

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Автомобили"

**СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ И ГАЗОБАЛЛОННЫХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ**

(Учебно- методическое пособие)

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

по дисциплине "Конструкция автомобилей"  
для студентов специальностей  
1-37 01 02 – "Автомобилестроение",  
1-37 01 06 "Техническая эксплуатация автомобилей"

Минск 2005

УДК 629.113

Системы питания бензиновых двигателей: Учебно-методическое пособие для студентов спец. 1-37 01 02 – "Автомобилестроение", 1-37 01 06 – "Техническая эксплуатация автомобилей" / М.П. Дубровский, В.А. Кусяк, О.С. Руктешель, С.Г. Якутович. - Мн.: БНТУ, 2005.- 62 с.

М.П. Дубровский, В.А. Кусяк, О.С. Руктешель, С.Г. Якутович

Настоящее пособие содержит 5 лабораторных работ по курсу "Конструкция автомобилей" раздела "Системы питания".

В работах даны общие сведения по изучаемой системе, задания по каждой работе и контрольные вопросы по изучаемым темам. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальностей 1-37 01 02 – "Автомобилестроение" и 1-37 01 06 – "Техническая эксплуатация автомобилей" всех форм обучения. Может быть использовано студентами других специальностей автотракторного факультета при изучении устройства автомобилей.

Рецензент: Г.А. Дыко

## ВВЕДЕНИЕ

Комплекс лабораторных работ по изучению устройства систем питания бензиновых и газобаллонных двигателей предназначен для расширения и закрепления учебного материала, проработанного в лекционном курсе.

На лабораторных занятиях рассматриваются системы питания двигателей легких топлив (бензина, сжатого природного или сжиженного нефтяного газа), в том числе системы питания карбюраторных двигателей, системы с электронным регулированием центрального и распределенного впрыска бензина, системы питания газобаллонных двигателей. Основными объектами изучения являются системы питания двигателей автомобилей семейства ЗИЛ, ВАЗ 2108 –2112, автомобиля Ford-Escort 1,3i, а также аппараты системы подачи топлива других автомобилей.

Лабораторные занятия по изучению конструкции автомобилей проводятся с разбивкой группы на бригады в составе 2 - 4 студентов. Рабочие места снабжены учебной литературой, инструкциями, плакатами и деталями изучаемого узла. При подготовке к лабораторной работе студент должен повторить лекционный материал по соответствующему разделу, ознакомиться с общими сведениями, приведенными в данной инструкции. В начале лабораторной работы необходимо получить у преподавателя, ведущего занятия, перечень заданий, которые необходимо выполнить.

Особое внимание в ходе выполнения заданий следует уделить сравнительному анализу различных систем питания по: конструктивному исполнению отдельных узлов; работе системы при различных нагрузочных режимах, включая получение и обработку данных о работе двигателя. Важно также изучить особенности конструкций аппаратов системы подачи топлива, позволяющие проводить их регулировки, необходимые по условиям эксплуатации.

Отчеты по работам выполняются в отдельной тетради, схемы и эскизы аккуратно вычерчиваются карандашом. Допускается использование в отчетах распечаток схем, набранных на компьютере.

### Лабораторная работа № 1

#### СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ

**Цель работы:** изучить общее устройство системы питания грузовых автомобилей, конструкцию карбюратора, топливного насоса, ограничителя частоты вращения коленчатого вала, топливных фильтров, воздухоочистителя и глушителя.

**Оборудование:** двигатель автомобиля ЗИЛ-130, оснащенный системой питания, макеты элементов системы питания грузовых автомобилей, плакаты, справочная литература.

**Общие сведения.** Система питания обеспечивает хранение запаса топлива на автомобиле, очистку топлива и атмосферного воздуха от загрязнений, подачу и дозированное перемешивание их для приготовления горючей смеси оптимального состава, соответствующего режиму работы двигателя, подвод смеси в цилиндры двигателя, отвод отработавших газов и выпуск их в атмосферу. В соответствии с перечисленными функциями система питания двигателя состоит из трех ветвей: воздушный тракт (воздухозаборники, воздуховоды, воздухоочистители, воздушные патрубки с заслонками регулирования подачи, каналы впускного коллектора), топливоподводящий тракт (схема его зависит от способа смесеобразования), тракт выпуска отработавших газов (выпускной коллектор, выхлопные трубы, резонаторы и глушители шума выпуска отработавших газов).

Для приготовления горючей смеси в современных бензиновых двигателях применяют три способа:

- перемешивание топлива и воздуха в специальном приборе – карбюраторе (карбюра-

- торные двигатели);
- принудительный впрыск дозированной порции бензина в поток направляющегося в цилиндры воздуха с помощью электромагнитной форсунки (двигатели с электронной системой впрыска);
  - принудительный впрыск топлива непосредственно в камеру сгорания цилиндра двигателя.

В системе питания карбюраторного двигателя бензин из *топливного бака* через *топливозаборник* с сетчатым фильтром, *фильтр-отстойник* и *топливопроводы* подается *бензиновым насосом* к *карбюратору*. Схема соединения аппаратов подачи топлива показана на рис 1.1.

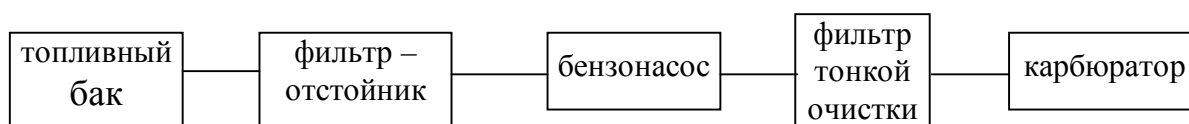


Рис. 1.1 Типовая структурная схема подачи топлива в карбюраторном двигателе

Одновременно из подкапотного пространства или наружного воздухозаборника через *воздушный фильтр* в карбюратор засасывается очищенный воздух, который, смешиваясь с парами и мелкораспыленными частицами бензина, образует горючую смесь, поступающую через *каналы впускного коллектора* в цилиндры двигателя. Из цилиндров отработавшие газы через каналы в головке блока цилиндров отводятся в приемные трубы *выпускного коллектора*, из них – по выхлопным трубам к глушителю шума выпуска, который не только снижает шум, но и гасит пламя и искры от отработавших газов при выходе их в атмосферу.

**Топливный бак.** На автомобиле может быть установлен один или несколько топливных баков, емкость которых должна обеспечивать пробег автомобиля без заправки в пределах 400 - 600 км. Форма топливного бака, особенности конструкции его наливной горловины и способ крепления зависят от места установки бака на автомобиле. В остальном же топливные баки различных автомобилей сходны по устройству.

Они состоят из двух штампованных половин, сваренных между собой; внутри бака имеются перегородки, которые повышают его жесткость и уменьшают гидравлические удары при резких перемещениях топлива. Уровень топлива в баке определяется с помощью указателя, установленного на щитке приборов, и датчика, расположенного в гнезде бака. Топливные баки отдельных моделей автомобилей оборудуют приборами, контролирующими начало расхода резервного топлива, рассчитанного на пробег не менее 50 км.

Заливная горловина топливного бака имеет сетчатый фильтр и герметично закрывается крышкой, в которую для уменьшения потерь топлива вследствие испарения встроены два автоматических клапана, сообщающие полость бака с атмосферой. При разрежении в баке в пределах 0,0015-0,004 МПа открывается впускной клапан, - давление выравнивается; при избыточном давлении, равном 0,01 - 0,02 Мпа, открывается выпускной клапан.

**Топливные фильтры.** Для очистки топлива от механических примесей и воды применяются топливные фильтры. На пути от бака к карбюратору топливо очищается сетчатыми фильтрами бака, топливного насоса и карбюратора. Кроме того, между баком и топливным насосом устанавливают фильтр-отстойник щелевого типа, а между карбюратором и топливным насосом - фильтр тонкой очистки топлива.

**Фильтр грубой очистки** имеет фильтрующий элемент, состоящий из тонких пластин с отверстиями и штампованными выступами. В собранном фильтрующем элементе из-за наличия выступов образуются щелевые зазоры, в которых задерживаются и выпадают в отстой механические примеси с размером частиц более 0,05 мм. Топливо поступает в корпус фильтра через входное отверстие крышки и, пройдя фильтрующий элемент, выходит из корпуса через выходное отверстие. В металлическом стакане корпуса скорость движения потока топлива уменьшается, из топлива отстаивается вода, которая вместе с механическими примесями периодически сливают через нижнее отверстие стакана корпуса, закрытое пробкой.

**Фильтр тонкой очистки** в значительной мере способствует безотказной работе дози-

рующих систем карбюратора и особенно жиклеров, имеющих отверстия с малым проходным сечением. Топливо через впускное отверстие подается в пластмассовый или стеклянный стакан-отстойник, прижимаемый к корпусу скобой. Из стакана топливо поступает в сетчатый, бумажный или пористый керамический элемент, где оно подвергается тонкой очистке, и затем через выходное отверстие подается к карбюратору.

Топливный насос служит для принудительной подачи топлива к карбюратору. Топливные насосы двигателей грузовых автомобилей – диафрагменного типа, с приводом от эксцентрика распределительного или вспомогательного вала, воздействующего на рычаг привода. На двигателях автомобилей ЗИЛ-130 и "Москвич-2140" топливный насос приводится в действие от эксцентрика распределительного вала через штангу, на двигателях автомобилей ГАЗ-24-10 и ГАЗ-53-12 - непосредственно от эксцентрика, на двигателях ВАЗ - эксцентриком вала привода смазочного насоса и прерывателя-распределителя.

Насос Б-10 двигателя ЗИЛ-130 (рис. 1.2) состоит из трех основных частей: корпуса, клапанной головки и крышки. В нижней части корпуса насоса установлены приводной рычаг - коромысло, поддиафрагменная нагнетательная пружина и валик рычага ручной подкачки топлива. В головке встроены три выпускных клапана и три впускных клапана, над которыми расположен сетчатый фильтр. Крышка имеет внутри перегородку, разделяющую впускную и нагнетательную полости насоса. Между клапанной головкой и корпусом 2 зажата многослойная мембрана, закрепленная на штоке, нижний конец которого через шайбу соединен с внутренним вильчатым плечом коромысла, а его наружное плечо отжимной пружиной постоянно прижимается к штанге привода насоса.

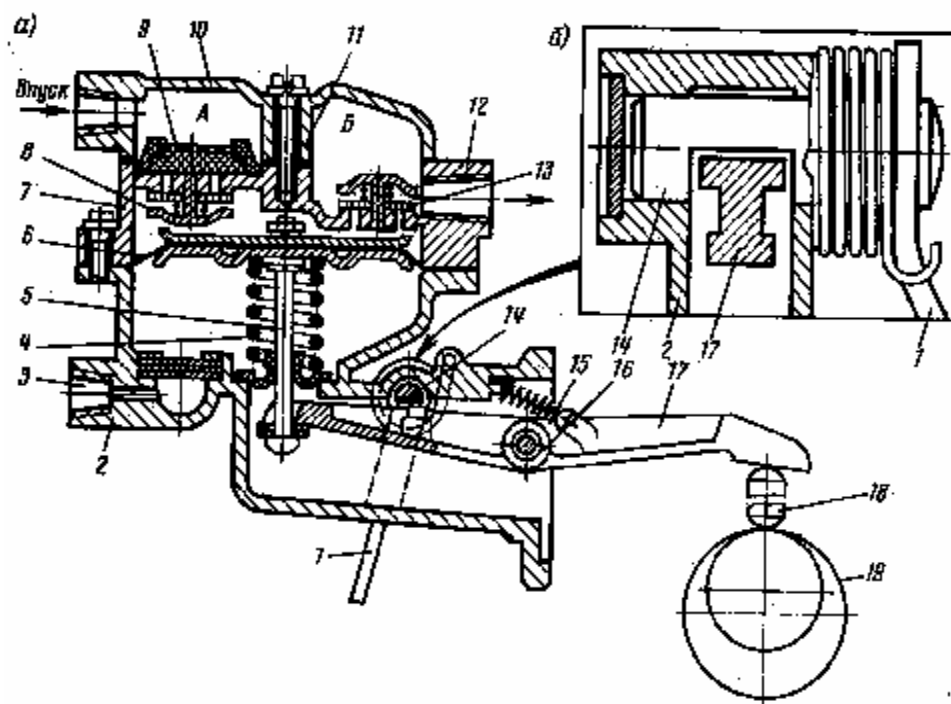


Рис. 1.2. Мембранный бензиновый насос

а) - разрез насоса; б) - механизм ручной подкачки. А - впускная полость; Б - нагнетательная полость насоса.

1 - рычаг ручной подкачки; 2 - корпус; 3 - контрольное отверстие; 4 - нагнетательная пружина; 5 - шток мембраны; 6 - мембрана; 7 - клапанная головка; 8 - впускной клапан; 9 - фильтр; 10 - крышка; 11 - перегородка; 12 - отверстие для штуцера к карбюратору; 13 - выпускной клапан; 14 - валик рычага ручной подкачки; 15 - пружина; 16 - ось коромысла; 17 - коромысло; 18 - штанга; 19 - эксцентрик

Работает насос следующим образом. При набегании выступа эксцентрика 19 распределительного вала на штангу 18 привода насоса коромысло 17, поворачиваясь на оси 16, своим вильчатым плечом опускает шток 5 с мембраной 6 вниз, преодолевая сопротивление пружины 4. При этом в полости над мембраной создается разрежение, под действием которого открываются впускные клапаны 8, и топливо из бака поступает во впускную полость А крышки, откуда, пройдя сетчатый фильтр, заполняет пространство над мембраной. При сбегиании выступа эксцентрика из-под штанги мембрана под действием пружины 4 поднимается вверх, при этом под давлением топлива, находящегося над мембраной, впускные клапаны 8 закрываются, а выпускные 13 открываются, и топливо подается в нагнетательную полость Б, откуда оно поступает по топливопроводу к карбюратору.

В том случае, если расход топлива через дозирующие системы карбюратора мал и

игольчатый запорный клапан поплавковой камеры закрыт, насос работает вхолостую. Последнее объясняется тем, что топливо, находящееся над мембраной, не позволяет ей перемещаться вверх, при этом нагнетательная пружина 4 сжата, а шток диафрагмы находится в нижнем положении, что позволяет вильчатому плечу коромысла свободно качаться, пока не откроется запорный клапан поплавковой камеры. При ремонтно-регулирующих работах для заполнения поплавковой камеры топливом служит механизм ручной подкачки, валик 14 которого пазом, соединенным с коромыслом 17, действует на его вильчатый конец, обеспечивая перемещение штока и мембраны.

Для вентиляции корпуса и контроля герметичности мембраны служит отверстие 3, расположенное в нижней части корпуса 2.

*Воздухоочистители.* Для очистки воздуха от пыли на двигатель устанавливают воздухоочиститель, который, помимо своей основной функции, снижает уровень шума в процессе впуска.

Наибольшее распространение имеют *масляно-инерционные двухступенчатые воздухоочистители*. Такой воздухоочиститель состоит из корпуса, фильтрующего элемента, масляной ванны, крышки-переходника для забора воздуха, отражателя, переходника крепления воздухоочистителя и патрубка отбора воздуха.

При работе двигателя запыленный воздух в результате разрежения во впускном трубопроводе поступает под крышку-переходник и через кольцевую щель направляется вниз к масляной ванне и отражателю. У поверхности масла воздух резко изменяет направление движения и поступает к фильтрующему элементу, набивка которого может быть из капронового волокна или металлической сетки. При изменении направления движения воздуха крупные частицы пыли, продолжая по инерции двигаться вниз, оседают в масле.

Проходя через фильтрующий элемент, воздух неоднократно изменяет направление движения, в результате чего мельчайшие частицы пыли задерживаются в его набивке. Очищенный воздух поступает в воздушную горловину карбюратора и к патрубку отбора воздуха.

*Впускной коллектор* служит для подвода смеси от карбюратора к соответствующим каналам в блоке цилиндров, *выпускной* - для отвода отработавших газов из двигателя. Первый обычно отливают из алюминиевого сплава, а второй - из серого чугуна. Каналы коллекторов должны создавать минимальное сопротивление перемещению газов, обеспечивая возможно большее наполнение и лучшую очистку цилиндров от отработавших газов. Впускные коллекторы должны обеспечивать также равномерное распределение горючей смеси по отдельным цилиндрам двигателя. Во избежание конденсации частиц топлива на холодных стенках во впускном коллекторе применяют подогрев горючей смеси. Для этой цели часть коллектора выполняют с двойными стенками, между которыми циркулируют отработавшие газы или охлаждающая жидкость, поступающая из рубашки охлаждения.

В V-образных двигателях имеются один впускной и два выпускных коллектора. Впускной коллектор фрезерованными плоскостями крепится на шпильках гайками к обеим головкам блока на двух продольных асбестовых и двух поперечных резиновых прокладках. Впускные каналы расположены так, что каждая камера карбюратора питает горючей смесью определенную группу цилиндров с учетом порядка работы двигателя, чем обеспечивается одинаковое по качеству состояние потока горючей смеси.

*Карбюратор* должен приготовить смесь топлива и воздуха нужного состава в соответствии с режимом работы двигателя. Перечень таких режимов, требуемые составы смеси и устройства карбюратора, их обеспечивающие, приведены в таблице 1.

Карбюратор состоит из поплавковой камеры, куда поступает топливо из бака, смесительной камеры, где происходит основная часть процесса приготовления горючей смеси - распыление топлива и перемешивание его с протоком воздуха, и набора устройств, обеспечивающих необходимую подачу топлива в смесительную камеру в зависимости от режима работы двигателя. Число смесительных камер определяет одну из характеристик типа карбюратора (1-, 2-, 3-, 4- камерный).

*Карбюраторы* двигателей грузовых автомобилей по принципу действия основных узлов не имеют различий, но, безусловно, отличаются друг от друга оригинальностью конструктив-

ного исполнения, размерами основных жиклеров и диффузоров, конструкцией ограничителя максимальных оборотов двигателя, наличием и конструкцией системы экономайзера принудительного холостого хода. Это, в основном, двухкамерные карбюраторы со сбалансированной поплавковой камерой, с падающим потоком и параллельной работой смесительных камер. На двигателях грузовых автомобилей семейств ЗиЛ, "Урал" и ряде моделей автобусов ЛиАЗ, ЛАЗ установлены карбюраторы К-88АТ, К-89АЕ, К-90, К-96.

Таблица 1

Режимы работы двигателя и основные системы карбюратора

Режим работы двигателя	Требуемый состав горючей смеси	Системы и устройства карбюратора, работающие на данном режиме
Пуск холодного двигателя	богатая смесь	пусковое устройство, или система пуска карбюратора
Холостой ход	обогащенная смесь	система холостого хода
Малые и средние нагрузки	экономичная (обедненная) смесь	главная дозирующая система
Полная мощность	обогащенная смесь	главная дозирующая система совместно с экономайзерным устройством
Ускорение (разгон, резкое увеличение оборотов)	быстрое кратковременное обогащение смеси	главная дозирующая система совместно с ускорительным насосом
Торможение двигателем	прекращение подачи топлива в воздушный поток	экономайзер принудительного холостого хода

**Карбюратор К-96.** Карбюратор унифицирован с карбюратором К-88АТ. Он состоит из 3-х основных частей (рис. 1.3): корпуса 1 воздушной горловины, корпуса 23 поплавковой камеры и диффузоров, корпуса 46 смесительных камер. Общими для обеих камер карбюратора является горловина с воздушной заслонкой 15 и сетчатым фильтром 3, поплавковая камера 36 с поплавком 48 и запорным клапаном 2, экономайзер и ускорительный насос с форсункой 12. Особенностью конструкции является наличие 2-х электромагнитных клапанов 50, установленных в наклонные каналы главной дозирующей системы, и контактного датчика углового положения дроссельных заслонок. Перечисленные элементы входят в систему автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода и ограничения максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя (САУ ЭПХХ и ОМЧ).

Для балансировки карбюратора служит канал 5, соединяющий поплавковую камеру и воздушную горловину. Если поплавковая камера не сбалансирована, т.е. сообщается непосредственно с атмосферой, то при увеличении сопротивления воздухоочистителя в результате его загрязнения возрастает разрежение в диффузоре, и горючая смесь значительно обогащается.

Смесительные камеры имеют самостоятельные главные дозирующие устройства с входящими в них воздушными жиклерами 9, а также малым 10 и большим диффузорами, улучшающими процесс смесеобразования в результате повышения в них скорости движения воздуха. Кроме того, каждая смесительная камера имеет автономную систему холостого хода с питанием из колодцев жиклеров 8 полной мощности. Дроссельные заслонки 45 закреплены на оси 51 и при воздействии на педаль подачи топлива, открываются одновременно. Управление воздушной заслонкой 15 осуществляется из кабины с помощью рукоятки.

Ввиду однотипности протекания процесса смесеобразования в каждой из смесительных камер, принцип действия систем карбюратора рассмотрим на примере работы одной из смесительных камер.

При пуске и прогреве двигателя воздушную заслонку 15 (рис. 1.3) закрывают, а так как она конструктивно через систему тяг связана с осью 51 дроссельной заслонки 45, то последняя несколько приоткрывается. В результате этого в смесительной камере создается разрежение даже при низких оборотах коленчатого вала, проворачиваемого стартером, что обеспечивает

обогащение горючей смеси из-за интенсивного истечения топлива через кольцевую щель 11 малого диффузора 10 и эмульсии через отверстия 42 и 43 канала 44 холостого хода. Наряду с этим обогащение горючей смеси происходит и из-за нескольких нажатий на педаль дроссельной заслонки, в результате чего поршень ускорительного насоса перемещается вниз и дополнительная порция топлива по каналу 39 через форсунку 12 впрыскивается в малый диффузор 10.

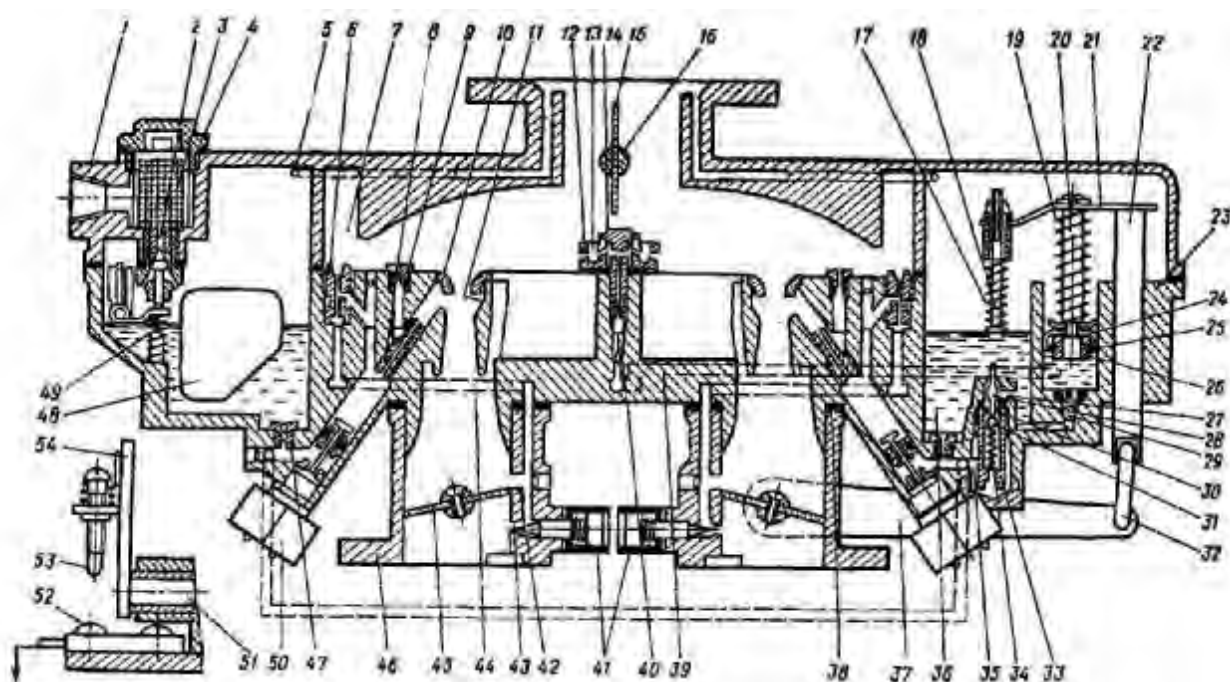


Рис. 1.3. Схема устройства карбюратора К-96:

1 — корпус воздушной горловины; 2 — игольчатый клапан подачи топлива; 3 — сетчатый фильтр; 4 — пробка фильтра; 5 — канал балансировки поплавковой камеры; 6 — жиклер системы холостого хода; 7, 13 — воздушные полости; 8 — жиклер полной мощности; 9 — воздушный жиклер; 10 — малый диффузор; // — кольцевая канавка; 12 — форсунка; 14 — винт; 15 — воздушная заслонка; 16 — автоматический клапан; 17, 19, 34 — пружины; 18 — толкатель; 20, 22 — штоки; 21 — планка; 23 — корпус поплавковой камеры; 24 — манжета; 25 — пружина манжеты; 26 — втулка штока; 27 — отверстие; 28 — промежуточный толкатель; 29, 31 — шариковые клапаны; 30 — седло; 32 — тяга; 33 — клапан экономайзера с механическим приводом; 35, 39, 44 — топливные каналы; 36 — поплавковая камера; 37, 54 — рычаги; 38 — прокладка; 40 — нагнетательный игольчатый клапан; 41 — винты регулировки холостого хода; 42, 43 — соответственно прямоугольное и круглое отверстия системы холостого хода; 45 — дроссельная заслонка; 46 — корпус смесительных камер; 47 — главный жиклер; 48 — поплавок; 49 — пружина поплавка; 50 — электромагнитный клапан экономайзера принудительного холостого хода и ограничителя оборотов; 51 — ось дроссельной заслонки; 52, 53 — контакты датчика углового положения дроссельных заслонок.

В момент начала работы двигателя при закрытой воздушной заслонке 15 под действием разности давлений открывается автоматический клапан 16, что предотвращает переобогащение горючей смеси.

При малой частоте вращения коленчатого вала на режиме холостого хода дроссельная заслонка 45 закрыта, поэтому разрежения в диффузоре недостаточно для истечения топлива через распылитель главной дозирующей системы. Максимальное разрежение создается за дроссельной заслонкой и далее передается через отверстия 43 и 42 в эмульсионный канал 44 к жиклеру 6 холостого хода. Под действием этого разрежения топливо из поплавковой камеры 36 через главный жиклер 47 и колодец жиклера 8 полной мощности поступает к жиклеру 6 холостого хода. Необходимый для образования эмульсии воздух поступает из воздушной горловины через верхнее отверстие жиклера 6, а также из воздушного жиклера 9 главной дозирующей системы через жиклер 8 полной мощности. Образовавшаяся богатая горючая смесь движется по каналу 44, в конце которого к ней дополнительно подсасывается воздух из верхнего щелевидного отверстия 42. Через нижнее отверстие 43 эмульсия поступает в пространство смесительной каме-



ры за дроссельной заслонкой, распыляясь в потоке воздуха, проходящего через щель у торца прикрытой дроссельной заслонки.

При работе двигателя *на холостом ходу* качество горючей смеси регулируют винтом 41, а частоту вращения коленчатого вала - ввернутым в корпус привода карбюратора упорным винтом, изменяющим степень прикрытия дроссельной заслонки.

Верхнее прямоугольное (щелевидное) отверстие 42 выполняет роль *переходной системы*, обеспечивая плавное нарастание мощности двигателя при увеличении угла открытия дроссельной заслонки и переходе к работе под нагрузкой. По мере открытия дроссельной заслонки нарастает разрежение у верхнего отверстия 42 и эмульсия начинает поступать из обоих отверстий 42 и 43. Подача топлива увеличивается, обороты двигателя растут.

По мере дальнейшего открытия дроссельной заслонки, *при малых и средних нагрузках двигателя*, система холостого хода плавно прекращает подачу эмульсии, а так как разрежение и скорость воздуха в диффузорах возрастают, то в работу вступает *главная дозирующая система*.

Дозированием количества воздуха, поступающего в эмульсионные колодцы через воздушный жиклер главной дозирующей системы, можно получить характеристику карбюратора, близкую к оптимальной. Это объясняется тем, что воздух, поступающий в колодцы через жиклеры 9, изменяет разрежение перед главным топливным жиклером 47. При этом интенсивность истечения топлива значительно снижается (топливо *затормаживается*). Подбором размеров воздушных жиклеров 9 обеспечивают такую закономерность изменения разрежения у топливных жиклеров 47, которая позволяет по мере открытия дроссельных заслонок и увеличения разрежения в диффузоре обеднять горючую смесь до необходимых значений коэффициента избытка воздуха. Рассмотренный тип главной дозирующей системы называют *главной дозирующей системой с понижением разрежения у главного жиклера, или пневматическим торможением потока топлива*. Образовавшаяся при этом эмульсия поступает в кольцевую щель 11 малого диффузора 10. С увеличением разрежения в малом диффузоре компенсация состава горячей смеси достигается поступлением дополнительного воздуха из жиклера 6 холостого хода, в результате чего уменьшается разрежение в эмульсионном колодце около жиклера 8 полной мощности. Воздух, поступающий через воздушные жиклеры 9 и 6, тормозит истечение топлива из главного жиклера 47, и горючая смесь обедняется до необходимого состава.

*При больших нагрузках двигателя* обогащение горючей смеси осуществляется *экономайзером с механическим приводом*, состоящим из кинематически связанных рычага 37 и штока 22, на конце которого закреплена планка 21. При открытии дроссельной заслонки более чем на 85 %, планка привода перемещается вниз и через направляющую и пружину 17 нажимает на шток 18, который, воздействуя на промежуточный толкатель 28, открывает шариковый клапан 31 экономайзера. Дополнительное количество топлива поступает по каналам 35 к жиклерам 8 полной мощности обеих камер. В результате этого происходит обогащение горючей смеси и двигатель развивает полную мощность. Жиклер полной мощности 8 ограничивает избыточную подачу топлива, предотвращая неравномерное распределение топлива от экономайзера между смесительными камерами.

*При резком открытии дроссельных заслонок* (режим ускорения) кратковременное обогащение горючей смеси происходит в результате подачи дополнительного топлива из колодца *ускорительного насоса*, а также резервного топлива, находящегося в колодце над жиклером 8. Резкое открытие дроссельной заслонки сопровождается быстрым перемещением штока 22 и планки 21 вниз. При этом давление под поршнем ускорительного насоса возрастает, обратный шариковый клапан 29 закрывается, а топливо по каналу 39 через игольчатый клапан 40 поступает в колодец форсунки 12. Затем через жиклер форсунки топливо подается в полость 13, где оно смешивается с воздухом и в виде тонких струй впрыскивается через распылитель форсунки 12 в смесительную камеру, обогащая горючую смесь.

Связь поршня ускорительного насоса с планкой 21 через шток 20 и пружину 19 необходима для обеспечения затяжного впрыска топлива. Нагнетательный игольчатый клапан 40 исключает возможность поступления воздуха под поршень при его быстром подъеме, а также устраняет подсосывание топлива из колодца ускорительного насоса на средних и больших на-

грузках двигателя при постоянном положении дроссельной заслонки.

*Экономайзер принудительного холостого хода и ограничитель максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя* (ЭПХХ и ОМЧ). В систему автоматического управления ЭПХХ и ОМЧ (САУ ЭПХХ и ОМЧ) входят следующие элементы: электронный блок управления, датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя, датчик температуры охлаждающей жидкости, контактный датчик углового положения дроссельных заслонок карбюратора, два электромагнитных клапана, жгут проводов.

*Электронный блок управления (ЭБУ)* установлен в кабине водителя. Встроенная в блок световая сигнализация и полупрозрачный корпус позволяют визуально контролировать работоспособность системы. В блок управления поступают электрические сигналы от системы зажигания, датчика углового положения дроссельных заслонок, датчика температуры охлаждающей жидкости, в соответствии с которыми блок управления выдает команду на включение-выключение электромагнитных клапанов. В качестве *датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя* используется прерыватель-распределитель системы зажигания. Блок управления соединяется проводом с выводом добавочного резистора катушки зажигания. Электрические импульсы поступают в блок управления с частотой, кратной частоте вращения коленчатого вала двигателя. В качестве *датчика температуры* используется датчик системы охлаждения, установленный на двигателе. *Датчик углового положения дроссельных заслонок* представляет собой электрический контактный выключатель, установленный под упорным винтом дроссельных заслонок карбюратора. Датчик посылает электрический сигнал в блок управления при закрытом положении дроссельных заслонок, когда контакты 52 и 53 (рис. 1.3) замкнуты.

*Электромагнитные клапаны* установлены в наклонные каналы главной дозирующей системы карбюратора. Нормальное состояние клапанов - открытое.

САУ ЭПХХ и ОМЧ вращения коленчатого вала двигателя работает следующим образом. *На режиме принудительного холостого хода* при частоте вращения коленчатого вала двигателя более  $1300 \text{ мин}^{-1}$ , температуре охлаждающей жидкости более  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  и полностью прикрытых дроссельных заслонках (педаль управления дроссельными заслонками отпущена), блок управления включает электромагнитные клапаны, которые перекрывают подачу топлива. На ЭБУ загораются два красных сигнализатора.

При уменьшении частоты вращения коленчатого вала (менее  $1000 \text{ мин}^{-1}$ ) или при нажатии на педаль управления дроссельными заслонками блок управления выключает электромагнитные клапаны и процесс подачи топлива возобновляется.

*На режиме полной нагрузки* при достижении двигателем частоты вращения коленчатого вала более  $3225 \text{ мин}^{-1}$  происходит включение одного из электромагнитных клапанов, сопровождающееся включением одного из сигнализаторов блока управления. При дальнейшем увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя (более  $3300 \text{ мин}^{-1}$ ) происходит включение другого электромагнитного клапана и другого сигнализатора. Таким образом, *ограничение частоты вращения* коленчатого вала обеспечивается либо включением одного, либо последовательным включением двух электромагнитных клапанов.

При снижении частоты вращения до определенного предела происходит автоматическое выключение электромагнитных клапанов – топливо поступает в смесительную камеру.

*В режиме ограничения максимальной частоты вращения* коленчатого вала двигателя показания датчика углового положения дроссельных заслонок и температуры охлаждающей жидкости значения не имеют.

Перенос электромагнитных клапанов из наклонных каналов системы холостого хода (карбюратор К-90) в каналы главной дозирующей системы позволил, исключив из конструкции пневмоинерционный ограничитель максимальной частоты вращения (карбюраторы К-88АТ, К-90), объединить ЭПХХ и ОМЧ в единую автоматическую систему, управляемую электронным блоком. При этом исполнительными механизмами САУ как для ЭПХХ, так и для ОМЧ являются одни и те же электромагнитные клапаны 50, срабатывание которых происходит по определенному алгоритму в зависимости от режима движения.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

1. Указать на плакате, на автомобиле аппараты подачи топлива, воздуха, отвода отработавших газов, рассмотреть их конструктивное исполнение.
2. Изучить устройство и работу диафрагменного бензонасоса, его привода. Указать основные детали насоса на макете. Рассмотреть устройство топливных фильтров.
3. Ознакомиться с общим устройством 2-камерного карбюратора с параллельной работой камер. Указать на плакате, на макете основные детали систем карбюратора.
4. Изучить работу карбюратора на различных режимах. Составить схемы заданных систем или устройств.

## Лабораторная работа №2

### СИСТЕМА ПИТАНИЯ КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

**Цель работы:** изучить общее устройство системы питания легковых автомобилей, особенности конструкции карбюратора, топливного насоса, топливных фильтров, воздухоочистителя и глушителя.

**Оборудование:** двигатель автомобиля ГАЗ 24 "Волга", оснащенный системой питания, макет карбюратора ВАЗ-21083, плакаты, справочная литература

Структура системы подачи топлива карбюраторного двигателя легкового автомобиля не имеет существенных отличий от аналогичной системы грузового автомобиля.

Двигатели большинства легковых автомобилей оборудуются только фильтром тонкой очистки топлива с фильтрующим элементом из латунной сетки, установленной на алюминиевом или капроновом патроне. Принцип работы такого фильтра аналогичен фильтру с керамическим фильтрующим элементом.

На карбюраторных двигателях легковых автомобилей топливный насос приводится в действие от эксцентрика распределительного вала через штангу или непосредственно от эксцентрика вспомогательного вала привода смазочного насоса и прерывателя-распределителя.

Топливный насос Б-9В двигателя ЗМЗ-402.10, применяемого на автомобилях ГАЗ 3110, состоит из корпуса, головки с клапанами и крышки. Между корпусом и головкой зажата диафрагма из четырех лепестков латунной, к которой крепится шток. Между диафрагмой и корпусом находится пружина, которая сжимается при ходе диафрагмы вниз и создает усилие для подъема диафрагмы при сбегании эксцентрика с рычага привода. Работа его аналогична вышеописанному бензонасосу Б-10.

В сухих фильтрах двигателей автомобилей семейств ВАЗ и "Москвич" воздух очищается от пыли, проходя через фильтрующий элемент, состоящий из сетчатого металлического каркаса и сменного свернутого рулона специальной пористой бумаги или картона. Для предварительной очистки воздуха и увеличения пылеемкости фильтра на его свернутый рулон дополнительно надевают элемент из синтетической ваты.

**Карбюраторы двигателей легковых автомобилей** имеют тот же набор устройств, что и карбюраторы грузовых автомобилей, и работают они на тех же принципах. Вместе с тем, в связи с некоторыми особенностями работы двигателя легкового автомобиля, карбюраторы для них имеют и конструктивные отличия. К особенностям работы двигателя относится, прежде всего, их высокая оборотность, особенно на режимах, близких к максимальной мощности. Это значительно сокращает время каждого такта и предъявляет более высокие требования к работе всех устройств, обеспечивающих приготовление смеси на этих режимах. Для удовлетворения этих требований карбюратор снабжается дополнительными экономайзерными устройствами и дополнительными смесительными камерами, причем камеры работают не одновременно на

всех режимах, как у грузовых автомобилей, а вступают в работу последовательно. По числу смесительных камер карбюраторы подразделяются на 1-, 2-, 3- и 4-камерные. Однокамерные используются на малоцилиндровых, сравнительно тихоходных двигателях (2-3 цилиндра,  $n_{\max} = 3000 - 4000 \text{ мин}^{-1}$ .) Для малоцилиндровых быстроходных двигателей легковых автомобилей применяют двухкамерные карбюраторы с последовательным включением смесительных камер. В таких карбюраторах сначала включается в работу основная камера, называемая камерой экономичных режимов, а при увеличении нагрузки подключается вторая (дополнительная) камера мощностных режимов. Для многоцилиндровых быстроходных двигателей применяют четырехкамерные карбюраторы, состоящие из двух блоков. Каждый блок обслуживает группу цилиндров и состоит из двух смесительных камер последовательного включения. Это позволяет повысить мощность двигателя ввиду лучшей дозировки и распределения горючей смеси по цилиндрам, повысить топливную экономичность и уменьшить вредность выхлопа.

**Карбюратор 21083.** На двигателях переднеприводных легковых автомобилей ВАЗ-2110, -2112 и их модификациях установлен двухкамерный, двухдиффузорный карбюратор 21083 с последовательным включением смесительных камер, падающим потоком горючей смеси и пневматическим торможением истечения топлива. Общий вид карбюратора изображен на рис. 2.1. В карбюраторе имеются: двухсекционная поплавковая камера, полуавтоматическое пусковое устройство, система холостого хода, переходная и главная дозирующая системы, экономайзер мощностных режимов, экономайзер полных нагрузок (эконостат), ускорительный насос и система экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ). Карбюратор снабжен также системами отвода картерных газов за дроссельную заслонку и подогрева зоны дроссельной заслонки первой камеры.

*Поплавковая камера карбюратора* сбалансированная, что достигается двумя отверстиями "b" (рис. 2.2), соединяющими поплавковую камеру с горловиной воздушного тракта. Благодаря двум сообщающимся объемам поплавковой камеры, которые охватывают смесительные камеры с двух сторон, обеспечена надежная подача к ним топлива через фильтр 18 даже при сильных кренах автомобиля. Карбюратор имеет двойной поплавок 23 из эбонита, соединенный с запорным устройством 15, и патрубок 17 с жиклером 16, перепускающим излишки топлива обратно в топливный бак.

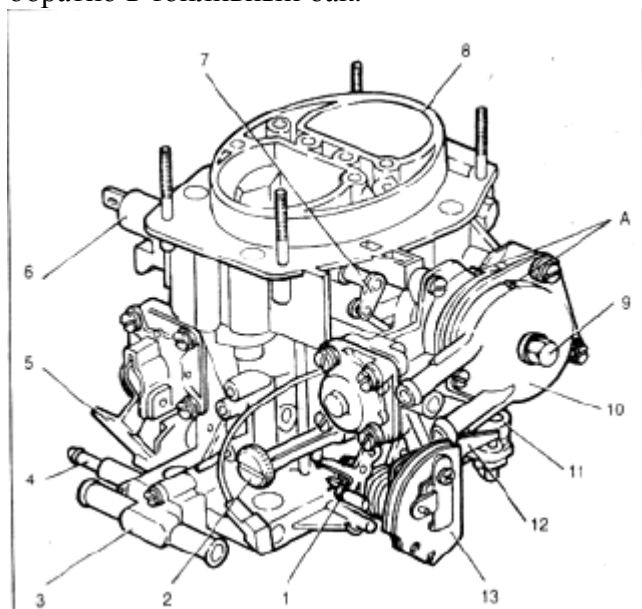


Рис. 2.1. Внешний вид карбюратора:

*A* – метки правильной установки биметаллической пружины пускового устройства.

1 - ведущий рычаг привода второй камеры; 2 - регулировочный винт количества смеси холостого хода; 3 - блок подогрева карбюратора; 4 - патрубок вентиляции картера двигателя; 5 - рычаг привода ускорительного насоса; 6 - электромагнитный запорный клапан; 7 - рычаг воздушной заслонки; 8 - крышка карбюратора; 9 - болт крепления жидкостной камеры; 10 - корпус жидкостной камеры; 11 - корпус карбюратора; 12 - рычаг дроссельной заслонки второй камеры; 13 - сектор рычага управления дроссельными заслонками.

*Полуавтоматическое пусковое устройство* повышает комфортабельность управления автомобилем, автоматически обогащая горючую смесь при запуске и прогреве двигателя, снижает токсичность отработавших газов. Устройство, открывающее воздушную заслонку по мере прогрева двигателя, включает биметаллическую пружину с камерой обогрева и систему рычагов и тяг.

При запуске холодного двигателя биметаллическая пружина 41 (рис.2.2) пускового устройства с помощью рычагов и тяги 43 удерживает воздушную заслонку 7 закрытой. После за-

пуска двигателя резко возрастает разрежение в поддроссельном пространстве карбюратора, которое по воздушному каналу  $f$  передается в рабочую полость диафрагмы 1 пускового устройства. Под действием разрежения диафрагма втягивается, и шток 2 приоткрывает воздушную заслонку 7 на пусковой зазор ( $2,5 \pm 0,2$  мм), который регулируется винтом 45.

По мере прогрева двигателя охлаждающей жидкостью, циркулирующей через жидкостную камеру 10 (рис. 2.1) пускового устройства, нагревается и биметаллическая пружина 41 (рис. 2.2), свободный конец которой перемещается и через систему рычагов открывает воздушную заслонку карбюратора. Полное открытие воздушной заслонки происходит при температуре охлаждающей жидкости  $+70 - 75$  °С, а выход двигателя на режим холостого хода – при температуре  $+50 - 55$  °С.

*Главная дозирующая система* подготавливает горючую смесь необходимого состава при работе двигателя на режимах малых и средних нагрузок и при полном открытии дроссельных заслонок.

Дозирующие системы каждой из камер запитываются из поплавковой камеры, в которую топливо поступает через сетчатый фильтр 18 и игольчатый клапан 15. Через главные топливные жиклеры 27 и 35 топливо поступает к эмульсионным колодцам, в которых находятся эмульсионные трубки 26 и 36, выполненные заодно с главными воздушными жиклерами 5 и 12. При достаточном разрежении в смесительных камерах топливо смешивается в эмульсионных колодцах с воздухом, поступающим через главные воздушные жиклеры 5 и 12, и в виде эмульсии через распылители 8 и 10 главных дозирующих систем всасывается в диффузоры смесительных камер, распыляясь в потоке воздуха и образуя горючую смесь.

*Пневматическое торможение истечения топлива*, необходимое для получения оптимального состава смеси на частичных нагрузочных режимах, происходит за счет уменьшения разрежения перед главным топливным жиклером при поступлении в эмульсионные колодцы определенного количества воздуха. При этом интенсивность истечения топлива значительно снижается, а отверстия в эмульсионных трубках 26 и 36 обеспечивают хорошее эмульсирование топлива. Размеры проходных сечений воздушных жиклеров 5 и 12 подобраны таким образом, что требуемое обеднение горючей смеси обеспечивается при любом положении дроссельной заслонки и величине созданного в диффузоре разрежения. Рассмотренный тип главной дозирующей системы называют *главной дозирующей системой с пневматическим торможением потока топлива*.

Таким образом, количество смеси, поступающей в двигатель, регулируется открытием дроссельных заслонок 29 и 30. Следует отметить, что на режимах дросселирования функционирует только главная дозирующая система первой камеры, обеспечивая работу двигателя в широком диапазоне оборотов. Вторая камера начинает открываться и работать, когда дроссельная заслонка первой камеры откроется более чем на две трети. Последовательность открытия дроссельных заслонок обеспечивается специальным механическим приводом.

*Система холостого хода (ХХ)* обеспечивает необходимый состав горючей смеси в диапазоне малых частот вращения коленчатого вала, а также при переходе двигателя на режимы работы при малых и средних нагрузках. На режиме холостого хода дроссельные заслонки 30 первой и 29 второй камер (рис. 2.2) закрыты и, следовательно, разрежения в диффузорах недостаточно для истечения топлива через распылители главной дозирующей системы. Под дроссельной заслонкой первой камеры разрежение, напротив, достигает значительной величины. За счет передаваемого через нижнее щелевидное отверстие "h" разрежения, бензин с эмульсионного колодца главной дозирующей системы поднимается по топливному каналу, проходит топливный жиклер 4 холостого хода и смешивается с воздухом, поступающим через воздушный жиклер 6 системы холостого хода из проточного канала "а". Образовавшаяся богатая горючая смесь, движется по каналу "i", в конце которого к ней дополнительно подсасывается воздух из верхнего щелевидного отверстия "h". Затем, эмульсия поступает под винт 31 качества смеси - и, далее, через нижнее отверстие "h" в поддроссельное пространство, где распыляется в потоке воздуха, проходящего через щель у торца прикрытой дроссельной заслонки.

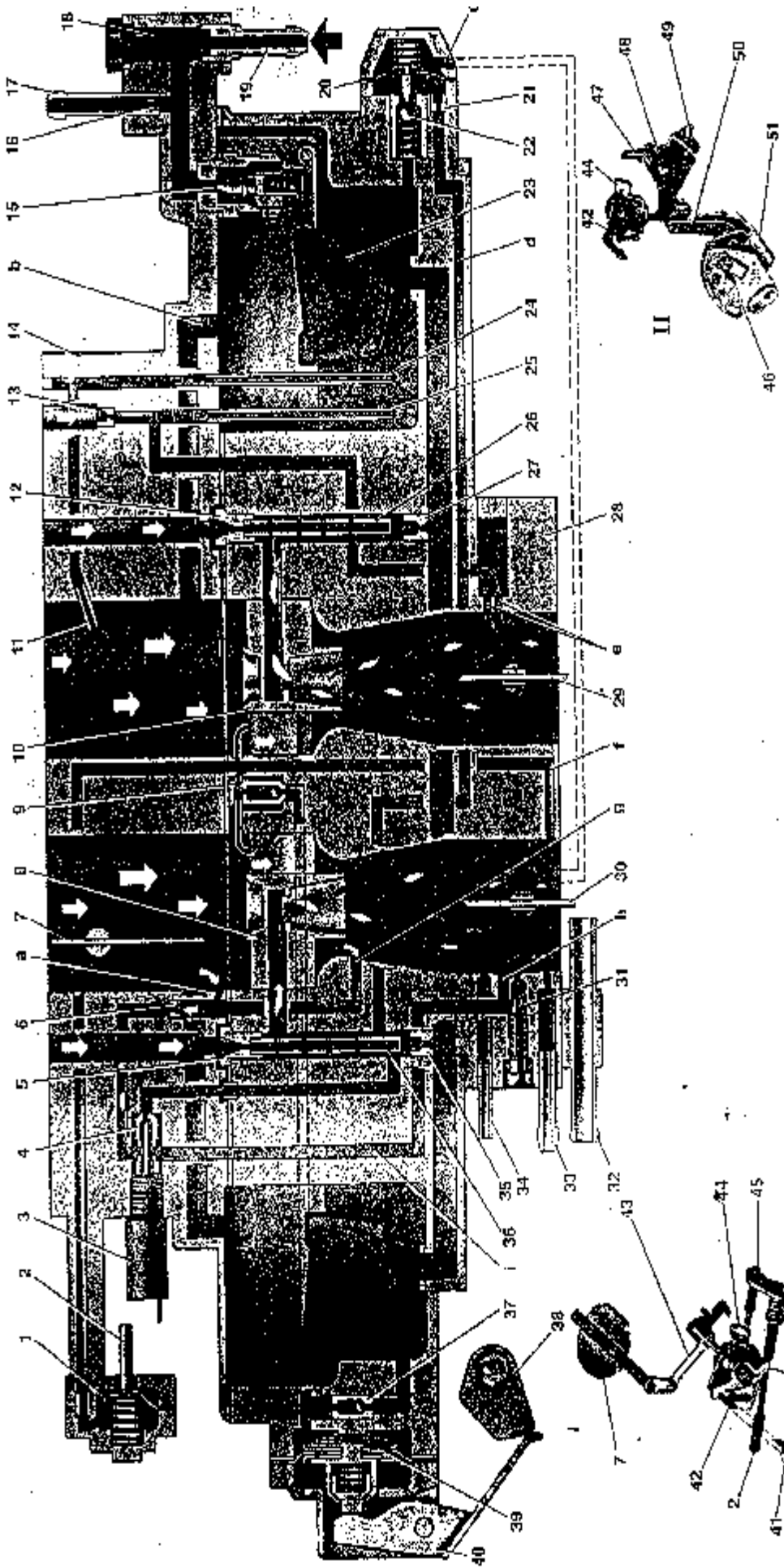


Рис. 2.2. Схема устройства карбюратора 21083

1, 2 - диафрагма и шток пускового устройства; 3 - электромагнитный запорный клапан; 4, 6 - топливный и воздушный жиклеры XX; 5, 12 - главные воздушные жиклеры I-й и II-й камер; 7 - воздушная заслонка; 8, 10 - распылители главных дозирующих систем I-й и II-й камер; 9, 37, 38, 39, 40 - распылители, шариковый клапан, кулачок привода, диафрагма и рычаг привода ускорительного насоса; 11, 24 - впрыскивающая трубка и топливный жиклер эконостага с трубкой; 13, 25 - воздушный и топливный жиклеры переходной системы II-й камеры с трубкой; 14, 28 - крышка и корпус карборатора; 15 - игольчатый клапан; 16 - жиклер перепуска топлива в бак; 17, 19 - патрубki слива и подачи топлива; 18 - топливный фильтр; 20, 21, 22 - диафрагма, топливный жиклер и шариковый клапан экономайзера мощностных режимов; 23 - поплавок; 26, 36 - эмульсионные трубки II-й и I-й камер; 27, 35 - главные топливные жиклеры II-й и I-й камер; 29, 30 - дроссельные заслонки II-й и I-й камер; 31 - регулировочный винт качества смеси XX; 32 - блок подогрева карбюратора; 33, 34 - патрубки для отсоса картерных газов и отбора разрежения к вакуумному регулятору распределения воздушной заслонки; 41, 42 - биметаллическая пружина и ее рычаг; 43, 50 - пяти рычаги привода дроссельными заслонками; 44 - кулачок; 45, 49 - регулировочные винты пускового затора и момента начала приоткрывания воздушной заслонки; 46 - сектор рычага управления дроссельными заслонками; 47, 48, 52 - рычаги привода воздушной заслонки; 51 - рычаг управления дроссельными заслонками; "а" - проточный канал XX; "б" - отверстие балансировки поплавковой камеры; "с", "д", "е" - воздушный и топливный каналы экономайзера мощностных режимов; "е" - выходные отверстия дроссельными заслонками; "а" - проточный канал XX; "г" - воздушный канал пускового устройства; "г" - отверстие воздушного канала XX; "и" - шель переходной системы первой камеры; "и" - эмульсионный канал XX; I, II - привод воздушной и дроссельной за-

систем I и II камер

Регулировка качества смеси производится винтом 31 на заводе; в эксплуатации регулируется только количество смеси на холостом ходу упорным винтом 2 (рис.2.1), воздействующим на рычаг дроссельной заслонки (пусковой зазор дроссельной заслонки составляет  $1,1 \pm 0,05$  мм). При заворачивании винта дроссельная заслонка приоткрывается, увеличивая подачу смеси и обеспечивая устойчивую работу двигателя.

При выключении зажигания срабатывает электромагнитный клапан 3 (рис.2.2) системы ЭПХХ; игла перекрывает топливный жиклер 4 и не допускает подачи топлива в двигатель при выключенном зажигании.

*Переходная система первой камеры*, представленная верхним щелевидным отверстием h и воздушным каналом "g", обеспечивает плавный переход работы двигателя с холостого хода на режимы дросселирования и наоборот. По мере открытия дроссельной заслонки повышается разрежение у верхнего щелевидного отверстия h и эмульсия начинает поступать в смесительную камеру как из нижнего, так и из верхнего h отверстий, увеличивая тем самым подачу топлива и обеспечивая плавное нарастание мощности двигателя при переходе к работе под нагрузкой.

По мере открытия дроссельной заслонки разрежение увеличивается и у отверстия "g", расположенного в расширяющейся части большого диффузора первой камеры. Количество воздуха, проходящего через воздушный жиклер б, уменьшается, вследствие чего уменьшается и степень эмульсирования топлива при выходе его из жиклера 4. Однако обогащение смеси компенсируется большим количеством воздуха, проходящего через диффузоры смесительных камер, вследствие большего открытия дроссельных заслонок. В итоге, в цилиндры двигателя поступает горючая смесь необходимого состава.

*Переходная система второй камеры* выполняет предохранительные функции и обеспечивает плавный переход работы двигателя с одного режима на другой в момент начала открытия дроссельной заслонки второй камеры. При некотором увеличении нагрузки на двигатель открывается дроссельная заслонка 29 второй камеры, поток воздуха раздваивается и горючая смесь переобедняется, что может привести к обратным всплескам во впускном коллекторе и воздушном фильтре. Во избежание этого явления вторую камеру оснащают переходной системой с выходными отверстиями "е". Указанная переходная система работает подобно переходной системе первой камеры. В начальной фазе открытия дроссельной заслонки второй камеры нижнее отверстие "е" попадает под разрежение, за счет чего топливо из поплавковой камеры через жиклер 25 поднимается по трубке вверх, где смешивается с воздухом, поступающим из воздушного жиклера 13. Образовавшаяся эмульсия по эмульсионному каналу поступает через нижнее выходное отверстие "е" под дроссельную заслонку. Через верхнее отверстие "е" к эмульсии подсасывается воздух.

При дальнейшем открытии дроссельной заслонки эмульсия начинает поступать одновременно из нижнего и верхнего отверстий "е". Затем, разрежение в диффузоре второй камеры возрастает, а у отверстий "е" уменьшается, вследствие чего постепенно вступает в работу главная дозирующая система второй камеры.

*Экономайзер мощностных режимов* - мембранного типа, служит для обогащения смеси на мощностных режимах (при больших и полных открытиях дроссельной заслонки), обеспечивая тем самым соответствующий этим режимам состав горючей смеси. При этом механизм исключает влияние пульсации разрежения в поддроссельном пространстве на степень обогащения смеси как при значительном открытии дроссельной заслонки, так и при уменьшении частоты вращения коленчатого вала.

Полость справа от диафрагмы 20 соединена с поддроссельным пространством воздушным каналом "с". Жиклер 21 экономайзера установлен в топливном канале "d".

Шариковый клапан 22 экономайзера закрыт, пока диафрагма 20, преодолевая сопротивление пружины, удерживается разрежением, передаваемым по каналу "d", в крайнем правом положении. При значительном открытии дроссельной заслонки 30 разрежение в области дроссельной заслонки несколько снижается, вследствие чего пружина отжимает влево связанную с ней мембрану и открывает клапан 22. Топливо проходит через клапан, жиклер 21 экономайзера,

добавляется к топливу, проходящему через главный топливный жиклер 35, и выравнивает обогащение смеси.

*Эконостат (экономайзер) полных нагрузок* взаимодействует со второй смесительной камерой и вступает в работу на нагрузочных и скоростных режимах близких к предельным при полностью открытых дроссельных заслонках, обогащая горючую смесь для получения максимальной мощности двигателя.

При открытых дроссельных заслонках 29 и 30 значительно возрастает разрежение в смесительных камерах и в зоне распылителя 11 эконостата, размещенного выше распылителя главной дозирующей системы. Топливо из поплавковой камеры поступает через жиклер 24 эконостата и по топливному каналу через впрыскивающую трубку 11 (распылитель) всасывается во вторую смесительную камеру.

*Ускорительный насос* служит для кратковременного обогащения горючей смеси в режиме ускорения (разгона) автомобиля.

Ускорительный насос – диафрагменного типа, с приводом от кулачка, расположенного на оси дроссельной заслонки первой камеры. Производительность насоса не регулируется, а зависит только от профиля кулачка. При резком открытии дроссельной заслонки кулачок 38 нажимает на рычаг 40 и через пружину в толкателе действует на диафрагму 39. При этом обратный шариковый клапан 37 закрывается и топливо из колодца ускорительного насоса подается к распылителям 9, где происходит его впрыск в первую и вторую смесительные камеры. При обратном ходе диафрагмы (под действием возвратной пружины) топливо из поплавковой камеры засасывается в рабочую полость ускорительного насоса через обратный шариковый клапан 37.

*Экономайзер принудительного холостого хода* отключает систему холостого хода при полностью отпущенной педали подачи топлива (во время торможения автомобиля двигателем, при движении под уклон, при переключении передач), снижая расход топлива и токсичность отработавших газов (уменьшается выброс окиси углерода и углеводородов в атмосферу).

Экономайзер состоит из концевого выключателя положения дроссельной заслонки, установленного на регулировочном винте 2 (рис. 2.1) количества смеси холостого хода, электромагнитного запорного клапана б и электронного блока управления (ЭБУ).

Электронный блок управления работает по двум параметрам – частоте вращения коленчатого вала двигателя и положению дроссельной заслонки первой камеры. Информация поступает соответственно со вторичной обмотки катушки зажигания в виде импульсов напряжения и от концевого выключателя положения дроссельной заслонки.

При резком закрытии дроссельных заслонок, что имеет место на режиме принудительного холостого хода, педаль управления двигателем занимает исходное положение, при котором концевой выключатель замыкается на "массу" (регулируемый винт 2 количества горючей смеси, контактируя с рычагом привода дроссельных заслонок, замыкает электрическую цепь). В этом случае, при частоте вращения более  $2100 \text{ мин}^{-1}$ , электромагнитный клапан отключается, так как на его обмотку ток не поступает. Игла перекрывает топливный жиклер 4 (рис. 2.2) холостого хода, прерывая подачу горючей смеси.

При уменьшении частоты вращения коленчатого вала двигателя на принудительном холостом ходу до  $1900 \text{ мин}^{-1}$ , по сигналу от ЭБУ на обмотку электромагнитного запорного клапана 3 вновь подается напряжение. Клапан срабатывает и деблокирует подачу топлива через жиклер 4. Двигатель постепенно выходит на режим холостого хода.

Если концевой выключатель не замкнут на "массу" (т.е. педаль акселератора нажата), электронный блок управления не будет выключать электромагнитный запорный клапан при любой частоте вращения коленчатого вала двигателя.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Указать на плакате, на макете аппараты подачи топлива, воздуха, отвода отработавших газов, рассмотреть их конструктивное исполнение.
2. Ознакомиться с общим устройством 2-камерного карбюратора с последовательным



включением в работу смесительных камер. Указать на плакате, на макете основные детали карбюратора и привода управления дроссельными заслонками.

3. Изучить работу систем и устройств камеры экономичных режимов. Отметить особенности пускового устройства, системы холостого хода, экономайзера принудительного холостого хода, экономайзера полной мощности с пневматическим приводом.

4. Изучить работу систем и устройств камеры мощностных режимов. Рассмотреть работу переходной системы, особенности устройства и работы эконостата.

5. Отметить регулировочные элементы системы холостого хода и привода заслонок карбюратора.

6. Составить схемы заданных систем или устройств карбюратора.

### Лабораторная работа №3

## СИСТЕМЫ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА. КЛАССИФИКАЦИЯ. СИСТЕМА ПИТАНИЯ АВТОМОБИЛЯ **Ford-Escort 1.3 i** С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА

**Цель работы:** Ознакомится классификацией систем впрыска топлива, с концепцией центрального впрыска топлива, изучить устройство и принцип работы отдельных элементов, дополнительных подсистем и системы питания при различных режимах работы двигателя.

**Оборудование:** двигатель 1.3 HCS автомобиля Ford-Escort, оснащенный системой питания CFI с центральным впрыском топлива, макеты отдельных элементов и узлов систем с центральным впрыском топлива, плакаты.

#### **Общие сведения.**

**Преимущества и классификация систем впрыскивания топлива.** Применение систем впрыскивания топлива взамен традиционных карбюраторов обеспечивает:

- повышение топливной экономичности и снижение токсичности отработавших газов;
- улучшение характеристик крутящего момента и повышение эффективной мощности вследствие лучшего наполнения цилиндров двигателя (по сравнению с карбюраторными у систем впрыскивания на порядок больше перепад давлений и меньшее сопротивление впускного тракта);
- при той же степени сжатия возможность использования бензина с худшими антидетонационными свойствами (уменьшенным на 2 - 3 единицы октановым числом);
- большую однородность и равномерность состава смеси по цилиндрам (у карбюраторных ДВС состав смеси в разных цилиндрах отличается на 11 – 17 %, при распределенном впрыскивании- на 6 – 7 %);
- улучшение запуска и прогрева холодного двигателя;
- малую инерционность (быстрое реагирование) системы топливоподачи на перемещение дроссельной заслонки и, как следствие, повышение приемистости автомобиля.

Однако следует отметить, что системы впрыскивания топлива сложнее систем топливоподачи с использованием карбюраторов из-за большего числа подвижных прецизионных механических элементов и электронных устройств и требуют более квалифицированного обслуживания в эксплуатации.

В настоящее время системы с впрыскиванием топлива *классифицируются по следующим основным признакам:*

#### **по месту подвода топлива:**

- *центральный (одноточечный) впрыск* в наддроссельное пространство впускного коллектора (одна электромагнитная форсунка над дроссельной заслонкой);
- *распределенный (многоточечный) впрыск* в предклапанное пространство каждого цилиндра (форсунки у каждого впускного клапана);

– *непосредственный впрыск* в камеру сгорания каждого цилиндра двигателя (форсунки в головке цилиндров);

**по способу подачи топлива:**

- с непрерывным впрыскиванием;
- с периодическим фазированным (согласованным) впрыскиванием (момент впрыска каждой форсунки согласован с открытием соответствующих впускных клапанов цилиндров);
- с периодическим нефазированным (несогласованным) впрыскиванием (подача на каждом обороте коленчатого вала);

**по способу регулирования количества топлива:**

- с пневматическим регулированием;
- с механическим регулированием;
- с электронным регулированием;

**по типу узлов, дозирующих топливо:**

- с дозирующими плунжерными насосами;
- с дозирующими распределителями клапанного и золотникового типов;
- с дозирующими электромагнитными форсунками;

**по способу определения расхода воздуха:**

- по разрежению во впускном коллекторе;
- по углу поворота дроссельной или специальной (типа "Парус") заслонки;
- по показаниям термоанемометрического датчика.

**Центральный (одноточечный) впрыск** является электронной системой топливоподачи, оснащенной единственной электромагнитной форсункой, впрыскивающей топливо во впускной коллектор в центральной точке непосредственно над дроссельной заслонкой (см. рис. 3.1).

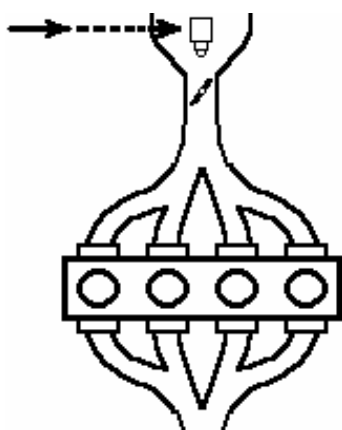


Рис.3.1 Принципиальная схема центрального впрыска топлива

Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыскивания практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях. При этом обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива.

Применение электронного впрыска топлива обеспечивает лишь частичное решение задачи по оптимальному управлению двигателем. Для качественного сгорания рабочей смеси в цилиндрах двигателя необходимо, чтобы помимо состава смеси корректировался также и момент зажигания в зависимости от режима работы двигателя. Поэтому, *система центрального впрыскивания топлива в сочетании с цифровой системой зажигания* является весьма эффективной, особенно в отношении повышения топливной экономичности. При этом конструкция данной системы существенно проще по сравнению с системой распределенного впрыскивания топлива.

Системы питания с центральным впрыском топлива являются более совершенными по сравнению с карбюраторными системами. Однако, на сегодняшний день центральный впрыск топлива уже не удовлетворяет все ужесточающимся нормам EURO по токсичности отработавших газов. Основной недостаток, как и у карбюратора - неоднородное распределение смеси по цилиндрам и ее конденсация во впускном коллекторе двигателя.

**Система питания FORD CFI с центральным впрыском топлива.** Система питания двигателя 1,3 HCS автомобиля Ford-Escort состоит из:

- топливного бака, расположенного под задним сиденьем;
- электробензонасоса погружного типа, установленного в топливном баке и объединенного с датчиком уровня топлива;
- расположенных в моторном отсеке топливного и воздушного фильтров;
- центрального узла впрыска с электронным управлением;

- трубопроводов подачи и возврата топлива;
- впускного и выпускного коллекторов;
- системы выпуска отработавших газов с встроенным нейтрализатором;
- системы принудительной вентиляции картера;
- системы впрыска воздуха в выпускной коллектор;
- системы управления выбросами паров топлива.

Топливо подается из бака 14 (рис. 3.2) электрическим насосом 18, и, проходя через фильтр 16, поступает к центральному узлу впрыска (инжектору) 11. Требуемое давление топлива в магистрали поддерживается регулятором давления 2 (рис 3.3), который прикреплен к корпусу инжектора с помощью 4-х винтов. Впрыск топлива производится топливной форсункой 1, установленной в центральной верхней точке инжектора и представляющей собой быстродействующий электромагнитный клапан. По сигналу от электронного блока 12 управления двигателем на обмотку соленоида, расположенного в корпусе форсунки, кратковременно подается управляющее напряжение. Электромагнитный клапан открывается, и мелкораспыленное топливо в форме конуса под давлением поступает во впускной коллектор, где смешивается с проходящим воздухом, образуя горючую смесь требуемого состава.

Соотношение смеси воздух –топливо зависит от нагрузочного режима двигателя (частоты вращения коленчатого вала, давления во впускном коллекторе, положения дроссельной заслонки) и определяется длительностью подачи электрического импульса на обмотку соленоида (т.е. количество подаваемого топлива зависит от времени открытия клапана форсунки). Частота срабатывания электромагнитного клапана кратна частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Ручная регулировка качества смеси невозможна.

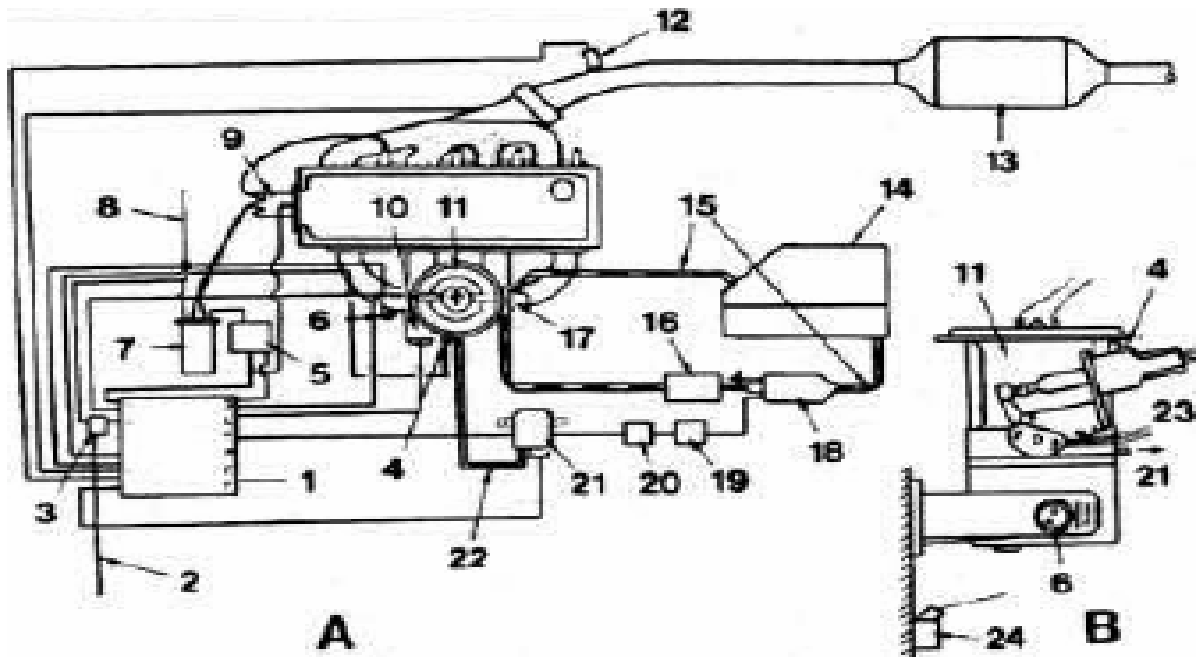


Рис.3.2. Функциональная схема системы питания FORD CFI с центральным впрыском топлива.

1 - электронный блок управления; 2 - питание; 3- реле питания; 4 - датчик температуры впускного воздуха; 5 - модуль CFI; 6 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 - катушка зажигания; 8 - напряжение зажигания; 9 - распределитель зажигания; 10 - двигатель управления дроссельной заслонкой; 11 - центральный узел впрыска; 12 - датчик концентрации кислорода; 13 - каталитический конвертер; 14 - топливный бак; 15 - трубопроводы подачи и возврата топлива; 16 - топливный фильтр; 17 - регулятор давления; 18 - топливный насос; 19 - автоматический выключатель топливного насоса; 20 - реле топливного насоса; 21 - датчик абсолютного давления; 22 - вакуумные трубки; 23 - датчик положения дроссельной заслонки; 24 - датчик детонации.

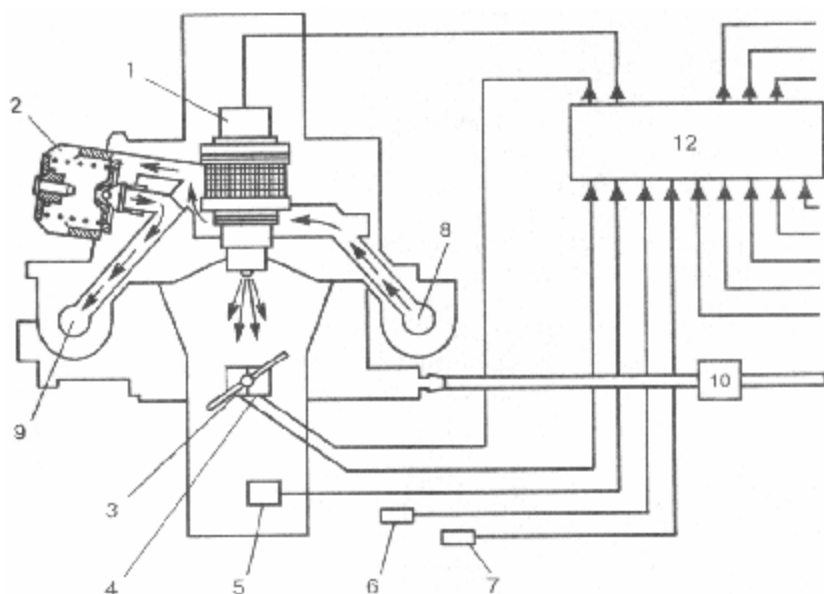


Рис. 3.3. Схема системы впрыска FORD CFI

1 - форсунка; 2 - регулятор давления топлива; 3 - потенциометр дроссельной заслонки; 4 - двигатель управления дроссельной заслонкой; 5 - датчик давления во впускном трубопроводе; 6 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 - датчик концентрации кислорода в отработавших газах; 8 - подвод топлива; 9 - слив топлива в бак; 10 - клапан управления выбросами паров топлива из бака;

**Электробензонасос.** Давление в системе впрыска создает электрический бензиновый насос (рис. 3.4.) роторного типа. Все его узлы, включая электродвигатель, находятся в потоке бензина и смонтированы в цилиндрическом корпусе. Насос может быть установлен либо непосредственно в бензобаке, либо под ним. Схема, поясняющая работу насоса, изображена на рис. 3.5.

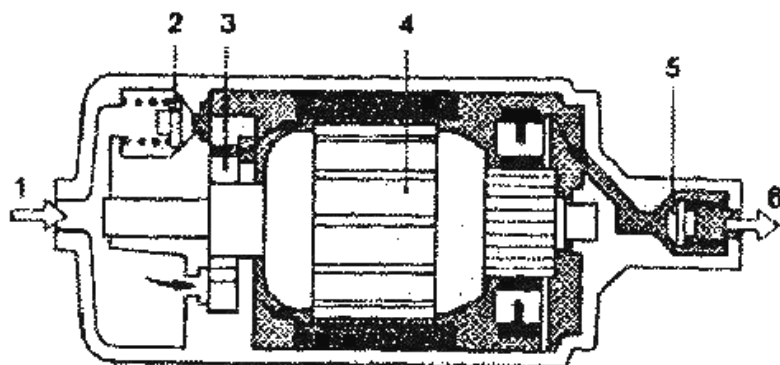


Рис. 3.4 Электробензонасос:

1 - входной штуцер; 2 - перепускной клапан; 3 - ротор насоса; 4 - электродвигатель; 5 - обратный клапан; 6 - отводной штуцер.

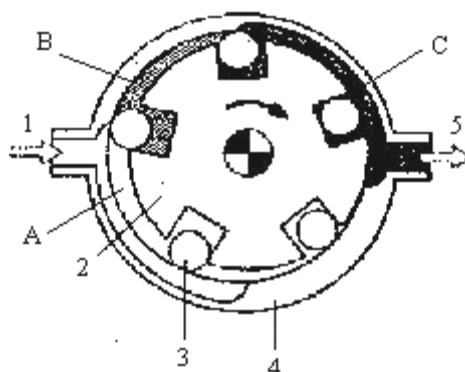


Рис. 3.5. Схема работы роторного насоса

1 - входной штуцер; 2 - роторный диск; 3 - ролик; 4 - корпус(статор); 5 - выход топлива под давлением; А - зона всасывания; В - зона сжатия; С - зона рабочего давления.

Давление топливоподачи и производительность насоса существенно превышают рабочее давление системы (обычно 0,2 - 0,3 МПа ) и потребность двигателя в топливе. За счет этого исключается влияние загрязненности топливного фильтра на функционирование системы и обеспечивается постоянная циркуляция топлива.

**Электронный блок управления (ЭБУ).** Электронный контроллер (или ЭБУ) является основным блоком системы FORD CFI. На основании поступающей от датчиков информации, ЭБУ управляет системой впрыска топлива, зажиганием и эмиссией выхлопных газов в соответствии с обычными критериями оптимизации.

ЭБУ расположен в передней нижней части салона со стороны пассажира. Все электронные компоненты блока размещены на одной печатной плате, помещенной в стеклопластиковый кожух. С помощью 25-контактного штекера ЭБУ подсоединен к аккумуляторной батарее, датчикам и исполнительным механизмам.

Функциональная схема электронного управления двигателем изображена на рис. 3.6.

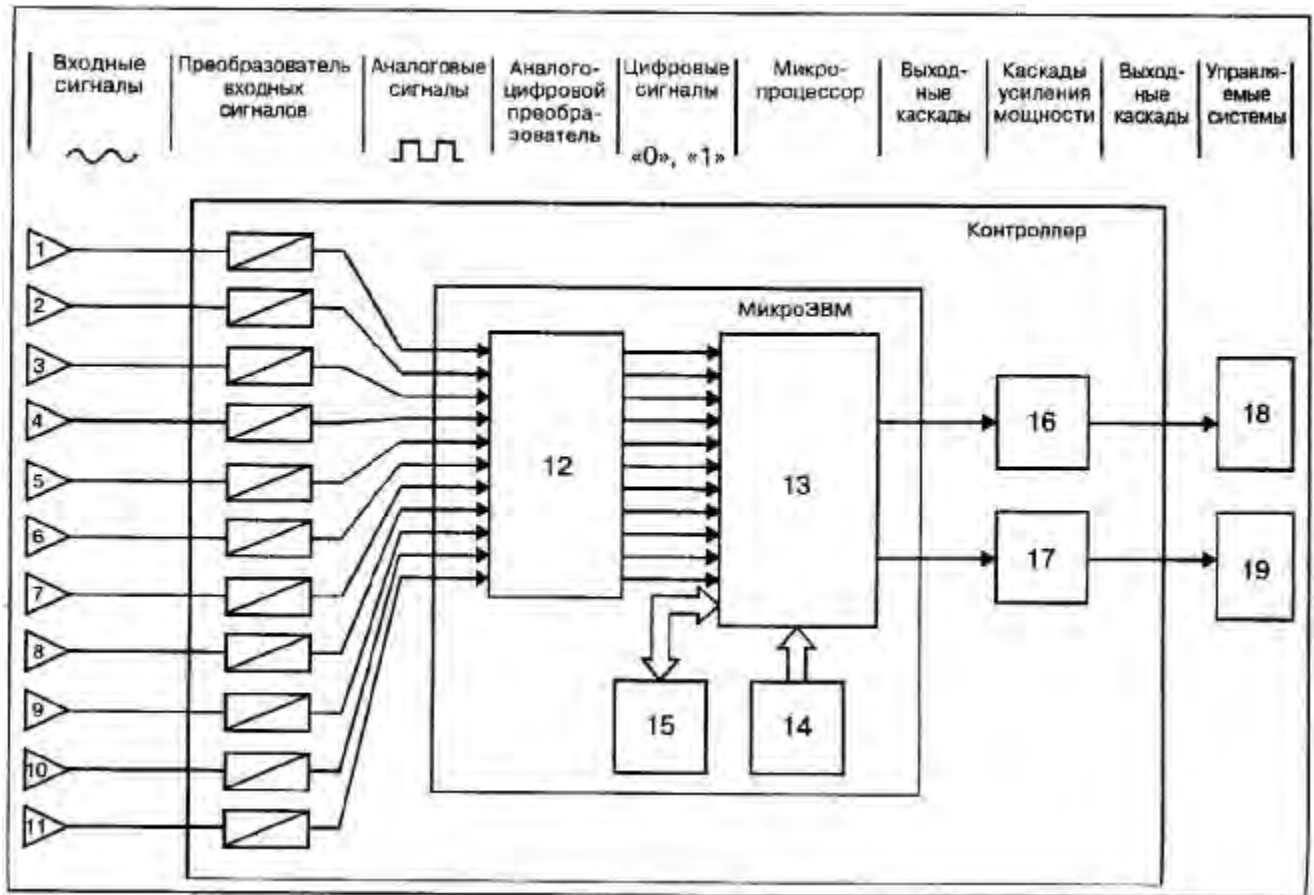


Рис. 3.6. Функциональная схема электронного управления двигателем:

1 - угловое положение коленчатого вала; 2 - частота вращения коленчатого вала двигателя; 3 - температура всасываемого воздуха; 4 - температура охлаждающей жидкости; 5 - давление во впускном трубопроводе; 6 - напряжение аккумуляторной батареи; 7 - положение дроссельной заслонки; 8 - информация о режиме пуска; 9 - жесткость сгорания, детонация; 10 - состояние двигателя, компрессия; 11 -  $\lambda$ -зонд; 12 - аналого-цифровой преобразователь; 13 - микропроцессор, входные и выходные схемы; 14, 15 - постоянный и промежуточный блоки памяти; 16, 17 - каскады усиления; 18 - система питания; 19 - система зажигания.

Как видно из приведенной схемы, контроллер получает и обрабатывает сигналы, полученные от:

- 1) датчика положения дроссельной заслонки;
- 2) датчика температуры всасываемого воздуха;
- 3) датчика температуры двигателя;
- 4) датчика содержания кислорода в отработавших газах;
- 5) датчика абсолютного давления во впускном коллекторе;
- 6) датчика частоты и угла поворота коленчатого вала двигателя;
- 7) датчика детонации.

Сигнал датчиков - *аналоговый*, т.е. к контроллеру поступают не натуральные измеряемые величины (давление, температура и т.д.), а их электрический аналог - ток определенной силы и напряжения.

**Микропроцессор 13** (рис. 3.6) ЭБУ может обрабатывать только цифровую информацию, представленную в двоичной системе счисления. То есть все данные должны быть представлены комбинацией только 2-х цифр: **0** и **1**.

Перевод аналогового сигнала в двоичную систему счисления осуществляется *аналого-цифровым преобразователем 12 (АЦМ)*, который является неотъемлемой составной частью электронного блока управления.

Все арифметические операции производятся процессором в соответствии с программой, заложенной в *блоке памяти 14*. При этом используется *блок оперативной памяти 15*. Необходи-

димая тактовая частота процессора (6 МГц) обеспечивается встроенным *кварцевым осциллятором*.

Выходные сигналы микроЭВМ не могут быть использованы для непосредственного управления форсункой, насосом, приводом дроссельной заслонки, клапаном очистки угольной емкости в связи с их малой мощностью. Только после прохождения их через *выходные каскады усиления 16 и 17* они превращаются в команды (электрические сигналы), воздействующие на систему питания и зажигания.

Электронные детали контроллера запитываются напряжением 5 В, постоянство которого поддерживается *стабилизатором напряжения*, установленным на теплоотводе основной платы.

**Центральный узел впрыска** системы FORD CFI укреплен болтами непосредственно на впускном коллекторе. Его корпус отцентрирован в потоке поступающего воздуха с помощью специального кронштейна и сконструирован в соответствии с принципами потока жидкости.

Центральный узел впрыска (инжектор) условно можно разделить на нижнюю и верхнюю части (см. рис. 3.7).

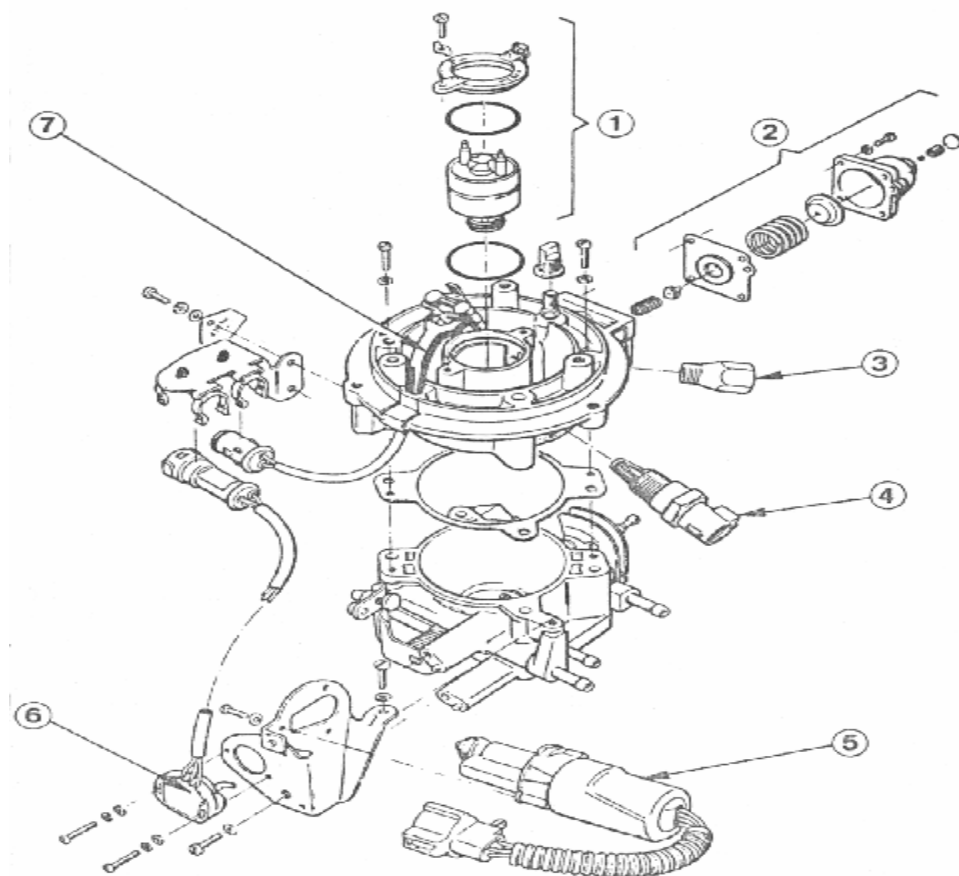


Рис. 3.7. Центральный узел впрыска в сборе.

1 - электромагнитная форсунка с элементами крепления, резиновые уплотнения; 2 - блок регулятора давления топлива; 3 - соединитель подачи топлива; 4 - датчик температуры всасываемого воздуха; 5 - приводящий мотор дроссельной заслонки (регулятор холостого хода); 6 - датчик положения дросселя (потенциометр); 7 - электропроводящие соединения топливной форсунки.

*Нижняя часть центрального узла впрыска* содержит: дроссельную заслонку с потенциометром 6 ее углового положения и приводной электродвигатель 5 управления оборотами холостого хода, установленный сбоку инжектора на специальном кронштейне.

В *верхней гидравлической части* расположены: топливная форсунка 1, регулятор давления 2, топливные каналы, датчик температуры 4 поступающего воздуха.

**Электромагнитная форсунка.** Топливная форсунка с электромагнитным управлением обеспечивает точную дозировку топлива и его оптимальное распыление во впускном коллекторе. При этом размер частиц раздробленного топлива составляет 20 .. 50 мкм (при карбюраторном варианте смешивания - около 100 мкм).

Топливная форсунка (рис. 3.8) состоит из корпуса клапана и клапанной группы. Корпус клапана включает в себя обмотку 8 соленоида и электрические соединения с выходным штекером 7. В клапанную группу входит запорный клапан 10 с иглой 11 и подпружиненный якорь соленоида 9.

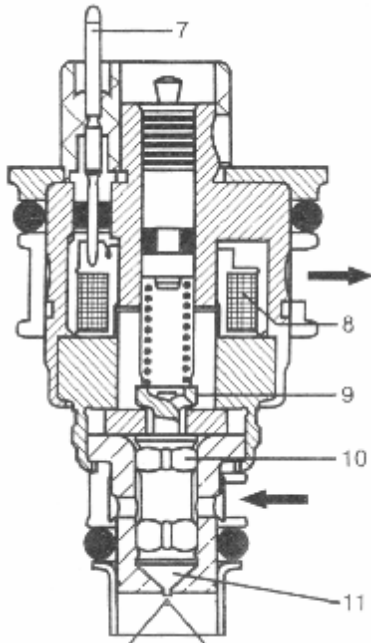


Рис. 3.8. Электромагнитная форсунка

Если к обмотке соленоида не приложено напряжение, то витая пружина, содействующая системному давлению, прижимает иглу клапана к его седлу. При подаче тока в обмотки происходит срабатывание соленоида. Под действием создающегося при этом магнитного поля запорный клапан 10 перемещается вверх. Игла клапана поднимается примерно на 0,06 - 0,1 мм от седла и топливо, поступая к распылителю, выходит в виде конусного факела через кольцевое отверстие. Форма наконечника иглы, выступающего из соплового отверстия, способствует хорошему распылению топлива.

Размер щели между наконечником иглы и корпусом клапана определяет "статическое количество топлива" (максимальный поток топлива при постоянно открытом клапане). "Динамическое количество топлива", впрыскиваемое при прерывистой работе, зависит также от клапанной пружины, массы иглы клапана, характеристик магнитного контура и выходного каскада ЭБУ.

Когда давление топлива постоянное, то количество топлива, действительно впрыснутое форсункой, зависит только от длительности подачи управляющего сигнала и скорости срабатывания клапана. Ввиду того, что каждый импульс от системы зажигания инициирует импульс впрыска, форсунка должна иметь максимально короткое время включения. Время срабатывания и сброса составляют менее 1 мсек благодаря незначительной массе якоря и иглы, а также оптимальному магнитному контуру. В связи с этим гарантируется точная дозировка даже малейшего количества топлива.

Пропускная способность форсунки составляет 393 см<sup>3</sup>/мин.

Сопротивление обмотки при температуре 20 °С - (1,3 ± 0,2) Ом.

Рабочее напряжение между штекерами:

при запуске двигателя	250 мВ
на холостом ходу при непрогретом двигателе	150 мВ
на холостом ходу при прогретом двигателе	90 мВ

Причем указанные величины напряжений необходимы для открытия клапана форсунки, а для удержания его в открытом положении необходимо пониженное напряжение.

На холостом ходу топливная форсунка открывается на каждом втором такте впуска, при движении автомобиля – при каждом такте впуска.

Сверху и снизу форсунка уплотнена с помощью 2-х резиновых колец. Избыточное топливо по двум потокам (один из которых проходит через форсунку, а второй – вокруг нее) и далее, через верхний канал в кронштейне форсунки, поступает к регулятору давления. Двухпоточность возвратной топливной магистрали, конфигурация и расположение топливных каналов в инжекторе способствуют интенсивному охлаждению форсунки, исключают образование паровых "пробок" и обеспечивают в системе FORD CFI хорошие условия для запуска двигателя.

**Регулятор давления топлива** – механический, диафрагменного типа. Сливаемое из форсунки топливо непосредственно воздействует на диафрагму регулятора (см. рис. 3.3 и 3.7), которая начинает перемещаться вправо, сжимая витую цилиндрическую пружину при давлении (0,1 ± 0,01) МПа. В результате топливо, через открывшийся плоский клапан, возвращается в бак.

Величина хода запорного клапана изменяется в зависимости от количества подаваемого и действительного требуемого количества топлива. Характеристика пружины и площадь диафрагмы подобраны так, что управляемое давление остается постоянным в очень узких пределах в широкой области давлений. Благодаря специальному каналу в корпусе инжектора, соединенному с отверстием в регуляторе, давление в пружинной камере регулятора соответствует дав-

лению в точке впрыска на форсунке.

Конструкция узла предусматривает регулировку предварительного натяга цилиндрической пружины. Регулировочный винт ввернут в торец корпуса пружинной камеры и прикрыт специальной заглушкой.

Когда двигатель выключается, то подача топлива прекращается. Контрольный клапан в электрическом топливном насосе, так же как и клапан регулятора давления закрываются. В результате давление в подающем топливопроводе и в "гидравлической" секции инжектора поддерживается в течение заданного промежутка времени. Остаточное давление через 1 минуту после выключения двигателя составляет не менее 0,05 МПа.

**Датчик положения (потенциометр) дроссельной заслонки.** В зависимости от угла  $\alpha$  открытия дроссельной заслонки потенциометр вырабатывает аналоговый сигнал определенной величины, на основании которого ЭБУ рассчитывает положение дросселя и угловую скорость его перемещения.

*Положение дроссельной заслонки* используется для:

- расчета количества воздуха (определяет проходное сечение впускного коллектора);
- определения продолжительности впрыска;
- обратной связи от привода дроссельной заслонки (прогрев и холостой ход).

*Угловая скорость вращения дроссельной заслонки* используется для компенсации при переходах между различными нагрузочными режимами (интенсивный разгон, принудительный холостой ход и т.д.).

Электрические соединения и дорожки сопротивления потенциометра находятся на пластмассовой пластине, укрепленной 2 винтами на кронштейне регулятора холостого хода. Привод рычага потенциометра – механический; максимальный угол перемещения -  $90^{\circ}$ . Напряжение питания – 5В.

Сектор 5 первой дорожки сопротивления (рис. 3.9) покрывает диапазон углов от  $0^{\circ}$  до  $24^{\circ}$ , а сектор 7 второй дорожки - диапазон от  $18^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ . Покрытие рабочих секторов обеих дорожек является токопроводящим, но при этом сопротивление материала покрытий – разное. Падение напряжения является линейным вдоль каждой дорожки сопротивления.

Распределение угла открытия дроссельной заслонки на две дорожки сопротивления обеспечивает высокий уровень разрешения сигнала, особенно на ХХ и при малых нагрузках, когда ошибка в измерении  $\alpha$  в  $1,5^{\circ}$  приводит к погрешности расчета относительного количества воздуха до 17 %.

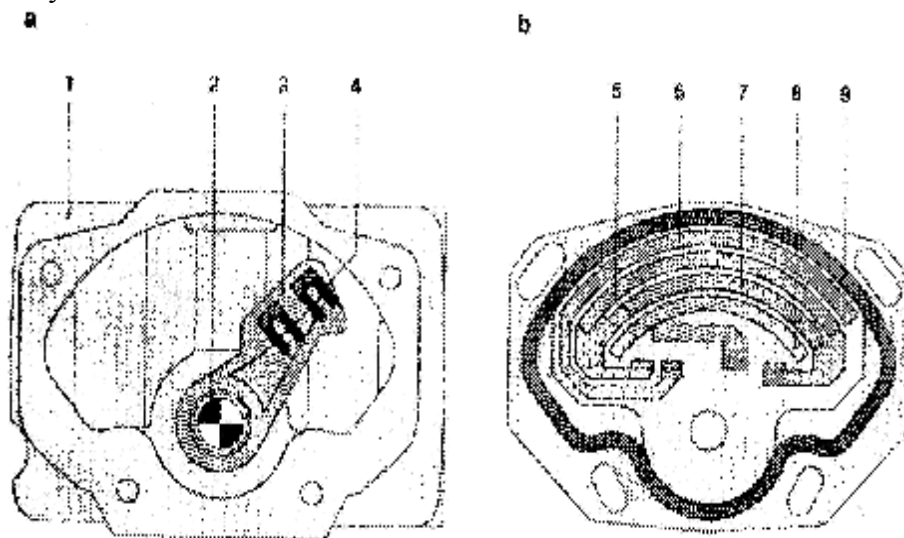


Рис. 3.9. Датчик положения дроссельной заслонки

1 - корпус; 2 - ось дроссельной заслонки; 3 - рычаг потенциометра; 4 - щетки; 5, 7, 6, 8 - рабочие сектора и сборные дорожки соответственно первой и второй дорожек сопротивления; 9 - уплотнительное кольцо.

В потенциометре имеются сборные дорожки 6 и 8, которые располагаются параллельно соответствующей дорожке сопротивления.

Рычаг потенциометра 3 имеет четыре щетки, каждая из которых контактирует с одной из дорожек. Щетки для каждой пары сборной дорожки и дорожки сопротивления соединены вместе. Соединения являются токопроводящими, т.е. сигнал с каждой дорожки сопротивления пе-



редается к сборной дорожке, с вывода которой снимается измеряемая величина.

Сигнал о величине угла  $\alpha$  от каждой дорожки сопротивления обрабатывается в ЭБУ отдельно по разным каналам аналого-цифровых преобразователей. ЭБУ оценивает только соотношение напряжений и, поэтому, старение дорожек потенциометра не влияет на точность измерений.

Для предотвращения попадания влаги и грязи в канавку вокруг пластины потенциометра установлено тороидальное уплотнительное кольцо 9. Камера потенциометра соединяется с атмосферой с помощью устройства вентиляции.

**Датчик температуры поступающего воздуха.** Измеряет температуру воздуха, поступающего в двигатель. Сигнал от датчика используется ЭБУ как корректирующий коэффициент при расчете количества воздуха, проходящего через впускной коллектор (чем выше температура, тем меньше плотность воздуха).

Измерительным элементом датчика 4 (см. рис. 3.7) является резистор с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления: при высокой температуре – сопротивление низкое (рис. 3.10), и, наоборот: при  $-10^{\circ}\text{C}$  — 8460 ... 10340 Ом; при  $+80^{\circ}\text{C}$  — 297 ... 363 Ом. При  $20^{\circ}\text{C}$  сопротивление датчика составляет  $(2500 \pm 250)$  Ом.

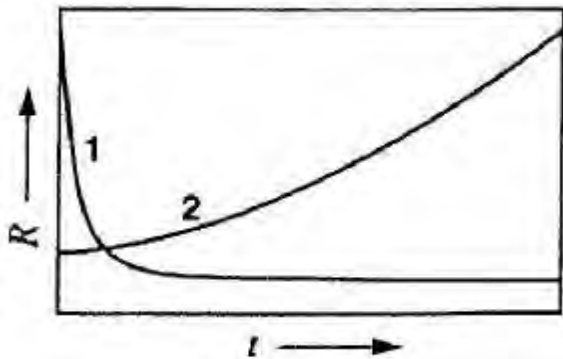
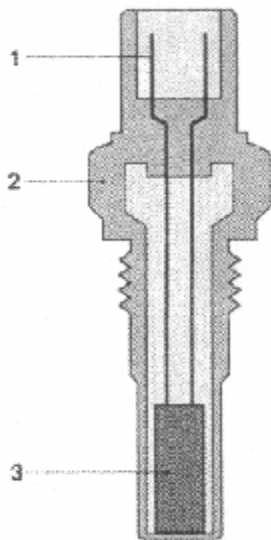


Рис. 3.10. Характеристики температурных датчиков

1-терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом (negative temperature coefficient NTC); 2-терморезистор с положительным температурным коэффициентом (positive temperature coefficient PTC);  $t$ -температура;  $R$ -сопротивление

Датчик ввернут в корпус инжектора. Чувствительный элемент (резистор) находится в зоне, где скорость проходящего воздушного потока максимальна.



**Датчик 31 температуры двигателя (охлаждающей жидкости)** представляет собой резьбовую втулку (рис. 3.11), в корпусе 2 которой находится термистор 3 (полупроводниковый резистор, с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления).

Чувствительный элемент датчика находится в контуре охлаждения двигателя. При температуре охлаждающей жидкости  $-10^{\circ}\text{C}$  сопротивление составляет 8000 ... 11000 Ом; при  $+20^{\circ}\text{C}$  — 2000 ... 4000 Ом; при  $+50^{\circ}\text{C}$  — 600 ... 900 Ом; при  $+80^{\circ}\text{C}$  — 200 ... 400 Ом; при  $+90^{\circ}\text{C}$  — 100 ... 300 Ом. Датчик измеряет температуру двигателя и подает электрический сигнал на ЭБУ.

**Двигатель управления дроссельной заслонкой (регулятор 5 холостого хода, рис. 3.7.)** представляет собой электродвигатель постоянного тока, поворачивающий ось дроссельной заслонки, а, следовательно, и саму заслонку ("винт количества").

В зависимости от направления вращения якоря (определяется полярностью приложенного к электродвигателю напряжения), управляющий вал 6 (см. рис 3.12) может выдвигаться и открывать дроссельную заслонку, или втягиваться и уменьшать угол открытия дроссельной заслонки в пределах заданной угловой зоны, обеспечивая требуемый режим холостого хода двс.

Вращательное движение якоря электродвигателя преобразуется в поступательное движение управляющего вала следующим образом. На конце вала 1 электродвигателя напрессована бронзовая шестерня 2. Вращательное движение вала электродвигателя, посредством 2-х прямозубых зацеплений с общим передаточным числом  $U = 6,25$  (вал-блок-шестерня 3 и зубчатое колесо 4 –пластмассовые), передается винту 5, гайкой которого является управляющий вал

6, воздействующий на рычаг дроссельной заслонки. На другом конце управляющего вала имеется прямоугольный выступ, который входит в продольный паз пластмассового корпуса 7, исключая проворот "гайки" при вращении винта, но, не препятствуя при этом ее осевому перемещению.

Управляющий вал включает в себя контакт 8 выключателя, который замыкается при полностью отпущенной педали подачи топлива. В этом случае под действием возвратной пружины, рычаг дроссельной заслонки упирается в торец приводного вала, а замкнутое состояние контакта 8 является сигналом для ЭБУ о режиме холостого хода.

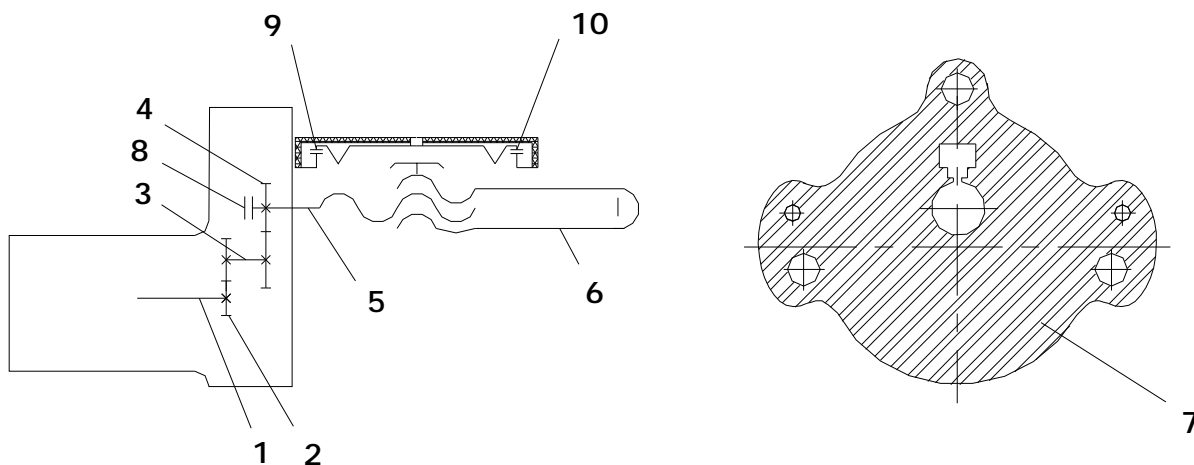


Рис. 3.12. Принципиальная схема привода дроссельной заслонки

Концевые выключатели 9 и 10 ограничивают перемещение управляющего вала, отключая приводной электродвигатель. При срабатывании концевика 9 заслонка полностью перекрывает впускной коллектор; при срабатывании концевика 10 заслонка занимает угловое положение, соответствующее устойчивой работе непрогретого двигателя на холостом ходу при повышенных оборотах.

**Датчик угловых импульсов и частоты вращения коленчатого вала двигателя.** Информация об угловом положении и частоте вращения коленчатого вала поступает в ЭБУ от датчика (рис. 3.13.), который установлен в приливе блока 3 цилиндров напротив отформованного на маховике обода 6, имеющего 36 равноудаленных зубьев особой конфигурации.

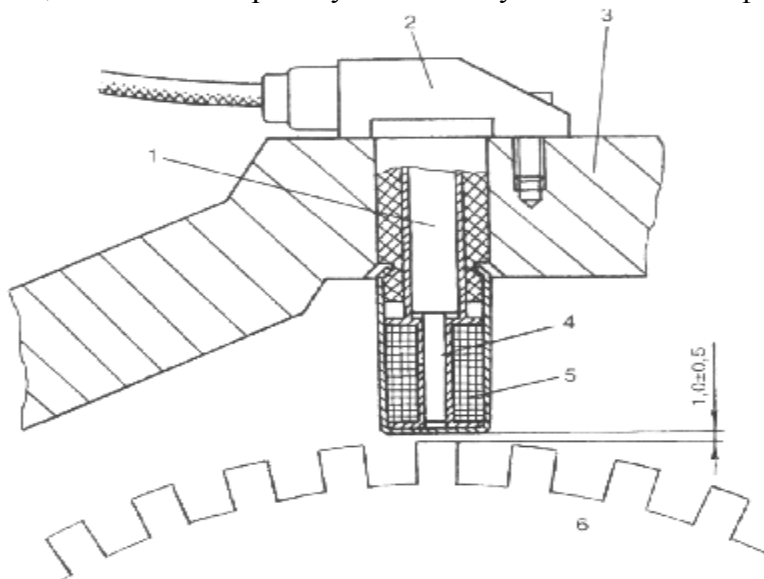


Рис. 3.13. Датчик угловых импульсов и частоты вращения коленчатого вала двигателя

Датчик представляет собой индуктивный генератор, магнитное поле которого изменяет свои параметры при прохождении под наконечником впадины или зуба. Генерируемый сигнал - импульс напряжения переменного тока, который после преобразования используется ЭБУ для

определения частоты вращения коленчатого вала двигателя. За один полный оборот коленчатого вала датчик выдает 36 импульсов.

При угловом шаге в  $9^{\circ}40'$  на маховике могло бы быть 37 зубьев, однако один зуб, из числа возможных, отсутствует. Угловое положение коленчатого вала определяется электронным блоком по пропуску сигнала, что соответствует  $90^{\circ}$  до верхней мертвой точки I-го цилиндра.

**Датчик абсолютного давления 21**, расположенный с правой задней части моторного отсека (рис. 3.2), соединен вакуумной трубкой с поддроссельным пространством центрального узла впрыска. Датчик измеряет степень разрежения во впускном коллекторе и поставляет эту информацию ЭБУ для вычисления массы воздуха и нагрузки двигателя при любом текущем положении дроссельной заслонки.

Датчик имеет несколько вариантов конструктивного исполнения.

Одна из возможных конструкций датчика изображена на рис. 3.14. Основной элемент датчика - микросхема (Silicon-Chip) 5 с пьезоэлементом 1, имеющим площадь  $3 \text{ мм}^2$  и толщину  $0,25 \text{ мм}$ . Давление из впускного трубопровода воздействует на мембрану 2, последняя прогибается, деформируя (сжимая) пьезоэлемент 1. За счет деформации пьезоэлемента возникает электрический ток.

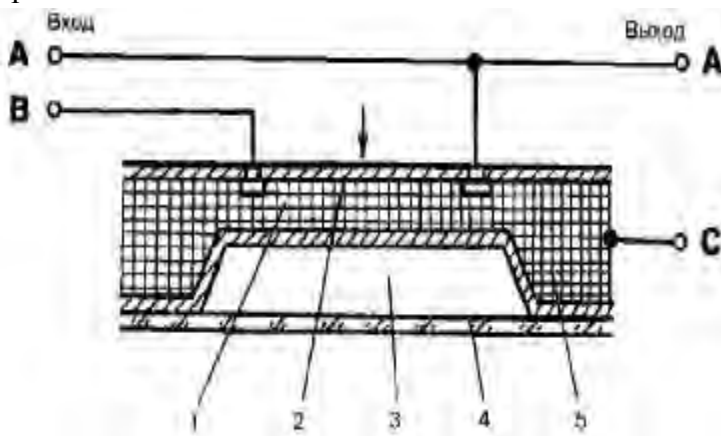


Рис. 3.14. Датчик давления воздуха

К датчику подводится напряжение питания 5В (клемма "А", "В"), называемое также эталонным напряжением. Перепад давления между вакуумной камерой 3 (давление в ней  $0,01 \text{ МПа}$ ) и впускным трубопроводом вызывает усилие, воздействующее через мембрану 2 на пьезоэлемент 1. Чем больше давление, тем больше вырабатывается "пьезоэлектричества" и тем меньше получаем падение эталонного напряжения на выходе из датчика (клемма "А", "С").

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

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

**Пневмодинамический метод расчета воздуха.** Ширина импульса впрыска зависит от массы поступающего в цилиндры воздуха. В системе FORD CFI для постоянного измерения расхода воздуха используется *пневмодинамический метод*, основой которого является измерение перепада давления до и после дроссельной заслонки. Количество воздуха, проходящее через впускной коллектор, определяется по формуле:

$$Q = S_{\text{пр}} \cdot v_{\text{в}} \cdot t_{\text{им}};$$

где  $S_{\text{пр}}$  – проходное сечение впускного коллектора;  
 $v_{\text{в}}$  – скорость движения воздуха;  
 $t_{\text{им}}$  – длительность импульса подачи топлива.

Скорость движения воздуха определяется по уравнению Бернулли:

$$v_{\text{в}} = \varphi_{\text{в}} \cdot \sqrt{2(p_1 - p_2) / \rho_{\text{в}}};$$

где  $\varphi_{\text{в}}$  – коэффициент сопротивления движению воздуха;  
 $p_1, p_2$  – давление во впускном коллекторе соответственно до и после дросселя, МПа;  
 $\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .

Проходное сечение зависит от угла поворота дроссельной заслонки, измеряемого реохордным датчиком (потенциометром).

Электронный блок системы питания, получая сигналы датчиков абсолютного давления и углового положения дроссельной заслонки, по приведенной выше формуле вычисляет объемный расход воздуха, затем пересчитывает его в массовый расход, а по нему – коэффициент избытка воздуха.

При переходных процессах, вызванных перемещением дроссельной заслонки, плотность воздуха не является постоянной величиной. На этой фазе воздух, поступающий во впускной коллектор, как бы "растягивается" в большей или меньшей степени по сравнению с аналогичным процессом при стационарном положении педали управления двигателем. Это генерирует погрешность в расчете массовой доли воздуха со всеми вытекающими отсюда последствиями. Компенсация достигается за счет ввода поправочных коэффициентов, величины которых зависят от мгновенных значений давления за дроссельной заслонкой (датчик абсолютного давления).

**Зажигание.** Продолжительность впрыска топлива форсункой *синхронизирована по фазе* с углом опережения зажигания. База данных содержит угол опережения (момент) зажигания как функцию нагрузки и оборотов двигателя. Информация об оборотах двигателя и установочные сигналы для I-го цилиндра обеспечиваются индуктивным датчиком, установленным в приливе блока цилиндров (см. рис. 3.13). Коррекция по установке угла опережения вводится в зависимости от температуры двигателя и поступающего воздуха; углового положения и угловой скорости открытия дроссельной заслонки.

Катушка зажигания каждого цилиндра управляется своим выходным каскадом контроллера. При этом на свечи подается ток высокого напряжения (до 32 кВ).

Диапазон регулирования угла опережения зажигания составляет  $59^{\circ}$  (по коленчатому валу) для каждого цилиндра.

**Выхлопная система и система нейтрализации отработавших газов.** Выхлопная система состоит из выпускного коллектора, передней отводящей трубы 1 (рис. 3.15), каталитического конвертера 3, промежуточной трубы с дополнительным глушителем 4, задней трубы с основным глушителем 5, соединительных элементов с уплотнениями. Система по всей длине удерживается резиновыми подвесками 8 и 9.

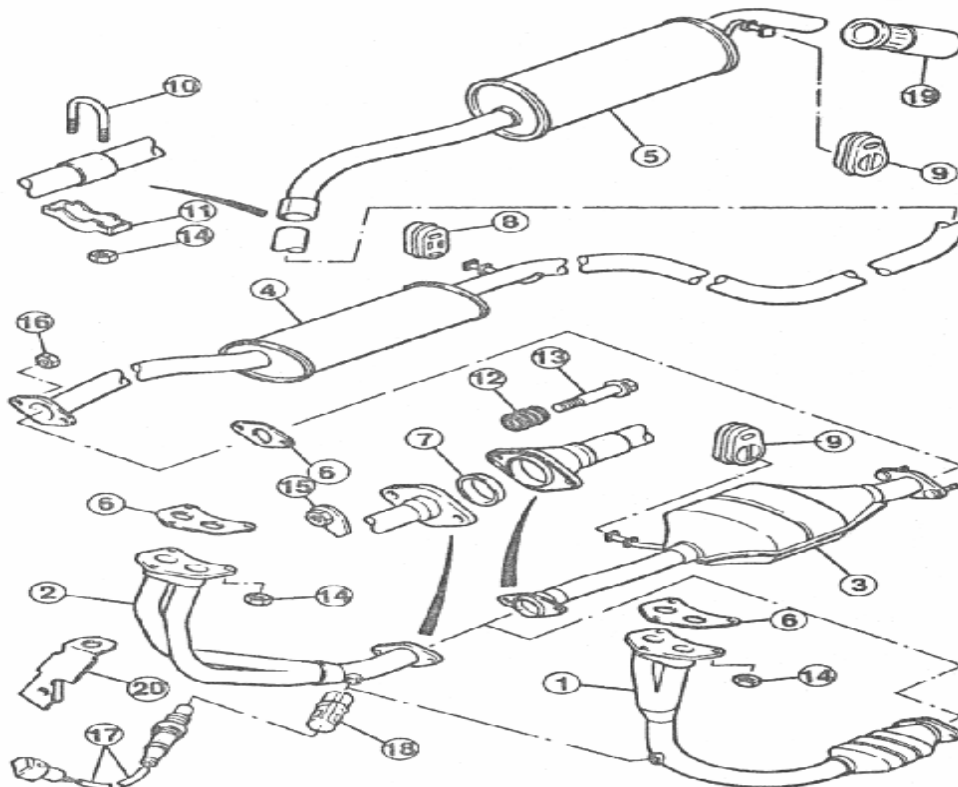


Рис. 3.15. Выхлопная система автомобиля Ford Escort.

**Каталитический конвертер.** Помимо безвредных соединений, в выхлопных газах бензинового двигателя содержатся несколько вторичных соединений, оказывающих пагубное воздействие на окружающую среду. Вредные выбросы составляют примерно 1,5 % в общем объеме выхлопных газов. К основным загрязнителям относят: окись углерода (СО), окислы азота (NO<sub>x</sub>) и углеводороды (НС).

*Каталитический конвертер* предназначен для уменьшения количества загрязнителей, поступающих в атмосферу с отработавшими газами.

*Сущность процесса каталитической нейтрализации* заключается во взаимодействии токсичных компонентов отработанных газов между собой или с избыточным кислородом в присутствии *катализатора*, ускоряющего реакции окисления и восстановления.

Трехступенчатый каталитический конвертер нейтрализует все 3 вида загрязнений: активизирует дожигание СО и НС для образования безвредных двуокиси углерода (СО<sub>2</sub>) и воды (Н<sub>2</sub>О); преобразует окислы азота (NO<sub>x</sub>), содержащиеся в выхлопных газах, в нейтральный азот (N<sub>2</sub>). Лучшие образцы каталитических нейтрализаторов преобразовывают в безвредные соединения до 95 % вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах. Однако их эффективность снижается на 50 % после пробега в 100000 км.

Реализация простого, на первый взгляд, принципа работы конвертера – пропускание отработанных газов через металлическую сетку, покрытую каталитическим материалом, - на практике имеет ряд проблем, связанных с обеспечением механической прочности, достижением нужной эффективности и долговечности работы таких устройств.

Жесточайшие условия эксплуатации конвертера (температура рабочего тела 700 °С ...1000 °С, большие колебания давления и скорости истечения газов, механические удары и вибрации) обуславливают повышенные требования к катализатору и его носителю.

В современных конструкциях применяют, в основном, *монолитные носители*, представляющие собой блок с большим количеством продольных каналов размером от 1 до 2 мм. Общее проходное сечение всех каналов составляет не менее 75% - 80 % сечения блока. Материал носителя – тугоплавкий окисл алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или вспененная керамика.

Поверхность каналов носителя покрыта тончайшим слоем каталитического материала, который при протекании химических процессов нейтрализации не вступает во взаимодействие с другими компонентами и не входит в состав конечных продуктов реакции.

Наиболее универсальными являются катализаторы на основе благородных металлов, к которым относятся рутений, родий, палладий и платина. Например, на многих моделях для окисления СО и НС используется платина, а для восстановления NO<sub>x</sub> до N<sub>2</sub> - родий.

*Предпосылкой для каталитического преобразования является работа двигателя на стехиометрической топливо-воздушной смеси оптимального состава, т. е. смеси, которая характеризуется коэффициентом избыточного воздуха  $\lambda = 1$ .* Для достижения высоких степеней очистки по 3 компонентам (СО, НС и NO<sub>x</sub>) работа катализатора должна протекать только при таком коэффициенте избыточного воздуха. Отклонение лишь в 1 % имеет неблагоприятное воздействие на обработку выхлопных газов (см. рис. 3.16), так как при этом снижение концентрации СО и НС приведет к неизбежному повышению концентрации NO<sub>x</sub>.

Вместе с тем, невозможно поддерживать постоянное соотношение воздух- топливо в очень узкой области с помощью управления без обратной связи. Это объясняется тем, что электронная система, в принципе, обеспечивает точную дозировку топлива, но не имеет возможности проследить результаты для последующей обработки и коррекции количества впрыскиваемого топлива. Единственным решением является использование очень точного и практически безинерционного управления составом смеси с обратной связью, осуществляемой с помощью специального датчика концентрации кислорода в отработанных газах.

Постоянно обновляющиеся результаты анализа состава выхлопных газов позволяют ЭБУ очень точно корректировать количество впрыскиваемого топлива, восстанавливая оптимальный, с точки зрения нейтрализации, состав смеси.

**Датчик концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонд).** Для эффективной работы каталитического конвертера необходимо добиться максимальной полноты сгорания топлива в цилиндрах, что, в

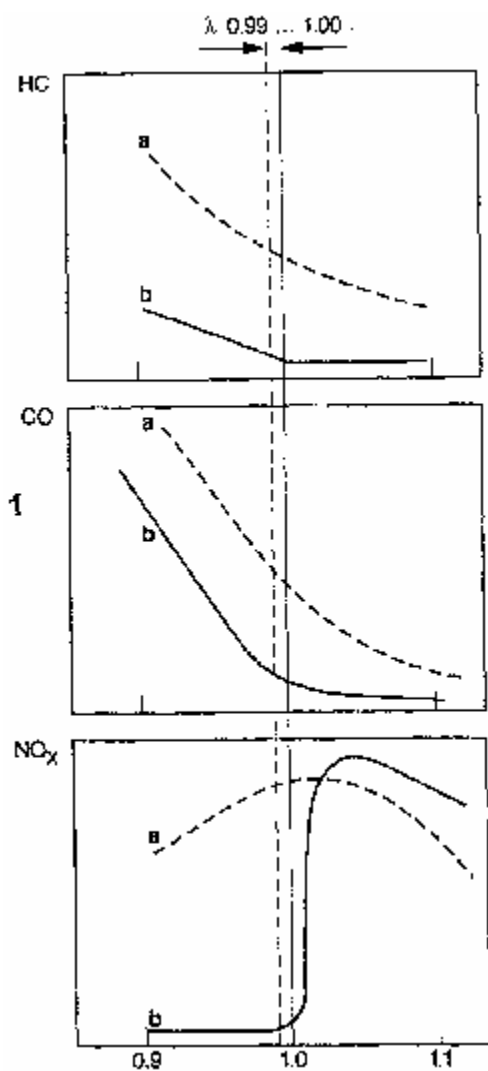


Рис.3.16

площадь активного контакта электродов подобраны таким образом, что при сгорании в цилиндрах двигателя стехиометрической смеси в выходном напряжении датчика происходит скачок (рис. 3.18). Ширина диапазона скачкообразного изменения сигнала (от 200 до 800 мВ) позволяет качественно и заблаговременно корректировать состав топливо-воздушной смеси на любом режиме работы двигателя.

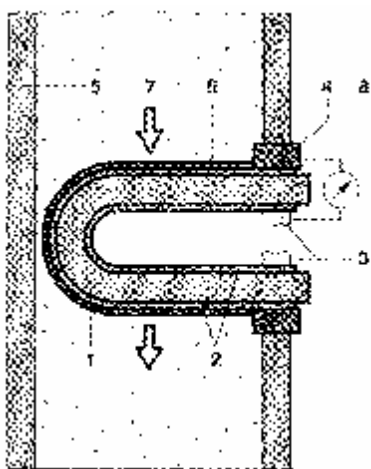


Рис.3.17

общем-то, возможно при поддержании состава топливо - воздушной смеси в соотношении 1:14,7 на всех режимах работы двигателя. Лямбда-зонд, находящийся в потоке отработавших газов, измеряет содержание кислорода в выхлопе и подает на ЭБУ аналоговый сигнал определенной величины. ЭБУ использует этот сигнал для корректировки состава топливо-воздушной смеси, изменяя ширину импульса впрыска (время открытого состояния форсунки).

Резьбовая часть корпуса датчика кислорода 17 (рис. 3.15) вворачивается в переднюю отводящую трубу 2 выхлопной системы. Чувствительный элемент лямбда-зонда находится в потоке отработавших газов 7 (рис. 3.17.), причем наружный электрод окружен выхлопными газами, а внутренний электрод соединен с атмосферой 8.

Чувствительный элемент  $\lambda$ -зонда изготовлен из специального керамического материала (как правило, двуокиси циркония спеченного с керамикой), покрытого тончайшим газопроницаемым слоем 2 платины.

Циркониево-керамический диоксид представляет собой твердый электролит, а платиновые покрытия выполняют функцию электродов. При высоких температурах керамика становится проводящей и, так как концентрация кислорода на одном из электродов отличается от концентрации на другом, то между ними генерируется напряжение, величина которого фиксируется контроллером.

Физико - механические свойства керамического материала и микропористых платиновых покрытий (диаметр пор, коэффициент линейного расширения, токопроводность, внутреннее сопротивление и т.д.) и площадь

При обогащенной смеси (малое содержание кислорода в отработанных газах) разность концентраций  $O_2$  на электродах максимальна и, следовательно, выходное напряжение  $\lambda$ -зонда также имеет максимальную величину. В этом случае ЭБУ вырабатывает сигнал на уменьшение ширины импульса впрыска.

При обеднении смеси напряжение датчика уменьшается, а длительность впрыска топлива, соответственно, увеличивается. При выходе из строя датчика концентрации кислорода, корректировка состава смеси осуществляется "по умолчанию", т. е. по запрограммированной в контроллере величине, равной 450 мВ.

Поверх наружного платинового слоя, контактирующего с выхлопными газами, нанесено высокоадгезивное и высокопористое керамическое покрытие 6. Его функция – защита слоя платины от эрозии, вызванной попаданием твердых частиц, содержащихся в выхлопных газах.

Напряжение и внутреннее сопротивление датчика зависят

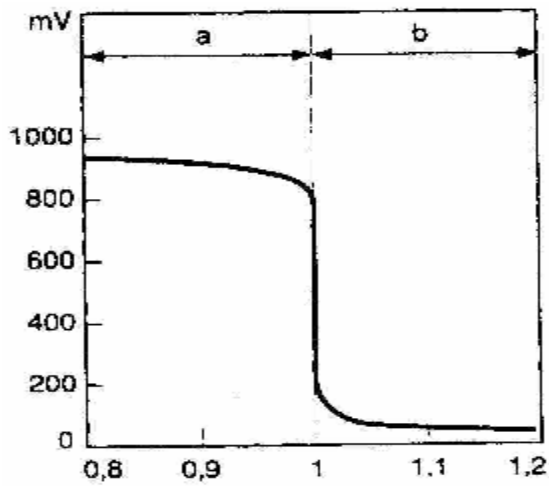
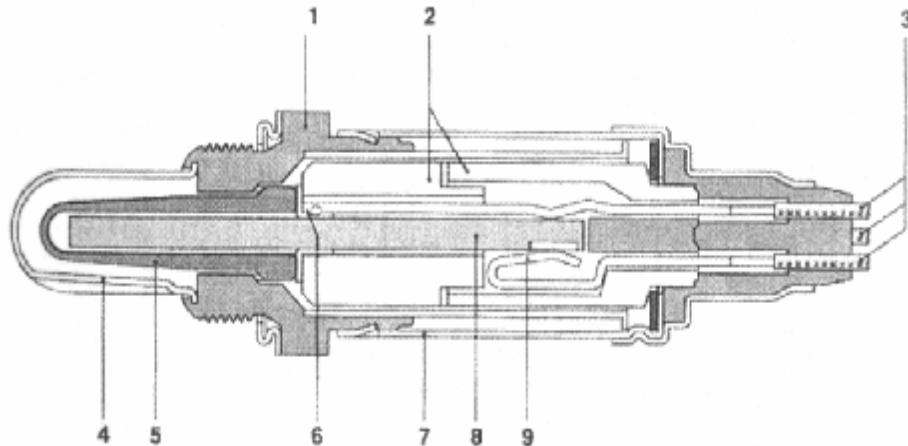


Рис.3.18

от его температуры. Эффективное управление с обратной связью возможно, когда температура выхлопных газов превышает  $350^{\circ}\text{C}$  (ненагреваемый датчик) или  $200^{\circ}\text{C}$  (нагреваемый датчик). Внутреннее сопротивление датчика при  $20^{\circ}\text{C}$  составляет 3 Ом, а при  $350^{\circ}\text{C}$  – 13 Ом.

Конструкция нагреваемого  $\lambda$  – зонда (рис. 3.19) идентична конструкции его ненагреваемой версии. Активная керамическая основа 5 датчика нагревается изнутри с помощью керамического нагревательного элемента 8 до температуры  $350^{\circ}\text{C}$ . Причем эта величина будет поддерживаться постоянной, даже если температура выхлопных газов ниже этого значения. Внутри керамического патрона 2 есть канал для подвода к элементу чистого воздуха.

Конец датчика, соприкасающийся с выхлопными газами, снабжен защитной трубкой 4 с уменьшенным, по сравнению с неподогреваемым  $\lambda$  –зондом, сечением отверстий, через которые отработавшие газы подводятся к чувствительному элементу. Помимо механической защиты, трубка эффективно уменьшает изменения температуры на датчике при переходах от одного нагрузочного режима к другому. Уменьшенный диаметр пропускных отверстий позволяет предотвратить избыточное охлаждение датчика при холодных выхлопных газах.

Рис. 3.19 Датчик концентрации кислорода ( $\lambda$  –зонд)

Преимущества нагреваемого  $\lambda$  –зонда:

1. Характеристики датчика не зависят от изменений температуры выхлопных газов;
2. Сокращается время ввода  $\lambda$  –управления в действие после запуска двигателя;
3. Снижается концентрация токсичных веществ в выхлопных газах благодаря уменьшенному времени реакции датчика;
4. Появляется возможность различных вариантов установки, так как датчик не зависит от внешнего нагрева.

**Система впрыска воздуха в выпускной коллектор (PAIR).** Первичная функция системы - уменьшение времени нагрева каталитического конвертера до рабочей температуры путем подачи дополнительного кислорода в выпускной коллектор двигателя.

Добавочный кислород способствует "дожиганию" продуктов неполного сгорания в выпускной системе и более полному окислению избыточных паров бензина в катализаторе, что ускоряет поднятие его температуры до рабочего уровня ( $700 - 800^{\circ}\text{C}$ ).

Система функционирует только в течении 60 сек. с момента запуска двигателя, когда датчик кислорода не влияет на соотношение топливовоздушной смеси.

Принципиальная схема системы впрыска воздуха в выпускной коллектор изображена на рис. 3.20.

Устройство состоит из: электромагнитного клапана 5 управления, пневматического клапана 13 впрыска, в корпус 6 которого встроен фильтрующий элемент 7 и обратное запорное устройство 8, гибких трубопроводов 9 и 10, металлических патрубков 1 - 4, соединенных с выпускным коллектором двигателя.

Оба клапана имеют два устойчивых состояния: "открыто" или "закрыто". При запуске двигателя по команде ЭБУ на обмотку 11 якоря электромагнитного клапана 5 подается напряжение, в результате чего клапан открывается. Разряжение из под дроссельного пространства инжектора передается в рабочую полость А клапана впрыска. Клапана 13, преодолевая сопротивление возвратной пружины, перемещается вправо, сообщая полость В с атмосферой. Воздух из основного фильтра 12 по шлангу 9 через дополнительный фильтр 7 попадает в выпускной коллектор. Разряжение, необходимое для всасывания воздуха, образуется в результате резонансных явлений в патрубках 1 - 4 системы PAIR, вследствие чего последние имеют довольно сложную конфигурацию.

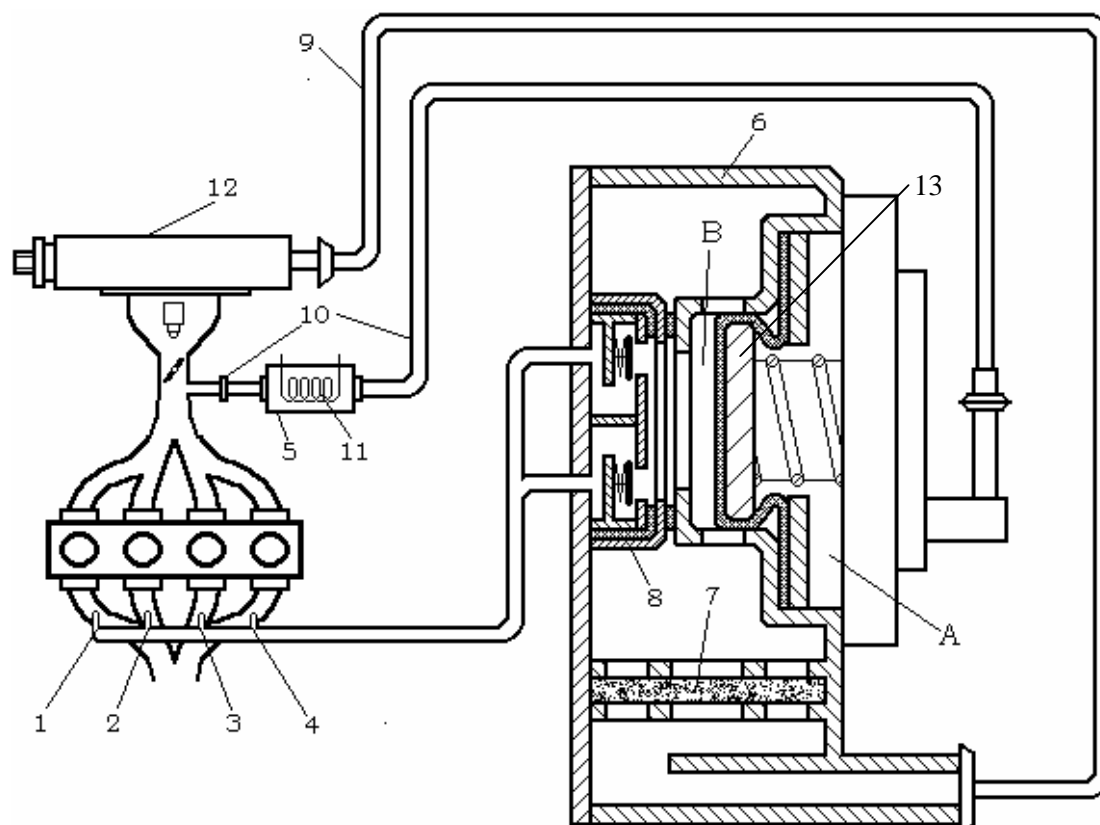


Рис. 3.20. Принципиальная схема системы впрыска воздуха в выпускной коллектор

Прорыв выхлопных газов к воздушному фильтру исключается благодаря запорному устройству 8, пропускающему поток газов только одного направления.

По истечении 60 сек с момента пуска, электронный блок управления формирует сигнал на закрытие электромагнитного клапана 5. При этом клапан 13 под действием возвратной пружины садится в седло и полость В разобщается с атмосферой. Подача дополнительного воздуха в выпускной коллектор прекращается.

**Система вентиляции картера** позволяет уменьшить вредные последствия прорыва паров топлива и отработавших газов в картер путем их принудительного отвода непосредственно во впускной коллектор двигателя. При этом исключается выброс нессожженных углеводородов в атмосферу и, что не менее важно, существенно повышается моторесурс двигателя за счет снижения интенсивности протекания процесса смолообразования в масле.

На двигателях 1,3 - HCS используется система вентиляции картера замкнутого типа, состоящая из вентиляционной пробки маслоналивного отверстия (со встроенным фильтром -



маслоотделителем) и шланга, соединяющего пространство под клапанной крышкой с кожухом воздушного фильтра. В кожухе воздушного фильтра имеется впускной дросселирующий клапан механического действия, регулирующий количество газов, отводимых из картера в зависимости от нагрузочного режима двигателя. Далее шланг идет от фильтра к впускному коллектору.

В режиме холостого хода и частичной нагрузки проходное сечение впускного клапана минимально, что ограничивает количество поступающих картерных газов и предотвращает, тем самым, избыточное загрязнение горючей смеси. Газы из-под клапанной крышки через прикрытый впускной клапан направляются в поддроссельное пространство впускного коллектора, где смешиваются с топливовоздушной смесью и вовлекаются в процесс сгорания. Для поддержания стабильного давления в картере и предотвращения наращивания в нем разряжения, в кожухе воздушного фильтра имеются два небольших отверстия, через которые подается дополнительный воздух.

В режиме полной нагрузки, когда разряжение во впускном коллекторе слабое, клапан полностью открывается, и картерные газы через кожух воздушного фильтра направляются в поддроссельное пространство и далее в камеры сгорания.

**Система управления выбросами паров топлива** предназначена для предотвращения выброса паров бензина из топливного бака в атмосферу. Согласно экологическому законодательству стран ЕЭС, автомобильные транспортные средства должны быть оснащены системой управления выбросами паров (рис. 3.21), основными элементами которой являются электромагнитный клапан 4 и топливный адсорбер 2.

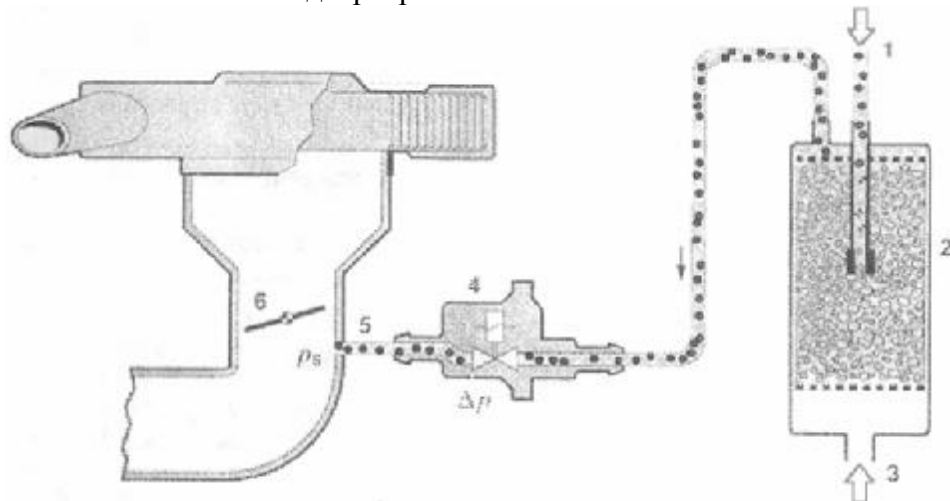


Рис. 3.21. Система управления выбросами паров топлива

Накопившиеся пары бензина из топливного бака по трубопроводу поступают к топливному адсорберу, представляющему собой емкость с активированным углем (рис. 3.22).

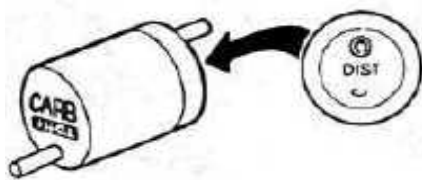


Рис. 3.22. Топливный адсорбер

Уголь улавливает углеводородные соединения, находящиеся в газообразном состоянии в парах топлива. Разница  $\Delta P$  между давлением во впускном коллекторе и атмосферным давлением обеспечивает продувку емкости с углем и перенос обогащенного углеводородами наружного воздуха из адсорбера ко впускному коллектору двигателя для участия в процессе сгорания.

Уровень регенерируемых газов определяется *активной площадью проходного сечения* клапана (зависит от величины подаваемого на него напряжения) и *нагрузочным режимом двигателя* (положением дросселя и частотой вращения коленвала).

Клапан работает циклично и управляется по принципу широтно-импульсной модуляции от электронного блока. Цикл удаления паров топлива начинается с включения в работу датчика концентрации кислорода. После каждого рабочего цикла клапан очистки емкости остается закрытым примерно в течение 30 секунд. Этот период времени необходим для определения содержания топлива в потоке регенерируемых газов и использования рассчитанной величины

ЭБУ для адаптации состава смеси путем уменьшения или увеличения продолжительности впрыска.

На холостом ходу и при малых нагрузках перепад давлений будет максимальным, однако, за счет прикрытого клапана поток регенерируемых газов будет незначительным, что предотвратит возможное ухудшение приемистости двигателя. При больших нагрузках и невысокой разнице давлений  $\Delta P$ , поток регенерируемых газов может быть значительно большим за счет максимального проходного сечения канала при обесточенном электромагнитном клапане.

После остановки двигателя клапан вентиляции в течение 3 секунд остается под напряжением более 10 В, т.е. закрытым для предотвращения самовоспламенения рабочей смеси после выключения зажигания. При неработающем двигателе (клапан вентиляции обесточен) поступление паров топлива во впускной коллектор исключается за счет срабатывания пружинного обратного клапана.

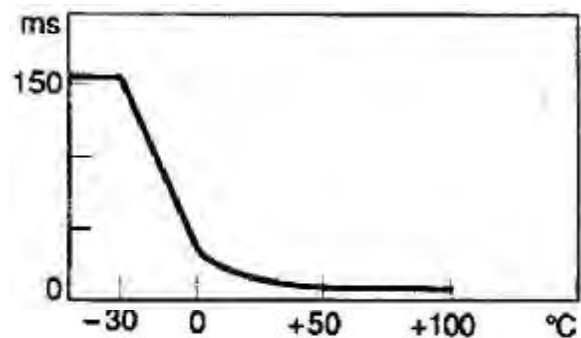


Рис. 3.23

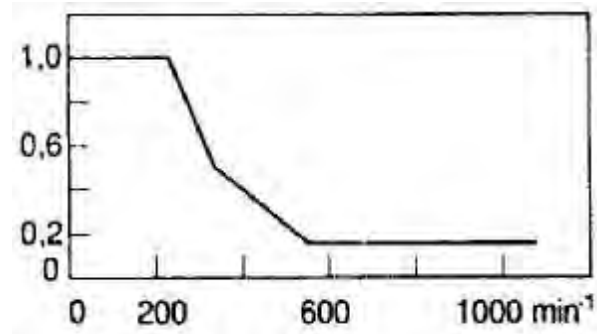


Рис. 3.24

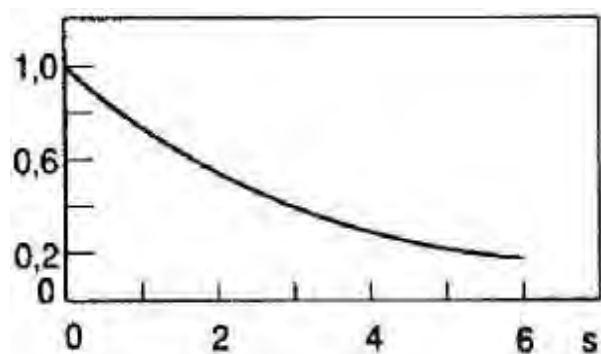


Рис. 3.25

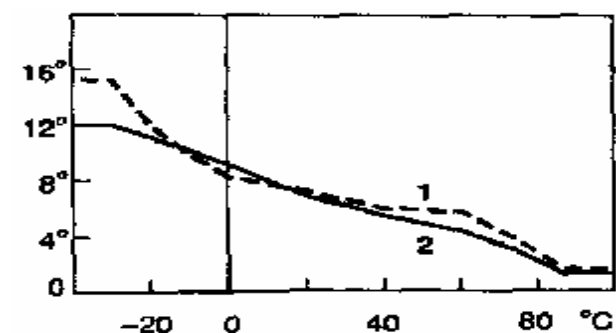


Рис.3.26

**Фаза запуска и прогрев.** Запуск холодного двигателя характеризуется неблагоприятными условиями испарения топлива вследствие следующих причин:

1. Холодный поступающий воздух;
2. Холодные стенки впускного коллектора, камеры сгорания, цилиндров двигателя;
3. Высокое давление в коллекторе;
4. Низкая скорость воздушного потока во впускном коллекторе;

Часть топлива, поступающего в двигатель, конденсируется в виде пленки на холодных стенках впускного тракта, обедняя, тем самым, горючую смесь. С целью компенсации в цилиндры необходимо дозировать большее количество топлива чем могло бы понадобиться для запуска и устойчивой работы прогретого двигателя на ХХ.

Количество конденсированного топлива, в основном, зависит от температуры впускного коллектора. Поэтому продолжительность впрыска при запуске зависит от температуры двигателя (рис. 3.23).

Однако на процесс формирования топливной пленки влияет также и скорость поступающего во впускной коллектор воздуха. Чем выше скорость воздушного потока, тем меньше топлива осажается на стенках впускного коллектора. Зависимость поправочного коэффициента уменьшения времени впрыска от числа оборотов двигателя изображена на рис. 3.24.

Обеспечение короткого времени запуска за счет глубокого переобогащения смеси имеет и негативные последствия. В частности, избыточная подача топлива может привести к останову двигателя и (или) "заливке" рабочего тела катализатора. Поэтому при затяжном проворачивании коленвала стартером предусмотрено уменьшение продолжительности впрыска топлива (рис. 3.25).

При включении зажигания перед запуском двигателя регулятор холостого хода перемещает дроссельную заслонку на величину пускового за-

зора, определяемого по управляющей характеристике, заложенной в память ЭБУ (рис.3.26).

Как только двигатель завелся, на форсунку подается управляющее напряжение, длительность импульса которого ЭБУ рассчитывает, исходя из текущего положения дроссельной заслонки, величины давления во впускном коллекторе и температуры всасываемого воздуха. С этого момента и до тех пор, пока не будет достигнута рабочая температура двигателя, необходимо формировать обогащенную смесь, т. к. имеет место конденсация топлива на пока еще холодных стенках камеры сгорания и впускного коллектора.

Обогащение при прогреве запоминается как корректирующий коэффициент, зависящий только от температуры двигателя (рис. 3.27).

**Режим холостого хода.** Система FORD CFI является необслуживаемой, так как ни обо-

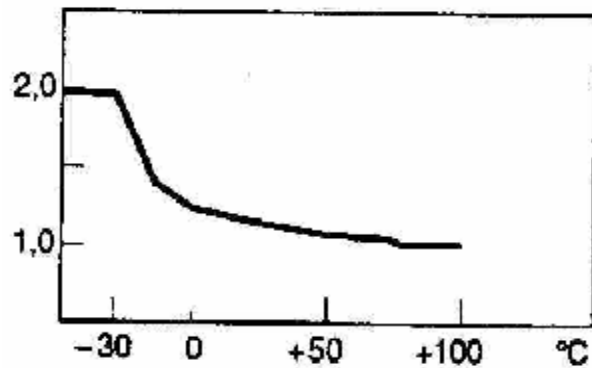


Рис. 3.27

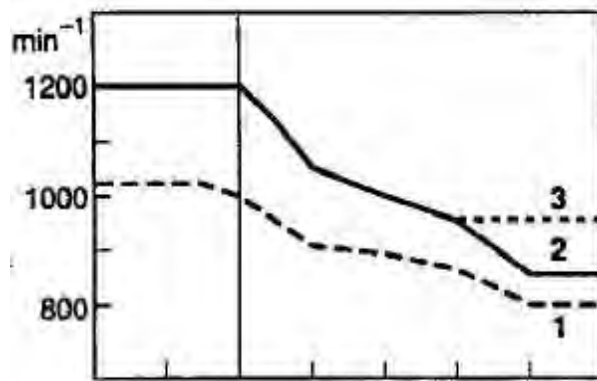


Рис. 3.28

роты двигателя, ни состав смеси не нуждаются в регулировках на холостом ходу (ХХ). В этой версии заданные обороты холостого хода точно поддерживаются при всех режимах и условиях работы независимо от загрузки электрооборудования автомобиля, наличия включенного кондиционера и температуры поступающего в цилиндры воздуха.

Управление оборотами ХХ осуществляется по алгоритму, заложенному в кривой 2 (рис. 3.28). Если действительные обороты двигателя отличаются от заданной величины оборотов ( $n_{set-point}$ ), блок управления определяет требуемое угловое положение (установку) дроссельной заслонки. При наличии разницы между действительной и требуемой установкой (определяется соответственно потенциометром и ЭБУ) к приводному электродвигателю подается управляющий сигнал, обеспечивающий необходимое перемещение дросселя и, как следствие, требуемую частоту вращения коленчатого вала двигателя.

При выключении двигателя, во избежание эффекта "калильного зажигания", ЭБУ посылает приводному электродвигателю 5 (рис. 3.7) сигнал обратной полярности. Якорь электродвигателя вращается в

направлении, обеспечивающем "втягивание" управляющего вала 6 (рис.3.12), вследствие чего дроссельная заслонка полностью перекрывает впускной коллектор.

**Адаптация состава смеси в зависимости от температуры поступающего воздуха.**

При постоянной установке (положении) дроссельной заслонки наполнение цилиндров уменьшается с ростом температуры воздуха. В связи с этим, центральный узел впрыска системы Ford CFI оснащается датчиком 4 (рис. 3.7) температуры поступающего воздуха, обработка сигналов с которого позволяет ЭБУ корректировать продолжительность впрыска с помощью коэффициента обогащения (рис. 3.29), зависящего только от температуры поступающего воздуха.

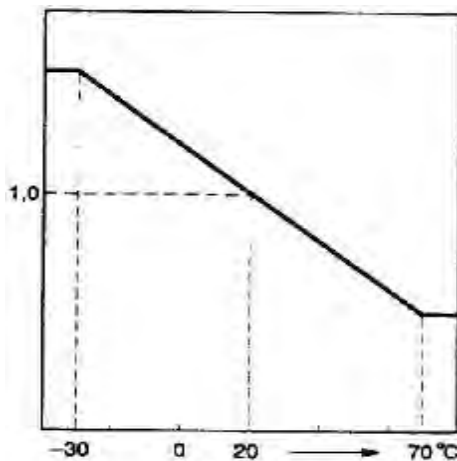


Рис. 3.29

**Компенсация при переходах между различными режимами.** При переходных режимах, вызванных перемещением дроссельной заслонки в одноточечных системах впрыска наблюдается эффект динамических переносов топлива. Это объясняется тем, что распределение топливоздушного смеси происходит через впускной коллектор и, следовательно, необходимо учитывать фактор наличия паров, капелек и пленки

топлива в центральном узле впрыска, коллекторе и на его стенке.

При управлении двигателем, когда дроссельная заслонка работает при переходе от одного режима к другому, нарушается баланс между увеличением и уменьшением количества топлива, находящегося в виде пленки на стенке впускного коллектора. В результате возможно как обогащение при закрытии дроссельной заслонки, так и обеднение топливо-воздушной смеси при ее резком открытии.

Динамическая коррекция состава смеси при переходных режимах обеспечивается электронной системой "компенсации при переходах", которая поддерживает соотношение воздух – топливо как можно ближе к стехиометрическому ( $\lambda = 1$ ).

Функция обогащения при разгоне (обеднения при торможении) зависит от положения и угловой скорости перемещения дроссельной заслонки, числа оборотов и температуры двигателя. Функция обрабатывается ЭБУ в том случае, когда угловая скорость дроссельной заслонки превышает соответствующее пороговое значение. Для обогащения при разгоне порог включения имеет форму кривой 1 (рис. 3.30), для обеднения при торможении порог включения 2 – постоянный).

При превышении порогового значения (рис. 3.30), ЭБУ методом одномерной интерполяции

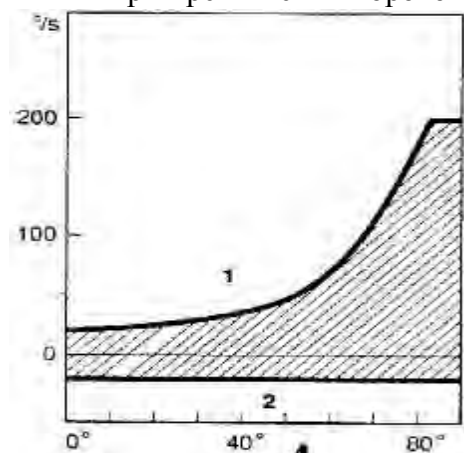


Рис. 3.30

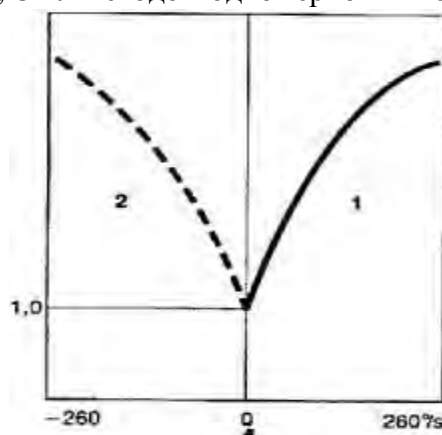


Рис. 3.31

определяет значение динамического коэффициента (рис. 3.31) в зависимости от угловой скорости перемещения дроссельной заслонки. Ширина импульса впрыска корректируется, в результате чего компенсируются динамическое перераспределение топлива при переходных процессах.

На процесс смесеобразования влияет также температура двигателя и температура поступающего в коллектор воздуха. Влияние этих факторов учитывается путем использования весовых кривых (рис. 3.32 и рис. 3.33), которые модифицируют динамические коэффициенты коррекции состава смеси.

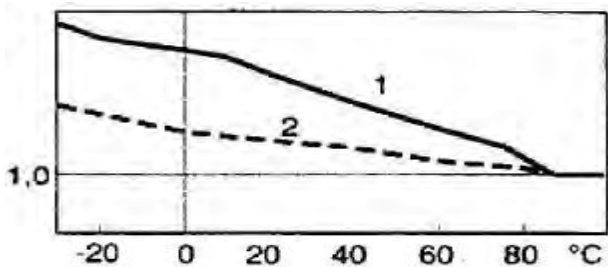
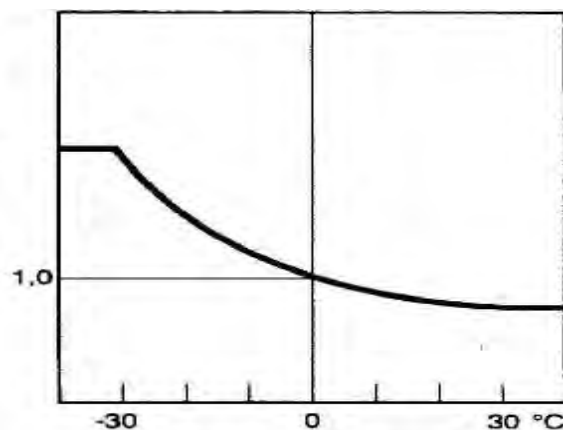


Рис.3.32. Зависимость весовых коэффициентов от температур двигателя и поступающего воздуха  
1-обогащение при разгоне; 2-обеднение при торможении двигателем.



Зависимость поправочного коэффициента 1 от числа оборотов 2 и угла 3 открытия дроссельной заслонки изображена на рис.3.33.

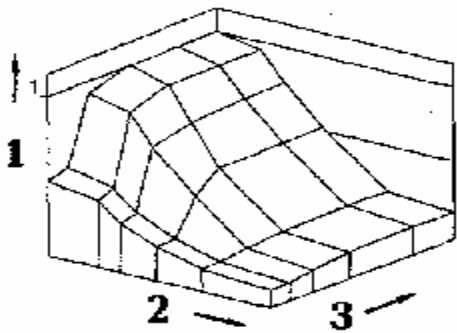


Рис. 3.33

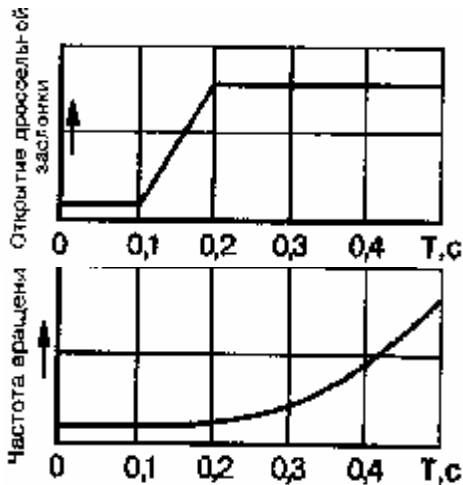


Рис. 3.34

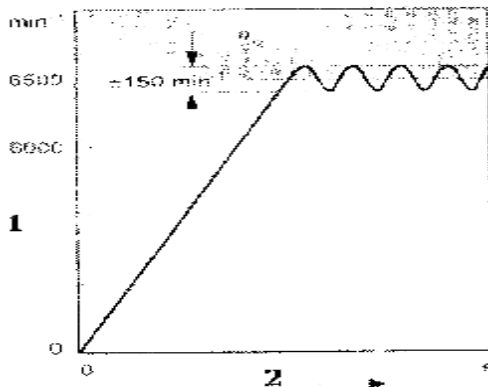


Рис. 3.35

Генерируемая таким образом компенсация при переходах, воздействует на продолжительность впрыска как общий переходной коэффициент.

Если изменение нагрузки происходит быстрее чем частота регулярных импульсов впрыска, то система обеспечивает генерацию дополнительных импульсов впрыска.

**Режим полной нагрузки.** В режиме полной нагрузки, когда водитель нажимает педаль акселератора до упора, бензиновый двигатель развивает максимальную мощность. При этом необходимым условием является обогащение топливо-воздушной смеси на 10 - 15 % по сравнению со смесью стехиометрического состава. Степень обогащения хранится в памяти ЭБУ в форме коэффициента, который используется для увеличения длительности впрыска.

Обогащение при полной нагрузке вступает в действие сразу же, как только превышает определенный угол открытия дроссельной заслонки (несколько градусов перед стопором дроссельной заслонки). Причем двигатель реагирует на управление практически без задержки, т. к. система обладает малой инерционностью (рис. 3.34).

**Ограничение оборотов двигателя.** Если частота вращения коленчатого вала двигателя превышает значение 6500 об/мин, ЭБУ подавляет импульсы впрыска и подача

топлива в цилиндры двигателя прекращается. Когда обороты двигателя падают ниже  $n_0$ , то импульсы впрыска возобновляются. Этот цикл повторяется в быстром темпе в пределах области допуска, центр которой находится около значения максимально допустимых оборотов двигателя  $n_0$  (рис. 3.35).

**Торможение двигателем (принудительный холостой ход).** При движении на данном режиме, для уменьшения выбросов токсичных веществ и улучшения приемистости двигателя, ЭБУ обрабатывает несколько функций:

1. При замкнутом контакте выключателя холостого хода 5 (рис. 3.36) и превышении порогового значения оборотов 3, на электромагнитную форсунку временно прекращается подача напряжения, т.е. в цилиндры топливо не поступает. При достижении порогового значения 4 впрыск топлива возобновляется.

При совместном торможении двигателем и элементами рабочей тормозной системы наблюдается резкое уменьшение оборотов двигателя. В этом случае впрыск топлива возобновляется при повышенных оборотах (пороговое значение 2), т.к. в противном случае обороты двигателя могут упасть ниже оборотов ХХ и двигатель может даже заглохнуть.

2. Закрытие заслонки на высоких оборотах приводит к повышенному выбросу несожженных углеводородов. Во избежание этого эффекта, регулятор холостого хода (приводной электродвигатель) слегка приоткрывает дроссельную заслонку в соответствии с управляющей характеристикой, зависящей от оборотов двигателя. Этим обеспечиваются рабочие режимы, при которых происходит очень низкое наполнение цилиндров. Тормозной момент двигателя уменьшается, но при этом в цилиндры подается достаточно воздуха для полного сгорания испаряемой пленки топлива.

3. При торможении двигателем пленка топлива, осаждаемая на стенках впускного коллектора, испаряется полностью и впускной коллектор "осушается".

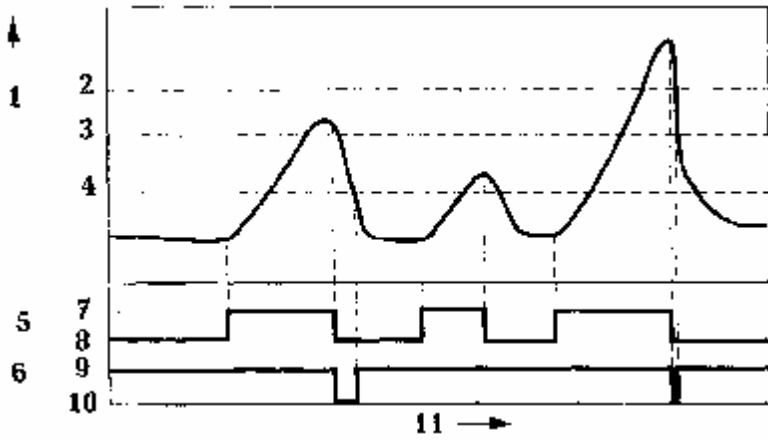


Рис. 3.36. Осциллограмма работы системы впрыска при принудительном ХХ.

1- обороты двигателя; 2, 3, 4 – пороговые значения оборотов; 7,8 – соответственно разомкнутое и замкнутое состояние контакта 5 выключателя ХХ; 9, 10 – соответственно возобновление и прекращение впрыска 6 топлива; 11 – время

Когда режим торможения двигателем заканчивается, топливо должно вновь образовывать эту пленку на стенках коллектора. Это приведет к небольшому обеднению топливо-воздушной смеси в переходный период, пока равновесие не восстановится вновь. Образованию пленки топлива способствует дополнительный импульс впрыска, длина которого зависит от продолжительности торможения двигателем.

**Функции, зависящие от напряжения аккумуляторной батареи.**

**Компенсация напряжения на форсунке.** Процесс открытия и закрытия клапана электромагнитной форсунки несколько затягивается во времени вследствие возникновения эффекта самоиндукции в момент подачи (снятия) напряжения на обмотку соленоида. Время открытия и закрытия форсунки колеблется в довольно широком диапазоне, зависит от напряжения аккумуляторной батареи (АБ) и составляет приблизительно 0,8 мсек. Причем время открытия клапана форсунки в большей степени зависит от этого фактора, чем время его закрытия.

Без электронной коррекции напряжения, имеющаяся задержка срабатывания форсунки, будет означать слишком короткую продолжительность впрыска и, следовательно, недостаточное количество впрыснутого топлива. Другими словами, чем ниже напряжение АБ, тем меньше топлива поступает к двигателю. В связи с этим уменьшение напряжения АБ должно быть компенсировано увеличением продолжительности впрыска – так называемый *дополнительный корректирующий коэффициент форсунки*.

ЭБУ регистрирует действительное напряжение АБ и увеличивает длительность запускающего форсунку импульса на величину задержки срабатывания форсунки, зависящую от напряжения (рис.3.37, а).

**Компенсация напряжения на топливном насосе.** Обороты двигателя топливного насоса существенно зависят от напряжения АБ. По этой причине, если напряжения АБ низкое (на-

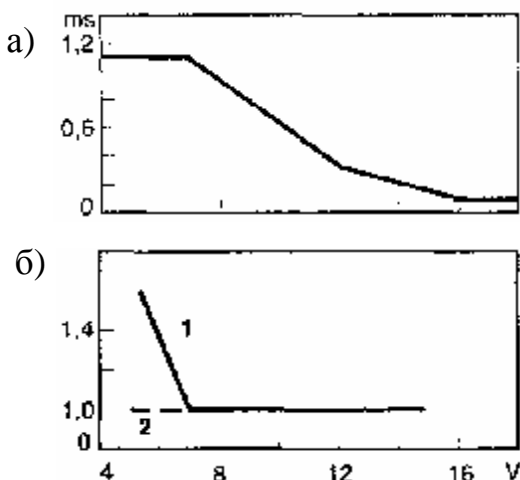


Рис. 3.37. Функции компенсации напряжения: 1-насос поточного типа; 2-насос с принудительным смещением

пример, при запуске холодного двигателя), топливный насос, работающий по гидродинамическому принципу, неспособен создать требуемый уровень давления в системе. В результате этого будет впрыснуто недостаточное количество топлива. Для компенсации этого эффекта, особенно при очень низких напряжениях АБ, используется функция коррекции, которая изменяет продолжительность впрыска (рис.3.37, б).

Если используется топливный насос с принудительным электрическим смещением, то в такой функции коррекции нет необходимости. ЭБУ снабжен кодированным входом, который осуществляет функцию коррекции, зависящую от напряжения в зависимости от типа топливного насоса.

**Работа в аварийном режиме.** Сигналы всех датчиков непрерывно проверяются на их

"правдоподобие" с помощью контрольной функции, встроенной в ЭБУ. Если сигналы одного из датчиков отклоняются от определенного значения ("правдоподобной" области), то это значит, что неисправен сам датчик или неисправны электрические соединения.

При неисправности какого-либо датчика ЭБУ переходит на режим работы "по умолчанию" со сниженной эффективностью на основе следующих фиксированных параметров:

- температура охлаждающей жидкости  $90^{\circ}\text{C}$ ;
- температура всасываемого воздуха  $20^{\circ}\text{C}$ ;
- среднее положение дроссельной заслонки;
- атмосферное давление во впускном трубопроводе;
- средняя частота вращения коленчатого вала;
- угол опережения зажигания уменьшается на  $7^{\circ}$ .

#### ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Указать на плакате, на макете аппараты подачи топлива, воздуха, отвода отработавших газов, рассмотреть их конструктивное исполнение.
2. Ознакомиться с общим устройством центрального узла впрыска. Указать на плакате, на макете основные элементы системы питания, включая датчики, ЭБУ, детали привода управления дроссельной заслонкой.
3. Ознакомиться с пневмодинамическим методом расчета воздуха.
4. Отметить особенности пуска, прогрева и работы двигателя на холостом ходу. Рассмотреть работу системы впрыска в режимах принудительного холостого хода, полной нагрузки, ограничения максимальных оборотов, а также при переходах от одного режима работы к другому.
5. Изучить работу и устройство дополнительных систем: впрыска воздуха в выпускной коллектор, улавливания паров топлива, вентиляции картера.
6. Изучить основы  $\lambda$ -регулирования и устройство системы нейтрализации отработавших газов.
7. Составить схемы заданных систем или устройств центрального впрыска топлива.

### Лабораторная работа №4

#### СИСТЕМА ПИТАНИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ВПРЫСКОМ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ –2112 I

**Цель работы:** ознакомиться с концепцией распределенного впрыска топлива, изучить устройство и принцип работы отдельных элементов, узлов, дополнительных подсистем и системы питания при различных режимах работы двигателя.

**Оборудование:** макеты основных элементов и узлов распределенной системы впрыска ВАЗ 2111-12, плакаты, справочная литература

**Общие сведения.** Системы распределенного (многоточечного) впрыска, в которых подача топлива к каждому цилиндру осуществляется индивидуально, являются более совершенными по сравнению с концепцией центрального впрыска (системы Mono-Jetronic, Fenix 3B, Opel-Multec, Ford CFI и т.д.). При распределенном впрыскивании топливо подается в зону впускных клапанов каждого цилиндра либо *непрерывно*, либо *периодически*. Если момент впрыска топлива группами форсунок согласован с открытием соответствующих впускных клапанов, то такой способ топливоподачи называется *согласованным (фазированным)*, в противном случае – *несогласованным (нефазированным)*.

Структурные схемы систем питания с непрерывным впрыскиванием бензина (Jetronic типов K и KE) и прерывистого впрыскивания (Jetronic типов L и LE) представлены на рис. 4.1.

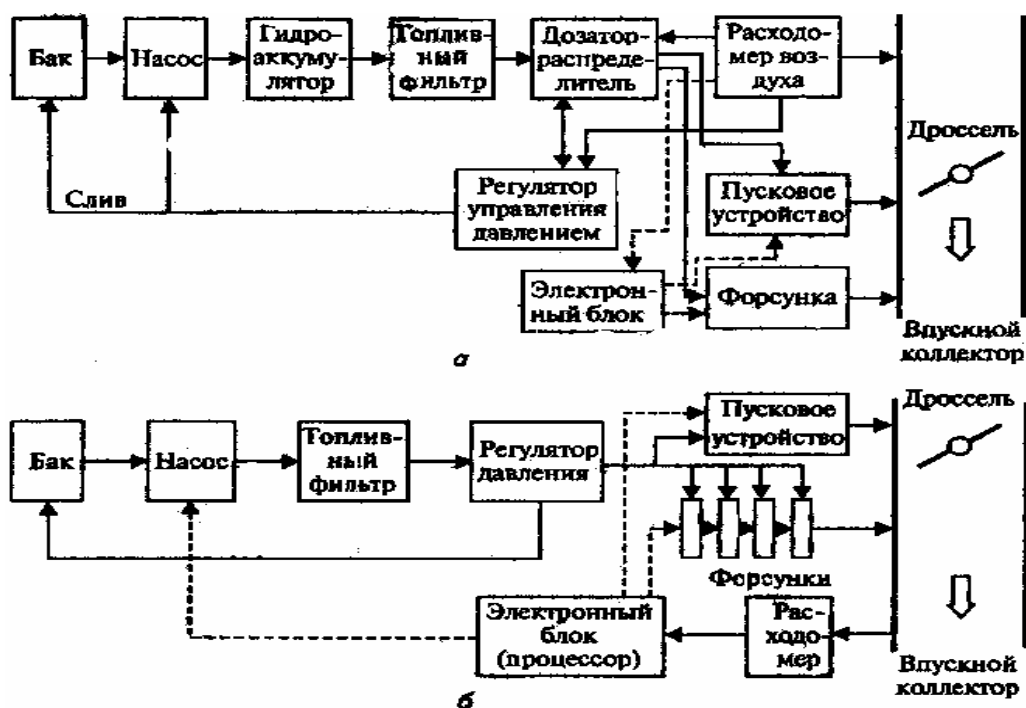


Рис. 4.1 Структурные схемы систем питания Jetronic типов К (а) и L (б):  
штриховые линии – для систем типа KE и LE с электронным блоком управления

Системы распределенного впрыскивания топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев, увеличить мощность двигателя и снизить токсичность отработавших газов. Кроме того, при распределенном впрыскивании топлива появляется возможность применения газодинамического наддува, расширяются возможности в создании различных конструкций впускного трубопровода.

Однако у таких систем по сравнению с центральным впрыскиванием больше погрешность дозирования топлива из-за малых цикловых подач. Однородность составов горючей смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

**Устройство системы питания и впрыска топлива двигателя 2112 автомобилей семейства ВАЗ.** На автомобилях ВАЗ-21093, ВАЗ-21099, ВАЗ-2110, ВАЗ-2111 и ВАЗ-2112 устанавливаются двигатели с системой распределенного впрыска топлива как с обратной связью, так и без нее.

В системе с обратной связью устанавливается нейтрализатор и датчик кислорода, который обеспечивает обратную связь для непрерывной коррекции состава смеси электронным блоком контроллера.

В системе впрыска без обратной связи нейтрализатор и датчик кислорода не устанавливаются, а для регулировки концентрации CO в отработавших газах служит CO-потенциометр. Он устанавливается в салоне под консолью панели приборов и представляет собой переменный резистор, сигнал от которого используется контроллером для нормирования окиси углерода в выхлопе на холостом ходу. CO-потенциометр подобен винту качества смеси в карбюраторах. Регулировка CO-потенциометра выполняется только на станции технического обслуживания с применением газоанализатора.

Применяемая на автомобиле ВАЗ 2112i система топливоподачи – с электронным управлением, распределенным фазированным впрыском и обратной связью. Подобно известной системе типа Motronic, функции управления и обработки сигналов по системам питания и зажигания выполняет единый электронный блок, в память которого введены сложные программы, учитывающие все возможные режимы работы двигателя.

Принципиальная схема распределенного впрыска топлива изображена на рис. 4.2.

Для наиболее полного сгорания топлива и эффективной нейтрализации токсичных ком-



понентов отработавших газов необходимо строго поддерживать такой состав горючей смеси, чтобы на 14,6-14,7 частей воздуха приходилась 1 часть топлива. Это обеспечивается непрерывной коррекцией подачи топлива электронным блоком контроллера.

**Контроллер 14** (рис. 4.2), расположенный под консолью панели приборов, является управляющим центром системы впрыска топлива и представляет собой специализированный компьютер. *Контроллер или электронный блок управления (ЭБУ)* непрерывно обрабатывает информацию от различных датчиков и управляет системами, влияющими на эксплуатационные показатели автомобиля и токсичность отработавших газов.

В частности, в контроллер поступает следующая информация:

- о положении и частоте вращения коленчатого вала;
- о массовом расходе воздуха двигателем;
- о температуре охлаждающей жидкости;
- о положении дроссельной заслонки;
- о содержании кислорода в отработавших газах;
- о наличии детонации в двигателе;
- о напряжении в бортовой сети автомобиля;
- о скорости автомобиля;
- о положении распределительного вала (в системе с фазированным впрыском топлива);
- о запросе на включение кондиционера (если он установлен на автомобиле);

На основе полученной информации контроллер управляет следующими системами и приборами:

- топливоподачей (форсунками и электробензонасосом);
- системой зажигания;
- регулятором холостого хода;
- адсорбером системы улавливания паров бензина (если эта система есть на автомобиле);
- вентилятором системы охлаждения двигателя;
- муфтой компрессора кондиционера (если он есть на автомобиле);
- системой диагностики.

Контроллер включает выходные цепи (форсунки, различные реле и т.д.) путем замыкания их на "массу" через транзисторы. Единственное исключение - цепь реле топливного насоса. Только на обмотку этого реле контроллер подает напряжение +12 В.

Контроллер выполняет также диагностическую функцию, распознавая неполадки в работе системы впрыска и предупреждая о них водителя через контрольную лампу "CHECK ENGINE". Кроме того, он хранит диагностические коды, указывающие области неисправности, что значительно упрощает квалифицированное проведение ремонта.

**Память.** В контроллере имеется три вида памяти: оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), однократно программируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ) и электрически программируемое запоминающее устройство (ЭПЗУ).

Микропроцессор контроллера использует ОЗУ для временного хранения измеряемых параметров, необходимых для промежуточных и основных расчетов. База данных постоянно обновляется и микропроцессор по мере необходимости периодически считывает необходимую для расчетов информацию. Микросхема ОЗУ смонтирована на печатной плате контроллера. Эта память является энергозависимой и требует бесперебойного питания для сохранения данных. При прекращении подачи питания содержащиеся в ОЗУ диагностические коды неисправностей и расчетные данные стираются.

В ППЗУ находится головная программа, в которой реализована последовательность рабочих команд для исполнительных механизмов (т.е. заложен алгоритм управления) и содержится калибровочная информация. Эта информация представляет собой данные управления впрыском, зажиганием, холостым ходом и т.п., которые зависят от массы автомобиля, типа и мощности двигателя, передаточных чисел трансмиссии и других факторов.

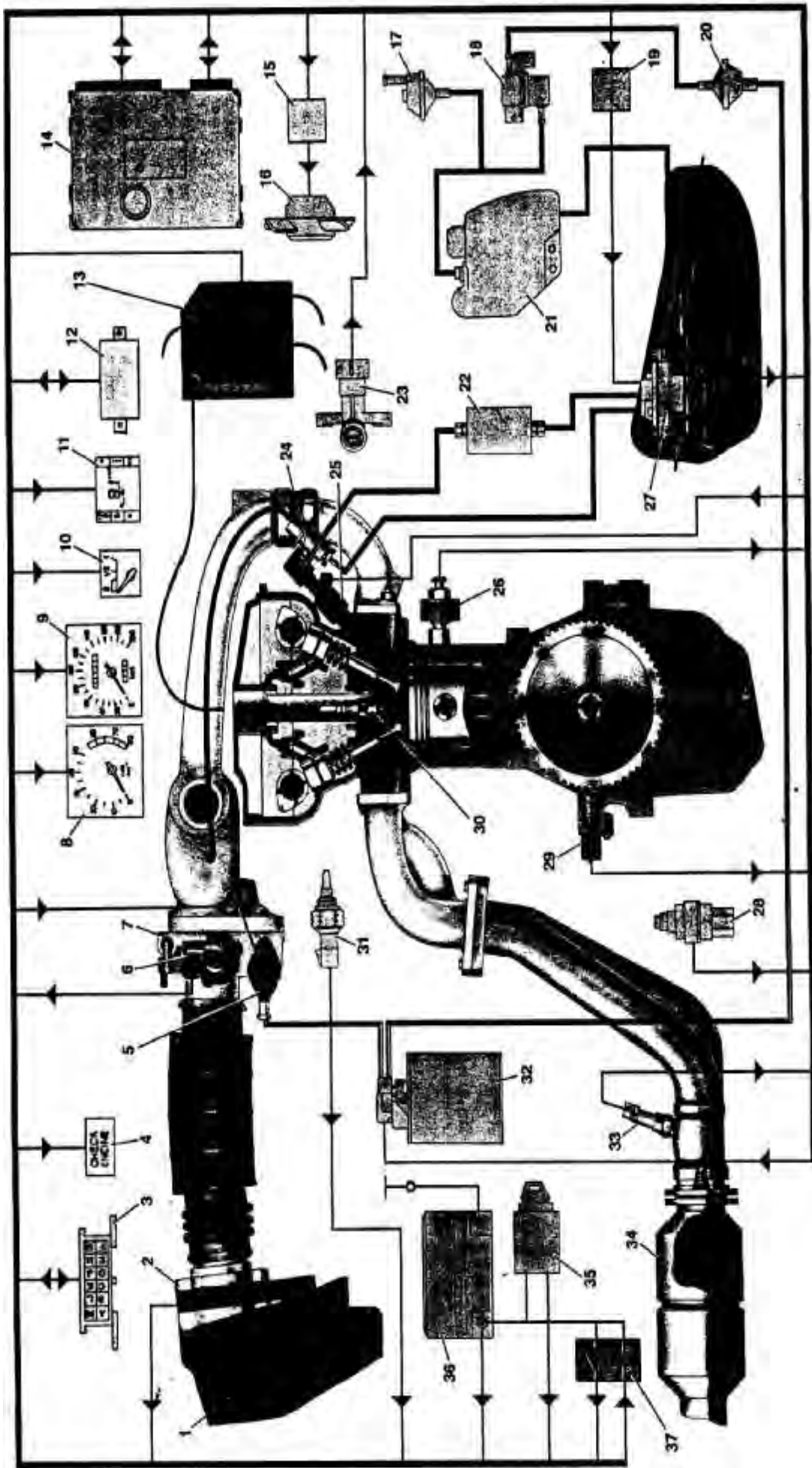


Рис. 4.2. Схема системы впрыска топлива с обратной связью двигателя 2112:

1- воздушный фильтр; 2- датчик массового расхода воздуха; 3 колodka диагностики; 4- контрольная лампа "CHECK ENGINE"; 5- регулятор холостого хода; 6- датчик положения дроссельной заслонки; 7- дроссельный патрубков; 8- тахометр; 9- спидометр; 10- указатель уровня топлива; 11 - марируемый компьютер; 12- блок управления иммобилизатором; 13- модуль зажигания; 14- контроллер; 15- реле включения электровентилятора; 16- электровентилятор системы охлаждения; 17- марируемый компьютер; 18- блок управления иммобилизатором; 19- реле включения электробензонасоса; 20- двухходовой клапан; 21- сепаратор паров бензина; 22- топливный фильтр; 23- датчик фаз; 24- регулятор давления топлива; 25- форсунки; 26- датчик детонации; 27- электробензонасос с датчиком указателя уровня топлива; 28- датчик скорости; 29- датчик положения коленчатого вала; 30- свеча зажигания; 31- датчик температуры охлаждающей жидкости; 32- адсорбер с электромагнитным клапаном продувки; 33 датчик концентрации кислорода; 34 нейтрализатор; 35- выключатель зажигания; 36- электромагнитная бензопровод; 37- реле зажигания

ППЗУ называют еще запоминающим устройством калибровок. Содержимое ППЗУ не может быть изменено после программирования. Являясь энергонезависимой, эта память не нуждается в питании для сохранения в ней информации. Микросхема ППЗУ устанавливается в съемной панельке на плате контроллера (рис. 4.3) и, при необходимости, может быть демонтирована и заменена новой.

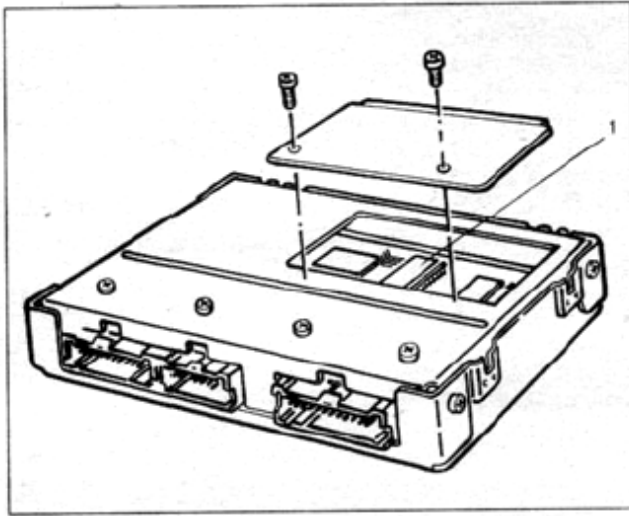


Рис. 4.3 Контроллер:

1- программируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ)

Электрически программируемое запоминающее устройство (ЭПЗУ) используется для временного хранения кодов-паролей противоугонной системы автомобиля (иммобилизатора). Коды -пароли, принимаемые контроллером от блока управления иммобилизатором (если он имеется на автомобиле), сравниваются с хранимыми в ЭПЗУ и при этом блокируется или деблокируется пуск двигателя. Эта память является энергонезависимой и может храниться без подачи питания на контроллер.

**Система подачи топлива** включает в себя электробензонасос 5 (рис. 4.4), топливный фильтр 6, топливопроводы и рампу 2 в сборе с форсунками 9 и регулятором 4 давления топлива.

**Электробензонасос**—двухступенчатый, роторного типа, установлен непосредственно в топливном баке, что снижает возможность образования паровых пробок, т. к. топливо подается под давлением, а не под действием разряжения. Топливо от насоса через топливный фильтр 6 тонкой очистки подается в топливную рампу 2 под давлением более 284 кПа. Электробензонасос включается с помощью вспомогательного реле 19 (рис. 4.2).

**Топливный фильтр** 6 – неразборный, имеет стальной корпус с бумажным фильтрующим элементом (рис. 4.4). Фильтр встроен в подающую магистраль между электробензонасосом и рампой форсунок и установлен под полом кузова за топливным баком.

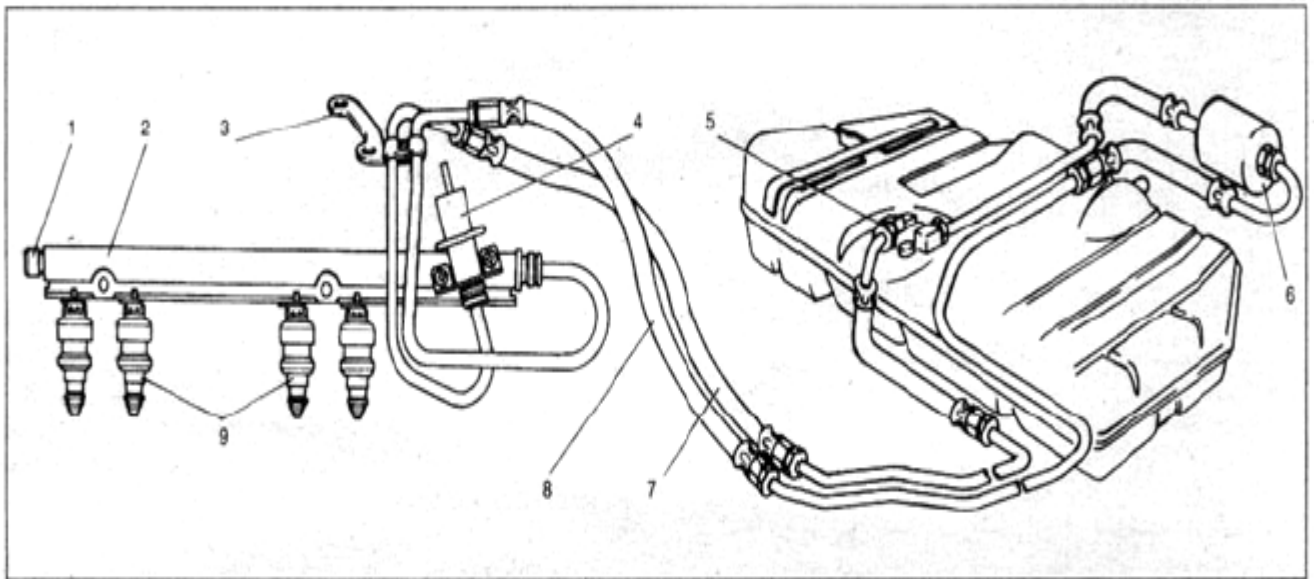


Рис. 4.4. Система подачи топлива:

1- пробка штуцера для контроля давления топлива; 2- рампа форсунок; 3- скоба крепления топливных трубок; 4- регулятор давления топлива; 5- электробензонасос; 6- топливный фильтр; 7, 8- сливной и подающий топливопроводы; 9- форсунки.

**Рампа 2 форсунок** (рис. 4.4) представляет собой полулю планку с установленными на ней форсунками 9 и регулятором 4 давления топлива. Рампа форсунок закреплена двумя болтами на впускной трубе 19 (рис. 4.2). С правой стороны на рампе форсунок находится штуцер для контроля давления топлива, закрытый резьбовой пробкой 1 (рис.4.4).

Форсунки крепятся к рампе с помощью пружинных фиксаторов. Топливо по рампе подается к форсункам, распылители которых входят в отверстия впускной трубы. В отверстиях рампы и впускной трубы форсунки уплотняются резиновыми кольцами.

**Форсунка** представляет собой быстродействующий электромагнитный клапан с соплом. При подаче от контроллера импульса напряжения, клапан открывается, и мелко распыленное топливо под давлением впрыскивается в форме конуса во впускную трубу в надклапанное пространство (угол конуса распыливания  $35^{\circ}$ ). Здесь топливо смешивается с воздухом, частично испаряется, соприкасаясь с нагретыми деталями, и в газо-парообразном состоянии попадает в камеру сгорания. После прекращения подачи электрического импульса подпружиненный клапан форсунки перекрывает подачу топлива. Продолжительность впрыска (процесс открытия-закрытия клапана плюс время нахождения в открытом состоянии) составляет приблизительно от 1 до 20 миллисекунд.

**Регулятор 4 давления топлива** установлен на рампе форсунок и предназначен для поддержания постоянного перепада давления между давлением воздуха во впускной трубе и давлением топлива в рампе.

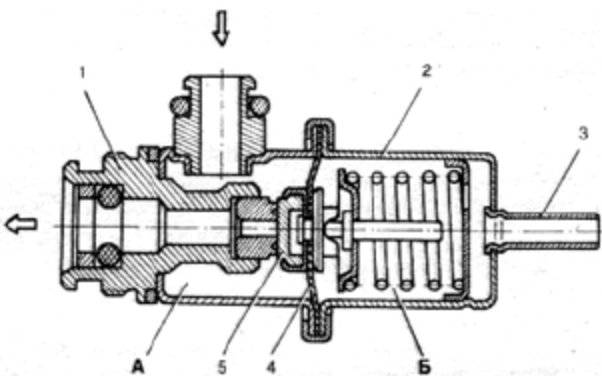


Рис.4.5. Регулятор давления топлива:  
1-корпус; 2-крышка; 3-патрубок для вакуумного шланга; 4-диафрагма; 5-клапан; А,Б- соответственно топливная и вакуумная полости

Регулятор состоит из клапана 5 (рис. 4.5) с диафрагмой 4, поджатого пружиной к седлу в корпусе регулятора. На работающем двигателе регулятор поддерживает давление в рампе форсунок в пределах 284-325 кПа.

На диафрагму регулятора с одной стороны действует давление топлива, а с другой – давление (разрежение) во впускной трубе. При уменьшении давления во впускной трубе (дроссельная заслонка закрывается) клапан регулятора открывается при меньшем давлении топлива, перепуская избыточное топливо по сливной магистрали обратно в бак. Давление топлива в рампе понижается. При увеличении давления во впускной трубе (при открывании дроссельной заслонки) клапан регулятора открывается уже при большем давлении топлива и давление топлива в рампе повышается.

При уменьшении давления во впускной трубе (дроссельная заслонка закрывается) клапан регулятора открывается при меньшем давлении топлива, перепуская избыточное топливо по сливной магистрали обратно в бак. Давление топлива в рампе понижается. При увеличении давления во впускной трубе (при открывании дроссельной заслонки) клапан регулятора открывается уже при большем давлении топлива и давление топлива в рампе повышается.

При увеличении давления во впускной трубе (при открывании дроссельной заслонки) клапан регулятора открывается уже при большем давлении топлива и давление топлива в рампе повышается.

**Воздушный фильтр 1** (рис. 4.2) установлен в передней части моторного отсека на резиновых фиксаторах. Фильтрующий элемент – бумажный, с большой площадью фильтрующей поверхности. При замене фильтрующего элемента его необходимо устанавливать так, чтобы гофры были расположены параллельно осевой линии автомобиля.

**Дроссельный патрубок 7** (рис. 4.2), установленный перед впускным коллектором, выполняет дозирующую функцию. Поступлением воздуха в цилиндры двигателя управляет дроссельная заслонка, соединенная с приводом педали акселератора.

В состав дроссельного патрубка входят датчик 4 положения дроссельной заслонки (рис. 4.6) и регулятор 5 холостого хода. В проточной части дроссельного патрубка (перед дроссельной заслонкой и за ней) находятся отверстия отбора разрежения, необходимые для работы системы вентиляции картера и адсорбера системы улавливания паров бензина. Если последняя система не применяется, то штуцер 6 для продувки адсорбера глушится резиновой заглушкой 7.

**Регулятор 5 холостого хода** регулирует частоту вращения коленчатого вала на режиме холостого хода, управляя количеством подаваемого воздуха в обход закрытой дроссельной заслонки. Он состоит из двухполюсного шагового электродвигателя и соединенного с ним конусного клапана. Клапан выдвигается или убирается по сигналам контроллера.

Когда игла регулятора полностью выдвинута (что соответствует 0 шагов), клапан полно-

стью перекрывает проход воздуха. Когда игла вдвигается, то обеспечивается расход воздуха, пропорциональный количеству шагов отхода иглы от седла.

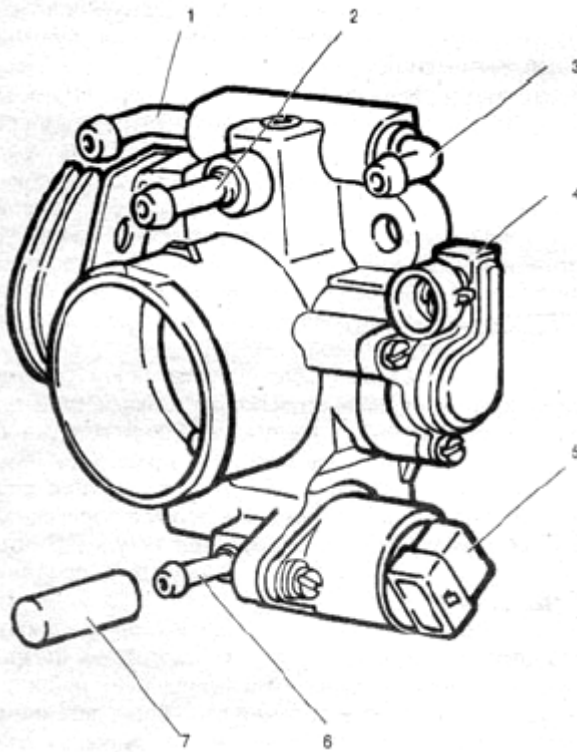


Рис.4.6. Дроссельный патрубок

и представляет собой NTC-термистор. Конструкция и принцип работы датчика подробно описаны в лабораторной работе № 3. При низкой температуре датчик имеет высокое сопротивление (100 кОм при  $-40^{\circ}\text{C}$ ), а при высокой температуре – низкое (177 Ом при  $100^{\circ}\text{C}$ ).

Температуру охлаждающей жидкости контроллер рассчитывает по падению напряжения на датчике. Падение напряжения высокое на холодном двигателе и низкое – на прогревом. Температура охлаждающей жидкости влияет на большинство характеристик, которыми управляет контроллер.

**Датчик 1 детонации** заворачивается в верхнюю часть блока цилиндров (рис. 4.7) и улавливает аномальные вибрации (детонационные удары) в двигателе. Чувствительным элементом датчика является

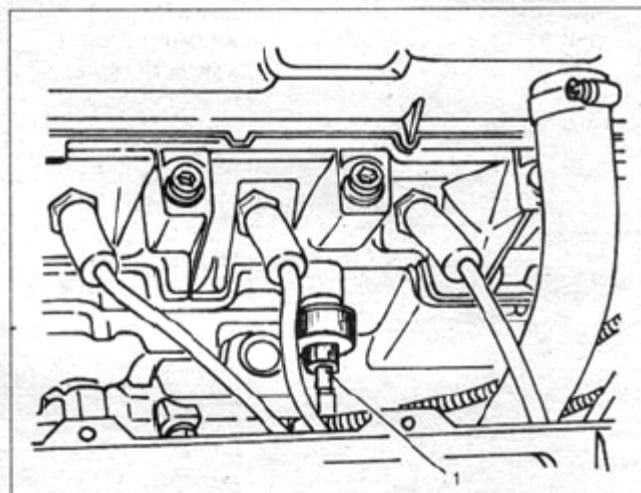


Рис.4.7 Расположение датчика детонации на двигателе: 1-датчик детонации

**Датчик 4 положения дроссельной заслонки** установлен сбоку на корпусе дроссельного патрубка и связан с осью дроссельной заслонки. Датчик представляет собой потенциометр, на один конец которого подается плюс напряжения питания (5В), а другой конец соединен с "массой". С третьего вывода потенциометра (от ползунка) идет выходной сигнал к контроллеру.

Когда дроссельная заслонка поворачивается (от воздействия на педаль управления), изменяется напряжение на выходе датчика. При закрытой дроссельной заслонке оно ниже 0,7 В. Когда заслонка открывается, напряжение на выходе датчика растет и при полностью открытой заслонке должно быть более 4 В.

Отслеживая выходное напряжение датчика контроллер корректирует подачу топлива в зависимости от угла открытия дроссельной заслонки.

Датчик не требует никакой регулировки, т.к. контроллер воспринимает холостой ход (т.е. полное закрытие дроссельной заслонки) как нулевую отметку.

**Датчик 31 температуры охлаждающей жидкости** завернут в выпускной патрубок охлаждающей жидкости на головке цилиндров (рис. 4.2)

является пьезокристаллическая пластинка. При детонации на выходе датчика генерируются импульсы напряжения, которые увеличиваются с возрастанием интенсивности детонационных ударов. Контроллер по сигналу датчика регулирует опережение зажигания, для устранения детонации.

**Датчик 33 концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонд)** применяется в системе впрыска с обратной связью и устанавливается на приемной трубе глушителей (рис. 4.2). Для нормальной работы датчик должен иметь температуру не ниже  $360^{\circ}\text{C}$ . Поэтому для быстрого прогрева после пуска двигателя, в датчик встроен нагревательный элемент.

Конструкция и принцип работы датчика подробно описаны в лабораторной работе №3.

Кислород, содержащийся в отработавших газах, реагирует с активным элементом  $\lambda$  - зонда, создавая разность потенциалов на выходе датчика. Она изменяется приблизительно от 0,1 В (высокое содержание кислорода – бедная смесь) до 0,9 В (мало кислорода – богатая смесь). Датчик отслеживает концентрацию кислорода в отработавших газах, а контроллер по его сигналам поддерживает такое соотношение воздух/топливо, которое обеспечивает наиболее эффективную работу нейтрализатора.

**Нейтрализатор.** Для преобразования токсичных компонентов отработавших газов в безвредные соединения, системы впрыска с обратной связью оснащаются трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором. Конвертер устанавливается в системе выпуска сразу за приемной трубой глушителей.

Монолитный керамический носитель нейтрализатора (рис. 4.8) содержит множество микроканалов, на поверхность которых нанесены катализаторы: два окислительных и один восстановительный.

Окислительные катализаторы (платина и палладий) способствуют преобразованию углеводородов в водяной пар, а окиси углерода – в его двуокись. Восстановительный катализатор (родий) ускоряет процесс восстановления оксидов азота и превращение их в азот и кислород.

Для эффективной нейтрализации токсичных компонентов и наиболее полного сгорания смеси необходимо поддержание соотношения топливо-воздух в соотношении 14,6 - 14,7 частей воздуха на 1 часть топлива. Это обеспечивается непрерывной коррекцией подачи топлива электронным блоком контроллера в зависимости от условий работы двигателя и сигнала от датчика концентрации кислорода в отработавших газах.

**Датчик массового расхода воздуха.** Главным параметром дозирования в системах питания с электронным регулированием впрыскивания топлива является количество (масса) воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя. Оно рассчитывается на основе показаний датчика – так называемого *расходомера* – и корректируется в дальнейшем в зависимости от температуры и давления воздуха.

Применяют следующие типы расходомеров: механический с напорным диском, электронный пневмодинамический с напорным диском (или пластиной) и потенциометром, термоанемометрический с нагреваемой проволокой или пленкой, ультразвуковой, пьезоэлектронный.

Вычисление расхода воздуха может быть организовано и по другой схеме. В частности, в системе Mono-Jetronic для определения массового расхода воздуха используются угловое положение дроссельной заслонки и частота вращения коленчатого вала двигателя. То есть для конкретной модели силового агрегата доля воздуха оценивается как функция двух переменных: угла  $\alpha$  открытия дросселя и числа оборотов  $n$ . Полученные характеристики записываются в ЭБУ, образуя базу данных для расчета состава смеси.

**Расходомер с напорным диском типа "нарус"** (рис. 4.9, а) расположен во впускном коллекторе. Напорный диск 1 ( $S=1\text{мм}$ ,  $D=100\text{мм}$ ) закреплен на вращающемся рычаге 3. При неработающем двигателе напорный диск занимает исходное фиксированное положение благодаря балансиру 5 (груз). При увеличении скорости воздуха напорный диск поднимается и поворачивает рычаг 3. Последний перемещает золотник дозатора-распределителя 2, который изменяет подачу топлива. Форма камеры, где помещен диск, обеспечивает линейную зависимость перемещения рычага от скорости и, следовательно, от расхода воздуха. Винт 4 на рычаге 3 позволяет регулировать цикловую подачу.

**Термоанемометрический расходомер воздуха** (рис. 4.9, б) основан на измерении изменения сопротивления нагретой проволочной нити проходящим потоком воздуха. В корпусе датчика 1 размещены формирователь потока воздуха с сетками 4, платиновая нить 5 (толщиной около 70 мкм) и электронный модуль 2. Нить нагревается подводимым током приблизительно до 100<sup>0</sup>С. При работающем двигателе температура нити будет уменьшаться в зависимости от скорости прохождения воздушного потока. Для температурной компенсации имеется такая же нить в неподвижном воздухе (вне воздушного потока). Электронный модуль сравнивает сопротивление двух нитей, обрабатывает данные и формирует сигнал в блок управления о расходе

воздуха.

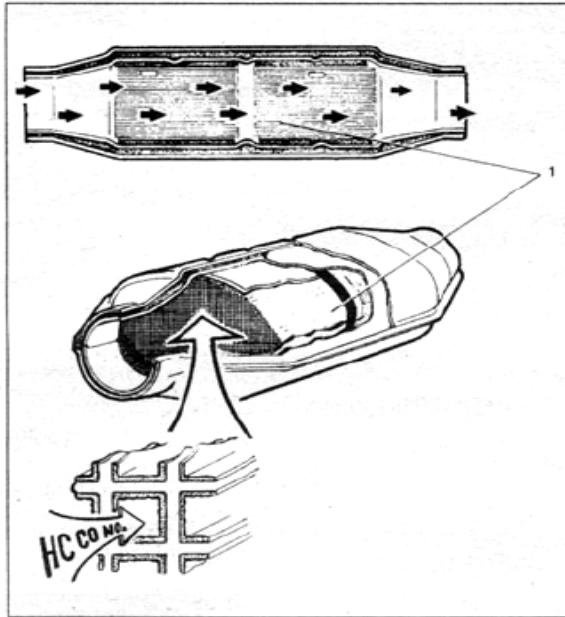


Рис.4.8. Нейтрализатор:  
1-керамический блок с катализатором

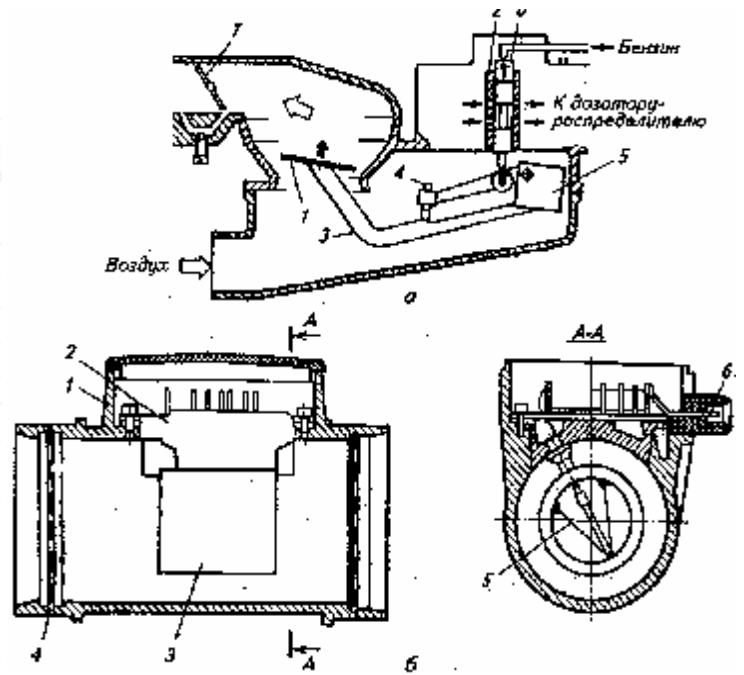


Рис. 4.9 Датчики расхода воздуха

а – с напорным диском: 1 – диск; 2 – золотниковый распределитель; 3 – рычаг; 4 – регулировочный винт; 5 – груз; 6 – золотник; 7 – дроссельная заслонка;

б – термоанемометрический: 1 – корпус; 2 – электронный модуль; 3 – диффузор; 4 – сетки предохранительные и формирующие; 5 – платиновая нить; 6 – разъем

**Измеритель расхода воздуха систем L-Jetronic** (рис. 4.10) состоит из напорной заслонки 2 прямоугольной формы, установленной на оси в воздушном патрубке. Перемещению заслонки препятствует сопротивление спиральной уравнивающей (возвратной) пружины, предварительный натяг которой устанавливается специальным механизмом. На рабочих режимах заслонка, отклоняясь под напором потока воздуха, перемещает подвижный контакт потенциометра 5, изменяя сопротивление цепи. Сигнал от потенциометра обрабатывается в блоке управления с последующим расчетом объема проходящего воздуха. Для гашения колебаний заслонки, вызванных пульсацией воздушного потока и вибрациями, особенно заметными при движении по плохим дорогам, в расходомере имеется демпфирующая заслонка 4, выполненная заодно с измерительной и размещенная в демпферной камере 3. Резкие перемещения и вибрация измерительной заслонки гасятся за счет упругости воздуха в демпферной камере.

Параллельно каналу измерительной заслонки выполнен обводной канал 1 подачи воздуха на режиме холостого хода с регулировочным винтом 6 состава (качества) смеси. За измерительной заслонкой установлен датчик 7 температуры воздуха, поступающего во впускной коллектор. Показания датчика позволяют более точно рассчитать массовую долю воздуха.

**Измеритель расхода воздуха типа Karman** (рис. 4.11) определяет объем проходящего воздуха по изменению скорости распространения волн ультразвуковых колебаний, направленных перпендикулярно воздушному потоку, проходящему через генераторы турбулентности 2. Частота завихрений зависит от объема проходящего воздуха и влияет на скорость прохождения волн 4 ультразвуковых колебаний, испускаемых осциллятором 1 и поступающих к приемнику 6 на противоположной стенке камеры. Сигнал обрабатывается далее в усилителе, фильтре, формирователе импульсов и поступает на блок управления системы электронного регулирования подачи топлива.

Разнообразие применяемых измерителей расхода воздуха вызвано стремлением обеспечить их надежность, точность, долговечность при минимальной стоимости и в значительной степени зависит от уровня технологического оснащения предприятий-изготовителей.

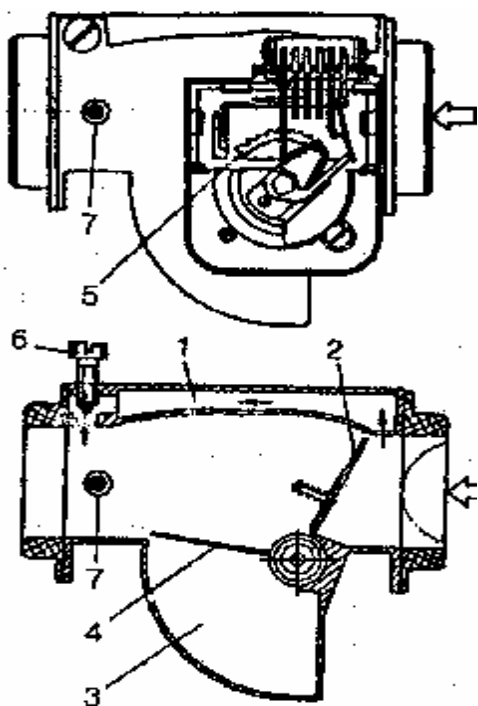


Рис. 4.10. Датчик расхода воздуха с демпферной заслонкой

1 – обводной канал холостого хода; 2 – напорная заслонка; 3 – демпферная камера; 4 – демпфирующая заслонка; 5 – потенциометр; 6 – винт регулировки состава (качества) смеси на холостом ходу; 7 – датчик температуры

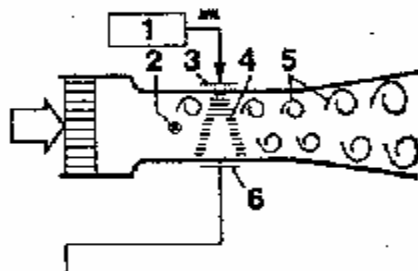


Рис. 4.11. Измеритель объемного расхода воздуха вихревого типа Karman

1 – осциллятор; 2 – генератор турбулентности; 3 – передатчик; 4 – ультразвуковые волны; 5 – вихревой поток; 6 – приемник

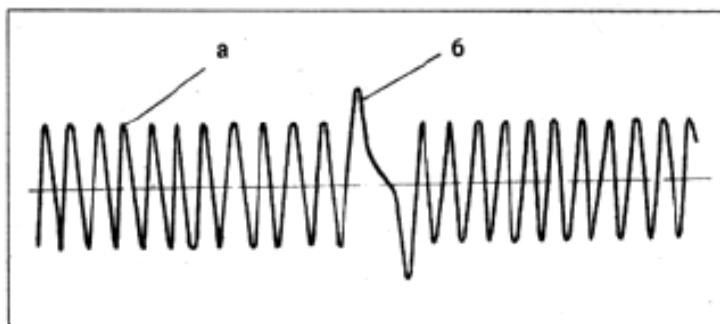


Рис.4.12. Осциллограмма импульсов напряжения датчика положения коленчатого вала:  
а-угловые импульсы; б-опорный импульс

Применяемый на автомобиле ВАЗ-2112i датчик 2 массового расхода воздуха (рис.4.2) - термоанемометрического типа с частотным выходным сигналом - расположен между воздушным фильтром и шлангом впускной трубы. В зависимости от расхода воздуха меняется частота сигнала (при аналоговом выходном сигнале – напряжение).

Большой расход воздуха вызывает сигнал высокой частоты, а малый расход - сигнал низкой частоты.

**Датчик положения коленчатого вала** – индуктивного типа, предназначен для синхронизации работы блока управления с верхней мертвой точкой поршней 1 - го и 4 - го цилиндров и угловым положением коленчатого вала.

Датчик установлен на крышке масляного насоса напротив задающего диска на шкиве привода генератора. Задающий диск представляет собой зубчатое колесо с 58 равноудаленными через  $6^{\circ}$  впадинами (при таком шаге на диске помещается 60 зубьев). Для создания "опорного" импульса "б" (рис. 4.12) или, так называемого импульса синхронизации, два зуба, из 60 возможных, - отсутствуют (срезаны). Импульс необходим для согласования работы контроллера с ВМТ поршней в 1 - ом и 4 - ом цилиндрах.

При вращении коленчатого вала зубья диска изменяют магнитное поле датчика, наводя импульсы напряжения переменного тока. Установочный зазор между сердечником датчика и зубом диска должен находиться в пределах  $(1 \pm 0,2)$  мм.

Контроллер по сигналам датчика определяет частоту вращения коленчатого вала и выдает импульсы на форсунки.



**Датчик 28 скорости автомобиля** устанавливается на коробке передач (рис. 4.2) между приводом спидометра и наконечником гибкого вала привода спидометра. Принцип действия датчика основан на эффекте Холла. Датчик выдает на контроллер прямоугольные импульсы напряжения с частотой, пропорциональной скорости вращения ведущих колес.

**Датчик фаз 23** устанавливается с левой передней стороны головки цилиндров. Принцип его действия также основан на эффекте Холла. В пазу датчика находится обод стального диска с прорезью. Диск закреплен на шкиве распределительного вала впускных клапанов. Когда прорезь диска проходит через паз датчика фаз, он выдает на контроллер отрицательный импульс, соответствующий положению поршня 1 - го цилиндра в ВМТ в конце такта сжатия.

При фазированном впрыске топливо подается форсунками по цилиндрам в последовательности, соответствующей порядку зажигания в цилиндрах (1-3-4-2).

**Система улавливания паров бензина** применяется в системе впрыска с обратной связью. Здесь применен метод улавливания паров угольным адсорбером 32 (рис. 4.2), установленным в моторном отсеке.

Пары из топливного бака поступают сначала в сепаратор 21, где они частично конденсируются. Конденсат сливается обратно в топливный бак, а пары идут дальше в гравитационный клапан 18. Он служит для предотвращения вытекания топлива из бака в случае переворачивания автомобиля при аварии. Затем пары топлива проходят через двухходовой клапан 20 и поступают в адсорбер 32.

На крышке адсорбера расположен электромагнитный клапан, которым по сигналам блока управления переключаются режимы работы системы. Когда двигатель не работает, электромагнитный клапан закрыт, и пары бензина из топливного бака по трубопроводам идут к адсорберу, где они поглощаются гранулированным активированным углем. При работающем двигателе адсорбер продувается воздухом и пары отсасываются к дроссельному патрубку 7, а затем во впускную трубу для сжигания в ходе рабочего процесса.

Контроллер управляет продувкой адсорбера, включая электромагнитный клапан, расположенный на крышке адсорбера. При подаче на клапан напряжения, он открывается, впуская пары во впускную трубу. Управление клапаном осуществляется методом широтно-импульсной модуляции. Клапан включается и выключается с частотой 16 раз в секунду (16 Гц). Чем выше расход воздуха, тем больше длительность импульсов включения клапана.

Контроллер включает клапан продувки адсорбера при выполнении следующих условий:

- температура охлаждающей жидкости выше 75 °С;
- система управления топливоподачей работает в режиме замкнутого цикла (с обратной связью);
- скорость автомобиля превышает 10 км/ч. После включения клапана пороговое значение скорости меняется. Клапан отключится только при снижении скорости до 7 км/ч;
- открытие дроссельной заслонки превышает 4 %. Этот фактор в дальнейшем не имеет значения, если он не превышает 99 %. При полном открытии дроссельной заслонки контроллер отключает клапан продувки адсорбера.

**Система зажигания.** В системе зажигания не используются традиционные распределитель и катушка зажигания. Здесь применяется модуль 5 (рис. 4.13) зажигания, состоящий из двух катушек зажигания и управляющей электроники высокой энергии. Система зажигания не имеет подвижных деталей и поэтому не требует обслуживания (регулировок угла опережения зажигания).

В системе зажигания применяется метод распределения искры, называемый методом "холостой искры". Цилиндры двигателя объединены в пары 1 - 4 и 2 - 3. Искрообразование происходит одновременно в двух цилиндрах: в цилиндре, в котором заканчивается такт сжатия (рабочая искра) и в цилиндре, в котором происходит такт выпуска (холостая искра). В связи с постоянным направлением тока в обмотках катушек зажигания, ток искрообразования у одной свечи всегда протекает с центрального электрода на боковой, а у второй - с бокового на центральный. Применяемый тип свечей для 8 - клапанных двигателей – А17ДВРМ, для 16 - клапанных - АУ17ДВРМ с уменьшенным до 16 мм размером под ключ. Зазор между электродами свечей составляет 1,0 - 1,15 мм.

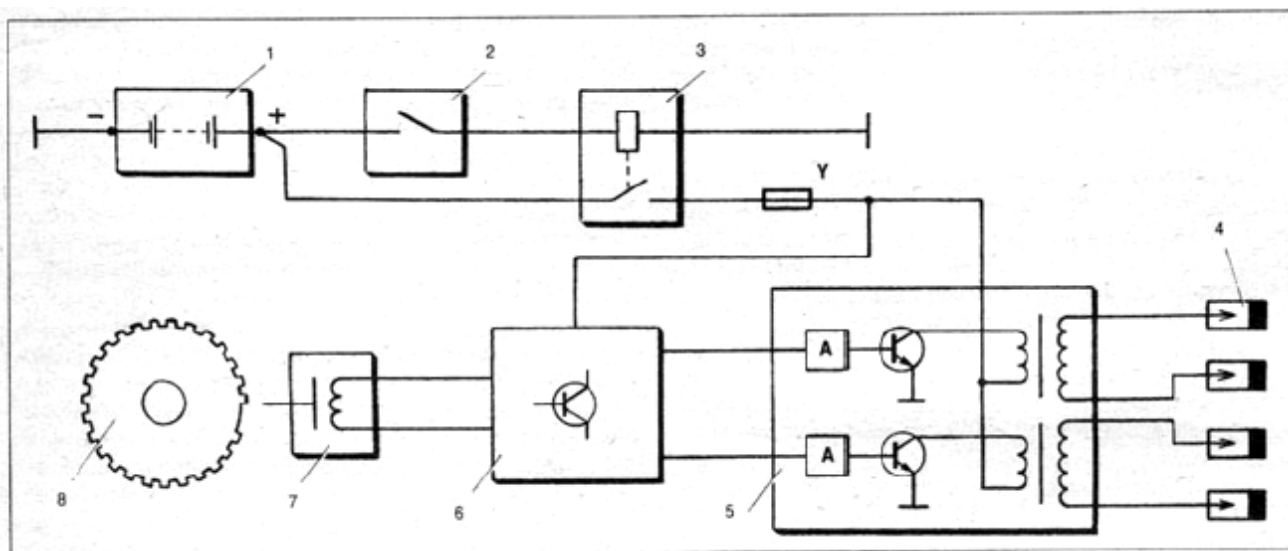


Рис.4.13. Схема системы зажигания:

1-аккумуляторная батарея; 2-выключатель зажигания;3-реле зажигания; 4- свечи зажигания; 5-модуль зажигания;6- контроллер; 7-датчик положения коленчатого вала; 8-задающий диск; А устройство согласования

Управление зажиганием в системе осуществляется с помощью контроллера. Датчик положения коленчатого вала подает в контроллер опорный сигнал, на основе которого ЭБУ производит расчет последовательности срабатывания катушек в модуле зажигания. Для точного управления зажиганием контроллер использует следующую информацию:

- частота вращения коленчатого вала;
- нагрузка двигателя (массовый расход воздуха);
- температура охлаждающей жидкости;
- положение коленчатого вала;
- наличие детонации.

**Работа системы впрыска.** Количество топлива, подаваемого форсунками, регулируется электрическим импульсным сигналом от контроллера (электронного блока управления). Он отслеживает данные о состоянии двигателя, рассчитывает потребность в топливе и определяет необходимую длительность подачи топлива форсунками (длительность импульса). Для увеличения количества подаваемого топлива длительность импульса увеличивается, а для уменьшения подачи топлива – сокращается.

Форсунки включаются попарно и поочередно: сначала форсунки 1 и 4 цилиндров, а через  $180^{\circ}$  поворота коленчатого вала – форсунки 2 и 3 цилиндров и т.д. Таким образом, каждая форсунка включается один раз за оборот коленчатого вала, т.е. два раза за полный рабочий цикл двигателя.

Контроллер обладает способностью оценивать результаты своих расчетов и команд, а также запомнить опыт недавней работы и действовать в соответствии с ним. "Самообучение" контроллера является непрерывным процессом, продолжающимся в течение всего срока эксплуатации автомобиля.

Независимо от метода впрыска – фазированный- нефазированный – подачи топлива определяется состоянием двигателя, т.е. режимом его работы. Эти режимы обеспечиваются контроллером и описаны ниже.

**Режим пуска двигателя.** При включении зажигания контроллер включает реле электробензонасоса. В магистрали подачи топлива к топливной рампе создается давление. Контроллер проверяет сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости и определяет правильное соотношение воздух/топливо для пуска, т.е. просчитывает длительность первоначального импульса впрыска. На холодном двигателе длительность импульса впрыска увеличивается, обеспечивая повышенную подачу топлива, а на прогревом – уменьшается.

Когда коленчатый вал двигателя начинает прокручиваться стартером, первый импульс

от датчика положения коленчатого вала вызывает импульс от контроллера на включение сразу всех форсунок. Это способствует ускоренному запуску двигателя. После начала вращения коленчатого вала контроллер работает в пусковом режиме до тех пор, пока обороты не превысят  $400 \text{ мин}^{-1}$  или, не наступит режим продувки "залитого" двигателя.

**Режим продувки двигателя.** Если двигатель "залит" топливом (т.е. топливо намочило свечи зажигания), он может быть очищен путем полного открытия дроссельной заслонки при одновременном проворачивании коленчатого вала. При этом контроллер не подает импульсы впрыска на форсунки. Контроллер поддерживает этот режим до тех пор, пока обороты двигателя ниже  $400 \text{ мин}^{-1}$ , и датчик положения дроссельной заслонки показывает, что она почти полностью открыта (более 75 %).

**Рабочий режим управления топливоподачей.** После пуска двигателя (когда обороты более  $400 \text{ мин}^{-1}$ ) контроллер управляет системой подачи топлива в рабочем режиме. На этом режиме контроллер рассчитывает длительность импульса на форсунки по сигналам от датчика положения коленчатого вала (информация о частоте вращения), датчика массового расхода воздуха, датчика температуры охлаждающей жидкости и датчика положения дроссельной заслонки.

Рассчитанная длительность импульса впрыска может давать соотношение воздух/топливо, отличающееся от 14,7:1. Примером может служить непрогретое состояние двигателя, т.к. при этом для обеспечения хороших ездовых качеств требуется обогащенная смесь.

**Рабочий режим для системы впрыска с обратной связью.** В этой системе контроллер рассчитывает длительность импульса на форсунки на основе сигналов от тех же датчиков, что и в системе впрыска без обратной связи. Отличие состоит в том, что в системе с обратной связью контроллер еще использует сигнал от датчика кислорода для корректировки и тонкой регулировки расчетного импульса, чтобы точно поддерживать соотношение воздух/топливо на уровне 14,6-14,7:1. Это позволяет каталитическому нейтрализатору работать с максимальной эффективностью.

**Работа системы с последовательным (фазированным) впрыском топлива.** Отличие этой системы от описанных выше состоит в том, что контроллер включает форсунки не попарно, а последовательно в порядке зажигания по цилиндрам (1-3-4-2). Датчик фаз дает контроллеру сигнал о том, когда 1 - й цилиндр находится в ВМТ в конце такта сжатия. На основании этого сигнала контроллер рассчитывает момент включения каждой форсунки, причем каждая форсунка впрыскивает топливо один раз за два оборота коленчатого вала двигателя, т.е. за один полный рабочий цикл. Такой метод позволяет более точно дозировать топливо по цилиндрам и понизить уровень токсичности отработавших газов.

**Режим обогащения при ускорении.** Контроллер следит за резкими изменениями положения дроссельной заслонки (по датчику положения дроссельной заслонки) и за сигналом датчика массового расхода воздуха и обеспечивает подачу дополнительного количества топлива за счет увеличения длительности импульса впрыска. Режим обогащения при ускорении применяется только для управления топливоподачей в переходных условиях (при перемещении дроссельной заслонки).

**Режим мощностного обогащения.** Контроллер отслеживает сигналы от датчиков положения дроссельной заслонки и частоты вращения коленчатого вала для определения моментов, в которые водителю необходима максимальная мощность двигателя. Для достижения максимальной мощности требуется обогащенная горючая смесь, и контроллер изменяет соотношение воздух/топливо приблизительно до 12:1. В системе впрыска с обратной связью на этом режиме сигнал датчика концентрации кислорода игнорируется, т.к. он будет указывать на обогащенность смеси.

**Режим обеднения и отключения подачи топлива при торможении двигателем.** При торможении автомобиля с закрытой дроссельной заслонкой могут увеличиваться выбросы в атмосферу токсичных компонентов. Чтобы не допустить этого, контроллер следит за уменьшением угла открытия дроссельной заслонки и за сигналом датчика массового расхода воздуха и своевременно уменьшает количество подаваемого топлива путем сокращения импульса впры-

ска.

При торможении двигателем с включенной передачей и сцеплением контроллер может на короткие периоды времени полностью отключить импульсы впрыска топлива. Отключение и включение подачи топлива на этом режиме происходит при выполнении определенных условий по температуре охлаждающей жидкости, частоте вращения коленчатого вала, скорости автомобиля и углу открытия дроссельной заслонки.

**Компенсация напряжения питания.** При падении напряжения питания система зажигания может давать слабую искру, а механическое движение "открытия" форсунки может занимать больше времени. Контроллер компенсирует это путем увеличения времени накопления энергии в катушках зажигания и длительности импульса впрыска.

Соответственно при возрастании напряжения аккумуляторной батареи (или напряжения в бортовой сети автомобиля) контроллер уменьшает время накопления энергии в катушках зажигания и длительность впрыска.

**Режим отключения подачи топлива.** При выключенном зажигании топливо форсункой не подаются, чем исключается самовоспламенение смеси при перегретом двигателе. Кроме того, импульсы впрыска топлива не подаются, если контроллер не получает опорных импульсов от датчика положения коленчатого вала, т.е. это означает, что двигатель не работает.

Отключение подачи топлива также происходит при превышении предельно допустимой частоты вращения коленчатого вала двигателя, равной  $6510 \text{ мин}^{-1}$ , для защиты двигателя от "перекрутки".

**Управление электроклапаном системы охлаждения и кондиционером.** Электроклапан включается и выключается контроллером в зависимости от температуры двигателя, частоты вращения коленчатого вала, работы кондиционера (если он есть на автомобиле) и других факторов. В электрической цепи управления работой электроклапана имеется вспомогательное реле, расположенное под консолью панели приборов с правой стороны.

При работе двигателя электроклапан включается, если температура охлаждающей жидкости превысит  $104 \text{ }^{\circ}\text{C}$  или будет дан запрос на включение кондиционера. После падения температуры охлаждающей жидкости ниже  $101 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , выключения кондиционера или остановки двигателя электроклапан выключается.

Если на автомобиле установлен кондиционер, то сигнал поступает от выключателя кондиционера на панели приборов. В данном случае контроллер получает информацию о том, что водитель желает включить кондиционер. Получив такой сигнал, контроллер сначала подстраивает регулятор холостого хода, чтобы компенсировать дополнительную нагрузку на двигатель от компрессора кондиционера, а затем включает реле, управляющее работой компрессора.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Указать на плакате, на макете аппараты подачи топлива, воздуха, отвода отработавших газов, рассмотреть их конструктивное исполнение.

2. Ознакомиться с общим устройством распределенной системы впрыска топлива. Указать на плакате, на макете основные элементы и узлы системы питания, включая датчики, ЭБУ, детали привода управления дроссельной заслонкой.

3. Ознакомиться с возможными вариантами определения массового расхода воздуха.

4. Отметить особенности пуска, прогрева и работы двигателя на холостом ходу. Рассмотреть работу системы впрыска в режимах принудительного холостого хода, полной нагрузки, ограничения максимальных оборотов, а также при переходах от одного режима работы к другому.

5. Изучить работу и устройство дополнительных систем: улавливания паров топлива, вентиляции картера, нейтрализации отработавших газов.

6. Отметить особенности организации фазированного впрыска топлива.

7. Составить схемы заданных систем или устройств распределенного впрыска топлива.

## Лабораторная работа № 5

### СИСТЕМА ПИТАНИЯ ГАЗОБАЛЛОННОГО АВТОМОБИЛЯ

**Цель работы:** Ознакомиться с устройством и принципом работы системы питания двигателя от газобаллонной установки, изучить конструкцию газового смесителя, редукторов низкого и высокого давлений, устройство подогревательных /испарительных элементов, клапанов, вентилей и фильтров.

**Оборудование:** макеты отдельных элементов и узлов газобаллонной установки грузовых автомобилей ГАЗ, ЗИЛ, плакаты, справочная литература.

**Общие сведения.** В качестве топлива для газобаллонных автомобилей применяют сжатые природные (СПГ) и сжиженные нефтяные газы (СНГ). Сжатые газы в основном состоят из метана, а сжиженные - из пропана и бутана. Использование газа снижает загрязнение окружающей среды, уменьшает нагарообразование, исключает конденсацию паров топлива на стенках цилиндров, смывание масляной пленки и разжижение масла, увеличивает срок службы двигателя. Для работы на сжатых и сжиженных газах используют серийные автомобили с карбюраторными двигателями. Рабочий цикл двигателя, работающего на газе, такой же, как и у карбюраторного, но устройство и работа приборов системы питания существенно отличается.

К недостаткам газового топлива по сравнению с бензином относится более низкая скорость горения и меньшая энергоемкость. В результате этого мощность двигателя уменьшается в зависимости от вида применяемого газа на 7 — 12 % при одной и той же степени сжатия. Повышением степени сжатия этих двигателей можно компенсировать потери мощности.

**Газобаллонная установка грузового автомобиля.** Схемы систем питания грузовых газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом или сжиженном газе, показаны на рис. 5.1.

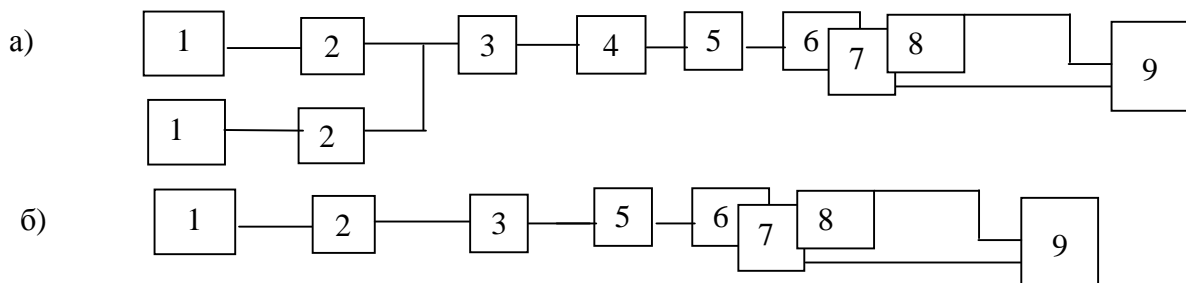


Рис. 5.1 Типовая структурная схема подачи топлива в двигателе газобаллонного автомобиля:

а) для работы на сжатом природном газе; б) для работы на сжиженном нефтяном газе; 1 – секции баллонов / баллон для газа; 2 – расходный / магистральный вентиль; 3 – подогреватель / испаритель газа; 4 – редуктор высокого давления; 5 – электромагнитный запорный клапан – фильтр; 6 – первая ступень редуктора низкого давления; 7 – вторая ступень редуктора низкого давления с разгрузочным устройством; 8 – дозирующе - экономайзерное устройство редуктора; 9 – газовый смеситель / карбюратор - смеситель

**Баллоны для сжатого газа**, объединенные в одну или две секции 1 (рис. 5.1, а), выполнены из бесшовных труб углеродистой или легированной стали, подвергнуты термообработке. В горловине баллона имеется отверстие для подключения *арматуры*, которая включает специальные метановые наполнительный и расходный вентили диафрагменного типа. Они ввертываются (коническая резьба) в специальные переходники или крестовину моментом затяжки 450 - 500 Н·м. Давление газа в баллонах при полной заправке – до 20 Мпа. По мере расхода газа давление уменьшается.

**Сжиженный газ** в жидком и парообразном состоянии находится в баллоне 1 (рис. 5.1, б), закрепленном на раме автомобиля. В арматуру баллона входят: наполнительный вентиль с впускным и обратным клапанами, вентиль контроля максимального заполнения баллона сжиженным газом, датчик с поплавком указателя уровня, предохранительный клапан, сливная пробка, расходные вентили паровой и жидкостной фаз. От расходных вентилей газ поступает к

магистральному вентилю системы. При пуске и прогреве двигателя питание осуществляют газом, находящимся в парообразном состоянии. После прогрева используется жидкая фаза. Рабочее давление газа в баллоне - 1,6 МПа - сохраняется по мере расхода жидкой фазы топлива за счет его испарения. Заполнение баллона жидким газом не должно превышать 90 % его объема; контроль осуществляется через специальный вентиль.

**Подогреватель 3** (рис. 5.1, а) системы питания СПГ служит для повышения температуры сжатого газа до 30 – 40 °С перед поступлением его в редуктор высокого давления. При этом используется тепловая энергия системы жидкостного охлаждения двигателя или отработавших газов. Необходимость предварительного подогрева вызвана резким снижением температуры при уменьшении давления газа в редукторе 4 высокого давления, что может привести к образованию ледяных пробок, закупорке проходных сечений и обмерзанию редукционного клапана редуктора.

Корпус подогревателя – разъемный, с двойными стенками, образующими водяную "рубашку" вокруг змеевика из трубок высокого давления, по которым проходит сжатый газ от баллонов. При использовании для подогрева отработавших газов, змеевик охватывает трубы выпускного коллектора.

**Испаритель 3** (рис. 5.1, б) жидкого газа использует тепло системы охлаждения для обеспечения перехода жидкой фазы газа в паровую. В корпусе испарителя находится извилистый газовый канал, стенки которого окружены полостями с горячей жидкостью системы охлаждения. Циркуляция жидкости поддерживается водяным насосом, с которым соединен выходной канал испарителя.

**Газовый редуктор 4** (рис. 5.1, а) высокого давления используется в системах питания, работающих на СПГ, и служит для предварительного понижения давления газа до уровня, соизмеримого с давлением газа в системах СНГ. Это позволяет унифицировать нижеперечисленные аппараты и использовать их для работы как на сжатых, так и на сжиженных газах.

**Редуктор высокого давления (РВД)** — поддерживает давление газа на выходе в пределах  $10 \pm 2$  МПа при достаточно широком диапазоне изменения давления газа в баллонах, от 20 МПа до 10 МПа.

Основными узлами редуктора высокого давления (рис. 5.2) являются: редуцирующий клапан 12, седло 10, толкатель 3, соединенный с мембраной 2, пружина, сила упругости которой меняется с помощью регулировочного винта 4. При вращении винта 4 по часовой стрелке сила нажимной пружины через мембрану 2 и толкатель 3 передается на клапан 12, который, перемещаясь вниз, образует зазор между клапаном и седлом 10. Проходя через этот зазор, газ дросселируется, и, попадая затем в рабочую камеру низкого давления Б, дополнительно расширяется. Давление его уменьшается. Если давление газа в камере Б станет меньше расчетного, то сила, действующая на мембрану 2 со стороны газовой полости, уменьшится и под действием пружины толкатель 3 переместит редуцирующий клапан вниз, увеличив зазор между седлом и клапаном. Вследствие этого, давление газа в рабочей камере возрастет до расчетного.

Аналогично при уменьшении давления газа на входе в редуктор (за счет опорожнения баллонов при работе двигателя) сила, действующая на редуцирующий клапан 12 снизу (со стороны камеры высокого давления А) уменьшится и зазор между клапаном 12 и седлом 10 увеличится. В результате, по мере уменьшения входного давления, гидравлические потери и, следовательно, степень дросселирования газа в редуцирующем узле уменьшаются и давление газа на выходе из редуктора поддерживается в заданных пределах. Этот принцип силового саморегулирования положен в основу работы редуктора высокого давления, как и вообще газовых редукторов. Обеспечение требуемых величин давления газа на выходе из редуктора производится с помощью регулировочного винта 4. При полностью вывернутом винте 4 газ не должен попадать в рабочую камеру низкого давления, независимо от давления газа в баллонах. Несоблюдение этого требования говорит о не герметичности редуцирующего узла.

Повышение давления газа при выходе из редуктора выше 17 МПа приводит к срабатыванию предохранительного клапана 9. В результате падения давления на выходе ниже 8 МПа срабатывает сигнализатор падения давления и в кабине водителя загорается контрольная лампа.

Если при быстром открытии дроссельных заслонок карбюратора-смесителя на работающем двигателе резко снижается давление газа на выходе РВД, то это свидетельствует о засорении металлокерамического фильтра 13 или дополнительного фильтра в составе редуцирующего узла. При любой неисправности редуктора высокого давления необходимо закрыть магистральный (расходный) вентиль и выработать газ из системы питания до полной остановки двигателя.

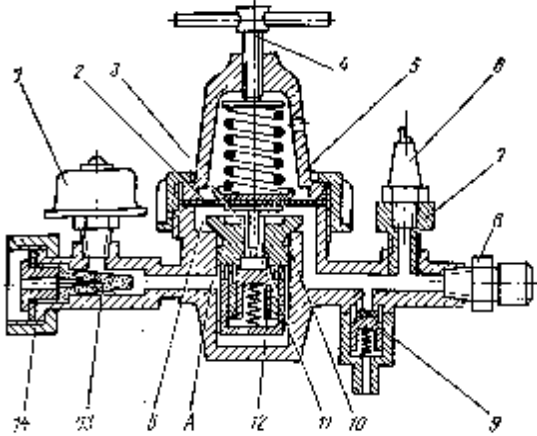


Рис. 5.2 Редуктор высокого давления

*А - камера высокого давления; Б - рабочая камера; 1 - датчик манометра высокого давления; 2 - мембрана; 3 — толкатель; 4 - регулировочный винт; 5 - крышка; 6 - сигнализатор падения давления; 7 - переходник; 8 - выходной штуцер; 9 - предохранительный клапан; 10 - седло; 11- дополнительный фильтр; 12 - редуцирующий клапан; 13 - керамический фильтр; 14 - гайка*

**Электромагнитные запорные клапаны-фильтры.** Чтобы исключить одновременную работу двигателя на газе и бензине, в систему питания газобаллонных автомобилей поставлены газовый и бензиновый электромагнитные клапаны, объединенные с фильтрующими элементами.

Электромагнитные газовые запорные клапаны-фильтры конструктивно одинаковы для систем сжатого и сжиженного газа. Они содержат электромагнит, клапан и фильтр, закрепленные на общем корпусе. Фильтр содержит войлочный фильтрующий элемент, помещенный в алюминиевый стакан, который крепится к корпусу с помощью стяжного болта. На корпус крепится также электромагнит с клапаном. Если зажигание выключено, клапан электромагнита находится в закрытом состоянии и не пропускает газ к редуктору низкого давления. Если же зажигание включено, а тумблер для топлива находится в позиции "газ" (что соответствует работе двигателя на газовом топливе), клапан открывается, и газ через фильтрующий элемент поступает к редуктору низкого давления.

При выключенном зажигании, при положении тумблера вида топлива в позиции «газ» или в нейтральном положении "о" (последнее соответствует состоянию выработки топлива из соответствующей системы питания), бензиновый запорный клапан закрыт. Когда переключатель вида топлива находится в позиции "бензин", а зажигание включено, бензиновый запорный клапан открывается. В корпус клапана встроен стандартный бензиновый фильтр тонкой очистки с керамическим фильтрующим элементом и съемным пластмассовым стаканом - отстойником.

**Газовый редуктор низкого давления** служит для снижения давления газа до значения, близкого к атмосферному. Устройство редуктора низкого давления и его отдельных элементов показано на рис. 5.3, 5.4. Редуктор двухступенчатый, мембранно – рычажного типа. В его корпусе размещены камера первой ступени (полость I), камера второй ступени (полость II), разгрузочное устройство (полость III) и дозирующе - экономайзерное устройство (полость V). Полость IV соединена с атмосферой.

Принцип действия первой и второй ступеней одинаков. Каждая ступень имеет резино-тканевую мембрану 8 и 39, коленчатый рычаг 12 и 28, соединяющий мембрану с клапаном, пружину 10 и 47 мембраны с регулировочной гайкой 11 на I ступени и регулировочным ниппелем на II ступени. Вторая ступень имеет также разгрузочное устройство, состоящее из мембраны 38 с пружинной 41.

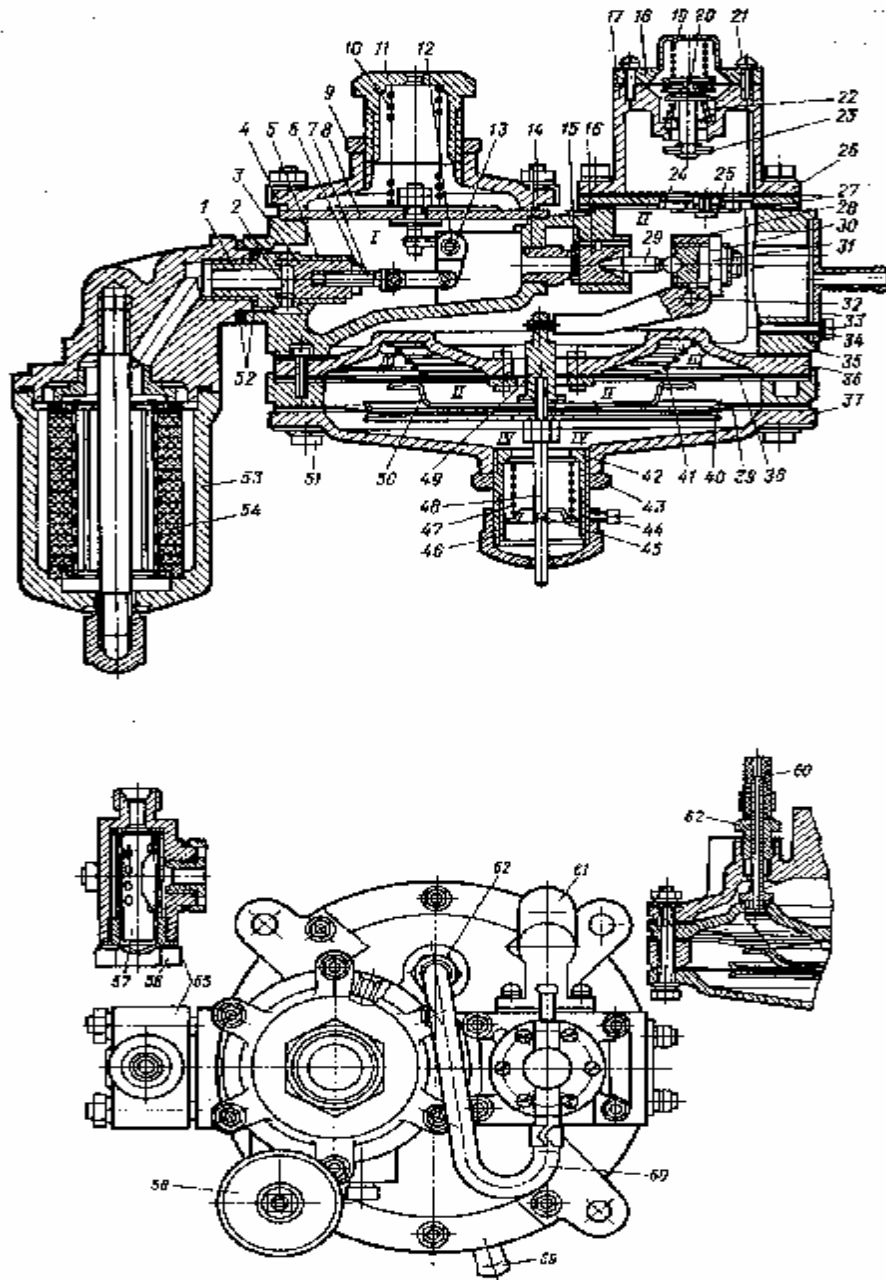


Рис. 5.3. Редуктор низкого давления:

*I* — полость первой ступени; *II* — полость второй ступени; *III* — полость разгрузочного устройства; *IV* — полости атмосферного давления; *V* — полость дозирующе-экономизерного устройства; 1, 14 — седло клапанов соответственно первой и второй ступеней; 2, 15 — уплотнитель клапана; 3, 4 — соответственно клапан и крышка первой ступени; 5 — направляющая клапана; 6, 9, 31 — контргайка; 7, 30 — регулировочные винты клапанов; 8, 39 — мембраны соответственно первой и второй ступеней; 10 — пружина мембраны; 11 — регулировочная гайка; 12, 28 — рычаги соответственно первой и второй ступеней; 13, 32 — оси рычагов; 16 — клапан второй ступени; 17 — корпус дозирующе-экономизерного устройства; 18, 37 — крышки соответственно корпуса и редуктора; 19 — пружина экономизера; 20, 38 — мембраны соответственно экономизера и разгрузочного устройства; 21, 34 — винты крепления крышки; 22 — пружина клапана экономизера; 23 — клапан экономизера; 24, 25 — дозирующие отверстия соответственно экономичной и мощностной регулировки подачи газа; 26 — пластина с дозирующими отверстиями; 27 — прокладки пластины; 29 — толкатель клапана; 33 — крышка с патрубком системы холостого хода; 35 — корпус редуктора; 36 — крышка разгрузочного устройства; 40 — усиленный диск мембраны; 41 — пружина разгрузочного устройства мембраны; 42 — регулировочный ниппель; 43 — контргайка ниппеля; 44 — стопорный винт; 45 — штифт упорной шайбы; 46 — колпачковая крышка ниппеля; 47 — пружина мембраны второй ступени; 48 — стержень; 49, 50 — соответственно шток и упор мембраны; 51 — болт крепления крышки редуктора; 52 — прокладки; 53 — корпус газового фильтра (ЗИЛ-431810); 54 — фильтрующий элемент; 55 — корпус газового фильтра (ЗИЛ-431610); 56 — пробка; 57 — фильтрующий элемент; 58 — датчик манометра низкого давления; 59 — кран для слива конденсата; 60 — трубка к разгрузочному устройству; 61 — патрубок для выхода газа к смесителю; 62 — штуцер разгрузочного устройства.



Редуктор имеет также дополнительные устройства мембранно-пружинного типа, которые обеспечивают автоматическое перекрытие поступления газа к смесителю при выключении двигателя, а также дозировку количества газа в соответствии с нагрузочным режимом работы двигателя.

При неработающем двигателе и закрытом расходном вентиле (при выработанном газе) давление в полости первой ступени равно атмосферному, и клапан 3 первой ступени находится в открытом положении под действием усилия пружины 10.

При открытом вентиле и включенном электромагнитном клапане газ поступает в полость первой ступени редуктора. Мембрана 8, преодолевая усилие пружины 10, прогибается и при достижении заданного давления (1,6...1,8 МПа), рычаг 12 закрывает клапан 3. Установочное давление газа в полости регулируется при помощи гайки 11. Дистанционный электрический манометр, установленный в кабине, и датчик, размещенный на редукторе позволяют контролировать величину давления газа в полости I ступени.

При неработающем двигателе клапан 16 второй ступени находится в закрытом положении и плотно прижат к седлу пружиной 41 разгрузочного устройства и пружиной 47 мембраны, усилие от которых передается через шток 49 и стержень 48, рычаг 28 и толкатель 29.

При пуске двигателя под дроссельными заслонками карбюратора-смесителя (газового смесителя) создается вакуум, который по шлангам (через вакуумную полость экономайзера) передается в полость III разгрузочного устройства. Мембрана 38 прогибается и сжимает пружину 41 разгрузочного устройства, в результате чего на рычаге 28 уменьшается усилие, закрывающее клапан 16. Усилия пружины 47 становится недостаточно для удержания клапана 16 II-й ступени в закрытом положении, и он открывается под действием давления газа, находящегося в полости I-й ступени. Газ заполняет полость II-й ступени, а затем через патрубок системы холостого хода поступает к карбюратору-смесителю. В режиме холостого хода расход газа незначителен, и в полости II-й ступени создается избыточное давление 50...70 Па.

При открытии дроссельной заслонки разрежение в вакуумных полостях экономайзерного и разгрузочного устройств, а также в каналах холостого хода уменьшается. Мембрана 38 разгрузочного устройства перемещается под действием пружины 41 и ложится на упор 50, передавая усилие пружины 41 через упор на рычажную систему клапана второй ступени. Совместное действие пружин 47 и 41, противодействующих открытию клапана 16, регулируют подачу газа при средних нагрузках, поддерживая слегка обедненный состав смеси. Газ поступает к смесителю через патрубок подвода газа дозирующе-экономайзерного устройства, соединенный с распылителем форсунки, выведенной в диффузор смесительной камеры. Поступления газа в полость V дозируется размером отверстия 8 (рис. 5.4) экономичной регулировки подачи газа.

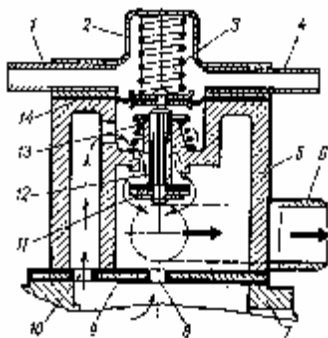


Рис. 5.4. Дозирующе-экономайзерное устройство редуктора:

1 — патрубок для соединения вакуумной полости экономайзера с впускным трубопроводом двигателя; 2 — крышка; 3 — пружина мембраны; 4 — патрубок для передачи вакуума в вакуумную полость разгрузочного устройства; 5 — корпус экономайзера; 6 — патрубок для подвода газа в форсунку смесителя; 7 — корпус редуктора; 8 — дозирующее отверстие экономичной регулировки подачи газа; 9 — пластина; 10 — дозирующее отверстие мощной регулировки подачи газа; 11 — клапан; 12 — толкатель клапана; 13 — пружина клапана; 14 — мембрана

По мере открытия дроссельных заслонок расход газа увеличивается, и на режимах, близких к режиму полной мощности, давление газа в полости II (рис. 5.3) снижается до вакуума 150...200 Па. При этом мембрана 39 под действием разрежения прогибается вверх и через систему рычагов увеличивает проходное сечение клапана 16. Одновременно увеличивается поступление газа через клапан 3 I-й ступени.

При больших степенях открытия дроссельной заслонки, за счет понижения разрежения в поддроссельном пространстве смесителя, под действием пружины 3 (рис. 5.4) открывается кла-

пан 11 экономайзера. Дополнительное количество газа поступает через отверстие 10 мощностной регулировки и клапан экономайзера, увеличивая общую подачу газа, что приводит к обогащению газозвушной смеси и повышению мощности двигателя.

Газ из полости II-й ступени редуктора проходит через дозирующе-экономайзерное устройство, откуда по трубке направляется к обратному клапану входного патрубка газового смесителя. Распыляясь через форсунки, газ смешивается в диффузоре с воздухом, и далее, минуя дроссельные заслонки, газозвушная смесь поступает в цилиндры двигателя.

В правильно отрегулированном двухступенчатом редукторе давление газа в I-й ступени должно быть 1,6...1,8 МПа, ход клапана I ступени, регулируемый винтом 7 (рис 5.3), должен быть 3 ... 4 мм. Клапан II ступени должен открываться при разрежении в разгрузочном устройстве равном 0,7 ... 0,8 кПа. При этом величина избыточного давления (50 ... 70 Па) газа в камере II ступени регулируется ниппелем 42. Ход клапана (3...4 мм) регулируется винтом 30. При повышении давления в камере II ступени клапан должен плотно закрыть отверстие в седле 14.

**Газовый смеситель.** Для приготовления газозвушной смеси на автомобилях ЗИЛ - 431810, работающих на сжиженном газе, используется газовый смеситель, на автомобилях ЗИЛ - 431610, работающих на сжатом газе, используется карбюратор К91 с газовым смесителем. Принцип работы газового смесителя в обеих конструкциях одинаков, поэтому далее рассмотрена конструкция и работа газового смесителя автомобилей ЗИЛ - 431810.

Газовый смеситель двухкамерный, с параллельной работой камер, с падающим потоком, с двумя горизонтальными форсунками, расположенными в горловинах съемных диффузоров. Каждая смесительная камера имеет главную систему, к которой газ подводится из дозирующе-экономайзерного устройства редуктора по трубопроводу основной подачи, и систему холостого хода, в которую подвод газа комбинированный: из камеры второй ступени редуктора и из трубопровода основной подачи газа.

Газовый смеситель состоит из следующих частей: корпуса, привода управления дроссельными заслонками, патрубка подвода газа с обратным клапаном, крышки каналов холостого хода, мембранного механизма ограничителя частоты вращения и переходника для установки на смеситель (через прокладку) воздушного фильтра. В каждой камере смесителя (рис. 5.5) размещены: диффузор 9, газовая форсунка 8, дроссельная заслонка 18, закрепленная на валике. Валик привода дроссельных заслонок вращается в двух подшипниках. На одном конце валика установлен рычаг, входящий в вилку валика привода дроссельных заслонок, а на другом - рычаг, соединенный с мембранным механизмом пневмоцентробежного ограничителя максимальной частоты вращения коленвала.

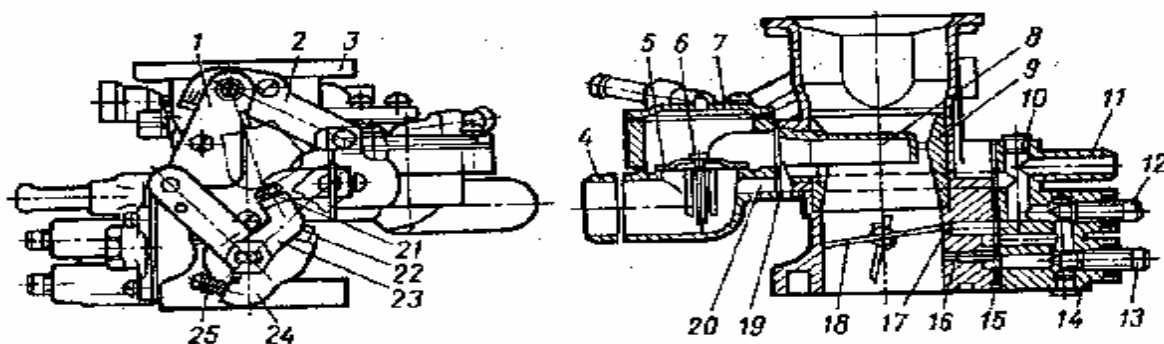


Рис. 5. 5. Газовый смеситель:

1, 2, 23 — рычаги пусковой системы; 3 — корпус; 4, 11 — соответственно патрубки подвода газа в смеситель и в систему холостого хода; 5 — обратный клапан; 6 — стержень; 7 — крышка; 8 — форсунка; 9 — диффузор; 10, 20 — каналы системы холостого хода; 12, 13 — винты регулировки состава газовой смеси для работы в режиме холостого хода; 14 — крышка каналов системы холостого хода; 15, 19 — прокладки; 16, 17 — выходные отверстия системы холостого хода; 18 — дроссельная заслонка; 21 — болт регулировки угла открытия дроссельных заслонок; 22 — винт регулировки полного открытия дроссельных заслонок; 24 — рычаг управления дроссельными заслонками; 25 — упорный винт регулировки минимальной частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода

На рычаге *1* пусковой системы размещены возвратная пружина и втулка для крепления троса управления. На рычаге *24* управления дроссельными заслонками размещены два винта: упорный винт *25* и винт *22* для регулировки полного открытия дроссельных заслонок. Крышка *14* каналов системы холостого хода установлена на корпусе газового смесителя через прокладку и закреплена четырьмя винтами. В ней размещены винты *12* и *13* регулировки состава газовой смеси и отверстие для присоединения вакуум-корректора.

При работе двигателя в режиме холостого хода топливная смесь образуется под дроссельными заслонками, куда газ поступает через патрубок *11*, каналы *20* и *10*, отверстия *16* и *17* (рис. 5.5), а воздух — через зазоры между дроссельной заслонкой и стенками смесительной камеры.

Частоту вращения коленчатого вала двигателя на режиме холостого хода регулируют упорным винтом *25*, ограничивающим закрытие дроссельных заслонок, и двумя винтами *12* и *13*, изменяющими состав газовой смеси.

С увеличением открытия дроссельной заслонки разрежение у отверстий *16*, *17* уменьшается, разрежение в диффузоре *10* нарастает. Когда разрежение в диффузоре станет достаточным для преодоления силы тяжести обратного клапана *5*, последний откроется и газ начнет поступать к форсунке *8*. В переходном режиме все меньшее количество газа поступает через систему холостого хода, все больше, по мере увеличения открытия дроссельной заслонки — через форсунки главной смесеобразующей системы. Действие системы холостого хода прекращается, когда разрежение в диффузоре станет значительно больше разрежения в зоне расположения отверстий *16* и *17*.

Для контроля за работой газовой системы питания СПГ предусмотрены манометр высокого давления, показывающий давление газа в баллонах, и манометр низкого давления, показывающий давление в первой ступени редуктора. По манометру высокого давления можно контролировать запас хода автомобиля. Снижение давления ниже 1,2 МПа в баллонах свидетельствует, что запас газа остается на пробег до 10 км. Показания манометра низкого давления дают информацию о необходимости регулировки редуктора, если он неисправен. Работа газобаллонной установки СНГ контролируется манометром низкого давления и контрольной лампой, установленными на вертикальной стенке приборной панели. При снижении давления ниже 0,95 МПа в кабине водителя загорается контрольная лампа, свидетельствующая о том, что газа в баллонах осталось на пробег 10 — 12 км.

#### ***Газобаллонная установка легкового автомобиля.***

Структура системы питания газобаллонного легкового автомобиля не имеет существенных отличий от аналогичных СНГ - систем, устанавливаемых на грузовые автомобили. Однако конструктивное исполнение некоторых отдельных узлов существенно отличается.

На рис. 5.6 представлена типичная схема газобаллонной установки при универсальной системе питания. В комплект газовой аппаратуры входят: редуктор, запорный вентиль, электромагнитные клапаны с фильтрами, карбюратор и смесительная установка, переключатель вида топлива, механический манометр со шкалой до 40 мПа, запорочный штуцер, газопроводы, шланги и крепежные детали.

Особенностью схемы (рис. 5.6) является объединение в одном блоке двухступенчатого редуктора и испарителя - подогревателя газа.

В случае использования универсальных систем питания газобаллонная установка автомобиля выполняется для работы на СНГ как на основном топливе. Запас хода при работе на газовом топливе составляет примерно 400 км, а на бензине — 17 км.

***Редуктор-испаритель низкого давления*** (рис. 5.7) является основным элементом газобаллонной аппаратуры, представляющий собой двухступенчатый автоматический регулятор давления диафрагменного типа с рычажной передачей от диафрагм к регулирующим клапанам. Отличительной особенностью конструкции является встроенный в корпус редуктора испаритель, обеспечивающий переход сжиженного газа в газообразное состояние за счет циркуляции жидкости из системы охлаждения двигателя.

Корпус редуктора представляет собой литую конструкцию, выполненную из алюминиевого сплава. Регулировочные клапаны высокого и низкого давлений - плоские, изготовленные из алюминиевого сплава, имеют уплотнители из бензостойкой резины. Седла клапанов выполнены из латунного сплава. Диафрагмы изготовлены из прорезиненной ткани.

Редуктор снижает давление газа до значения, близкого к атмосферному давлению, и поддерживает его (во второй ступени) на уровне от + 0,05 до - 0,1 кПа на всех режимах работы двигателя.

При неработающем двигателе разгрузочное устройство автоматически перекрывает клапан второй ступени, предотвращая проход газа к смесителю. Для обеспечения пуска холодного двигателя редуктор снабжен электромагнитным клапаном. В выходном патрубке редуктора имеется дозирующе-экономайзерное устройство (ДЭУ), регулирующее состав газозвушной смеси в зависимости от нагрузки двигателя.

Клапан 35 первой ступени перекрывает поступление газа (в жидкой фазе) в редуктор при достижении в полости Б давления  $0,08 \pm 0,01$  МПа. Испаренный газ через клапан 29 второй ступени поступает в полость В, где поддерживается давление в пределах от - 0,1 до + 0,05 кПа и далее через ДЭУ в смеситель.

Редуктор работает следующим образом. При неработающем двигателе и включенном электромагнитном газовом клапане газ заполняет полость Б. Давление в полостях Ж и Г равно атмосферному. Клапан 38 холостого хода, под воздействием пружины 39, а также клапан 29 под действием пружины 19 разгрузочного устройства и регулировочной пружины 28 клапана второй ступени закрыты. Перед пуском двигателя газ поступает во вторую ступень (полость В) через клапан 46 пускового устройства, открывающийся при помощи электромагнита, управляемого с места водителя.

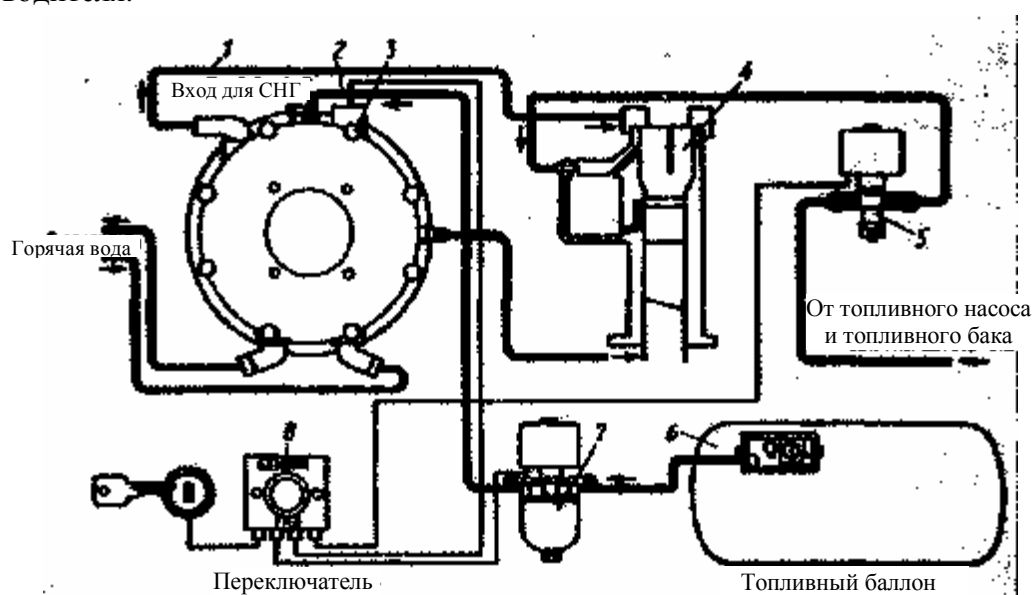


Рис. 5.6. Схема газобаллонной установки зарубежного легкового автомобиля при универсальной системе питания:

1 - выходная магистраль для газа; 2 - входная магистраль для газа; 3 - редуктор - испаритель; 4 - карбюратор - смеситель; 5 и 7 - электромагнитные клапаны - фильтры соответственно бензиновой и газовой магистралей; 6 - топливный баллон; 8 - переключатель вида топлива

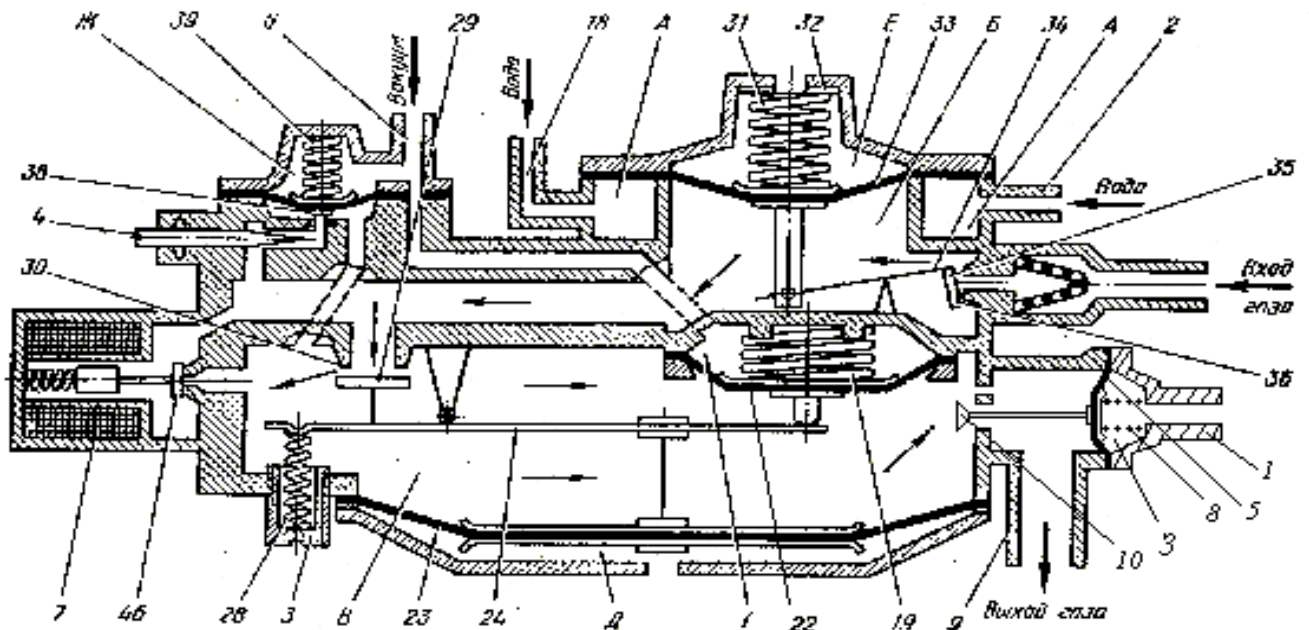


Рис. 5.7. Схема работы редуктора-испарителя низкого давления:

*А* - полость испарителя; *Б, В* - полости соответственно первой и второй ступени; *Г* - полость разгрузочного устройства; *Д, Е* - полости атмосферного давления; *Ж* - полость холостого хода; *З* - полость экономайзера; *1* - штуцер подвода разряжения из впускного коллектора; *2, 18* - патрубки ввода и вывода охлаждающей жидкости; *3* - винт регулировки давления во второй ступени; *4* - регулировочный винт системы холостого хода; *5* - мембрана экономайзера; *6* - вакуумная трубка; *7* - электромагнитный клапан; *8* - пружина экономайзера; *9* - выходной патрубков; *10* - клапан экономайзера; *19* - пружина разгрузочного устройства; *22* - диафрагма разгрузочного устройства; *23, 33* - диафрагма соответственно второй и первой ступени; *24, 34* - рычаг клапана соответственно второй и первой ступени; *28* - регулировочная пружина второй ступени; *29* - клапан второй ступени в сборе с рычагом; *30* - седло клапана второй ступени; *31* - пружина первой ступени; *32* - регулировочные шайбы; *35* - клапан первой ступени; *36* - седло клапана; *38* - клапан холостого хода в сборе с диафрагмой; *39* - пружина клапана холостого хода; *46* - клапан

После запуска двигателя в его впускной системе повышается разряжение, которое передается через штуцер *1* в полости *Ж, Г* и *З*, поднимая клапан *38*, освобождая рычаг клапана *29* и перекрывая клапаном *10* дозирующее отверстие мощной регулировки в ДЭУ. Подача газа в смеситель обеспечивается через клапаны *38* и *29* (частично). При этом в полости *В* устанавливается избыточное давление около 0,04 кПа.

С повышением нагрузки двигателя (с увеличением расхода воздуха) увеличивается разряжение в диффузорах смесителя. При этом разряжение в полости *В* также возрастает, обеспечивая увеличение расхода газа через клапан *29* за счет перемещения диафрагмы *23* и большего открытия клапана *29*. Таким образом диафрагма *23* автоматически регулирует подачу газа в соответствии с разряжением в диффузоре смесителя.

На нагрузках, близких к максимальным, когда разряжение во впускном коллекторе снижается до значений менее 100 – 200 кПа, мембранный механизм *5* ДЭУ под действием пружины *8* открывает клапан *10*, увеличивая подачу газа в смеситель для приготовления мощного состава топливоздушнй смеси.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить схемы систем подачи топлива для автомобилей, работающих на СПГ и СНГ. Уяснить назначение аппаратов, отметить отличия в структуре систем. Указать аппараты систем на плакате, на макете.

2. Ознакомиться с конструкцией баллонов для сжатого и сжиженного газа, их арматурой. Отметить давление в баллонах, отличия в конструкции метановых и пропан-бутановых вентилей.

3. Изучить устройство и работу редуктора высокого давления. Указать детали редуктора на плакате, на макете. Отметить регулировочные элементы редуктора, параметры регулирования.

4. Изучить устройство и работу двухступенчатого редуктора низкого давления, его дозирующе - экономайзерного устройства. Указать детали редуктора на макете, на плакате. Рассмотреть условия срабатывания разгрузочного устройства второй ступени редуктора. Отметить регулировочные элементы редуктора, параметры регулирования.

5. Изучить особенности конструкции и работу редуктора – испарителя низкого давления, его дозирующе - экономайзерного устройства. Отметить регулировочные элементы редуктора, параметры регулирования.

6. Изучить устройство и работу газового смесителя, его регулировки.