

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей и машин
для природообустройства

А. Н. Карташевич, А. А. Рудашко, А. В. Гордеенко

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ

*Методические указания к лабораторной работе
для студентов, обучающихся по специальностям
1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного
производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

Горки
БГСХА
2020

УДК 621.4:629.114.2

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 2 от 26 октября 2020 г.*

Авторы:

доктор технических наук, профессор *А. Н. Карташевич*;
кандидаты технических наук, доценты
А. А. Рудашко, А. В. Гордеенко

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *В. И. Коцуба*

Тракторы и автомобили. Системы питания двигателей с искровым зажиганием : методические указания к лабораторной работе / А. Н. Карташевич, А. А. Рудашко, А. В. Гордеенко. – Горки : БГСХА, 2020. – 32 с.

Изложены назначение, классификация, конструкция и особенности эксплуатации систем питания бензиновых и газовых двигателей с искровым зажиганием.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2020

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ПИТАНИЯ

Система питания двигателей внутреннего сгорания предназначена для хранения топлива, подачи в цилиндры топлива и воздуха отдельно либо приготовления топливно-воздушной (горючей) смеси с последующей подачей ее в цилиндры двигателя, отвода из цилиндров продуктов сгорания, а также для снижения уровня шума из-за выхлопа отработавших газов при работе двигателя.

Важной функцией современных систем питания является снижение токсичности отработавших газов, содержащих вредные для окружающей среды вещества.

В зависимости от выполняемых функций элементы системы питания делятся на три составные группы:

- приборы, обеспечивающие подготовку и подачу воздуха (воздушная группа);
- приборы, обеспечивающие подготовку и подачу топлива (топливная группа);
- приборы, обеспечивающие отвод отработавших газов в окружающую среду (группа отвода и глушения отработавших газов).

Исходя из назначения, система питания должна обеспечить:

- точное дозирование топлива (подачу его необходимого количества в зависимости от режима работы двигателя);
- подачу в цилиндры чистого воздуха в необходимом количестве;
- качественное приготовление горючей смеси;
- своевременную подачу топлива или горючей смеси в цилиндры двигателя;
- удаление продуктов сгорания с наименьшим шумом при выхлопе в окружающую среду;
- нейтрализацию вредных веществ, содержащихся в отработавших газах.

В двигателях с искровым (принудительным) зажиганием применяют бензиновые и газовые системы питания.

Бензиновые системы питания подразделяют на карбюраторные, в которых горючая смесь готовится в карбюраторе, и впрысковые с принудительной подачей топлива во впускной трубопровод или непосредственно в цилиндры двигателя.

Системы питания двигателей, работающих на газообразных топливах, различают по типу применяемого газа: сжиженного нефтяного газа (СНГ) или сжатого природного газа (СПГ).

2. СИСТЕМА ПИТАНИЯ КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В систему питания автомобиля с *карбюраторным* двигателем (рис. 1) входят топливный бак 13, топливный насос 1, топливные фильтры 5 и 19, трубопровод 20 подачи топлива в топливный насос, карбюратор 4, фильтр очистки воздуха (воздухоочиститель) 3, впускной трубопровод 6. Отработавшие газы выходят через выпускной трубопровод 22, приемные трубы 21 глушителя и глушитель 18.

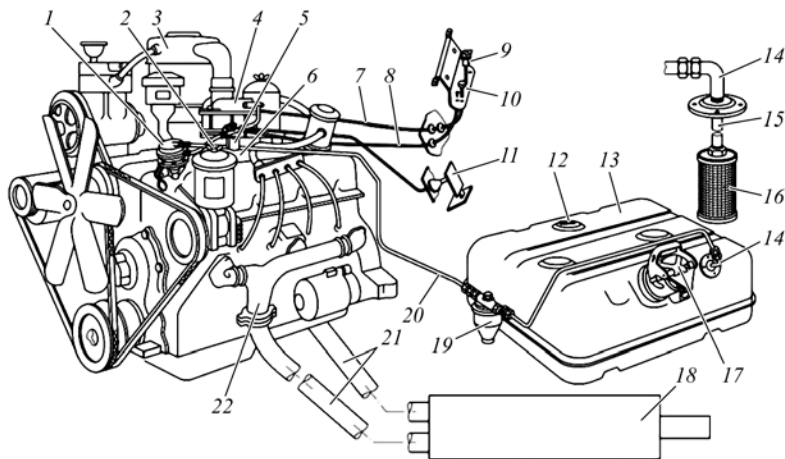


Рис. 1. Устройство топливной системы автомобиля ЗИЛ-433360: 1 – топливный насос; 2 – топливопровод подачи топлива к фильтру тонкой очистки топлива; 3 – фильтр очистки воздуха; 4 – карбюратор; 5 – фильтр тонкой очистки топлива; 6 – впускной трубопровод; 7 – тяга привода воздушной заслонки карбюратора; 8 – тяга привода ручного управления дроссельной заслонкой карбюратора; 9 – ручка управления воздушной заслонкой карбюратора; 10 – ручка ручного управления дроссельной заслонкой карбюратора; 11 – педаль управления дроссельной заслонкой карбюратора; 12 – фланец датчика указателя уровня топлива в баке; 13 – топливный бак; 14 – угольник трубки подачи топлива в топливный насос; 15 – приемная трубка; 16 – сетчатый фильтр очистки топлива; 17 – крышка топливного бака; 18 – глушитель; 19 – фильтр-отстойник топлива; 20 – трубопровод подачи топлива в топливный насос; 21 – приемные трубы глушителя; 22 – выпускной трубопровод

Топливо из бака через фильтры насосом подается к карбюратору, где смешивается в определенной пропорции с воздухом, поступающим через воздухоочиститель. Полученная горючая смесь из-за разрежения в цилиндрах двигателя с большой скоростью перемещается по впуск-

ному трубопроводу, при этом дополнительно перемешиваясь, и попадает в цилиндры двигателя.

К достоинствам карбюраторного двигателя можно отнести доступность обслуживания, к недостаткам – неравномерную подачу топлива по цилиндрам, неравномерность состава смеси по цилиндрам, сложность конструкции, плохое смешивание, повышенное сопротивление впускного тракта, наличие подогрева впускного тракта.

Основной причиной отказа от карбюраторных двигателей является то, что карбюраторы не могут удовлетворять современным требованиям по расходу топлива и содержанию вредных веществ в отработавших газах. Применение систем впрыска топлива позволяет решить эти проблемы.

3. СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ТОПЛИВА БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Системы впрыска бензина классифицируются следующим образом (рис. 2):

- по расположению форсунок: центральный (одноточечный) и распределенный (многоточечный) впрыск;
- по месту впрыска топлива: во впускной трубопровод и в цилиндр (непосредственный впрыск);
- по способу подачи топлива: непрерывный и циклический (прерывистый) впрыск;
- по моменту впрыска топлива: несогласованный и согласованный впрыск.



Рис. 2. Классификация способов впрыска топлива

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.

При центральном впрыске топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода (рис. 3, *а*). 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».

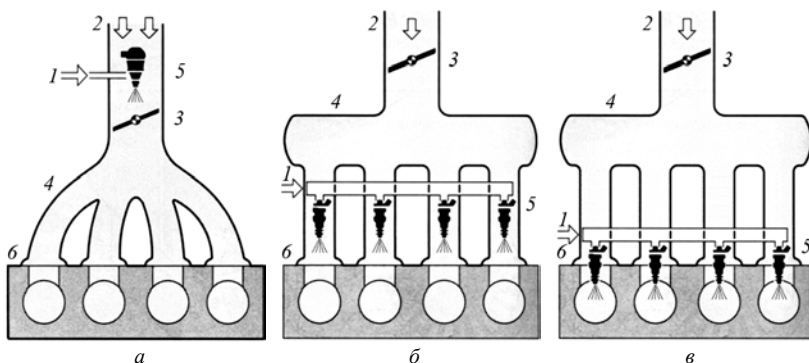


Рис. 3. Системы впрыска топлива: *а* – центральный впрыск; *б* – распределенный впрыск; *в* – непосредственный впрыск; 1 – подача топлива; 2 – поступление воздуха; 3 – дроссельная заслонка; 4 – впускной коллектор; 5 – форсунки; 6 – двигатель

При распределенном (многоточечном) впрыске топливо подается индивидуальными 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 и 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» (рис. 3, б), а для системы с подачей топлива непосредственно в цилиндры двигателя – термин «непосредственный впрыск» (рис. 3, в).

Мощность двигателя с впрыском топлива, как и карбюраторного, регулируется изменением положения дроссельной заслонки, связанной с педалью акселератора. Если у карбюраторного двигателя при этом изменяется объем поступившей в цилиндры топливоздушнoй 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;
- частоте вращения коленчатого вала двигателя;
- углу открытия дроссельной заслонки;
- разрежению во впускной системе двигателя;
- составу отработавших газов;
- комбинации перечисленных способов регулирования.

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 смесью или воздухом, что увеличивает экономичность и мощность двигателя.

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

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

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

6. Упрощается решение проблемы нейтрализации токсичных 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 микропроцессора.

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.

3.1. 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.

Типичной системой центрального впрыска с электронным блоком управления (ЭБУ) является система «Mono-Motronic». В системе «Mono-Motronic» управление впрыском топлива в основном зависит от сигналов датчиков положения дроссельной заслонки 5 и частоты вращения коленчатого вала двигателя 8 (рис. 4). Кроме того, учитываются сигналы от кислородного датчика (λ -зонда) 10, а также датчиков температуры охлаждающей жидкости 7 и всасываемого воздуха 13.

Рассчитанное ЭБУ требуемое количество топлива посредством центральной электромагнитной форсунки 6 периодически впрыскивается над дроссельной заслонкой и смешивается с воздухом. С учетом этих же данных, но по другой программе управляющие импульсы подаются на катушку зажигания 2.

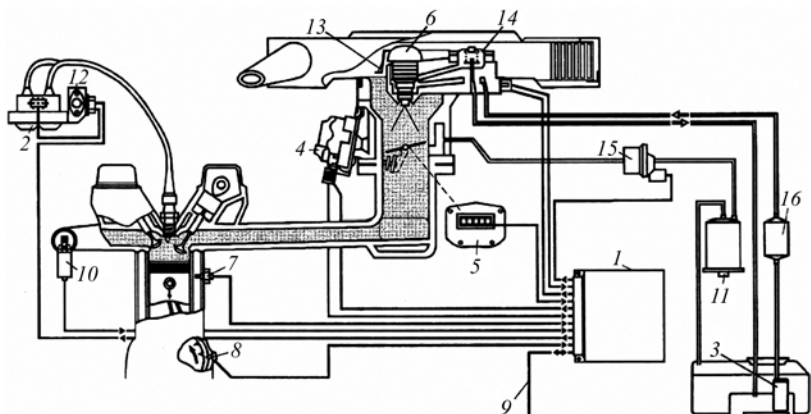


Рис. 4. Система «Моно-Motronic»: 1 – ЭБУ; 2 – катушка зажигания; 3 – топливный насос с электроприводом; 4 – регулятор холостого хода; 5 – датчик положения дроссельной заслонки; 6 – форсунка; 7 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 8 – датчик частоты вращения двигателя; 9 – диагностический разъем; 10 – λ -зонд; 11 – сосуд с активированным углем; 12 – распределитель зажигания; 13 – диффузор с датчиком температуры всасываемого воздуха; 14 – регулятор давления топлива; 15 – возвратный топливный клапан; 16 – топливный фильтр

Система способна учитывать износ цилиндропоршневой группы двигателя (падение компрессии) и изменение атмосферного давления. Если датчики начинают подавать ошибочные сигналы, информация об этом накапливается в памяти. Во время технического обслуживания она считывается диагностическим тестером, что позволяет быстро найти источник неисправности.

Система имеет одну электромагнитную форсунку 6 с циклической подачей топлива. Струя топлива направляется непосредственно в серповидное отверстие между корпусом блока центрального впрыска и дроссельной заслонкой, где за счет большой разности давления обеспечивается оптимальное смесеобразование, исключая возможность осаждения топлива на стенках впускного тракта.

Топливный насос 3 качает топливо через фильтр 16 с несколько большей, чем требуется, производительностью. Регулятор давления топлива 14 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.

Блок центрального впрыска включает в себя смесительную камеру с дроссельной заслонкой 8, форсунку 7, расположенную над дроссельной заслонкой, регулятор давления 5 и регулятор холостого хода 2 (рис. 5). 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, открывающего клапан обводного канала 1 в случае падения частоты вращения меньше допустимой.

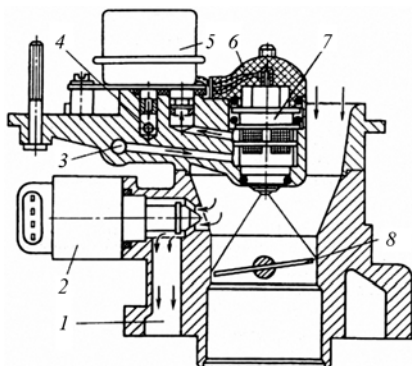


Рис. 5. Блок центрального впрыска топлива: 1 – канал холостого хода; 2 – регулятор холостого хода; 3 – канал подвода топлива; 4 – канал отвода топлива; 5 – регулятор давления топлива; 6 – штекер форсунки; 7 – электромагнитная форсунка; 8 – дроссельная заслонка

Датчик положения дроссельной заслонки определяет угол ее поворота с помощью потенциометра, резистивные дорожки 2 и 3 которого размещены в корпусе датчика радиально (рис. 6, а). При повороте дроссельной заслонки размещенный на ее оси 1 рычаг с ползуном 4 потенциометра поворачивается, ползунок перемещается по резистивным дорожкам 2 и 3. Потенциометр включен в резисторную схему, на которую подается напряжение питания. Поворот ползунка изменяет напряжение на выходе потенциометра U_m пропорционально углу поворота дроссельной заслонки (рис. 6, б). Датчик позволяет определять угол положения дроссельной заслонки для получения информации о нагрузке двигателя и распознавать режимы холостого хода, частичной и полной нагрузки. Обработка сигнала датчика в ЭБУ позволяет рассчитывать не только положение, но и скорость перемещения педали акселератора. Два потенциометра R1 и R2 устанавливаются на датчик исходя из повышенных требований к точности датчика при использовании его в качестве основного датчика нагрузки.

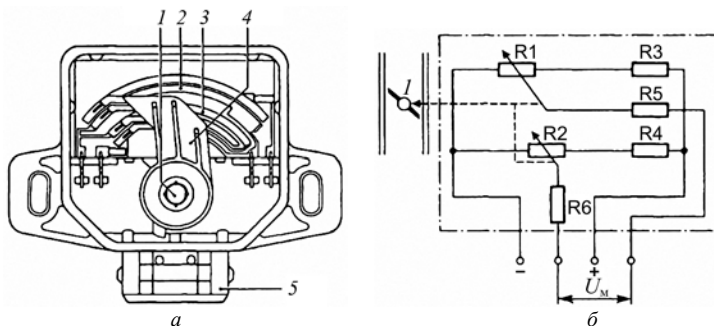


Рис. 6. Датчик положения дроссельной заслонки: *a* – общее устройство; *б* – электрическая схема; 1 – ось дроссельной заслонки; 2, 3 – резистивные дорожки; 4 – рычаг с ползунком; 5 – штекер

Регулировка холостого хода достигается поворотом дроссельной заслонки специальным электродвигателем.

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, установленного в выпускном коллекторе. На основании этой информации происходит изменение дозирования топлива за счет увеличения или уменьшения времени впрыска при постоянном давлении топлива.

Схема одного из типов λ -зондов – циркониевого – представлена на рис. 7, *a*. 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 является диоксид циркония ZrO_2 с добавлением оксида иттрия Y_2O_3 для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода. Наружный электрод омывается потоком отработавших газов в выпускном трубопроводе с переменным парциальным давлением кислорода.

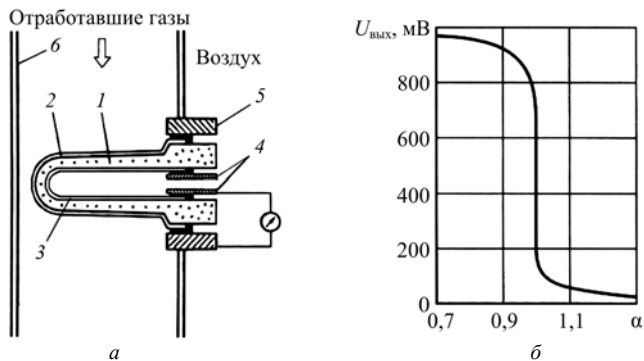


Рис. 7. Датчик кислорода (λ -зонд): *a* – схема датчика; *б* – электрическая характеристика; 1 – твердый электролит ZrO_2 ; 2 – платиновый наружный электрод; 3 – платиновый внутренний электрод; 4 – контакты; 5 – корпусной контакт; 6 – выпускной трубопровод

Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на наружном и внутреннем электродах, обуславливает появление потенциалов между ними. При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси (коэффициент избытка воздуха $\alpha < 1$), датчик как гальванический элемент генерирует высокое напряжение (700...1000 мВ, рис. 7, б). 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 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 коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1$ 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 такое решение оправданно, как правило, в случае применения на транспортном средстве трехкомпонентного каталитического нейтрализатора (рис. 8).

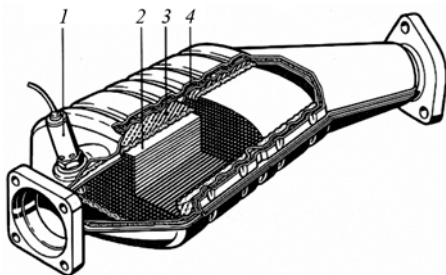


Рис. 8. Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор: 1 – λ -зонд; 2 – монолитный керамический блок из силиката алюминия; 3 – монтажный элемент в виде проволочной сетки; 4 – термостойкий корпус с двойными стенками

3.2. Системы распределенного впрыска топлива

В системах распределенного впрыска в отличие от систем центрального впрыска топливо к отдельным цилиндрам двигателя подается во впускной коллектор индивидуальными форсунками (рис. 9). Поскольку зона впрыска топлива расположена непосредственно перед впускными клапанами, сам впускной коллектор остается сухим, т. е. в нем отсутствуют пары топлива. Независимая подача топлива к каждому цилиндру увеличивает точность дозирования, что улучшает мощностные и экономические показатели двигателей.

Система распределенного впрыска топлива «Motronic» состоит из ряда подсистем. Когда зажигание и впрыск топлива объединены в одну систему, отдельные элементы системы начинают обладать такой гибкостью и диапазоном действия, которые выходят за рамки, присутствующие каждому из этих элементов в отдельности.

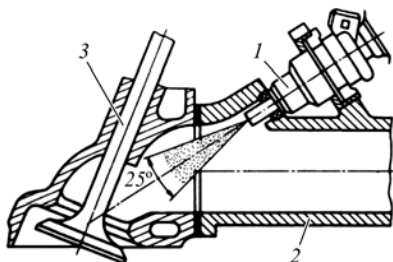


Рис. 9. Схема расположения форсунки при распределенном впрыске топлива: 1 – форсунка; 2 – впускной трубопровод; 3 – впускной клапан

Количество впрыскиваемого топлива определяется контроллером в зависимости от информации, выдаваемой датчиками, измеряющими следующие параметры: объем (или массу) и температуру всасываемо-

го воздуха, частоту вращения коленчатого вала двигателя, нагрузку на двигатель и температуру охлаждающей жидкости.

Значения углов опережения зажигания, заложенные в запоминающее устройство (блок памяти) контроллера, сравниваются с действительными значениями и соответствующим образом корректируются, что позволяет исключить нарушения режимов работы двигателя в результате механического износа деталей, появления негерметичности впускного тракта, изменения компрессии и т. п. (рис. 10).



Рис. 10. Зависимость угла опережения зажигания от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя: *а* – механическая система с центробежным и вакуумным регуляторами; *б* – электронно-оптимизированная система

На автомобилях с автоматической коробкой передач частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу регулируется в зависимости от включенной передачи. Аналогично регулируется режим холостого хода на автомобилях, оборудованных кондиционером.

Как только частота вращения коленчатого вала двигателя достигает максимально допустимого значения, по команде контроллера подача топлива к форсункам прерывается.

В начальный момент пуска холодного двигателя в цилиндры впрыскивается увеличенное количество топлива. Степень обогащения рабочей смеси определяется температурой охлаждающей жидкости. Во время пуска холодного двигателя начальная подача топлива через форсунки уменьшается в зависимости от температуры охлаждающей жидкости и частоты вращения коленчатого вала, чтобы избежать переобогащения рабочей смеси. Если в течение минуты предпринимается несколько попыток запустить двигатель, количество впрыскиваемого топлива уменьшается по сравнению с начальным моментом пуска.

Система «Motronic 3.1» является одной из модификаций системы «Motronic». В ней применен последовательный режим впрыска топлива (рис. 11). В этом случае дозирование топлива, поступающего в каждый цилиндр двигателя, производится один раз за цикл (точно в установленный момент). В зависимости от условий работы двигателя топливо для улучшения распыления может впрыскиваться до момента начала открытия впускного клапана.

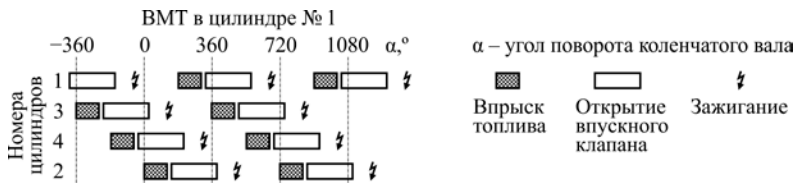


Рис. 11. Последовательный впрыск топлива

Каждая форсунка управляется отдельным выходным каскадом контроллера. Этим достигается высокая точность дозирования впрыскиваемого топлива и быстрая реакция на изменения нагрузки двигателя.

ЭБУ осуществляет непрерывный контроль за всеми компонентами системы (рис. 12), что гарантирует точность ее работы. Так как ЭБУ и все датчики имеют дублирующие блоки, то система может осуществлять сравнение пар сигналов для подтверждения правильности выполнения процесса контроля.

Входные каскады электронного блока управления осуществляют подготовку поступивших от датчиков сигналов, характеризующих режимные параметры, микропроцессор обрабатывает эти данные, определяет рабочий режим двигателя и производит расчет параметров необходимых управляющих сигналов, которые передаются на выходные каскады усиления, а затем поступают к исполнительным устройствам. Исполнительные устройства воздействуют на характеристики систем питания и зажигания, обеспечивая точное дозирование топлива и оптимальный момент зажигания.

В системе применяется устройство вентиляции топливного бака, аналогичное используемому в системе «Mono-Motronic». Клапан 2 вентиляции топливного бака с адаптивным управлением работает циклично и управляется ЭБУ 12 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя (положения дроссельной заслонки).

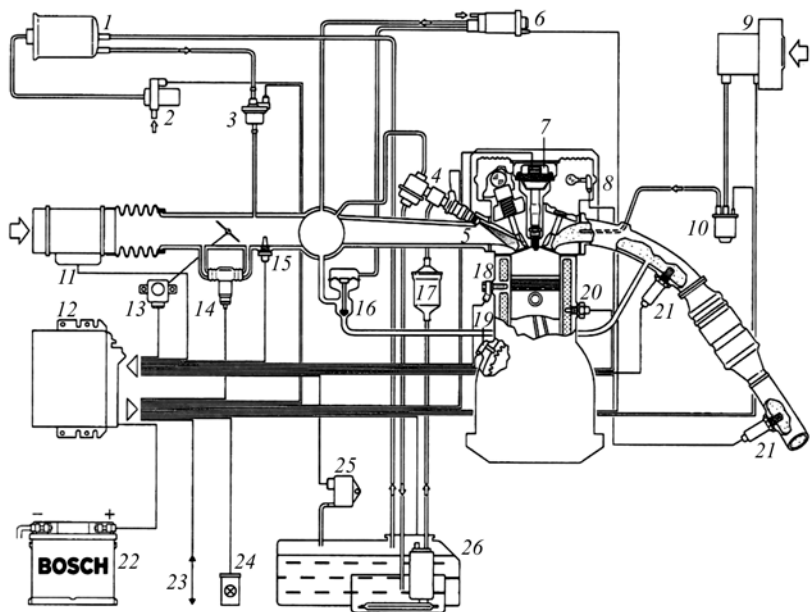


Рис. 12. Система «Motronic 3.1»: 1 – сосуд с активированным углем; 2 – клапан выпуска воздуха; 3 – продувочный клапан для сосуда с активированным углем; 4 – регулятор давления топлива; 5 – форсунка; 6 – регулятор давления; 7 – катушка зажигания со свечой зажигания; 8 – датчик положения распределительного вала; 9 – насос для подачи дополнительных порций воздуха; 10 – вспомогательный воздушный затвор; 11 – измеритель массового расхода воздуха; 12 – ЭБУ; 13 – датчик углового положения дроссельной заслонки; 14 – исполнительное устройство в системе холостого хода; 15 – датчик температуры воздуха; 16 – клапан EGR; 17 – топливный фильтр; 18 – датчик детонации; 19 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 21 – λ -зонд; 22 – аккумуляторная батарея; 23 – диагностический интерфейс; 24 – диагностическая лампочка; 25 – датчик перепада давления; 26 – топливный бак и насос с электроприводом

Пока клапан находится под напряжением, трубопровод, идущий к впускному коллектору, закрыт. При снятии напряжения с клапана он может открыться под действием разрежения во впускном коллекторе. После остановки двигателя клапан вентиляции остается под напряжением, т. е. закрытым, в течение 3 с для предотвращения самовоспламенения рабочей смеси после выключения зажигания. Затем при неработающем двигателе (клапан вентиляции обесточен) закрывается

пружинный обратный клапан. В результате прекращается поступление паров топлива во впускной коллектор.

При повышенной температуре наружного воздуха или температуре охлаждающей жидкости контроллер вырабатывает команды на смещение угла опережения зажигания в сторону запаздывания для предотвращения детонации.

В системе «Motronic 3.1» предусмотрена защита нейтрализатора отработавших газов. Отклонения от нормальной работы первичной цепи системы зажигания обнаруживаются контроллером, который включает форсунку неисправного цилиндра. Благодаря этому предотвращается поступление несгоревшей рабочей смеси в нейтрализатор.

Каждый цилиндр имеет свою рабочую форсунку с электромагнитным управлением, впрыскивающую топливо перед впускным клапаном. Форсунка состоит из корпуса, крышки, электромагнита с обмоткой 5 и сердечником (якорем) 3, запорного клапана с иглой 2 и штифтом 1, корпуса распылителя и топливного фильтра 7 (рис. 13). При работе двигателя топливо под давлением поступает в форсунку через фильтр 7 и проходит к запорному клапану, который находится в закрытом положении под действием пружины 4.

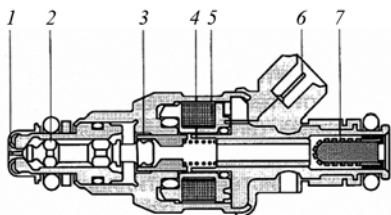


Рис. 13. Форсунка системы распределенного впрыска: 1 – штифт; 2 – игла; 3 – якорь; 4 – пружина; 5 – обмотка электромагнита; 6 – электрический контакт; 7 – топливный фильтр

При поступлении электрического импульса в обмотку 5 катушки электромагнита возникает магнитное поле, которое притягивает сердечник 3 и вместе с ним иглу 2 запорного клапана. При этом отверстие в корпусе распылителя открывается и топливо под давлением впрыскивается в распыленном виде во впускной трубопровод. После прекращения поступления тока в обмотку катушки электромагнита магнитное поле исчезает, и под действием пружины 4 сердечник электромагнита и игла запорного клапана возвращаются в исходное положение. Отверстие в корпусе распылителя закрывается, и впрыск топлива из форсунки прекращается.

Количество поступающего в цилиндры двигателя воздуха определяют объемным или массовым методом. Объемный датчик производит

непосредственное измерение объема воздуха. Проходящий поток воздуха отклоняет заслонку, противодействуя постоянной силе возвратной пружины (рис. 14, *а*). Угловое положение заслонки 2 регистрируется потенциометром. Напряжение с него передается на блок управления, где производится его сравнение с питающим напряжением потенциометра. Это отношение напряжений является мерой для поступающего в двигатель объема воздуха. Чтобы пульсации проходящего воздуха не вели к колебательным движениям воздушной заслонки, она стабилизируется компенсационной заслонкой 4. С целью учета изменения плотности поступающего воздуха при измерении температуры датчик расхода оснащен терморезистором 6. По сопротивлению терморезистора производится корректировка показаний датчика.

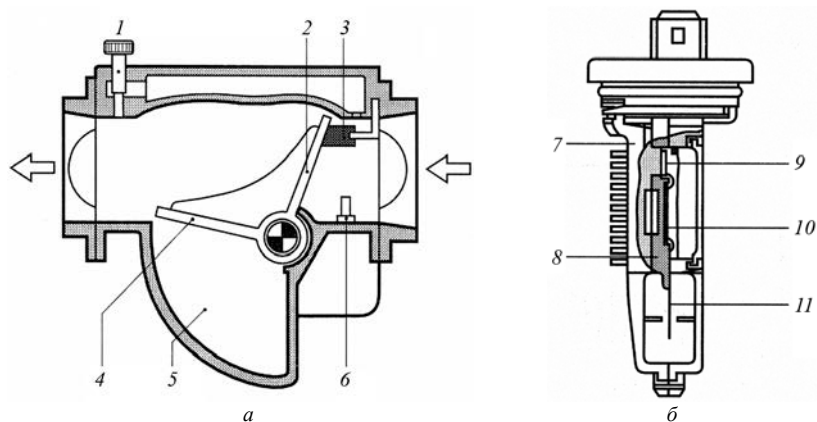


Рис. 14. Датчики расхода воздуха: *а* – объемный; *б* – массовый; 1 – винт регулирования смеси на холостом ходу; 2 – измерительная заслонка; 3 – стопор; 4 – компенсационная заслонка; 5 – демпфирующая камера; 6 – датчик температуры воздуха; 7 – теплоотводящий элемент; 8 – распорный элемент; 9 – задающая ступень; 10 – гибридная схема; 11 – пленочный измерительный элемент

Датчиками массового расхода воздуха называют пленочные или нитевые термоанемометрические датчики. Принцип действия датчиков основан на охлаждении воздушным потоком электрически нагреваемого тела. Схема регулирования тока нагрева рассчитана таким образом, что всегда имеется положительная разность температуры измерительного тела относительно проходящего воздуха. При таком методе измерения производится учет плотности воздуха, так как она также

определяет величину теплоотдачи нагреваемого тела. Отсутствие в датчике подвижных частей делает его более надежным.

У пленочного датчика нагреваемым элементом является пленочный платиновый резистор *II* на керамической подложке (рис. 14, б). Температура нагреваемого элемента измеряется терморезистором, включенным в мостовую схему. Для измерения температуры воздуха используется компенсационный терморезистор, расположенный отдельно. Напряжение на нагревательном элементе является мерой для массы воздушного потока. Это напряжение преобразуется электронной схемой в напряжение, совместимое с блоком управления.

Похожую конструкцию имеет нитевой датчик, у которого нагреваемым элементом является платиновая нить. Для учета температуры поступающего воздуха производится ее измерение встроенным компенсационным резистором. Нагреваемая нить и терморезистор включены в мостовую схему. Ток нагрева образует на прецизионном резисторе падение напряжения, пропорциональное массе проходящего воздуха.

В системе «Motronic 3.1» имеется отдельное исполнительное устройство управления подачей рабочей смеси в цилиндры на холостом ходу. Частота вращения коленчатого вала на холостом ходу определяется электронным блоком управления в зависимости от температуры охлаждающей жидкости, положения (угла открытия) дроссельной заслонки, сигналов от автоматической трансмиссии и кондиционера. Электронный блок управления сравнивает действительную частоту вращения коленчатого вала с заданной и выдает сигнал на исполнительное устройство, изменяющее дросселирование потока воздуха на входе, тем самым доводя частоту вращения коленчатого вала до требуемой.

Рециркуляция отработавших газов (EGR) является эффективным способом снижения содержания окислов азота (NO_x) в отработавших газах. Добавление отработавших газов в рабочую смесь для снижения предельных температур сгорания позволяет уменьшить и выбросы окислов азота, чувствительных к температуре.

Определенная часть отработавших газов двигателя, пройдя из выпускного коллектора через электромагнитный клапан во впускной коллектор, разбавляет свежую рабочую смесь. Рециркуляция отработавших газов обычно управляется пневматическими или механическими системами, которые обеспечивают дозирование подаваемых в двигатель отработавших газов в соответствии с такими факторами, как

частота вращения коленчатого вала двигателя n , давление во впускном трубопроводе p_s и температура двигателя T (рис. 15). В некоторых системах применяется электронный блок управления 4 с электропневматическим преобразователем 2, включающим в работу клапан EGR 3.

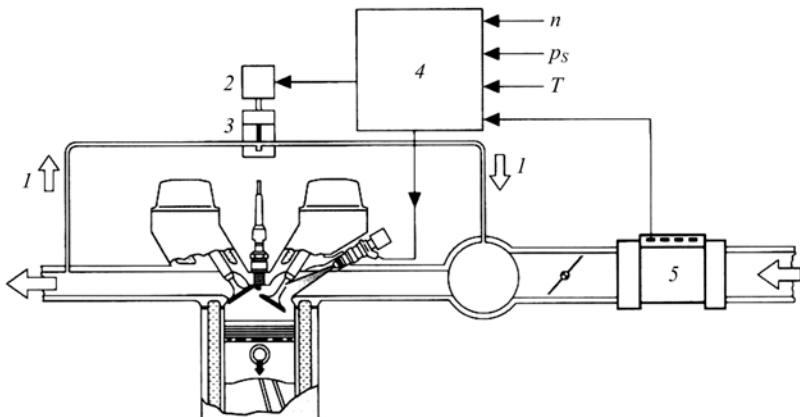


Рис. 15. Система рециркуляции отработавших газов: 1 – рециркуляция отработавших газов (EGR); 2 – электропневматический преобразователь; 3 – клапан EGR; 4 – электронный блок управления; 5 – датчик массового расхода воздуха

Использование EGR снижает выбросы NO_x на 60 %. Увеличенные выбросы углеводородов (CH) и рост расхода топлива вместе с менее равномерной работой двигателя накладывают ограничения на верхний предел степени рециркуляции отработавших газов. Так, в режиме холостого хода система EGR отключается, поскольку при этом образование NO_x незначительно. Рециркуляция отработавших газов обычно применяется на режимах частичных нагрузок, так как в этом случае ее эффективность оказывается наивысшей.

Одним из недостатков всех систем EGR является то, что на клапанах и трубопроводах образуются отложения в виде нагара от отработавших газов, что приводит к постепенному снижению эффективности рециркуляции (по мере выработки ресурса двигателя).

3.3. Системы непосредственного впрыска топлива

В системах непосредственного впрыска топливо подается индивидуальными форсунками прямо в камеру сгорания цилиндров двигателя

(рис. 16). Давление впрыска топлива в таких системах на порядок выше, чем в других системах.

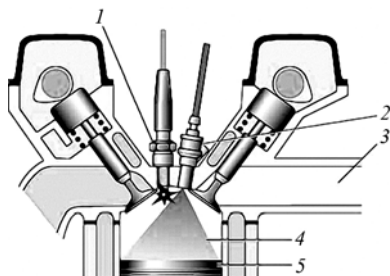


Рис. 16. Схема непосредственного впрыска топлива: 1 – свеча зажигания; 2 – форсунка; 3 – впускной трубопровод; 4 – впрыскиваемое топливо; 5 – поршень

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

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.

Топливоподача системы «DI-Motronic» состоит из двух контуров: высокого и низкого давления. В контуре низкого давления имеется модуль насоса низкого давления с электроприводом 27 (рис. 17), включающий в себя регулятор низкого давления, клапан ограничения давления и запорный клапан.

Контур высокого давления включает в себя насос высокого давления 7, клапан управления количеством поступающего от насоса топлива, топливную рампу, датчик давления в рампе, клапан ограничения давления в рампе. К топливной рампе 8 подключены форсунки высокого давления.

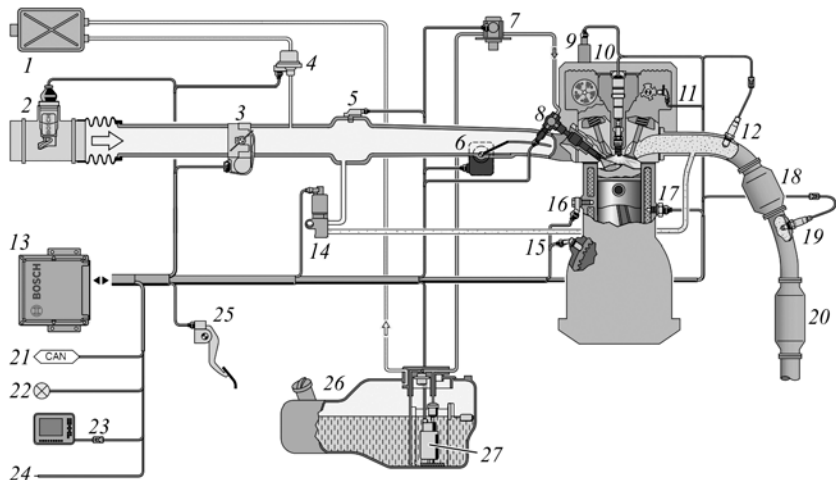


Рис. 17. Система «DI-Motronic»: 1 – сосуд с активированным углем; 2 – измеритель массового расхода воздуха; 3 – дроссельная заслонка EGas; 4 – продувочный клапан для сосуда с активированным углем; 5 – датчик давления во впускном трубопроводе; 6 – вихревой клапан; 7 – насос высокого давления; 8 – топливная рампa с форсункой; 9 – датчик изменяемых фаз газораспределения; 10 – катушка зажигания со свечой зажигания; 11 – датчик положения распределительного вала; 12 – первый λ -зонд; 13 – ЭБУ; 14 – клапан EGR; 15 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 16 – датчик детонации; 17 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 18 – первый каталитический нейтрализатор; 19 – второй λ -зонд; 20 – второй каталитический нейтрализатор; 21 – интерфейс CAN; 22 – диагностическая лампочка; 23 – диагностический интерфейс; 24 – интерфейс иммобилайзера; 25 – педаль акселератора EGas; 26 – топливный бак; 27 – топливный насос с регулятором давления топлива

Подача топлива в системе 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. Гомогенное (по всей камере сгорания) распределение рабочей смеси достигается путем впрыска топлива форсункой во время такта впуска, а послойное распределение – в конце такта сжатия, незадолго перед моментом зажигания. Локальное ограниченное послойное распределение смеси в камере сгорания дает возможность эксплуатации двигателя на обедненных смесях, что повышает топливную экономичность.

Послойное распределение смеси устанавливается в диапазоне средних значений частоты вращения коленчатого вала и крутящего момента двигателя, когда проявляется преимущество непосредствен-

ного впрыска топлива с точки зрения снижения расхода топлива. Впрыск топлива при этом производится таким образом, что к моменту искрообразования в области свечи зажигания образуется слоистая рабочая смесь, а остальная часть камеры сгорания заполнена воздухом или обедненной рабочей смесью.

В условиях работы двигателя на гомогенной рабочей смеси управление осуществляется за счет заданных параметров наполнения цилиндров и коэффициента избытка воздуха, а масса впрыскиваемого топлива регулируется в соответствии с уже имеющимся зарядом свежего воздуха. В условиях послойного распределения заряда управление осуществляется на основе данных о массе впрыскиваемого топлива, зависящей от продолжительности открытия форсунки. При этом двигатель работает с максимально возможным количеством подаваемого воздуха и минимальным количеством топлива. В условиях послойного распределения дроссельная заслонка открыта на больший угол, чем при работе на гомогенной смеси, что снижает потери на впуске.

Очистка отработавших газов в системе «DI-Motronic» двухступенчатая. Первая ступень очистки осуществляется первым трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором 18, вторая – вторым каталитическим нейтрализатором 20, содержащим накопитель NO_x . Нейтрализатор 20 накапливает оксиды азота, появляющиеся в относительно большом количестве при работе двигателя на обедненных смесях (с послойным смесеобразованием). По мере накопления оксидов азота в нейтрализаторе система «DI-Motronic» переходит на режим работы на гомогенной смеси, при котором оксиды азота нейтрализуются. Для контроля работы на обедненных смесях используется специальный широкополосный λ -зонд 19.

При непосредственном впрыске обеспечивается наиболее точное распределение топлива по цилиндрам двигателя и наименьшая токсичность отработавших газов. Применение таких систем повышает приемистость 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.

4. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Газовыми называются двигатели, работающие на газообразном топливе – сжатых и сжиженных газах. Особенностью таких двигателей является их способность работать также и на жидких топливах, например, бензине.

Система питания газовых двигателей имеет специальное газовое оборудование. Предусмотрена также дополнительная резервная система, обеспечивающая при необходимости работу двигателя на бензине.

По сравнению с бензиновыми двигателями газовые модели обычно более экономичны, менее токсичны, работают без детонации в цилиндрах, имеют меньший износ деталей цилиндропоршневой группы, срок их службы больше в 1,5...2 раза. Однако полная мощность при заданной степени сжатия и прочих одинаковых условиях снижается на 10...20 % из-за более низкой теплотворности горючей смеси. Система питания газовым топливом более пожароопасна, для ее технического обслуживания требуется специальное оборудование.

Газообразное топливо менее токсично, имеет более высокое октановое число (100 и более единиц), дает меньшее нагарообразование в цилиндрах и не разжижает масло в картере двигателя.

Применяются две разновидности газового топлива. Сжатые газы – газы, которые при обычной температуре окружающего воздуха и высоком давлении (до 20 МПа) сохраняют газообразное состояние. В качестве топлива для газовых двигателей обычно используется природный газ на основе метана. Сжиженные газы – газы, которые переходят из газообразного состояния в жидкое при нормальной температуре воздуха и относительно небольшом давлении (до 1,6 МПа). Это преимущественно нефтяные газы. Для газобаллонных автомобилей использование сжиженных газов предпочтительнее, чем сжатых.

Газобаллонные автомобили, работающие на сжиженных газах, по сравнению с автомобилями, работающими на сжатых газах, имеют следующие преимущества:

- больше грузоподъемность автомобиля, так как баллоны легче и их число меньше;
- меньше рабочее давление в газобаллонной установке, а следовательно, надежнее и безопаснее работа на таком автомобиле;
- выше теплотворная способность газозвоздушной смеси, что способствует увеличению мощности двигателя;
- больше концентрация тепловой энергии в единице объема, что позволяет увеличить пробег автомобиля без заправки;

- проще заправочные станции;
- проще перевозка сжиженных газов на большие расстояния различными видами транспорта.

Для газовых двигателей используются сжиженные газы следующих марок: СПБТЗ – смесь пропана и бутана техническая зимняя; СПБТЛ – смесь пропана и бутана техническая летняя; БТ – бутан технический. Сжатый природный газ производится двух марок: А и Б, которые отличаются содержанием метана и азота.

Система питания на сжиженном газе, работающая по принципу впрыска, используется на двигателях, оборудованных системой впрыска бензина (рис. 18).

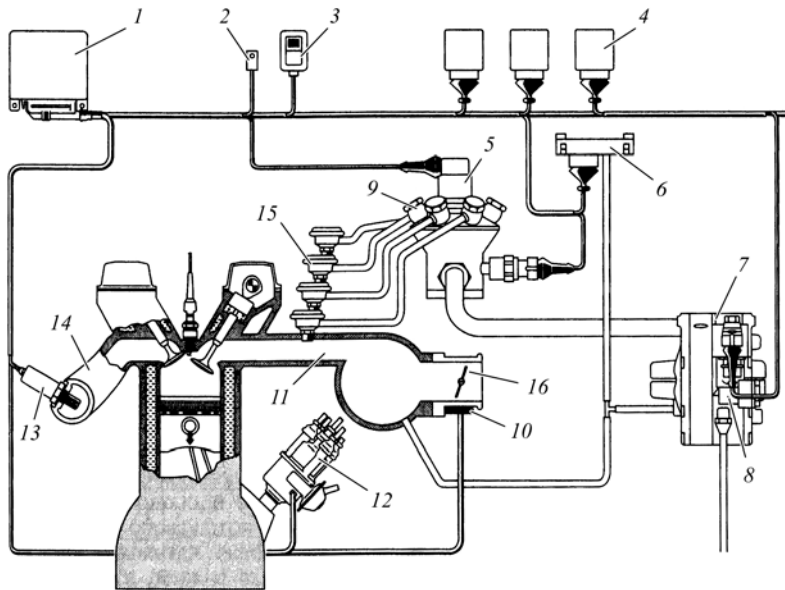


Рис. 18. Система питания на сжиженном газе: 1 – электронный блок управления; 2 – диагностический разъем; 3 – переключатель вида топлива; 4 – блок реле; 5 – электрический дозатор с шаговым электродвигателем; 6 – датчик давления во впускном коллекторе; 7 – редуктор-испаритель; 8 – электромагнитный газовый клапан; 9 – блок-распределитель газа; 10 – датчик положения дроссельной заслонки; 11 – впускной коллектор; 12 – прерыватель-распределитель; 13 – λ -зонд; 14 – выпускной коллектор; 15 – инжектор; 16 – дроссельная заслонка

Сжиженный нефтяной газ под давлением 1,6 МПа из баллона по газопроводу высокого давления поступает в электромагнитный запорный газовый клапан 8, установленный на двухступенчатом редукторе-испарителе 7. Затем газ поступает в первую ступень редуктора, где происходит снижение давления газа до 0,2 МПа с одновременным переходом его из жидкого состояния в парообразное. В полости второй ступени завершается переход газа в парообразное состояние, и на выходе из нее создается рабочее давление. Для обеспечения испарения газа и компенсации при этом тепловых потерь в редуктор подается жидкость из системы охлаждения двигателя, которая циркулирует в специальной полости, выполненной в виде теплообменника.

Блок-распределитель газа 9, оснащенный дозатором 5 с шаговым электродвигателем, управляется ЭБУ 1 и обеспечивает подачу газа во впускной коллектор 11 двигателя через форсунки 15, установленные непосредственно у впускных клапанов. Для поддержания стехиометрического состава газозвоздушной смеси (16:1) по сигналам ЭБУ шаговый электродвигатель дозатора 5 соответствующим образом изменяет проходное сечение его клапана.

В электронный блок управления от датчика абсолютного давления 6 поступает информация о разрежении во впускном трубопроводе, зависящем от степени открытия дроссельной заслонки 16, информация о частоте вращения коленчатого вала от прерывателя-распределителя 12, информация о составе топливозвоздушной смеси от λ -зонда 13. На основании полученной информации электронный блок управления определяет угол поворота шагового распределителя, регулирующего расход газа, поступающего через форсунки 15 во впускной трубопровод 11.

ЭБУ может работать в двух основных режимах – без обратной связи и с обратной связью. В первом режиме ЭБУ рассчитывает величину проходного отверстия дозатора на основе главных параметров – частоты вращения коленчатого вала двигателя и давления во впускном трубопроводе. Диапазон составляет 256 шагов, что соответствует 100 % открытия проходного сечения отверстия дозатора. За нулевое положение принято полностью закрытое отверстие для прохода газа из редуктора через дозатор.

Давлением газа, подаваемого из редуктора в блок-распределитель в зависимости от нагрузки, управляют вакуумным способом – прямым соединением редуктора с впускным коллектором. При увеличении

нагрузки давление газа также увеличивается и в двигатель поступает большее количество газа даже при неполном открытии дозатора.

Во втором режиме двигатель начинает работать с обратной связью после прогрева λ -зонда 13 до температуры 300...350 °С. При этом газ дозируется с учетом состава отработавших газов.

В ЭБУ встроена диагностическая система. При возникновении неисправности в газовой системе или при выходе из строя какого-либо датчика загорается контрольная лампа на блоке и код ошибки заносится в его память. Информацию о неисправности можно получить при помощи специального тестера через диагностический разъем 2 или определить ее вид по миганию индикатора в переключателе вида топлива 3. Для каждой неисправности существует свой код, который выдается в виде различных комбинаций состояний индикатора.

Датчик абсолютного давления 6 установлен в моторном отсеке и соединен с впускным коллектором резиновой трубкой. Он представляет собой вакуумную камеру, одна из стенок которой выполнена в виде упругой мембраны. Мембрана кинематически связана с пьезоэлементом, вырабатывающим электрический потенциал при механическом воздействии. Выходное напряжение датчика изменяется в зависимости от давления во впускном коллекторе от 4,9 В (при полностью открытой дроссельной заслонке) до 0,3 В (при закрытой заслонке). При неработающем двигателе ЭБУ по напряжению датчика определяет атмосферное давление и адаптирует параметры регулирования впрыска к конкретной высоте над уровнем моря. Значения атмосферного давления, хранящиеся в памяти, периодически обновляются при равномерном движении автомобиля и во время полного открытия дроссельной заслонки.

Редуктор-испаритель 7 предназначен для снижения давления газа до необходимого значения и для преобразования его жидкой фазы в газообразную. Надежное испарение обеспечивается за счет обогрева редуктора жидкостью из системы охлаждения двигателя (теплоносителем), независимо от положения клапана термостата.

Электромагнитный газовый клапан 8 объединен с фильтром тонкой очистки, периодичность замены которого зависит от степени его загрязнения. Как правило, фильтрующий элемент заменяют после 30 тыс. км пробега.

Механическая форсунка диафрагменного типа (инжектор) 15 подает газ во впускной коллектор двигателя в зону впускного клапана. Форсунка работает в пассивном режиме, т. е. не управляется ЭБУ,

а срабатывает за счет избыточного давления в газовой магистрали от блока-распределителя к форсунке.

Пуск двигателя автоматически происходит на бензине, даже если переключатель вида топлива 3 находится в положении «Газ». Затем система плавно переводится на питание газом.

Система питания двигателя, работающего на сжатом природном газе (рис. 19), состоит из следующих основных составляющих:

- контур высокого давления (заправочный штуцер 5, трубопроводы 7, баллоны 1...4);
- область перехода от контура высокого давления к стороне низкого давления (редуктор давления газа 16 с клапаном высокого давления 14 для работы на газе и датчиком давления газа 15);
- контур низкого давления (гибкий шланг 8, газовая распределительная магистраль 9, датчик газовой распределительной магистрали 10, форсунки 11).

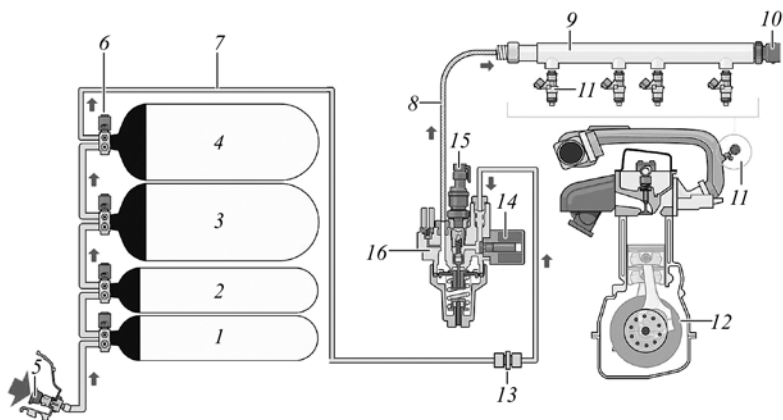


Рис. 19. Система впрыска сжатого газа: 1 – газовый баллон с запорным и обратным клапаном; 2, 3, 4 – газовые баллоны с запорным клапаном; 5 – заправочная горловина со встроенным фильтром и обратным клапаном; 6 – запорный клапан с клапаном отключения подачи газа, ограничителем потока газа, термическим предохранителем и запорным краном; 7 – трубопровод высокого давления; 8 – гибкий шланг; 9 – газовая распределительная магистраль; 10 – датчик газовой распределительной магистрали; 11 – форсунка; 12 – двигатель; 13 – двойное зажимное кольцо; 14 – клапан высокого давления; 15 – датчик давления газа; 16 – редуктор давления газа

Заправочная газовая горловина 5 оснащена обратным клапаном и металлическим фильтром. Газовые трубопроводы высокого давления 7 изготавливаются из нержавеющей стали и рассчитаны на давление до 100 МПа. Они соединяют приемный патрубок с первым запорным клапаном, все четыре запорных клапана между собой, а также последний запорный клапан с регулятором давления газа. Чтобы обеспечить достаточную герметичность газовых магистралей, отдельные детали на обеих сторонах соединяются при помощи двойного зажимного кольца 13. При заправке природный газ подается в заправочную горловину по газовым магистралям к запорному клапану первого газового баллона. Одновременно с этим газ идет по газовым магистралям к запорному клапану второго газового баллона, затем к запорным клапанам остальных баллонов. Из баллонов газ под высоким давлением поступает в редуктор давления газа. Если блок управления двигателя подает сигнал управления, открывается клапан высокого давления 14 редуктора высокого давления для работы на газе.

Редуктор давления газа 16 должен обеспечивать снижение давления газа с 20 до 0,6 МПа. Снижение давления в редукторе происходит в ступени понижения давления.

Клапан высокого давления для работы на газе 14 представляет собой соленоид и при подаче на него напряжения или отсутствии такового открывает (закрывает) доступ к ступени понижения давления газа редуктора 16. В обесточенном состоянии клапан высокого давления для работы на газе закрыт.

Датчик давления 15 в газовом баллоне измеряет текущее давление газа в системе на стороне высокого давления. Благодаря этим показаниям электронный блок управления двигателя распознает уровень наполненности баллона.

Газовая распределительная магистраль оснащена электромагнитными форсунками подачи газа 11, расположенными во впускном коллекторе, а также датчиком газовой распределительной магистрали 10. В режиме работы на газе они получают управление от электронного блока управления двигателя при помощи сигнала с широтно-импульсной модуляцией. Время открытия форсунок зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя, нагрузки на двигатель, качества природного газа, давления газа в газовой распределительной магистрали.

Смесеобразование в режимах работы на газе и на бензине регулируется электронным блоком управления двигателя по сигналам

λ -зонда. В зависимости от качества газа электронный блок управления проводит адаптацию смесеобразования. Результаты определения состава отработавших газов λ -зонд посылает в ЭБУ, который рассчитывает требуемые пропорции газовой смеси. Для управления процессом смесеобразования блок управления двигателя изменяет время открытия клапанов подачи газа.

Клапаны отключения подачи газа представляют собой электромагнитные клапаны, которые получают сигнал от электронного блока управления двигателя. Они являются составной частью запорных клапанов *б* и перекрывают доступ к газовым баллонам. При эксплуатации автомобиля на газе они открываются блоком управления двигателя, а в процессе заправки – от заправочного давления природного газа.

Запуск двигателя при температуре охлаждающей жидкости ниже 15 °С осуществляется в режиме работы на бензине, а при температуре охлаждающей жидкости выше 15 °С – на газе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностирование автомобилей. Практикум : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 207 с.
2. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2015. – 420 с.
3. Карташевич, А. Н. Тракторы и автомобили. Конструкция : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2013. – 311 с.
4. Устройство тракторов : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : РИПО, 2016. – 444 с.
5. Устройство тракторов : учебник / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : РИПО, 2018. – 463 с.
6. Хернер, А. Автомобильная электрика и электроника / А. Хернер, Х.-Ю. Риль; пер. с нем. – Москва : ООО «Изд-во «За рулем», 2013. – 624 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение и классификация систем питания.....	3
2. Система питания карбюраторного двигателя	4
3. Системы впрыска топлива бензиновых двигателей	5
3.1. Системы центрального впрыска топлива	8
3.2. Системы распределенного впрыска топлива	13
3.3. Системы непосредственного впрыска топлива.....	20
4. Системы питания газовых двигателей	24
Библиографический список	31