пуске и прогреве осуществляется электронным блоком управления по импульсам, получаемым от датчиков температуры всасываемого воздуха, охлаждающей жидкости и потенциометра дроссельной заслонки. Последний корректирует дозировку и при полной нагрузке. Корректировка по токсичности отработавших газов идет по сигналам лямбда-зонда. Изменение дозирования происходит за счет увеличения или уменьшения времени впрыска при постоянном давлении топлива.

Электронный блок управления сглаживает колебания напряжения бортовой сети и осуществляет регулировку холостого хода. Регулировка холостого хода достигается вращением 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 и скорость открытия дроссельной заслонки. При режиме ускорения, рабочая смесь обогащается.

### **3.5. Система распределенного впрыска топлива L-Jetronic**

Система впрыска **L-Jetronic** — это управляемая электроникой система многоточечного (распределенного) прерывистого впрыска топлива (L — нем. Lade — заряд, порция). Схема системы представлена на рис. 7. Главные отличия от систем непрерывного (механического) впрыска: нет дозатора-распределителя и регулятора управляющего давления, все форсунки с электромагнитным управлением. Расходомер воздуха имеет принципиально другое устройство. В системах L-Jetronic примерно в два раза меньше давление топлива и возможно отсутствие накопителя (гидроаккумулятора). Система впрыска L-Jetronic — более совершенная система, с увеличением экономичности, снижением токсичности отработавших газов, улучшением динамики автомобиля.

Электрический топливный насос 3 забирает топливо из бака 4, (рис. 7) и подает его под давлением примерно  $2,5 \text{ кгс/см}^2$  через фильтр тонкой очистки 6 к общей топливной магистрали 7, в которой установлены электромагнитные форсунки 5. Установленный с торца общей магистрали, регулятор давления топлива 8 поддерживает в системе постоянное давление впрыска и осуществляет слив излишнего топлива в бак. Этим обеспечивается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок. Количество впрыскиваемого топлива определяется электронным блоком управления 17 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 дозировку топлива, является объем всасываемого воздуха, измеряемый расходомером воздуха 15. Поступающий воздушный поток отклоняет напорную заслонку 16 расходомера воздуха, преодолевая усилие пружины, на определенный угол, который преоб-



разуется в электрическое напряжение посредством потенциометра. Соответствующий электрический сигнал передается в блок электронного управления, который определяет необходимое количество топлива в данный момент работы двигателя и выдает на электромагнитные клапаны форсунок импульсы времени подачи топлива. Независимо от положения впускных клапанов, форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленчатого вала двигателя (за цикл, за два такта). Если впускной клапан в момент впрыска закрыт, топливо накапливается в пространстве перед клапаном и поступает в цилиндр при следующем его открытии одновременно с воздухом.

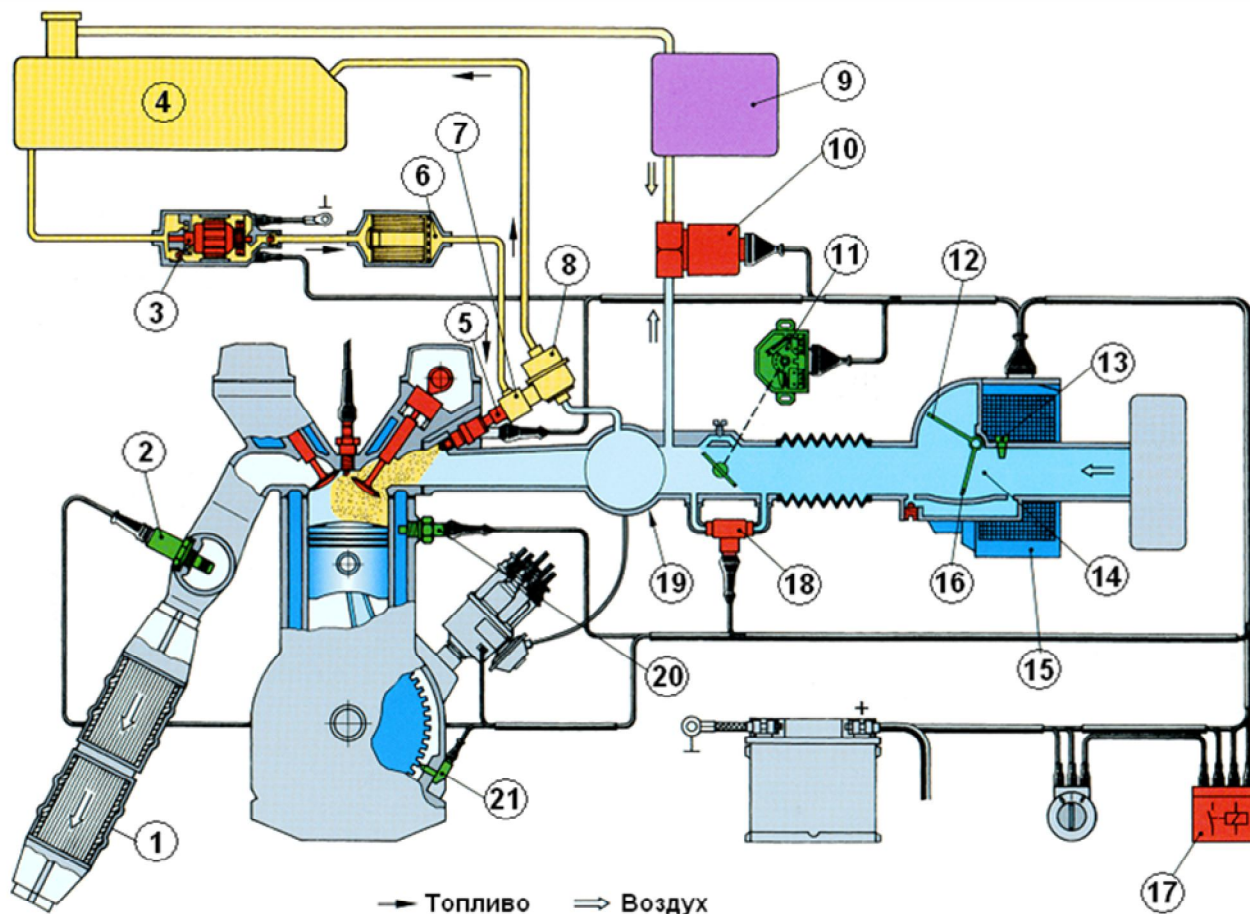


Рис. 7. Система распределенного впрыска топлива L-Jetronic:

1 – каталитический нейтрализатор; 2 – лямбда-зонд; 3 – топливный насос; 4 – топливный бак; 5 – электромагнитная форсунка; 6 – топливный фильтр; 7 – общая топливная магистраль; 8 – регулятор давления; 9 – адсорбер; 10 – клапан продувки адсорбера; 11 – датчик положения дроссельной заслонки; 12 – заслонка воздушного демпфера; 13 – датчик температуры воздуха; 14 – воздушный канал расходомера воздуха; 15 – расходомер воздуха; 16 – напорная заслонка расходомера воздуха; 17 – электронный блок управления; 18 – регулятор прогрева двигателя; 19 – впускной коллектор; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 21 – датчик частоты вращения коленчатого вала

Клапан дополнительной подачи воздуха 18, 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. Для ускорения прогрева используются повышенные обороты холостого хода (более  $1000 \text{ мин}^{-1}$ ).

Величина необходимой в настоящий момент дозы топлива вычисляется электронным блоком управления в зависимости от массы всасываемого воздуха (объем, давление, температура), температуры двигателя и режима его работы.

Каждый цилиндр имеет свою форсунку с электромагнитным управлением, впрыскивающую топливо перед впускным клапаном. Впрыск согласован с частотой вращения коленчатого вала двигателя. Объем проходящего воздуха полностью определяется положением дроссельной заслонки (нагрузкой двигателя). Объем (масса) воздуха измеряется расходомером. Последним не учитывается только воздух, проходящий через обводной канал, который используется для СО-регулирувания. О тепловом режиме двигателя дает информацию датчик температуры охлаждающей жидкости 20. Информацию о нагрузочном режиме двигателя в блок электронного управления сообщает датчик положения дроссельной заслонки 11.

В системе L-Jetronic учитывается, что плотность холодного воздуха выше плотности теплого. Чем теплее засасываемый воздух, тем хуже наполнение цилиндров при постоянном положении дроссельной заслонки. Температура поступающего воздуха изменяется не только в связи с изменением "наружной" его температуры, но и в связи с изменением "внутренней". Нормальная температура в подкапотном пространстве примерно  $50^{\circ}\text{C}$ . Информация о температуре воздуха поступает от датчика, встроенного в расходомер воздуха, в электронный блок управления, определяющий дозу впрыскиваемого топлива. На части автомобилей устанавливается, кроме того, высотный корректор, который информирует блок управления о наружном атмосферном давлении. Большую часть времени двигатель работает в режиме частичных нагрузок, поэтому программа, заложенная в электронный блок управления, обеспечивает минимально возможный расход топлива при приемлемой концентрации вредных веществ в отработавших газах. Топливную экономичность и (или) минимальную токсичность отработавших газов удастся получить при использовании лямбда-зондов и нейтрализаторов. 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.

Система холостого хода L-Jetronic дополнена обводным каналом расходомера воздуха. В этом канале установлен винт качества (состава) смеси или СО-регулирувания. 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  $1200\text{—}1700 \text{ мин}^{-1}$ .

### 3.6. Комплексная система управления Motronic

Комплексные системы управления двигателем типа **Motronic** обеспечивают управление подачей топлива, моментом искрообразования и дополнительными исполнительными устройствами и механизмами (рис. 8).

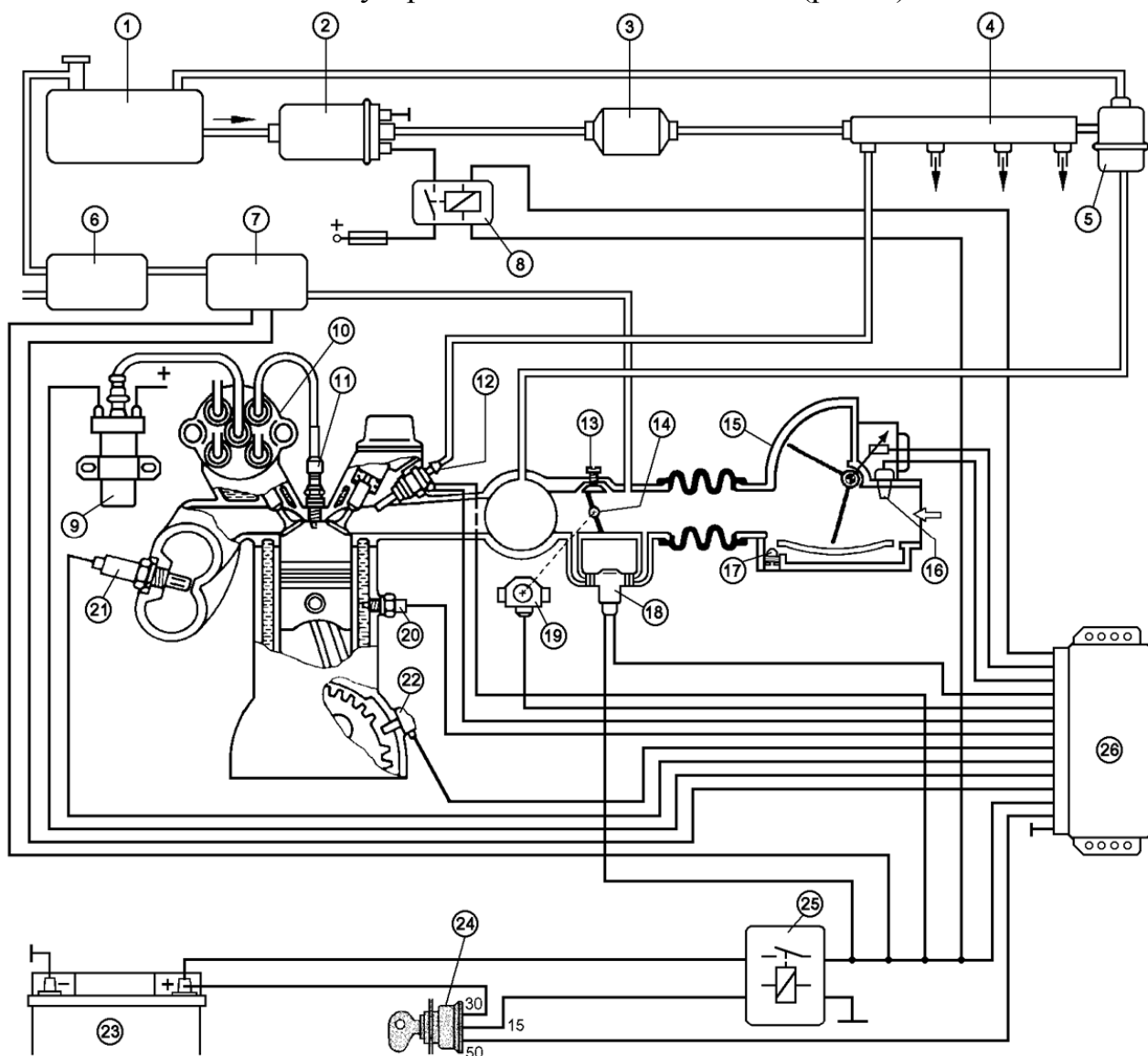


Рис. 8. Комплексная система управления Motronic:

1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр; 4 – общая топливная магистраль; 5 – регулятор давления; 6 – адсорбер; 7 – клапан продувки адсорбера; 8 – реле топливного насоса; 9 – катушка зажигания; 10 – высоковольтный распределитель системы зажигания; 11 – колпачок свечи зажигания; 12 – электромагнитная форсунка; 13 – регулировочный винт частоты вращения на ХХ; 14 – дроссельная заслонка; 15 – расходомер воздуха; 16 – датчик температуры воздуха; 17 – регулировочный винт СО на холостом ходу; 18 – регулятор прогрева двигателя; 19 – датчик положения дроссельной заслонки; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 21 – лямбда-зонд; 22 – датчик положения и частоты вращения коленчатого вала; 23 – аккумуляторная батарея; 24 – замок зажигания; 25 – главное реле; 26 – электронный блок управления

В целом система функционирует аналогично системе L-Jetronic, но применяется электронное управление углом опережения зажигания (в системе зажигания отсутствуют центробежный автомат и вакуумный регулятор угла опережения зажигания). За счет оптимального управления углом опережения зажигания достигаются еще более хорошие мощностные показатели двигателя, лучшая экономичность и меньшая токсичность отработавших газов.

### 3.7. Система с электронным управлением дросселированием ME-Motronic

Схема системы представлена на рис. 9.

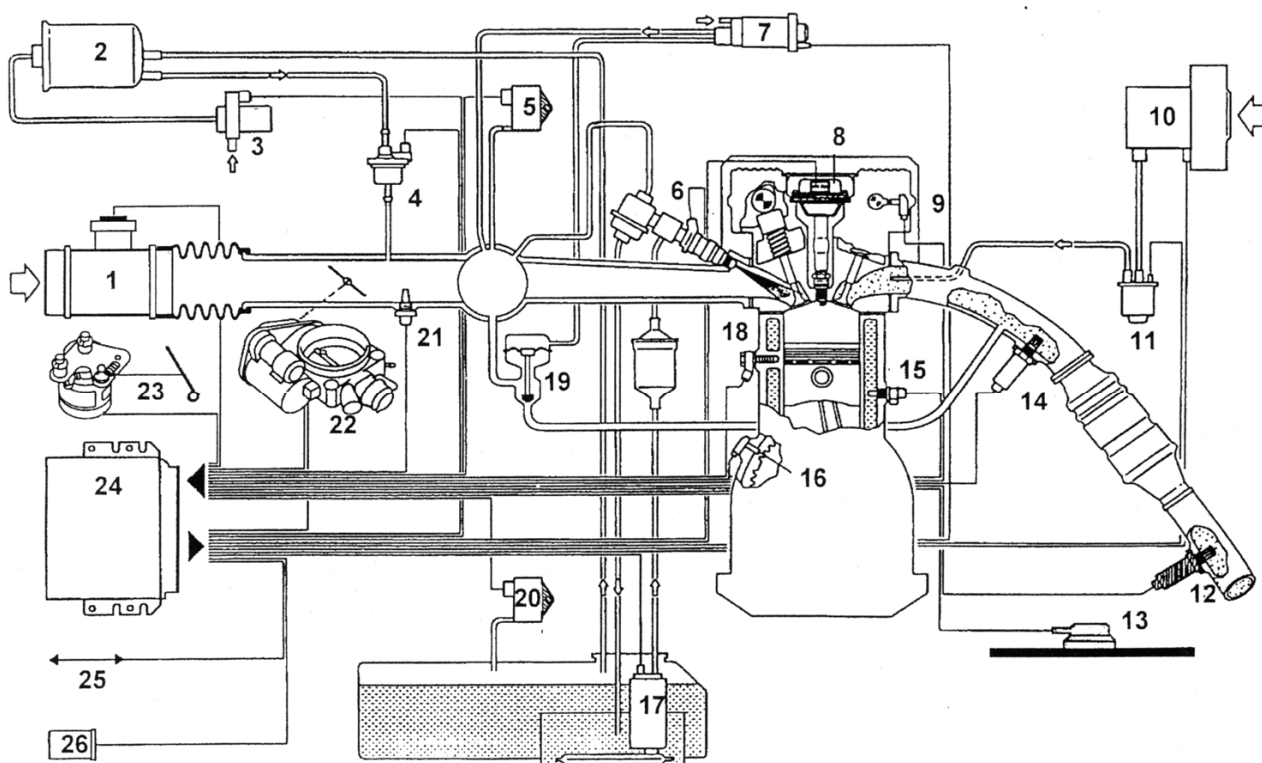


Рис. 9. Система с электронным управлением дросселированием ME-Motronic: 1 – датчик массового расхода воздуха с пленочным чувствительным элементом; 2 – адсорбер; 3 – клапан впуска воздуха в адсорбер; 4 – клапан продувки адсорбера; 5 – датчик абсолютного давления; 6 – общая топливная магистраль с регулятором давления и электромагнитными форсунками; 7 – электромагнитный клапан EGR; 8 – модуль зажигания; 9 – датчик фазы; 10 – насос вторичного воздуха; 11 – электромагнитный клапан подачи вторичного воздуха; 12 – контролирующий лямбда-зонд; 13 – датчик неровной дороги; 14 – управляющий лямбда-зонд; 15 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 16 – датчик положения и частоты вращения коленчатого вала; 17 – топливный насос; 18 – датчик детонации; 19 – клапан EGR; 20 – датчик разряжения в баке; 21 – датчик температуры воздуха; 22 – дроссельная заслонка с электрическим приводом; 23 – электронная педаль газа; 24 – электронный блок управления; 25 – диагностический разъем; 26 – лампа «Check Engine»

В отличие от системы управления Motronic в данной системе установлено два кислородных датчика (лямбда-зонда): управляющий и контролирующий, а также электрический привод дроссельной заслонки, управляемый электронным блоком. Эти нововведения позволяют оптимизировать работу двигателя с точки зрения правильного управления на переходных режимах, улучшают тягово-мощностные показатели, уменьшают расход топлива и снижают токсичность отработавших газов.

### **3.8. Особенности работы электронных систем управления двигателем**

В зависимости от режима работы двигателя требуется соответствующая коррекция состава топливовоздушной смеси, различают следующие основные режимы:

- пуск ДВС;
- прогрев;
- холостой ход;
- частичная нагрузка;
- полная нагрузка;
- ускорение и замедление;
- принудительный холостой ход (торможение двигателем);
- ограничение частоты вращения.

Современные моторы стремятся перейти на стехиометрический состав смеси, как только это позволяют сделать температурные условия и нагрузка.

Дополнительная корректировка состава смеси может выполняться при получении сигналов:

- о переходе на режим регулирования оборотов ХХ;
- превышения максимальной скорости автомобилем;
- от лямбда-зонда;
- необходимости компенсации падения напряжения в бортовой сети;
- необходимости коррекции по температуре поступающего воздуха.

**Датчики** регистрируют параметры, которые характеризуют настоящее состояние мотора. Они превращают физические величины, например, скорость, температура, давление, количественные величины в электрические сигналы

**Электронный блок управления ECU** (контроллер) обрабатывает информацию, полученную от датчиков, и посылает электрические сигналы исполнительным устройствам.

**Исполнительные устройства** превращают электрические сигналы, полученные от контроллера ECU в механические величины, например, длительность электрического импульса, подаваемого на электромагнитную форсунку, определяет величину подачи топлива.