

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

УСТРОЙСТВО ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум
для студентов направления специальности
1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей
(автотранспорт общего и личного пользования)»
и специальности 1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области транспорта
и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2018

УДК 629.331(076.5)

ББК 39.33я7

У82

С о с т а в и т е л и:

Е. Л. Савич, П. В. Иванис

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Технологии и организация технического сервиса» Белорусского государственного аграрно-технического университета
(зав. каф. – кандидат технических наук, доцент *В. Е. Тарасенко*);
ученый секретарь БелНИИТ «Транстехника», кандидат технических наук, доцент *С. Б. Соболевский*

У82 **Устройство** легковых автомобилей : лабораторный практикум для студентов направления специальности 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей (автотранспорт общего и личного пользования)» и специальности 1-37 01 07 «Автосервис» / сост.: Е. Л. Савич, П. В. Иванис. – Минск: БНТУ, 2018. – 104 с.
ISBN 978-985-550-733-9.

В лабораторном практикуме «Устройство легковых автомобилей» изложены методические указания к лабораторным работам по конструкции и принципу действия кривошипно-шатунных и газораспределительных механизмов двигателей легковых автомобилей, систем впрыска бензиновых двигателей, систем питания дизельных двигателей современных легковых автомобилей с ТНВД распределительного типа, систем питания дизельных двигателей современных автомобилей с аккумуляторными топливными системами с электронным управлением «CommonRail».

Практикум предназначен для студентов высших учебных заведений.

УДК 629.331(076.5)

ББК 39.33я7

ISBN 978-985-550-733-9

© Белорусский национальный
технический университет, 2018

Лабораторная работа № 1

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ И КРИВОШИПНО-ШАТУННЫХ МЕХАНИЗМОВ ДВИГАТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель работы: изучить назначение, устройство и принцип действия кривошипно-шатунного механизма и блока цилиндров.

Оборудование: блок цилиндров двигателя, кривошипно-шатунный механизм двигателя, отдельные элементы цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма.

Общие сведения

В соответствии с предназначением кривошипно-шатунный механизм (сокращенное название – КШМ) воспринимает давление газов, возникающих при сгорании топливно-воздушной смеси в цилиндрах двигателя, и преобразует его в механическую работу по вращению коленчатого вала.

Кривошипно-шатунный механизм состоит из следующих основных элементов (рис. 1.1):

- поршни;
- шатуны;
- гильзы (втулки) цилиндров;
- коленчатый вал;
- маховик.

Поршень воспринимает давление расширяющихся при высокой температуре газов и передает его на шатун. Поршень изготавливается из алюминиевых сплавов. Возвратно-поступательное движение поршня осуществляется в гильзе цилиндра.

В кривошипно-шатунном механизме поршень выполняет несколько функций, среди которых восприятие давления газов и передача усилий на шатун, герметизация камеры сгорания и отвод от нее тепла. Поршень является наиболее характерной деталью двигателя внутреннего сгорания, так как именно с его помощью реализуется термодинамический процесс двигателя.



Рис. 1.1. Поршневая группа и кривошипно-шатунный механизм:

- 1 – крышка подшипника шатуна; 2 – нижний шатунный подшипник (вкладыш);
- 3 – носик коленчатого вала; 4 – отверстие подвода масла к шатунной шейке;
- 5 – шатунная шейка; 6 – верхний шатунный подшипник (вкладыш); 6 – шатунная шейка; 7 – поршневой палец; 8 – поршень; 9 – стопорное кольцо; 10 – шатун;
- 11 – щека; 12 – коренная шейка; 13 – противовес; 14 – фланец маховика

Условия, в которых работает поршень, экстремальны и характеризуются высоким давлением, температурой и инерционными нагрузками. Поэтому поршни на современных двигателях изготавливаются из легкого, прочного и термостойкого материала – алюминиевого сплава, реже из стали. Поршни изготавливаются двумя способами – литьем под давлением или штамповкой, так называемые кованные поршни. На рис. 1.2 показан поршень двигателя VW TSI.

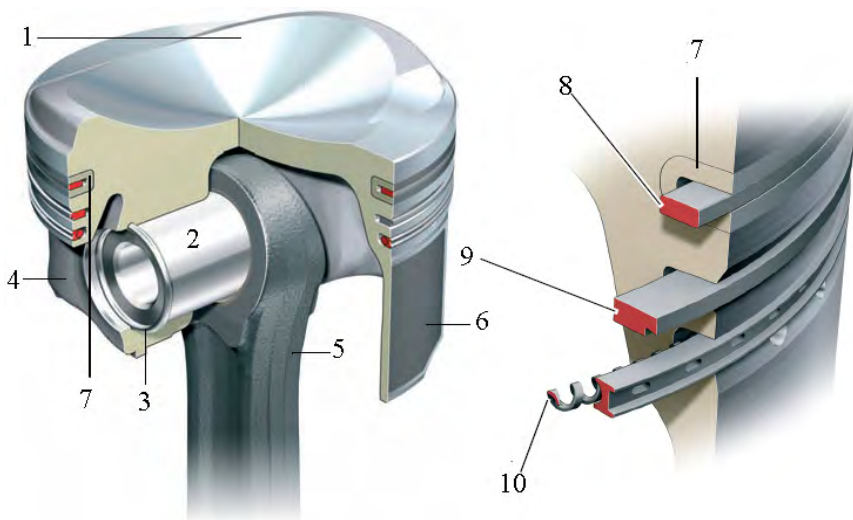


Рис. 1.2. Поршень двигателя:

- 1 – головка поршня; 2 – поршневой палец; 3 – стопорное кольцо; 4 – бобышка;
 5 – поршневая головка шатуна; 6 – юбка поршня; 7 – стальная вставка;
 8 – первое компрессионное кольцо (трапециевидное); 9 – второе
 компрессионное кольцо (коническое с подрезом); 10 – маслосъемное кольцо
 (с пружинным расширителем и дренажными отверстиями)

Поршень – цельный конструктивный элемент, который условно разделяют на головку (в некоторых источниках ее называют днище) и юбку. Форма и конструкция поршня в значительной степени определяются типом двигателя, формой камеры сгорания и процессом сгорания, протекающим в ней. Поршень бензинового двигателя имеет плоскую или близкую к плоской поверхность головки. В ней могут быть выполнены канавки для полного открытия клапанов. Поршни двигателей с непосредственным впрыском топлива имеют более сложную форму. В головке поршня дизельного двигателя выполняется камера сгорания определенной формы, которая обеспечивает хорошее завихрение и улучшает смесеобразование.

Ниже головки поршня выполняются канавки для установки поршневых колец. Юбка поршня имеет конусообразную или криволинейную (бочкообразную) форму. Такая форма юбки компенсирует температурное расширение поршня при нагреве. При достижении

рабочей температуры двигателя поршень принимает цилиндрическую форму. Для снижения потерь на трение на боковую поверхность поршня наносится слой антифрикционного материала (дисульфид молибдена, графит). В юбке поршня выполнены отверстия с приливами (бобышки) для крепления поршневого пальца.

Охлаждение поршня осуществляется со стороны внутренней поверхности различными способами:

- масляный туман в цилиндре;
- разбрызгивание масла через отверстие в шатуне;
- разбрызгивание масла специальной форсункой;
- впрыскивание масла в специальный кольцевой канал в зоне колец;
- циркуляция масла по трубчатому змеевику в головке поршня.

Поршневые кольца образуют плотное соединение поршня со стенками цилиндра. Они изготавливаются из модифицированного чугуна. Поршневые кольца – основной источник трения в двигателе внутреннего сгорания. Потери на трение в кольцах достигают до 25 % всех механических потерь в двигателе.

Число и расположение колец зависит от типа и назначения двигателя. Самая распространенная схема – два компрессионных и одно маслосъемное кольцо. Компрессионные кольца препятствуют прорыву газов из камеры сгорания в картер двигателя. Первое компрессионное кольцо работает в наиболее тяжелых условиях. Поэтому на поршнях дизельных и ряда форсированных бензиновых двигателей в канавке кольца устанавливается стальная вставка, повышающая прочность и позволяющая реализовать максимальную степень сжатия. Компрессионные кольца могут иметь трапециевидную, бочкообразную, коническую форму, некоторые выполняются с порезом (вырезом).

Маслосъемное кольцо удаляет излишки масла с поверхности цилиндра и препятствует попаданию масла в камеру сгорания. Кольцо имеет множество дренажных отверстий. Некоторые конструкции колец имеют пружинный расширитель.

Соединение поршня с шатуном осуществляется с помощью поршневого пальца, который имеет трубчатую форму и изготавливается из стали. Имеется несколько способов установки поршневого пальца. Самый популярный так называемый плавающий палец,

который имеет возможность проворачиваться в бобышках и поршневой головке шатуна во время работы. Для предотвращения смещения пальца он фиксируется стопорными кольцами. Значительно реже применяется жесткое закрепление концов пальца в поршне или жесткое закрепление пальца в поршневой головке шатуна.

Поршень, поршневые кольца и поршневой палец носят устоявшееся название поршневая группа.

Шатун передает усилие от поршня к коленчатому валу, для этого он имеет шарнирное соединение и с поршнем, и с коленчатым валом. Шатуны изготавливаются, как правило, из стали путем штамповки иликовки. Шатуны двигателей спортивных автомобилей отлиты из сплава титана.

В двигателе шатун подвергается воздействию значительных переменных нагрузок, изменяющихся от растяжения к сжатию. Поэтому он должен быть прочным, жестким и легким.

Конструкция шатуна различается в зависимости от типа двигателя и его компоновочной схемы. Длина шатуна во многом определяет высоту двигателя. Шатун условно разделяется на три части: стержень, поршневую и кривошипную головки.

Стержень шатуна имеет, как правило, двутавровое сечение.

Поршневая головка представляет собой цельную проушину, в которую с натягом установлена втулка – подшипник скольжения для вращения поршневого пальца. Втулка изготавливается бронзовой или биметаллической (сталь со свинцом, оловом). Устройство поршневой головки определяется размером поршневого пальца и способом его крепления. Для снижения массы шатуна и уменьшения нагрузки на поршневой палец на некоторых двигателях используются шатуны с трапециевидной формой поршневой головки.

Кривошипная головка обеспечивает соединение шатуна с коленчатым валом. На большинстве двигателей кривошипная головка выполняется разъемной, что обусловлено технологией сборки ДВС. Нижняя часть головки (крышка) соединяется с шатуном с помощью болтов. Реже используется штифтовое или бандажное соединение частей кривошипной головки. Разъем может быть прямым (перпендикулярным оси стержня) или косым (под углом к оси стержня). Косой разъем применяется, в основном, на V-образных двигателях и позволяет сделать блок двигателя более компактным.

Для противодействия поперечным силам стыковые поверхности кривошипной головки выполняются профилированными. Различают зубчатое, замковое (прямоугольные выступы) соединение. Самым популярным в настоящее время является соединение частей головки, полученное способом контролируемого раскалывания, – сплит-разъем. Разлом обеспечивает высокую точность стыковки частей.

В кривошипной головке размещается шатунный подшипник, состоящий из двух вкладышей. Вкладыши изготавливаются многослойными – двух-, трех-, четырех- и даже пятислойными. Самые ходовые двух- и трехслойные вкладыши. Двухслойный вкладыш представляет собой стальную основу, на которую нанесено антифрикционное покрытие. В трехслойном вкладыше стальную основу и антифрикционный слой разделяет изоляционная прокладка.

Коленчатый вал воспринимает усилия от шатуна и преобразует их в крутящий момент. Коленчатые валы изготавливаются из высокопрочного чугуна и стали. Коленчатый вал состоит из коренных и шатунных шеек, соединенных щеками. Щеки выполняют функцию уравнивания всего механизма. Коренные и шатунные шейки вращаются в подшипниках скольжения, выполненных в виде разъемных тонкостенных вкладышей. Внутри шеек и щек коленчатого вала просверлены отверстия для прохода масла, которое к каждой из шеек подается под давлением.

Конструктивно коленчатый вал объединяет несколько коренных и шатунных шеек, соединенных между собой щеками. Коренных шеек, как правило, на одну больше, а вал с такой компоновкой называется полноопорным. Коренные шейки имеют больший диаметр, чем шатунные шейки. Продолжением щеки в противоположном от шатунной шейки направлении является противовес. Противовесы уравнивают вес шатунов и поршней, тем самым обеспечивают плавную работу двигателя.

Шатунная шейка, расположенная между двумя щеками, называется коленом. Колена располагаются в зависимости от числа, расположения и порядка работы цилиндров, тактности двигателя. Положение колен должно обеспечивать уравнивание двигателя, равномерность воспламенения, минимальные крутильные колебания и изгибающие моменты.

Шатунная шейка служит опорной поверхностью для конкретного шатуна. Коленчатый вал V-образного двигателя выполняется с удлиненными шатунными шейками, на которых базируется два шатуна левого и правого рядов цилиндров.

Вращение коленчатого вала в опорах, а шатунов – в шатунных шейках, обеспечивается подшипниками скольжения. В качестве подшипников применяются разъемные тонкостенные вкладыши, которые изготавливаются из стальной ленты с нанесенным антифрикционным слоем. Проворачиванию вкладышей вокруг шейки препятствует выступ, которым они фиксируются в опоре. Для предотвращения осевых перемещений коленчатого вала используется упорный подшипник скольжения, который устанавливается на средней или крайней коренной шейке.

Наиболее нагруженным в конструкции коленчатого вала является место перехода от шейки (коренной, шатунной) к щеке. Для снижения концентрации напряжений переход от шейки к щеке выполняется с радиусом закругления (галтелью). Галтели в совокупности увеличивают длину коленчатого вала, для уменьшения длины их выполняют с углублением в щеку или шейку.

На переднем конце вала располагают шкив привода вентилятора и генератора, зубчатое колесо привода масляного насоса, масляный отражатель. Часто на переднем конце вала, совершающем наибольшие по амплитуде отклонения при крутильных колебаниях, устанавливают специальные гасители колебаний. Они поглощают энергию колебаний, подводимую к валу двигателя извне, благодаря трению между элементами гасителя и тем самым уменьшают амплитуду колебаний. На рис. 1.3 показаны различные конструкции гасителей колебаний.

Многоцилиндровые V-образные двигатели для снижения шума при работе двигателя и уменьшения нагрузки на коленчатый вал, вызванной колебаниями возникающими при работе двигателя силами давления газов и инерции (сгорание рабочей смеси в цилиндрах и возвратно-поступательные движения масс), могут оборудоваться демпферами крутильных колебаний с резиновым демпфером на шкиве коленчатого вала (рис. 1.3, а) или вязкостного типа с силиконовым маслом (рис. 1.3, б).

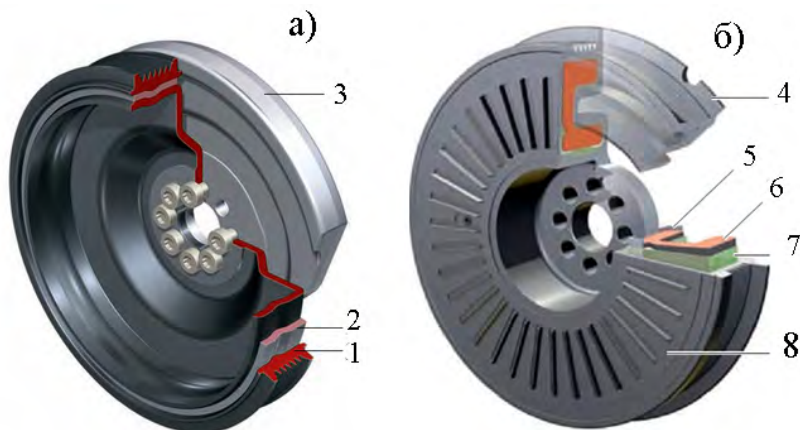


Рис. 1.3. Демпфер крутильных колебаний:

- а* – с резиновым демпфером и противовесом на шкиве коленчатого вала;
б – вязкостного типа с противовесом на шкиве коленчатого вала; *1* – наружная часть шкива; *2* – прослойка резины; *3* – противовес со стороны коленчатого вала; *4* – корпус; *5* – опорные элементы; *6* – ротор; *7* – силиконовое масло; *8* – крышка

Демпфер крутильных колебаний устанавливается в торце коленчатого вала. Демпфер с резиновой вставкой уменьшает крутильные колебания за счет деформации резины.

Работа демпфера вязкостного типа заключается в том, что в результате колебаний корпус 4 демпфера и его ротор 3 смещаются друг относительно друга. Вследствие этого в находящемся между ними силиконовом масле 7 возникают напряжения сдвига, действующие в зазоре между ротором и корпусом по всей поверхности зазора. Результирующий момент этих напряжений создает демпфирующий эффект.

Чтобы снизить вибрацию двигателя при его работе, необходимо уравновесить моменты, создаваемые силами инерции. Это в большей мере касается V-образных двигателей. Для этого в двигателях предусматриваются противовесы, закрепленные на коленчатом валу болтами или выполненные при изготовлении вала, а также уравновешивающий вал (рис. 1.4). Моментам сил инерции противостоят также противовесы на уравновешивающем (балансирном) валу и в шестерне его привода. Уравновешивающий вал приводится во вращение от коленчатого вала и вращается в противоположном ему направлении. Уравновешивающий вал может использоваться также для привода

масляного насоса. Противовесы изготавливаются из сплава вольфрама, высокая плотность которого позволяет уменьшить их размеры.

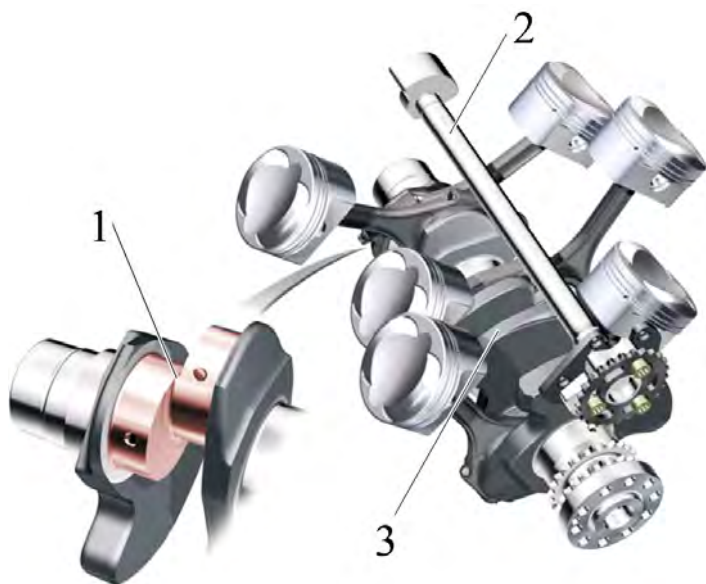


Рис.1.4. Уравновешивание двигателя V6-FSI рабочим объемом 3,2 л Audi:
1 – раздвоенная шатунная шейка; 2 – уравновешивающий (балансирующий) вал;
3 – противовес коленчатого вала

Коленчатые валы изготавливаются ковкой из легированных хромоникель-вольфрамовых или хромоникель-молибденовых сталей с последующей механической и термической обработкой, а также литьем из специального высокопрочного чугуна. При получении литых валов существенно сокращаются затраты на механическую обработку при обеспечении рациональных геометрических форм элементов вала, но литые валы уступают по прочности штампованным. Одновременно широкое распространение получили литые валы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Преимуществом литых коленчатых валов является меньшая стоимость производства, меньший вес, снижение припусков на механическую обработку, меньшая чувствительность к концентрации напряжений, высокая износостойкость.

На конце коленчатого вала устанавливается маховик, который служит для вывода поршней из верхней и нижней мертвых точек, накопления энергии в течение рабочего хода, вращения коленчатого вала во время вспомогательных тактов, уменьшения неравномерности вращения вала, облегчения пуска двигателя. Для возможности вращения коленчатого вала стартером при пуске на его ободке имеется зубчатый венец. К маховику крепится механизм сцепления.

Одним из способов гашения крутильных колебаний является разделение шкива или диска, установленного на коленчатом вале, на внутреннюю и наружную части – двухмассовый маховик (рис. 1.5). Обе части соединяются упругим материалом, который поглощает вибрации за счет внутреннего трения.

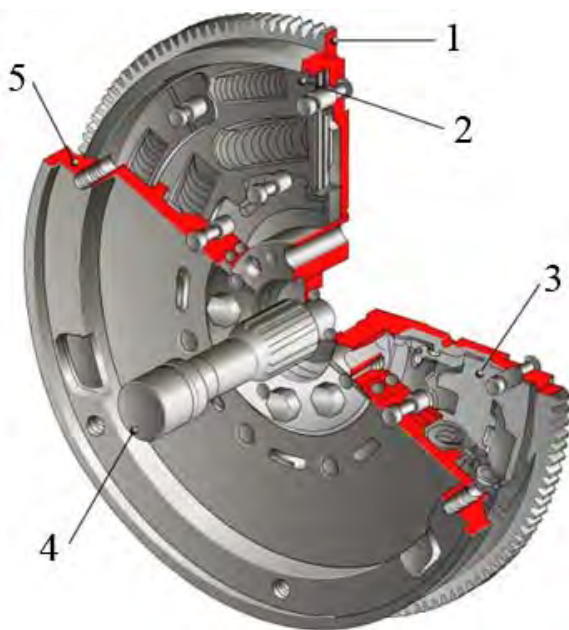


Рис. 1.5. Двухмассовый маховик:

1 – первичный маховик; 2 – внешний гаситель колебаний; 3 – внутренний гаситель колебаний; 4 – первичный вал; 5 – вторичный маховик

С применением двухмассового маховика отпадает необходимость демпфирующего устройства в ведомом диске сцепления.

В совокупности поршень, шатун и гильза цилиндров образуют цилиндро-поршневую группу. Современный двигатель может иметь от 1 до 16 (Bugatti Veyron) и более цилиндров.

Различают следующие компоновочные схемы расположения цилиндров в двигателе:

- рядная (оси цилиндров расположены в одной плоскости);
- V-образная (оси цилиндров расположены в двух плоскостях);
- оппозитная (оси цилиндров расположены в двух плоскостях под углом 180°);
- VR (оси цилиндров расположены в двух плоскостях под малым углом);
- W-образная (две VR-схемы, расположенные V-образно со смещением на одном коленчатом валу).

Контрольные вопросы

1. Назначение цилиндропоршневой группы и ее основные компоненты.
2. Назначение кривошипно-шатунного механизма и его основные элементы.
3. Конструкция поршня. Основные элементы поршня.
4. Назначение и конструкция шатуна. Способы соединения поршня и шатуна.
5. Устройство коленчатого вала.
6. Назначение балансирных валов.
7. Назначение маховика. Устройство двухмассового маховика.

Лабораторная работа № 2

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель работы: изучить назначение, устройство, особенности конструкции и принцип действия механизмов газораспределения и регулирования фаз газораспределения.

Оборудование: двигатель Мерседес, головки блока цилиндров и муфты регулирования фаз газораспределения двигателя поршневого типа, с изменением натяжения цепи по принципу гидравлического кольца, гидромуфта, отдельные детали газораспределительного механизма.

Общие сведения

Газораспределительный механизм (другое наименование – система газораспределения, сокращенное наименование – ГРМ) предназначен для обеспечения своевременной подачи в цилиндры двигателя воздуха или топливно-воздушной смеси (в зависимости от типа двигателя) и выпуска из цилиндров отработавших газов. Данные функции реализуются за счет своевременного открытия и закрытия клапанов.

На самых распространенных четырехтактных поршневых двигателях внутреннего сгорания применяются клапанные газораспределительные механизмы с верхним расположением клапанов (рис. 2.1).

Газораспределительный механизм имеет следующее общее устройство:

- клапаны;
- привод клапанов;
- распределительный вал;
- привод распределительного вала.

При верхнем расположении распредвала монтируется в головке цилиндров, где расположены клапаны. Закрытие и открытие клапанов непосредственно производится от распределительного вала через рычаги или толкатели привода клапанов. Привод распредвала осуществляется от коленчатого вала с помощью зубчатого ремня или роликовой цепи.

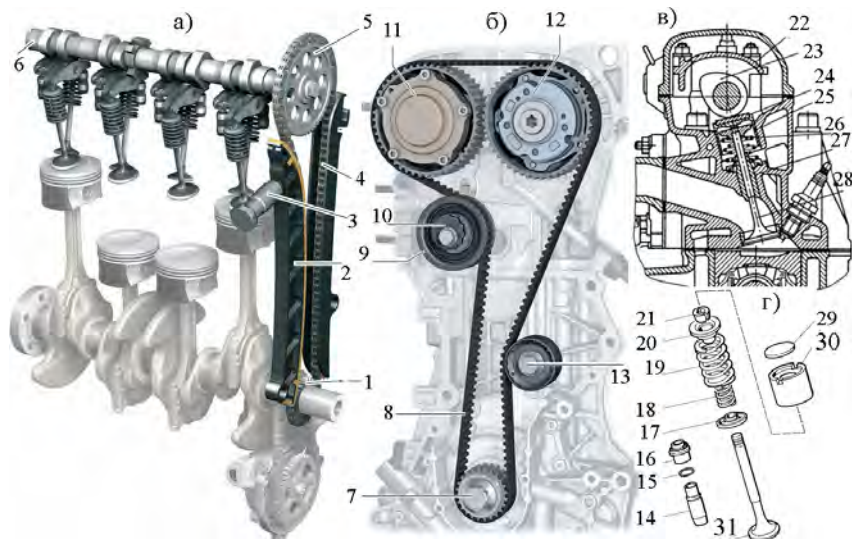


Рис. 2.1. Газораспределительные механизмы легкового автомобиля:

1, 7 – шестерня коленчатого вала для привода газораспределительного механизма;
 2 – пластмассовый башмак (успокоитель); 3 – гидравлический натяжитель цепи;
 4 – зубчатая цепь; 5 – звездочка распределительного вала; 6 – распределительный вал;
 8 – зубчатый ремень; 9 – буртик; 10 – ролик с гидравлическим натяжителем;
 11 – зубчатый шкив распределительного вала впускных клапанов с гидравлическим регулятором фаз газораспределения; 12 – зубчатый шкив распределительного вала выпускных клапанов с гидравлическим регулятором фаз газораспределения;
 13 – направляющий ролик; 14, 27 – направляющая втулка; 15 – стопорное кольцо; 16 – маслоотъемный колпачок; 17 – опорная шайба пружин;
 18 – внутренняя пружина; 19 – наружная пружина; 20 – тарелка пружин;
 21, 26 – сухари; 22 – клапанная крышка; 23 – кулачек распределительного вала;
 24, 29 – регулировочная шайба; 25, 30 – чашечный толкатель; 28 – клапан;
 а – ГРМ цепного привода с одним распределительным валом и двумя клапанами на цилиндр; б – ГРМ ременного привода с двумя распределительными валами;
 в – ГРМ с толкателями чашечного типа без гидротолкателя; в – компоненты ГРМ с чашечным толкателем

Распределительный вал обеспечивает своевременное открытие и закрытие клапанов. Он представляет собой металлический стержень, образованный опорными шейками 2 и расположенными между ними кулачками 4 для открытия впускных и выпускных клапанов. Опорные шейки вращаются в подшипниках скольжения в виде биметаллических втулок, установленных в отверстиях блока цилиндров при нижнем расположении вала или в отверстиях

головки блока при верхнем расположении. Для обеспечения необходимой жесткости распредвала число опорных шеек обычно равно числу коренных опор коленчатого вала.

Помимо кулачков впускных и выпускных клапанов, на валу могут быть предусмотрены кулачки для привода топливных насосов, задающие роторы или шестерни для привода различных агрегатов (например масляного насоса или прерывателя-распределителя). Внутри вала проходит канал, через который подводится масло от средней опорной шейки к другим шейкам и кулачкам.

В большинстве рядных двигателей, имеющих по два клапана на цилиндр, применяется один распределительный вал. В настоящее время распространены двигатели с четырьмя клапанами на цилиндр. В этом случае в головке обычно устанавливают два распределительных вала: один для впускных, другой для выпускных клапанов. В V-образных двигателях применяется один распределительный вал при расположении вала в развале между блоками и два распределительных вала – по одному на каждый блок при их верхнем расположении.

Клапанный механизм обеспечивает соединение цилиндра с трубопроводами впускной и выпускной систем в процессе газообмена в соответствии с принятыми фазами газораспределения, герметизацию камеры сгорания в процессе сжатия и расширения.

Клапанный механизм (рис. 2.1) включает впускной или выпускной клапан, пружину, элементы крепления клапана и пружины, направляющую втулку, седло клапана.

Клапаны ГРМ устанавливаются в головке блока, при этом место их соединения также имеет конусную форму и называется седлом.

Клапан состоит из головки (или тарелки) и стержня. Головки обычно имеют небольшой (около 2 мм) цилиндрический поясик и уплотнительную фаску. Клапанный стержень выполнен в форме цилиндра, в верхней части оснащен специальной канавкой для установки сухариков. Торцы стержней (3–5 мм) закаливают. Для того чтобы предотвратить попадание масла в камеру, между клапанным стержнем и направляющей втулкой устанавливается уплотняющий маслосъемный колпачок 16, выполненный из маслостойкой резины.

Каждый клапан оснащен внутренней 18 и наружной 19 пружинами. Крепление пружин происходит при помощи шайб 17, тарелки 6 и сухарика 21.

Впускные клапаны изготавливаются из стали, из легированных сталей с высоким содержанием хрома и никеля, а выпускные клапаны – из жаропрочной стали. Для изготовления седел клапанов применяется жаропрочный чугун.

Современные автомобильные двигатели, чаще всего используемые для серийных автомобилей, оснащены двумя клапанами впуска и двумя клапанами выпуска, устанавливаемые на каждом цилиндре.

Открытие клапанов производится за счет привода, который передает усилие от распредвала на клапан.

Движение стержней клапанов осуществляется по направляющим втулкам 14, которые обеспечивают строго перпендикулярное относительно седла перемещение клапанов. Сами направляющие соединены с головкой блока цилиндров.

Материалом для изготовления направляющих втулок служит в основном перлитный чугун и металлокерамика, представляющая собой смесь из порошков железа, меди и графита, которые подвергаются прессованию, спеканию в печи и пропитыванию маслом. От возможного просачивания в цилиндры масла, стекающего по стержням клапанов, последние снабжаются самоподжимными манжетами (маслосъемными колпачками).

Клапанные пружины обеспечивают посадку клапана на седло и удерживают его в закрытом положении в течение заданной продолжительности по углу поворота коленчатого вала, а также препятствуют открытию клапанов под действием избыточного давления в газоздушных каналах головки цилиндров.

Привод распредвала. Привод распредвала от коленчатого вала, как было указано выше, осуществляется шестернями, цепью, зубчатым ремнем или может быть смешанным.

Гидравлические толкатели. В настоящее время в газораспределительных механизмах двигателей легковых автомобилей для привода впускных и выпускных клапанов находят широкое применение гидравлические толкатели, которые расположены в направляющих отверстиях головки цилиндров по оси отверстий под клапаны или приводятся в действие коромыслами.

Благодаря гидротолкателям уменьшаются стуки, механизм работает более плавно и четко, устраняются неисправности двигателя, которые могли быть при нарушении зазоров (прогары клапанов, потеря мощности и т. д.). В связи с отсутствием зазора не изменя-

ются фазы газораспределения при износе деталей клапанного механизма. Кроме того, при техническом обслуживании автомобиля не требуется регулировать зазор в клапанном механизме.

Гидротолкатель (рис. 2.2) состоит из корпуса толкателя 2, цилиндра 6, плунжера 3 и обратного шарикового клапана 4, который поджат к отверстию в поршне пружиной. Поршень и плунжер разжимаются возвратной пружиной 5, находящейся между ними.

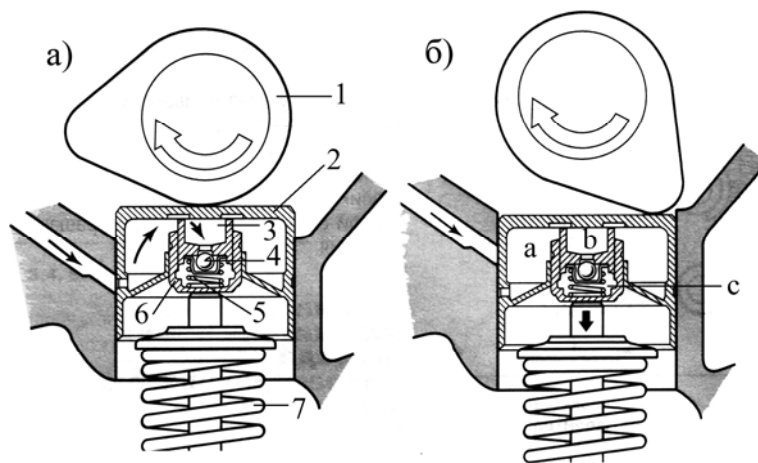


Рис. 2.2. Гидротолкатель и принцип его работы:

a – клапан закрыт; *б* – клапан открыт; 1 – распределительный вал; 2 – корпус; 3 – плунжер; 4 – шариковый клапан; 5 – пружина; 6 – цилиндр; 7 – клапанная пружина; *a* – накопительная камера; *b* – поршневая камера; *c* – рабочая камера

Работают гидротолкатели следующим образом.

Когда клапан закрыт, масло поступает в толкатель через канавку и отверстие в боковой поверхности. Масло проходит через паз, расположенный в верхней части толкателя и поступает в цилиндр толкателя. Пружина и масло, находящиеся между цилиндром 6 и плунжером 3, разжимают их и прижимают верхнюю плоскость корпуса 2 толкателя к кулачку, а нижнюю плоскость плунжера к торцу клапана, выбирая зазор в клапанном механизме. Жесткость этой пружины и давление масла намного меньше жесткости пружины клапана 7 и поэтому клапан остается закрытым, когда толкатель касается затылочной части кулачка (рис. 2.2, *a*).

Когда на толкатель начинает воздействовать набегающая часть кулачка, происходит короткий ускоряющий удар по корпусу толкателя, а так как шариковый клапан закрыт, то в камере «с» создается высокое давление. Поскольку жидкость (масло) в камере «с» практически несжимаема, узел цилиндр-плунжер становится жестким и передает усилие от кулачка на клапан (рис. 2.2, б).

Кроме чашечных гидротолкателей в двигателях могут применяться гидротолкатели, на которые воздействуют коромысла.

Фазы газораспределения и системы их изменения

При рассмотрении рабочих процессов ДВС в первом приближении было принято, что открытие и закрытие клапанов происходят в мертвых точках. Однако в действительности открытие и закрытие клапанов не совпадают с положением поршней в мертвых точках. Это связано с тем, что время, приходящееся на такты впуска и выпуска, очень мало и при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя оно составляет тысячные доли секунды. Поэтому если открытие и закрытие впускных и выпускных клапанов будут происходить точно в мертвых точках, то наполнение цилиндров горючей смесью и очистка их от продуктов сгорания будут недостаточными. Для улучшения процессов наполнения и очистки цилиндров, а также процессов сгорания, моменты открытия и закрытия клапанов в четырехтактных двигателях происходят с определенным опережением или запаздыванием относительно положения поршней в ВМТ и НМТ.

Горючая смесь и отработавшие газы имеют определенную массу и обладают инерцией. Вследствие инерционного напора струи горючая смесь будет продолжать поступать в цилиндр через впускной клапан в процессе впуска, даже когда поршень, достигнув НМТ, начнет двигаться вверх, в начале такта сжатия. Это обеспечивает лучшее наполнение цилиндра горючей смесью или воздухом. Таким же образом можно заранее, в конце рабочего хода, открыть выпускной клапан, поскольку поршень уже получил основную энергию от сгоревшего топлива. Это также поможет очистить цилиндр от отработавших газов за счет того, что поступающая в цилиндр горючая смесь или воздух помогает выталкивать остаточные продукты горения. Закрыть выпускной клапан лучше после того, как поршень

пройдет ВМТ в конце такта выпуска, потому что продукты сгорания по инерции будут еще некоторое время выходить из цилиндра.

Другими словами, клапаны не должны открываться и закрываться в моменты нахождения поршней в соответствующих мертвых точках.

Реальные моменты открытия и закрытия клапанов, выраженные в градусах поворота коленчатого вала, называют фазами газораспределения, а их графическое изображение носит название круговой диаграммы фаз газораспределения (рис. 2.3).

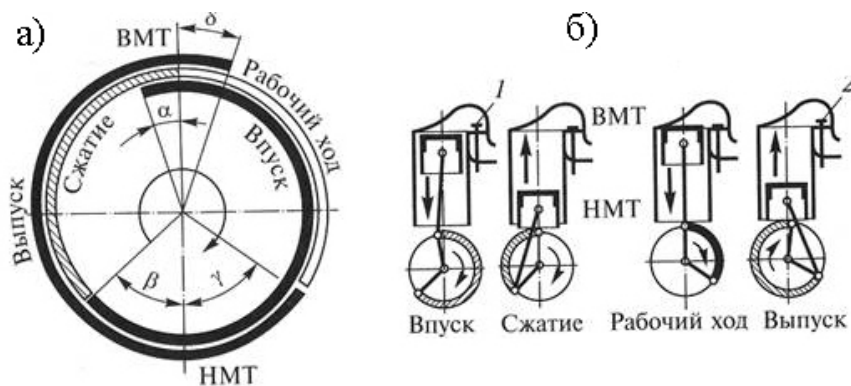


Рис. 2.3. Диаграммы (а) фаз газораспределения двигателей и положение поршней, соответствующее фазам газораспределения (б)

На круговой диаграмме фаз газораспределения (рис. 2.3, а) видно, что при такте впуска впускной клапан 1 (рис. 2.3, б) начинает открываться с опережением, то есть до подхода поршня в ВМТ. Угол α опережения открытия впускного клапана для двигателей различных моделей составляет $10\text{--}32^\circ$. Закрывается впускной клапан с запаздыванием после прохождения поршнем НМТ (во время такта сжатия). Угол β запаздывания закрытия впускного клапана в зависимости от модели двигателя составляет $40\text{--}85^\circ$.

Выпускной клапан 2 начинает открываться до подхода поршня к НМТ (во время такта рабочего хода). Угол γ опережения открытия выпускного клапана для различных двигателей составляет $40\text{--}70^\circ$. Закрывается выпускной клапан после прохождения поршнем ВМТ (во время такта впуска). Угол δ запаздывания закрытия выпускного клапана составляет $10\text{--}50^\circ$.

Фазы газораспределения подбираются специалистами на заводах опытным путем в зависимости от конструкции впускной и выпускной системы двигателя и его быстроходности. При этом стремятся применять колебательное движение газов в выпускной и впускной системах таким образом, чтобы к конечному положению закрытия впускного клапана перед ним образовалась бы волна давления, а к конечному этапу закрытия выпускного клапана за ним бы формировалась волна разрежения. При данном подборе фаз газораспределения одновременно удастся улучшить наполнение цилиндров свежей смесью, а также более качественно их очистить от отработавших газов.

Общая круговая диаграмма показывает, что в определенный период времени одновременно открыты впускной и выпускной клапаны. Угловой интервал ($\alpha + \delta$) вращения коленчатого вала, при котором оба клапана открыты, называется перекрытием клапанов, которое необходимо для своевременной и качественной очистки цилиндров от продуктов сгорания.

В обычном двигателе фазы газораспределения определяются формой кулачка распределительного вала и остаются неизменными во всех диапазонах работы двигателя. Однако постоянные фазы газораспределения не позволяют создавать оптимальные процессы смесеобразования.

Чтобы варьировать фазами газораспределения, необходимо изменить положение распределительного вала относительно коленчатого, что в современных двигателях получается с помощью систем изменяемых фаз газораспределения, путем поворота распределительного вала относительно его привода.

Принцип действия привода поворота распределительного вала для изменения фаз газораспределения, может быть механическим, гидравлическим, электрическим и пневматическим.

Как правило, изменение фаз газораспределения применяется в двигателях с двумя распределительными валами, один из которых служит для открытия впускных клапанов, другой – выпускных. Широкое распространение находят системы с изменением натяжения цепи по принципу гидравлического кольца. Изменение фаз газораспределения при таком виде производится только для впускных клапанов. Распределительный вал для открытия выпускных клапанов приводится во вращение от коленчатого вала двигателя через

шестерню или звездочку ременной или цепной передачи *1*, а распределительный вал для открытия выпускных клапанов – через цепную передачу от звездочки, установленной на распределительном вале привода выпускных клапанов *2* (рис. 2.4).

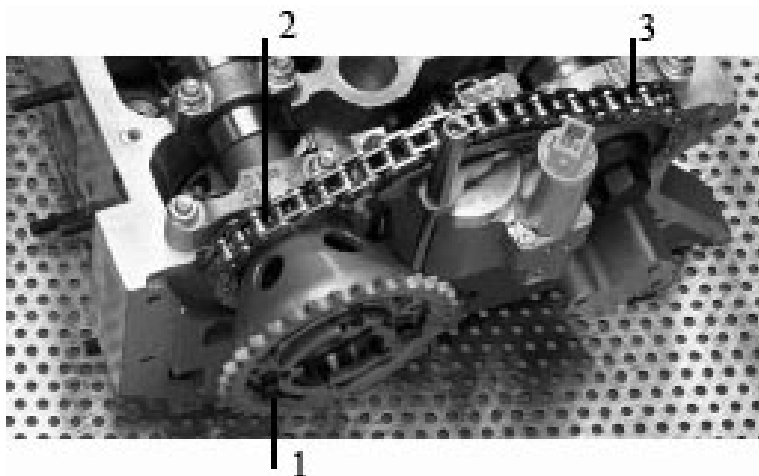


Рис. 2.4. Привод системы с изменением натяжения цепи по принципу гидравлического кольца:

1 – привод распределительного вала для выпускных клапанов; *2* – звездочка распределительного вала для привода выпускных клапанов; *3* – звездочка распределительного вала для привода впускных клапанов

В систему изменения фаз газораспределения масло поступает через отверстие в головке блока. Изменение потоков масла осуществляется управляющим клапаном *1*, передвигающим золотник *2*, по сигналам блока управления двигателем (рис. 2.5).

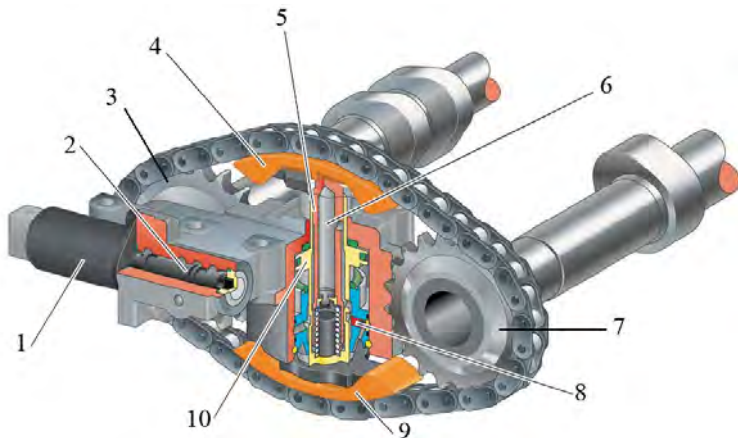


Рис. 2.5. Устройство для изменения фаз газораспределения по натяжению цепи:
 1 – управляющий клапан; 2 – золотник; 3 – звездочка привода впускных клапанов;
 4, 9 – натяжитель цепи; 5 – толкатель натяжителя цепи; 6 – полость для масла;
 7 – звездочка привода выпускных клапанов; 8 – фиксатор стартовый;
 10 – управляющий поршень

Для изменения фаз газораспределения впускных клапанов служит гидравлический цилиндр с поршнем 10. При подаче масла в цилиндр по сигналу блока управления поршень, выдвигаясь, воздействует на натяжитель цепи. Одна сторона цепи начинает удлиняться, а противоположная укорачиваться, при этом происходит поворот звездочки для привода впускных клапанов, не связанной цепной передачей с коленчатым валом. Управление подачей масла осуществляется с помощью клапана 1, управляемого электронным блоком управления. Указанная система имеет дискретный двухпозиционный диапазон изменения фаз газораспределения, так как давление масла, развиваемое штатным масляным насосом, изменяется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и может служить только для движения поршня в верхнее или нижнее положение. Такой принцип изменения фаз газораспределения имеют серийные двигатели фирм Audi, Porsche, Ford и Volkswagen.

При неработающем двигателе изменения натяжения цепи не происходит, ввиду отсутствия давления масла на управляющий поршень 10. Стартовый фиксатор 8 при этом входит в паз канавки управляющего поршня и стопорит его, исключая колебания цепи.

Распределительный вал в данном случае устанавливается на более позднее открытие клапанов, соответствующее увеличению мощности двигателя. В зависимости от сигнала блока управления масло направляется в каналы, по которым оно поступает сверху или снизу поршня.

Распределительный вал привода впускных клапанов может поворачиваться и с помощью поршня (рис. 2.6).

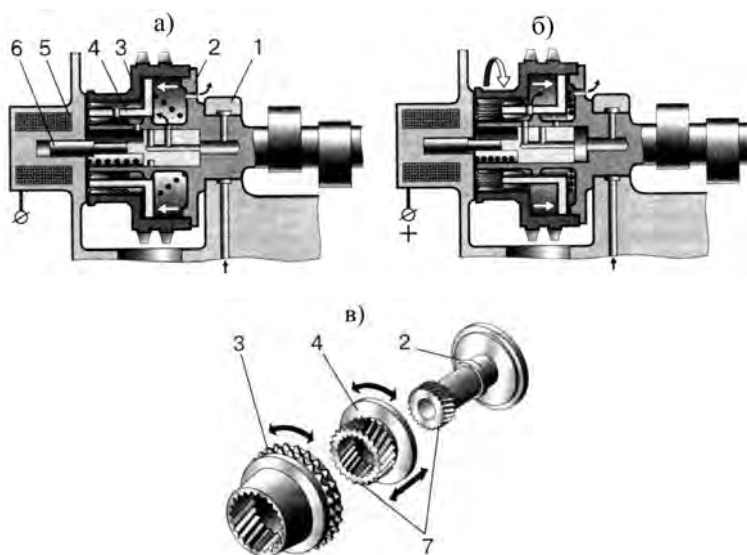


Рис. 2.6. Схема устройства изменения фаз газораспределения поршневого типа:

- 1 – головка блока; 2 – распределительный вал; 3 – звездочка привода распределительного вала; 4 – поршень; 5 – электромагнит; 6 – якорь-клапан; 7 – косозубые шлицы; а – поздние фазы; б – ранние фазы; в – соединение деталей устройства косозубыми шлицами

Устройство устанавливается на переднем конце распределительного вала, управляющего впускными клапанами.

При низких частотах вращения коленчатого вала обеспечивается позднее открытие впускных клапанов и минимальное перекрытие клапанов, что позволяет добиться минимально возможного обратного выброса отработавших газов во впускной канал, увеличения крутящего момента и снижения расхода топлива. В этом положении якоря-клапана его вертикальный канал соединен с пространством с правой стороны поршня, так как электромагнит 5 устройства

выключен (рис. 2.6, *a*). Поршень 4 отжат влево под воздействием пружины и давления масла, поступающего через якорь-клапан 6.

На высоких частотах по команде электронного блока управления двигателем включается электромагнит 5, сердечник которого соединяет вертикальный канал с пространством с левой стороны поршня (рис. 2.6, *б*). Масло из центрального отверстия распределительного вала поступает под поршень 4, имеющий внутренние и наружные косые шлицы. Ответные шлицы имеет конец вала и ступица звездочки цепи 3. Двигаясь в направлении «назад», поршень за счет шлицев обеспечивает сдвиг звездочки в окружном направлении относительно вала на 12–15° в сторону более раннего впуска. Это позволяет увеличить крутящий момент двигателя на высоких частотах вращения. Подобные механизмы устанавливаются на двигателях (Mercedes-benz, Alfa Romeo и др.) с двумя верхними распределительными валами.

В связи с все более повышающимися требованиями к уменьшению выбросов токсичных веществ с отработавшими газами в настоящее время разработаны устройства, которые могут изменять фазы газораспределения во всем диапазоне возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя как для впускных, так и для выпускных клапанов, что позволяет регулировать количество остаточных отработавших газов в камере сгорания. Бесступенчатое изменение фаз газораспределения позволяет также улучшить работу двигателя на холостом ходу и полных нагрузках, обеспечивая повышение крутящего момента и мощности. Такая система с использованием гидроуправляемой муфты показана на рис. 2.7.

Привод состоит из двух частей – внутренней с закручивающимся ротором 10, связанной с распределительным валом, и внешней 11, приводимой цепью или ременной передачей от коленчатого вала. Связь между обеими частями осуществляется с помощью масляной полости, в которой выступы ротора или лопасти поворачивают ротор влево или вправо. Одновременно с ротором поворачивается распределительный вал, на который навинчен ротор.

Давление масла в рабочей камере зависит от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки и температуры двигателя. Положение распределительного вала относительно коленчатого вала во время работы двигателя может быть как переменным, так и постоянным (фиксированным). Питание рабочей полости осуществляется от системы смазки двигателя.

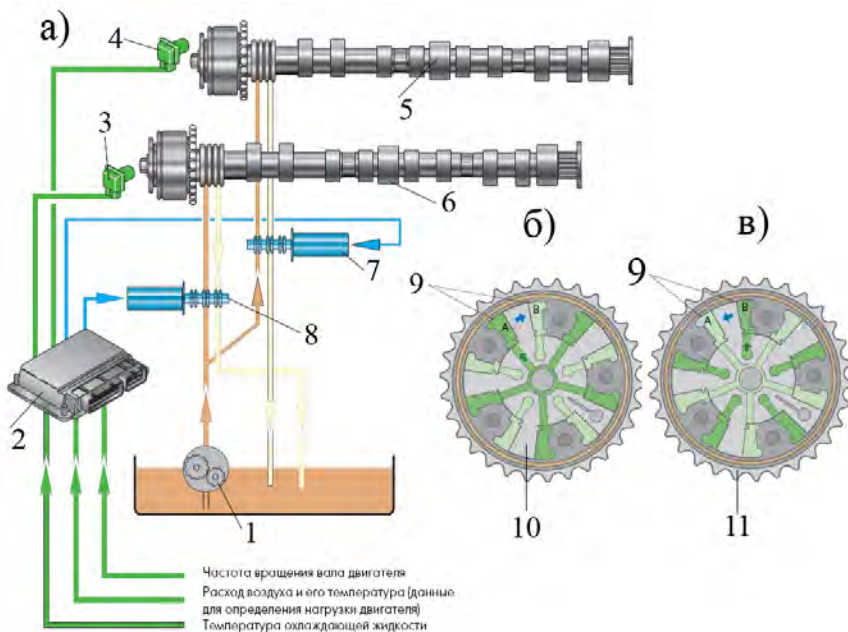


Рис. 2.7. Схема системы непрерывного изменения фаз газораспределения с гидроуправляемой муфтой:

- 1 – масляный насос; 2 – электронный блок управления двигателем; 3 – датчик Холла для распределительного вала привода выпускных клапанов; 4 – датчик Холла для распределительного вала привода впускных клапанов;
5 – распределительный вал для впускных клапанов; 6 – распределительный вал для выпускных клапанов; 7 – электрогидравлический распределитель распределительного вала для впускных клапанов; 8 – электрогидравлический распределитель распределительного вала для выпускных клапанов;
9 – рабочие полости; 10 – ротор; 11 – гидроуправляемая муфта; а – общая схема; б – поворот ротора относительно корпуса вправо; в – поворот ротора относительно корпуса влево

Устройство системы регулирования фаз газораспределения двигателя Мерседес-Бенц М 273

В двигателе Мерседес-Бенц М 273 применяются четыре распределительных вала. С помощью механизмов регулировки фаз газораспределения все четыре вала могут бесступенчато быть повернуты на 40° (в пересчете на угол вращения коленчатого вала).

С помощью данной системы регулируются в определенных пределах перекрытие клапанов и наполнение цилиндра воздухом.

Входными сигналами, подаваемыми в электронный блок управления N3/10, для работы системы являются сигналы от следующих компонентов (рис. 2.8):

- расходомеров воздуха (нагрузка на двигатель) B2/5;
 - датчиков Холла впускного и выпускного распределительных валов с левой и правой стороны, 4 шт. B6/4, B6/5, B6/6, B6/7;
 - электрических магнитов Y49/4, Y49/5, Y49/6, Y49/7, регулирующих подачу масла в соответствующие полости лопастного регулятора 3;
 - датчика температуры охлаждающей жидкости B11/4;
 - датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя B70.
- Схематично компоновка системы представлена на рис. 2.8.

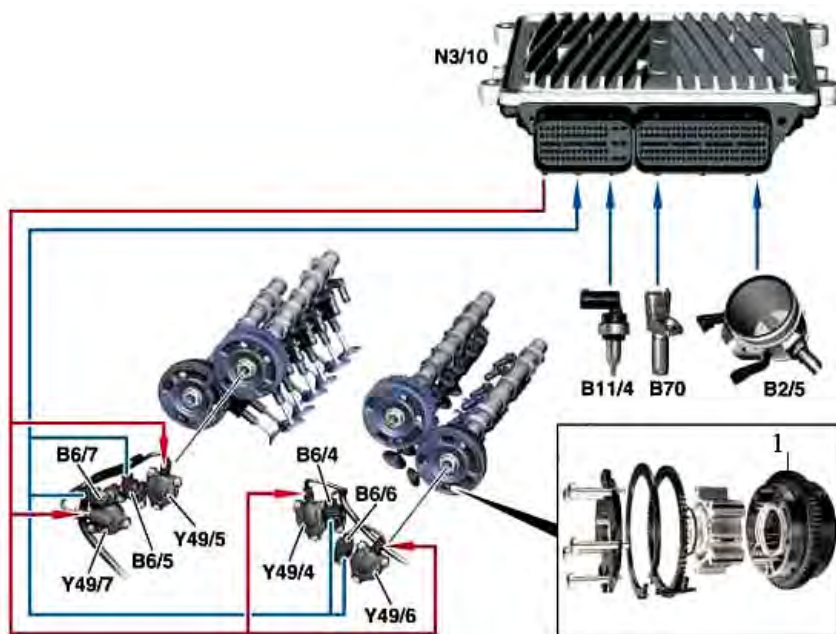


Рис. 2.8. Общая компоновка системы газораспределения двигателя Mercedes-Benz M 273

Более подробно устройство регулятора представлено на рис. 2.9.

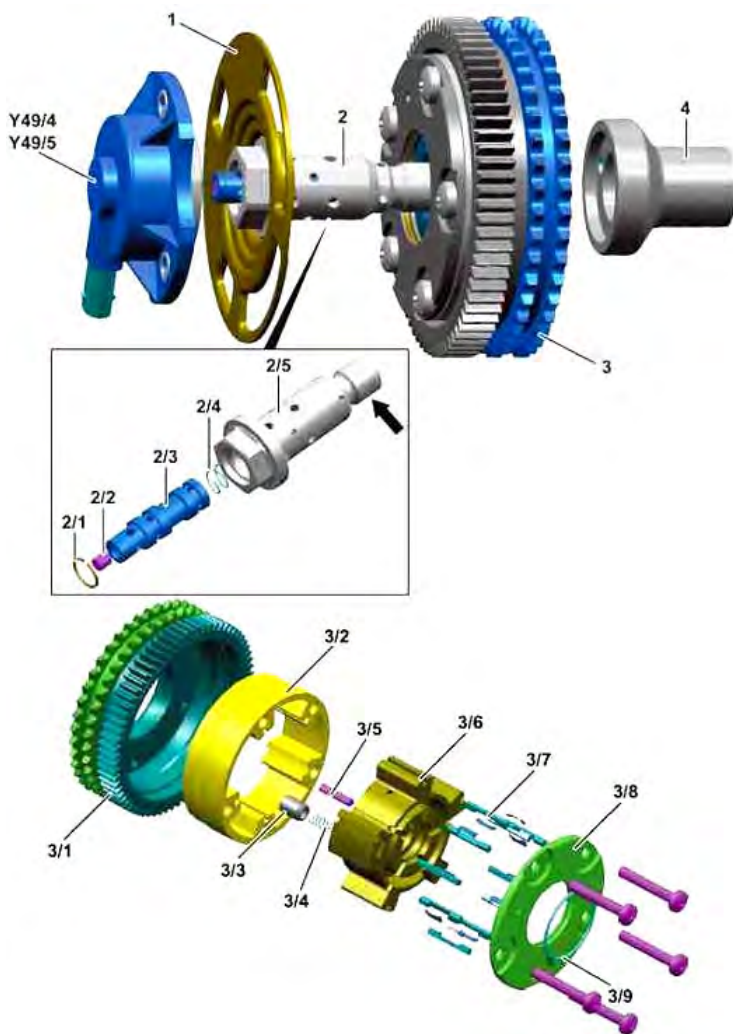


Рис. 2.9. Детальное устройство системы газораспределения двигателя Мерседес-Бенц М 273:

1 – импульсное колесо; 2 – управляющий клапан; 3 – лопастной регулятор;
 4 – впускной распределительный вал; 2/1 – стопорное кольцо; 2/2 – упор;
 2/3 – управляющий поршень (золотник); 2/4 – возвратная пружина; 2/5 – корпус клапана с резьбовым наконечником; 3/1 – зубчатое колесо привода; 3/2 – корпус;
 3/3 – фиксатор; 3/4 – пружина; 3/5 – штифт; 3/6 – лопастные поршни; 3/7 – уплотнительные пластины с пружинками; 3/8 – крышка; 3/9 – уплотнительное кольцо

Работа системы регулирования фаз газораспределения двигателя Mercedes-Бенц М 273

При работе системы следует различать:

- процесс получения разрешения на проворот распределительного вала;
- процесс проворачивания;
- процесс контроля угла проворачивания;
- процесс установки валов в положение запуска;
- процесс регулировки перекрытия клапанов;
- процесс контроля за положением распределительного вала;
- диагностику системы.

Процесс получения разрешения на проворот распределительного вала. Разрешение на работу системы дает блок управления двигателем ME в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и температуры масла, которая является расчетным параметром (датчик температуры масла отсутствует). Точки «включения» системы: 80 °С масло с 600 об/мин, 120 °С масло для впускных распределительных валов с 800 об/мин, 120 °С масло для впускных распределительных валов с 1050 об/мин.

Процесс проворачивания. При подаче напряжения на электромагниты впускного распределительного вала справа и слева и электромагниты выпускного распределительного вала справа и слева управляются блоком управления двигателя ME с помощью широтно-импульсного (PWM) сигнала. В зависимости от входных сигналов перемещаются управляющие поршни (золотники). В соответствии с их положением регулируется количество подводимого под давлением к лопастному регулятору масла. Соединенные жестко с распределительным валом лопастные поршни в лопастном регуляторе под действием давления масла проворачивают вал (рис. 2.10).

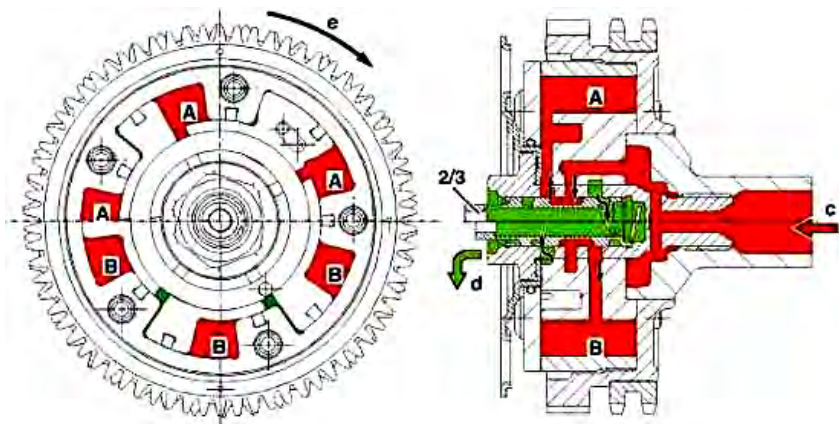


Рис. 2.10. Потoki масла в лопастном регуляторе впускного распределительного вала:

2/3 – управляющий клапан; A – масляные полости для смещения в сторону «поздно»; B – масляные полости для смещения в сторону «рано»; c – поток масла из впускного распределительного вала; d – стекание масла; e – направление вращения

Процесс контроля угла проворачивания. Регулировка угла осуществляется в пределах:

– для впускного распределительного вала – от 4° перед ВМТ до 36° после ВМТ;

– для выпускного распределительного вала – от 20° перед ВМТ до 20° после ВМТ.

Процесс установки валов в положение запуска:

– для впускного распределительного вала – 36° после ВМТ;

– для выпускного распределительного вала – 20° перед ВМТ.

Процесс регулировки перекрытия клапанов. При малой частоте вращения коленчатого вала двигателя и незначительных нагрузках на двигатель система устанавливает большой угол перекрытия клапанов. Двигатель получает меньшую порцию свежего воздуха, так как в цилиндре остается некоторое количество отработавших газов с низким содержанием кислорода. Таким образом снижается температура горения и уменьшается количество выбросов оксидов азота.

Процесс контроля за положением распредвала производится с помощью отслеживания сигналов датчиков холла, токов магнитов и сравнения полученных данных.

Проверка положения установки распределительных валов

Для проверки положения установки распределительных валов следует выполнить следующие операции:

– обеспечить доступ к двигателю и снять датчики Холла на распределительных валах;

– установить коленчатый вал двигателя в положение 55° перед ВМТ (рис. 2.11), при этом метка 305° (позиция 1) на маховике должна совпадать с выступом на передней крышке двигателя (позиция 2);

– проверить положение распределительных валов – метки на импульсных колесах 3 должны находиться в центре сверлений для установки датчиков холла распределительных валов;

– при необходимости произвести регулировку положения распределительных валов.

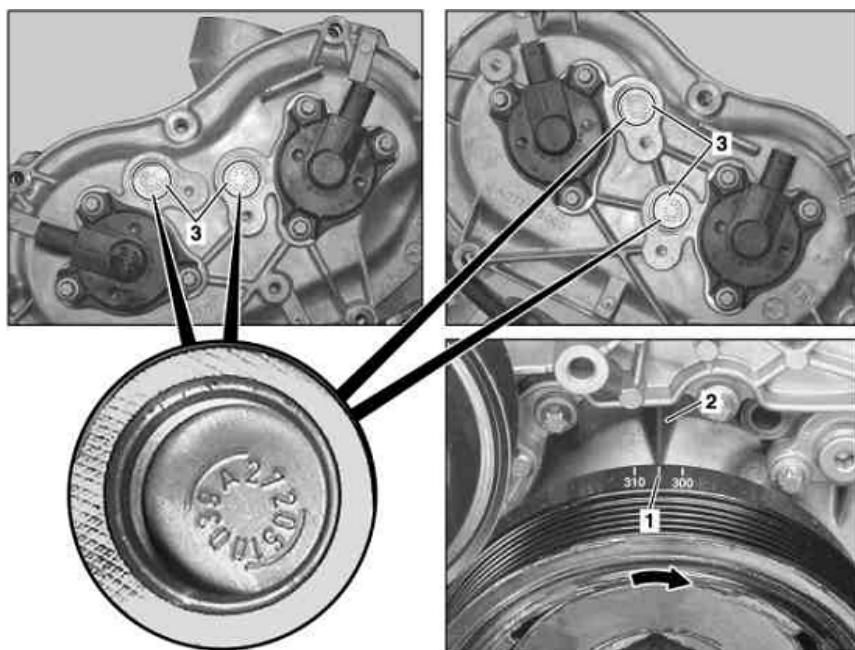


Рис. 2.11. Положение меток при установке распределительных валов:
1 – метки и шкала коленчатого вала; 2 – выступ на передней крышке двигателя;
3 – импульсное колесо

Контрольные вопросы

1. Назначение газораспределительного механизма.
2. Основные компоненты газораспределительного механизма.
3. Классификация газораспределительных механизмов по числу и расположению валов и клапанов.
4. Типы приводов газораспределительных механизмов.
5. Назначение системы изменения фаз газораспределения. Классификация систем изменения фаз газораспределения.
6. Устройство системы регулирования фаз газораспределения двигателя Мерседес-Бенц М 273.
7. Порядок проверки положения установки распределительных валов Мерседес-Бенц М 273.

Лабораторная работа № 3

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ВПРЫСКА ВО ВПУСКНОЙ ТРУБОПРОВОД БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия систем впрыска топлива во впускной трубопровод.

Оборудование: автомобиль, бензиновый двигатель автомобиля ВАЗ 2110, компоненты систем впрыска, набор инструментов.

Общие сведения

В настоящее время в системах питания бензиновых двигателей практически всеми производителями вместо карбюраторов применяются системы впрыска. Основными преимуществами системы впрыска по сравнению с карбюраторными системами являются:

- более равномерное распределение смеси по цилиндрам;
- отсутствие сопротивления воздуха на впуске, что улучшает наполняемость цилиндров воздухом и повышает мощность двигателя;
- высокая степень оптимизации работы двигателя на всех режимах его работы вследствие точной регулировки состава смеси.

Автомобильные двигатели оборудуются двумя видами систем:

1. Системы впрыска во впускной трубопровод.
2. Системы впрыска в цилиндры двигателя (непосредственный впрыск).
3. Двойные (бинарные) системы впрыска.

Устройство и принцип действия электронной системы впрыска во впускной трубопровод Motronic на примере автомобиля ВАЗ

Система впрыска топлива (рис. 3.1) автомобилей семейства ВАЗ состоит из бензинового бака 18, электрического бензинового насоса 19, обеспечивающего подачу топлива к электромагнитной форсунке 45, фильтра 15 и регулятора 13 давления топлива.

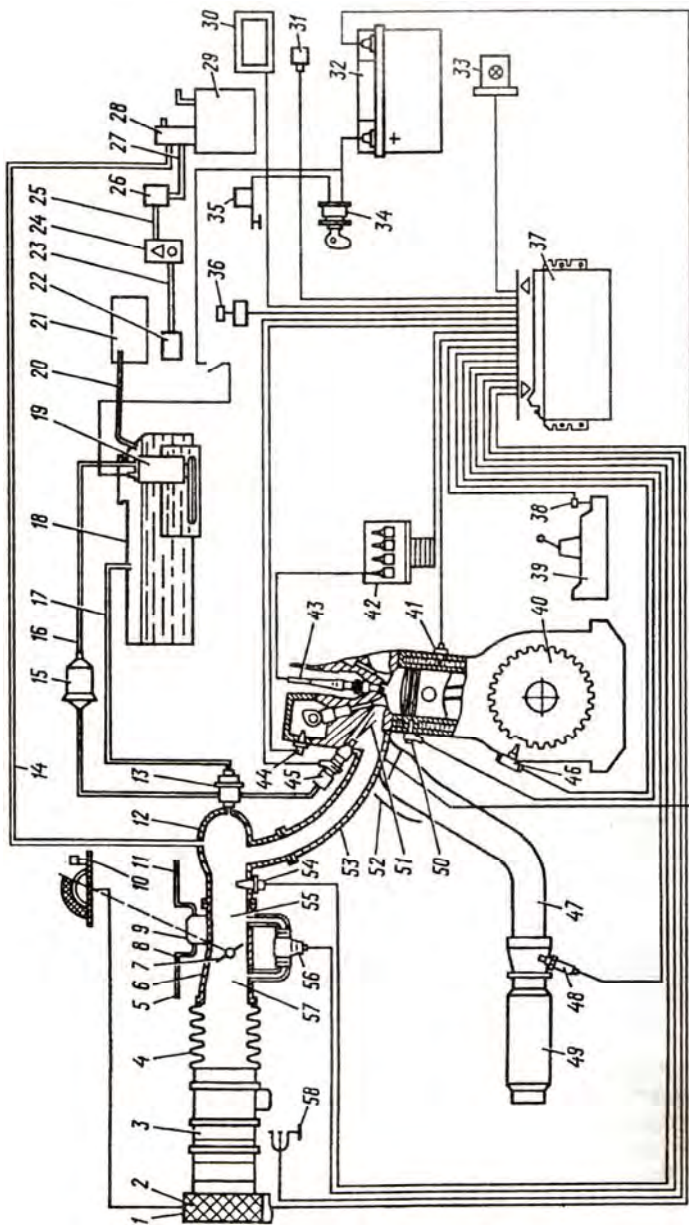


Рис. 3.1. Система впрыска топлива автомобиля ВАЗ

Бензонасос 19 подает топливо из бензинового бака 18 через подающий топливопровод 16 и топливный фильтр 15 к форсунке 45 при постоянном давлении, поддерживаемом регулятором 13 давления. Избыток бензина возвращается в топливный бак 18 по обратной линии топливопровода 17. Электронный блок 37 выдает команду форсунке 45 на впрыскивание топлива в виде факела 51 во всасывающий патрубок 53 и управляет параметрами впрыскивания в зависимости от режима работы двигателя и нагрузки, поддерживая оптимальное соотношение горючей смеси.

Регулятор холостого хода 56 через каналы сообщен с додрроссельным 57 и задрроссельным 55 пространствами и электрической цепью с ЭБУ 37. Регулятор холостого хода двигателей семейства ВАЗ (рис. 3.2) содержит шаговый электродвигатель 9, соединенный с подвижной конусной иглой 4. Он включает трубопровод 1 с размещенной в нем воздушной заслонкой 16, дроссельный патрубок с входным 3 и выходным 14 каналами. Он также снабжен клапаном с подпружиненной запорной конусной иглой 4 со штоком 12 и пружиной 11, размещенной во втулке 10. Клапан перемещается с помощью шагового электродвигателя.

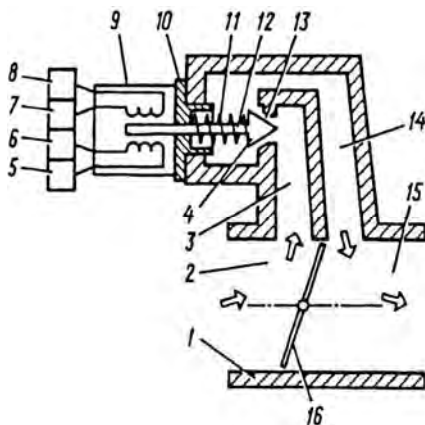


Рис. 3.2. Регулятор холостого хода

Дополнительный воздушный поток из додрроссельного пространства 2 по входному каналу 3, через щель 13 и по выходному каналу 14 поступает в задрроссельное пространство 15. В корпусе двигателя 9

размещена электрическая катушка, сообщенная с контактами 5–8 коллектора двигателя.

Конусная игла регулятора, установленная в обходном канале подачи воздуха, на режиме холостого хода выдвигается или убирается шаговым электродвигателем 9, управляемым сигналами ЭБУ.

Для увеличения частоты вращения КВ на режимах холостого хода ЭБУ открывает РХХ, увеличивая подачу воздуха в обход дроссельной заслонки 16. Для понижения частоты вращения коленчатого вала блок управления перемещает иглу, уменьшая количество воздуха, подаваемого в обход дроссельной заслонки.

Свеча 43 (рис. 3.1) зажигания через модуль 42 зажигания сообщена электрической цепью с ЭБУ 37.

Воздушный поток через фильтрующий элемент 2 и шланг 4 поступает во всасывающий патрубок 12 из воздушного фильтра 1, в корпус дроссельной заслонки 7 и камеру повышенного давления. Количество поступающего воздуха определяется ДМРВ 3 и регулируется дроссельной заслонкой 7 с помощью педали ее управления. ЭБУ 37 постоянно контролирует положение дроссельной заслонки и интенсивность ее перемещения с помощью потенциометрического датчика 10, смонтированного на конце оси дроссельной заслонки 7.

При прокручивании коленчатого вала двигателя со скоростью менее минимальной ЭБУ 37 увеличивает длительность впрыскивания, обогащая горючую смесь, без нажатия на педаль управления дроссельной заслонкой. После пуска двигателя параметры впрыскивания топлива определяют по расходомеру воздуха 3 и датчику температуры 41.

Корпус 6 дроссельной заслонки имеет полость 9 охлаждающей жидкости для нагрева перепускного воздухопровода холостого хода. Охлаждающую жидкость подводят через входной патрубок 11, а удаляют через штуцер 8 и выходной патрубок 5 по шлангу. Электронный блок 37 прекращает управление пневматическим клапаном холостого хода при поступлении входного сигнала скорости датчика 38 скорости, смонтированного на коробке передач 39.

На автомобиле с прогретым двигателем ЭБУ регулирует параметры впрыскивания топлива по частоте вращения коленчатого вала двигателя, определяемой входными сигналами датчика расходомера воздуха 3 и датчика 48 кислорода, смонтированных на выпускном трубопроводе 47 с теплоизолирующим экраном 52 системы нейтрализации 49 ОТ. Замок зажигания 34 сообщен с главным реле 35.

В ЭБУ от датчика 46 и зубчатого диска 40 поступает информация о положении и частоте вращения коленчатого вала, от датчиков 58 и 54 – соответственно о массовом расходе и температуре воздуха, от датчика 41 – о температуре охлаждающей жидкости, от датчика 48 (с обратной связью) – о содержании кислорода в ОГ, от датчика 50 – о наличии детонации в двигателе, от датчика 44 – о положении распределительного вала и др.

Блок управления снабжен встроенной системой диагностирования, обеспечивающей распознавание дефектов системы, предупреждая водителя с помощью контрольной лампы 30 «CHECK ENGINE». ЭБУ хранит диагностические коды, указывающие области неисправности.

Двигатель ВАЗ-2112 снабжен датчиком фаз, определяющим момент конца такта сжатия в первом цилиндре. Замок 34 зажигания сообщен с аккумуляторной батареей 32 и главным реле 35.

Система улавливания топливных испарений содержит адсорбер 29 с клапаном 28 его продувки, сообщенным через трубопровод 14 с патрубком 12, двухходовой клапан 26, сообщенный через трубопровод 27 с адсорбером 29, и гравитационный клапан 24, сообщенный через трубопроводы 23 и 25 с предохранительным клапаном 22, сигнальную лампу 33 и диагностический разъем 31. Сепаратор 21 через трубопровод 20 сообщен с бензиновым баком 18.

Важным элементом системы подачи топлива является датчик массового расхода воздуха (рис. 3.3). Основу датчика составляет мостовая схема, обеспечивающая измерение сопротивления нагреваемого провода.

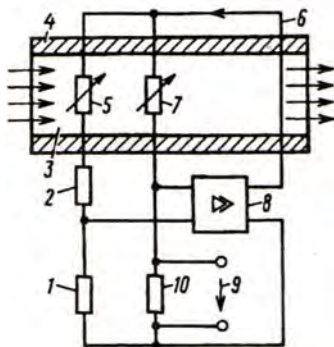


Рис. 3.3. Измерительная схема расходомера воздуха

Датчик содержит корпус 4, в полости 3 которого размещены термический компенсационный резистор 5 и термический резистор 7 с реостатными проводами, прецизионный резистор 10 и усилитель 8 напряжения, связанный электрической цепью с прецизионным резистором 10 и термическим резистором 7, а через обратную связь 6 – с термическим компенсационным резистором 5. Датчик выполнен полностью электронным и не требует корректировки при изменении плотности воздушного потока. Он не содержит подвижных частей. Измерения параметров регистрируются непосредственно за изменением воздушной массы потока через 1–3 мс.

Термический резистор 7 обеспечивает регистрацию уровня температуры на 100 °С выше по отношению к воздушному потоку. Например, если воздушный поток имеет температуру 0 °С, то нить проводника будет нагрета до температуры 100 °С. При температуре окружающей среды 30 °С цепи управления нагревают провод до той же разницы 100 °С, т. е. до 130 °С. Интенсивность воздушного потока изменяется при открывании дросселя. При прохождении воздушного потока через оба реостатных провода происходит охлаждение термического резистора 7 и компенсационного термического резистора 5.

Термический резистор 7 под напряжением изменяет сопротивление в зависимости от температуры. Поступивший воздух проходит по нагреваемому термическому резистору 7 и по другому реостатному термическому компенсационному резистору 5. Ток, протекающий через резистор 7, увеличивается больше, чем ток, протекающий через термический компенсационный резистор 5. Подобное положение дисбалансирует мостовую схему. Усилитель 8 обеспечивает увеличение выходного сигнала.

Давление топлива и высота подъема иглы ЭМФ постоянны. Количество подаваемого топлива зависит от продолжительности впрыскивания. ЭБУ смонтирован на печатной плате и размещен в герметично закрытом корпусе.

Топливный насос. В системах впрыска бензиновых двигателей применяются преимущественно электрические насосы шибберного типа с рабочими органами в виде роликов (рис. 3.4).

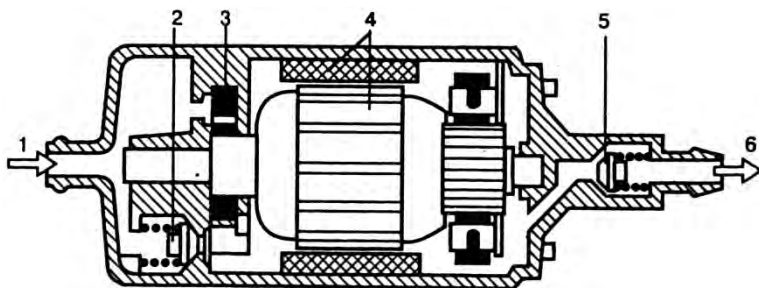


Рис. 3.4. Электрический насос бензиновой системы впрыска топлива:
 1 – вход бензина; 2 – предохранительный клапан; 3 – насос; 4 – якорь;
 5 – обратный клапан; 6 – выход бензина

Насос и электродвигатель установлены в корпусе и погружены в топливо. Электродвигатель охлаждается топливом, при этом опасность взрыва исключена ввиду отсутствия здесь горючей смеси. Реле топливного насоса прерывает цепь напряжения питания топливного насоса в режиме, когда двигатель не работает, а зажигание включено.

Насос состоит из герметично закрытого корпуса, внутри которого установлен непосредственно сам насос 3, и электродвигателя 4, приводящего во вращение насос. Редукционный клапан 2 предохраняет систему от чрезмерного повышения давления, а обратный клапан 5 препятствует стеканию топлива в бак после остановки насоса.

Принцип работы насоса поясняют схемы на рис. 3.5.

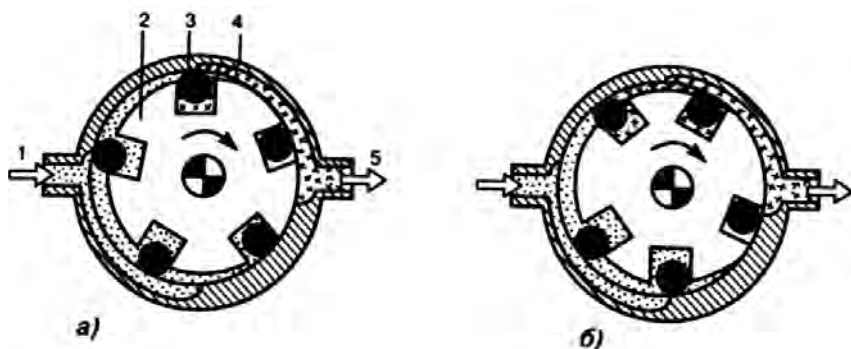


Рис. 3.5. Схема работы насоса:
 а – всасывание топлива; б – нагнетание топлива; 1 – вход бензина; 2 – ротор насоса; 3 – ролики; 4 – опорная поверхность роликов; 5 – выход бензина

Ротор насоса 2 расположен эксцентрично относительно корпуса 4 и вращается вместе с якорем электромотора. Ролики перемещаются в канавках ротора, постоянно прижимаясь к опорной поверхности статора.

При вращении ротора увеличивается объем серповидной полости, ограниченной поверхностью статора 4, ротором 2 и двумя роликами, расположенными выше и ниже впускного отверстия 1 (рис. 3.5, а), при этом указанная полость заполняется топливом. Когда ротор, а вместе с ним и ролики, займет положение, показанное на рис. 3.5, б, объем серповидной полости между роликами будет уменьшаться, что обеспечивает подачу топлива в нагнетательную магистраль.

Форсунка. Форсунка (рис. 3.6) представляет собой электромагнитный клапан. Форсунка предназначена для впрыска дозированного количества топлива, необходимого для приготовления горючей смеси при различных режимах работы двигателя. Дозирование количества топлива зависит от длительности электрического импульса, поступающего в обмотку катушки электромагнита форсунки. Впрыск топлива форсункой синхронизирован с положением поршня в цилиндре двигателя.

Форсунка состоит из корпуса 3, крышки 6, обмотки катушки 4, электромагнита, сердечника 8 электромагнита, иглы 2 запорного клапана, корпуса 9 распылителя, насадки 1 распылителя и фильтра 5. При работе двигателя топливо под давлением поступает в форсунку через фильтр 5 и проходит к запорному клапану, который находится в закрытом положении под действием пружины 7.

При поступлении электрического импульса в обмотку катушки 4 электромагнита возникает магнитное поле, которое притягивает сердечник 8 и вместе с ним иглу 2 запорного клапана. При этом отверстие в корпусе 9 распылителя открывается, и топливо под давлением впрыскивается в распыленном виде во впускной трубопровод.

После прекращения поступления электрического импульса в обмотку катушки электромагнита магнитное поле исчезает, и под действием пружины 7 сердечник 8 электромагнита и игла 2 запорного клапана возвращаются в исходное положение. Отверстие в корпусе 9 распылителя закрывается, и впрыск топлива из форсунки прекращается.

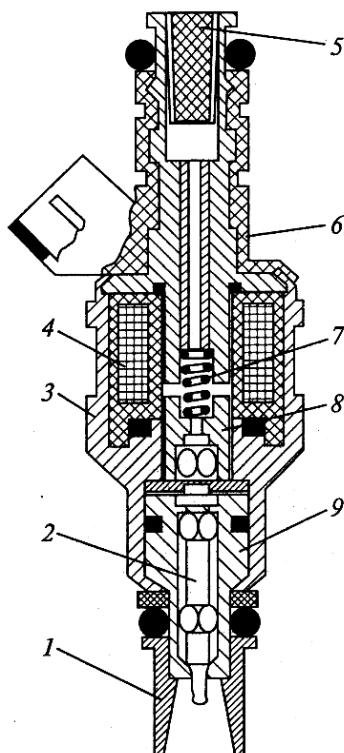


Рис. 3.6. Форсунка электронной системы впрыска:
 1 – насадка; 2 – игла; 3, 9 – корпуса; 4 – обмотка катушки; 5 – фильтр;
 6 – крышка; 7 – пружина; 8 – сердечник

Регулятор давления топлива. Регулятор давления топлива (рис. 3.7) поддерживает давление в топливопроводе и форсунках работающего двигателя в пределах $2,8\text{--}3,3 \text{ кгс/см}^2$, что необходимо для приготовления горючей смеси требуемого качества на всех режимах работы двигателя. Регулятор давления состоит из корпуса 1 и крышки 3, между которыми закреплена диафрагма 4 с клапаном 2. Внутренняя полость регулятора делится диафрагмой на две полости: вакуумную и топливную.

Вакуумная полость находится в крышке 3 регулятора и связана с ресивером, а топливная полость – в корпусе 1 регулятора и связана с топливным баком.

При закрытии дроссельной заслонки разрежение в ресивере увеличивается, клапан регулятора открывается при меньшем давлении топлива и перепускает избыточное топливо по сливному топливопроводу в топливный бак. При этом давление топлива в топливопроводе 2 двигателя понижается. При открытии дроссельной заслонки разрежение в ресивере уменьшается, клапан регулятора открывается уже при большем давлении топлива. В результате давление топлива в топливопроводе двигателя повышается.

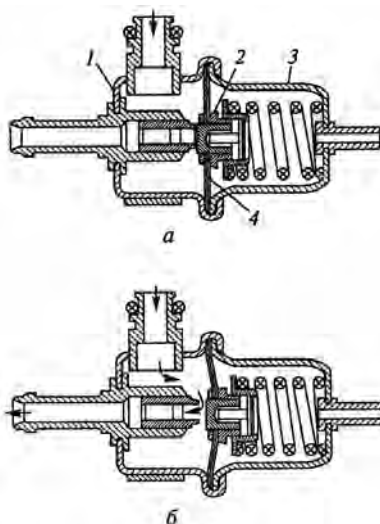


Рис. 3.7. Регулятор давления топлива:
a – клапан закрыт; *б* – клапан открыт; 1 – корпус; 2 – клапан;
 3 – крышка; 4 – диафрагма

Расходомеры воздуха и датчики. Кроме описанного выше расходомера воздуха на большинстве современных автомобилей применяется расходомер воздуха с пленочным термоанемометром. Расходомеры такого типа вмонтированы в измерительный патрубок 2 (рис. 3.8). Возможен также вариант встроенного измерительного патрубка, который устанавливается внутри воздушного фильтра.

Воздух, входящий во впускной коллектор, обтекает чувствительный элемент датчика 5, который вместе с вычислительным контуром 3 является основным компонентом датчика.

Входящий воздух проходит через обводной канал 7 за чувствительным элементом датчика. Чувствительность датчика при наличии сильных пульсаций потока может быть улучшена применением соответствующей конструкции обводного канала, при этом определяются также и обратные токи воздуха. Датчик соединяется с ЭБУ через выходы 1.

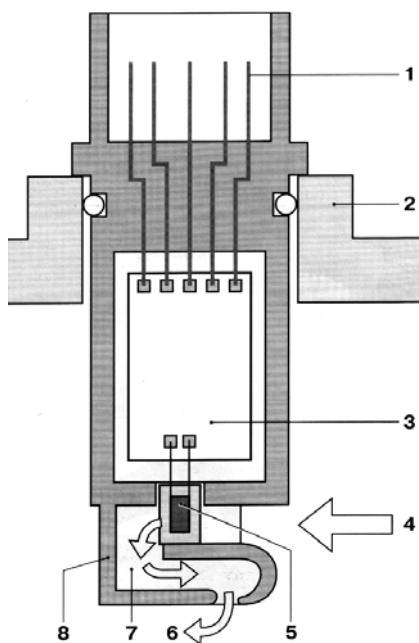


Рис. 3.8. Схема массового расходомера воздуха с пленочным термоанемометром:

- 1 – выходы электрического разъема; 2 – измерительный патрубкок или корпус воздушного фильтра; 3 – вычислительный контур (гибридная схема);
- 4 – вход воздуха; 5 – чувствительный элемент датчика; 6 – выход воздуха;
- 7 – обводной канал; 8 – корпус датчика

Принцип работы массового расходомера воздуха заключается в следующем. Микромеханическая диафрагма датчика 5 на чувствительном элементе 3 нагревается центральным нагревающим резистором (рис. 3.9). При этом имеет место резкое падение температуры на каждой стороне зоны нагрева 4.

Распределение температуры по диафрагме регистрируется двумя температурозависимыми резисторами, которые устанавливаются симметрично до и после нагревающего резистора (точки измерения M_1 и M_2). При отсутствии потока воздуха на впуске температурная характеристика 1 одинакова на каждой стороне измерительной зоны ($T_1 = T_2$). Как только поток воздуха начинает обтекать чувствительный элемент датчика, распределение температуры по диафрагме меняется (характеристика 2).

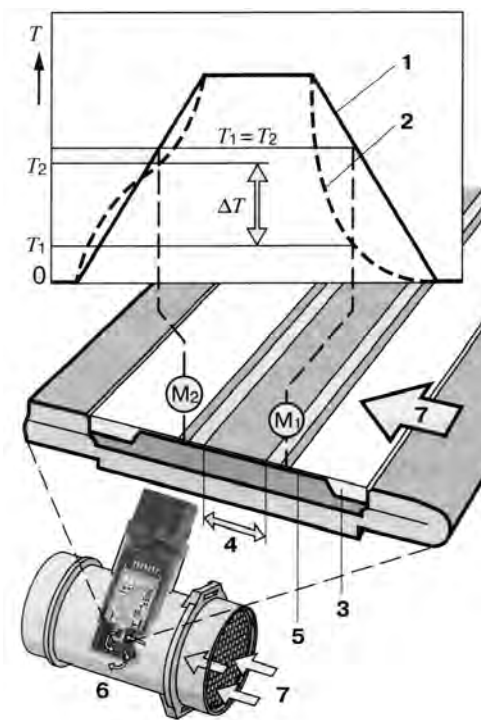


Рис. 3.9. Принцип измерения массового расхода воздуха пленочным термоанемометром:

- 1 – температурная характеристика при отсутствии потока воздуха;
- 2 – температурная характеристика при наличии потока воздуха;
- 3 – чувствительный элемент датчика; 4 – зона нагрева; 5 – диафрагма датчика;
- 6 – датчик с измерительным патрубком; 7 – поток воздуха;
- M_1 , M_2 – точки измерения; T_1 , T_2 – значения температуры в точках измерения M_1 и M_2 ; ΔT – перепад температур

На стороне входа воздуха температурная характеристика является более крутой, поскольку входящий воздух, обтекающий эту поверхность, охлаждает ее. Вначале на противоположной стороне (сторона, наиболее близко расположенная к двигателю) чувствительный элемент датчика охлаждается, но затем воздух, подогреваемый нагревательным элементом, нагревает его. Изменение в температурном распределении (ΔT) приводит к перепаду температур между точками измерения M_1 и M_2 .

Тепло рассеивается в воздухе, следовательно, температурная характеристика чувствительного элемента датчика является функцией массового расхода воздуха. Разница температур, таким образом, есть мера массового расхода воздуха, и при этом она не зависит от абсолютной температуры протекающего потока воздуха. Кроме этого, разница температур является направленной. Это означает, что массовый расходомер не только регистрирует количество входящего воздуха, но также и его направление.

Расходомер воздуха посылает цифровой сигнал измеренной массы воздуха на блок управления двигателя в форме частотного сигнала. По длине периодов импульсов блок управления двигателя может определить измеренную массу воздуха (рис. 3.10).

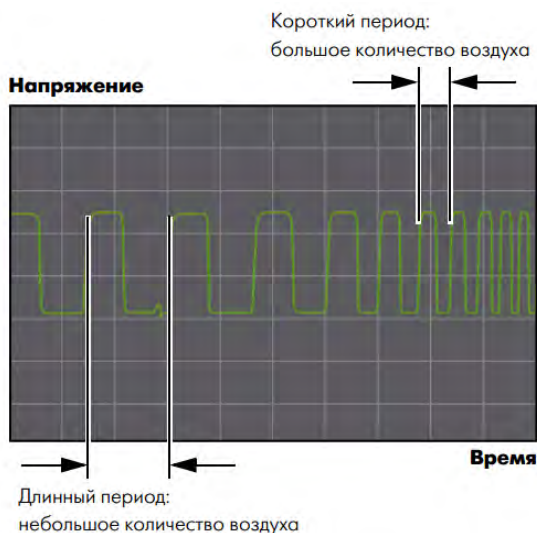


Рис. 3.10. Частотный сигнал

В датчик может также быть вмонтирован температурный датчик для выполнения вспомогательных функций. Он располагается в пластмассовом корпусе и не является обязательным для измерения массового расхода воздуха.

Лямбда-регулирование. Для более точного регулирования горючей смеси в зависимости от качества сгорания (наличия свободного кислорода) и более высокой степени очистки отработавших газов необходима регулировка коэффициента избытка воздуха, чтобы состав смеси был близок к стехиометрическому. С этой целью в двигателях применяют системы, основой которых является специальный датчик, определяющий наличие кислорода в отработавших газах (лямбда-зонд), устанавливаемый в выпускной системе (до нейтрализатора, если он установлен). Такие системы называют системами с обратной связью.

Датчик кислорода (триггерный (переключающийся) датчик) (рис. 3.11) представляет собой элемент из порошка двуокиси циркония, спеченного в форме пробирки, наружная и внутренняя поверхность которой покрыты пористой платиной или ее сплавом, что выполняет роль катализатора и токопроводящих электродов. Внешняя поверхность датчика покрыта тонким защитным слоем керамики. Двуокись циркония при высоких температурах приобретает свойство электролита, а датчик становится гальваническим элементом. Внешняя поверхность датчика соприкасается с отработавшими газами, а внутренняя с атмосферным воздухом.

Принцип работы датчика кислорода показан на рис. 3.11. На поверхности электродов 2 и 3 (пористая платина) всегда присутствует остаточный кислород, связанный с водородом, углеродом или азотом. При высоких температурах (более 350 °С) в случае обогащения смеси возле электрода 2 возникает недостаток кислорода. Отрицательно заряженные ионы кислорода начинают перемещаться к электроду 2, заряд на котором по отношению к электроду 3 становится отрицательным, что приводит к возникновению э. д. с. (обычно до 1 В).

На режимах пуска, прогрева холодного двигателя, ускорения и режиме максимальной мощности датчик не работает и состав смеси определяется блоком управления. Для расширения диапазона действия датчика и ускорения скорости его прогрева, особенно на режимах холостого хода и в условиях низких температур, применяют подогрев датчиков или их установку в непосредственной близости от двигателя.

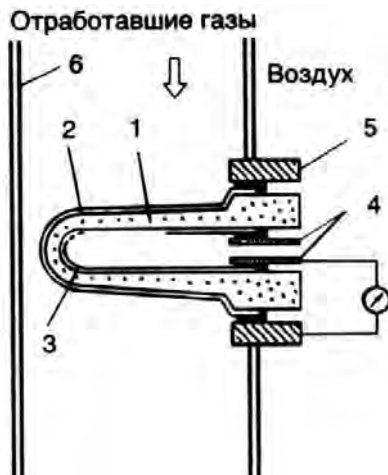


Рис. 3.11. Датчик кислорода:

1 – твердый электролит двуокиси циркония; 2 – платиновый наружный электрод; 3 – платиновый внутренний электрод; 4 – контакты; 5 – корпусной контакт; 6 – выпуск отработавших газов

При обеднении смеси напряжение на контактах датчика падает, а при обогащении смеси напряжение возрастает (рис. 3.12).

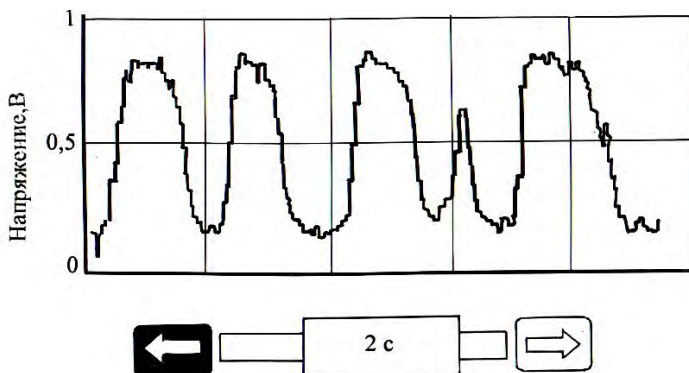


Рис. 3.12. Выходной сигнал датчика кислорода

Выходное напряжение датчика U_{λ} меняется от 0 до 1 В в течение очень короткого промежутка времени (несколько раз за 1 с).

Согласно европейскому законодательству, бортовая диагностика должна контролировать состояние нейтрализатора и при неисправности включать диагностическую лампу. Для выполнения этого условия на выходе из нейтрализатора устанавливают второй датчик кислорода.

Второй датчик также участвует в точной подстройке состава топливоздушной смеси, компенсируя погрешность первого датчика, которую необходимо учитывать по мере его старения.

Ввиду отсутствия прерывателя-распределителя, для определения частоты вращения коленчатого вала в системах впрыска Мотроник применяется индуктивный датчик (рис. 3.13).

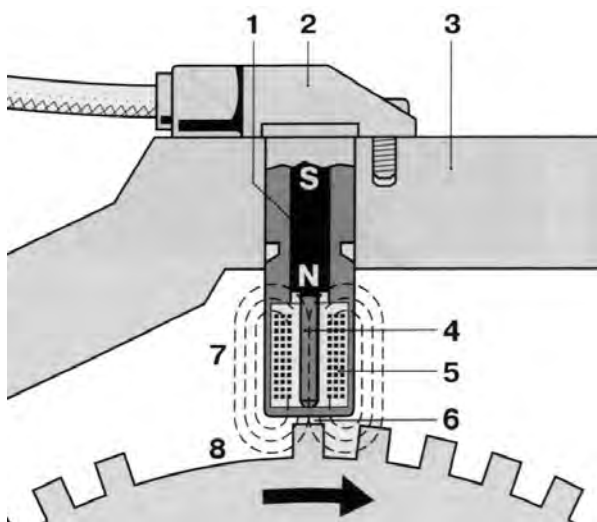


Рис. 3.13. Индуктивный датчик частоты вращения:

1 – постоянный магнит; 2 – корпус; 3 – картер двигателя; 4 – магнитомягкий сердечник; 5 – обмотка; 6 – воздушный зазор; 6 – зубчатое колесо с точкой отсчета; 7 – магнитное поле; 8 – датчик угловых импульсов (зубчатый диск) с отметчиком – пропуском зубьев

Индуктивный датчик содержит стержневой постоянный магнит 1 с полюсным сердечником из магнитомягкой стали и обмотку индуктивности 5 с двумя выводами.

Датчик устанавливается непосредственно напротив ферромагнитного зубчатого диска – датчика угловых импульсов 8, от которого его отделяет небольшой воздушный зазор (0,8–1,5 мм).

Сердечник соединен также с постоянным магнитом I , и магнитное поле проходит через сердечник и зубчатый диск-датчик импульсов 8. Интенсивность магнитного потока, проходящего через обмотку, зависит от того, находится ли датчик напротив зуба на диске или напротив промежутка (пропуска зубьев). Поскольку магнитный поток концентрируется зубьями диска, что приводит к увеличению магнитного потока через обмотку, то при подходе пропуска зубьев он ослабевает. Следовательно, при вращении зубчатого диска возникают колебания магнитного потока, которые, в свою очередь, генерируют синусоидальные колебания напряжения в электромагнитной обмотке, пропорциональные скорости изменения магнитного потока (рис. 3.14). Амплитуда колебаний переменного напряжения увеличивается строго пропорционально увеличению скорости вращения зубчатого диска. Для генерирования достаточного уровня сигнала требуется, по крайней мере, 30 об/мин.

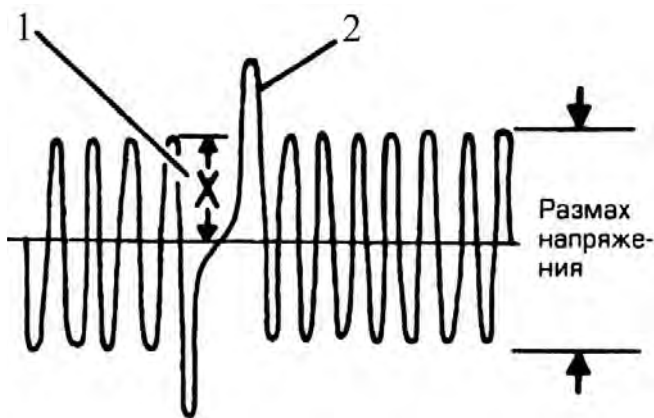


Рис. 3.14. Переменное напряжение на выходе индукционного датчика:
 1 – среднее напряжение; 2 – напряжение, соответствующее положению поршня в верхней мертвой точке

Количество зубьев на датчике угловых импульсов зависит от конкретного применения. Очень большой пропуск зубьев (8) устанавливается для определения положения коленчатого вала и служит как отметка для синхронизации в ЭБУ. Местоположение пропущенного зуба не обязательно находится в ВМТ. Оно может быть смещено относительно ВМТ на любой угол, записанный в памяти блока управления.

Топливные фильтры. В системах впрыска бензиновых двигателей применяются фильтры (рис. 3.15) с бумажным фильтрующим элементом, за которым находится дополнительная сетка. Благодаря такой комбинации достигается высокая степень очистки. Топливо фильтруется в бумажном фильтрующем элементе, а сетка служит для задержки частиц фильтра, которые могут отрываться в процессе эксплуатации, поэтому показанное на корпусе фильтра стрелкой направление подачи топлива должно строго соблюдаться.

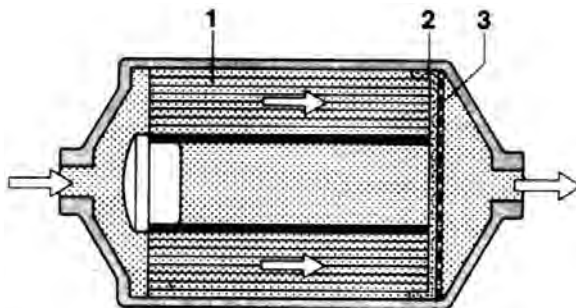


Рис. 3.15. Топливный фильтр:
1 – бумажный фильтрующий элемент; 2 – сетка; 3 – опорная пластина

Электронный привод дроссельной заслонки. В системах впрыска Мотроник может применяться как обычный механический, так и электронный привод дроссельной заслонки. При электронном приводе акселератора перемещение дроссельной заслонки осуществляется при помощи электродвигателя, без традиционной механической связи между педалью акселератора и дроссельной заслонкой. Положение педали отслеживается датчиками, и соответствующие сигналы передаются в блок управления, где обрабатываются и передаются на исполнительный механизм перемещения дроссельной заслонки. Благодаря такой системе блок управления может посредством перемещения дроссельной заслонки влиять на величину крутящего момента двигателя даже в том случае, когда водитель не меняет положения педали акселератора. Это позволяет достигать лучшей координации между системами двигателя.

Электронный привод дроссельной заслонки состоит из:

- педального модуля;
- модуля дроссельной заслонки;

- корпуса дроссельной заслонки;
- блока управления двигателем;
- контрольной лампы электронного привода дроссельной заслонки.

Педальный модуль посредством датчиков непрерывно определяет положение педали акселератора и передает соответствующий сигнал блоку управления двигателя. Он состоит из (рис. 3.16):

- педали акселератора;
- датчика 1 положения педали акселератора;
- датчика 2 положения педали акселератора.

Два одинаковых датчика используются для обеспечения надежной работы системы, но для работы системы достаточно работоспособности одного датчика.

Оба датчика представляют собой потенциометры со скользящим контактом, укрепленным на общем валу. При каждом изменении положения педали изменяется сопротивление датчиков и, соответственно, напряжение, которое передается на блок управления двигателя. Используя сигнал от обоих датчиков положения педали акселератора блок управления двигателя узнает положение педали в каждый момент времени.

Кроме потенциометрических датчиков со скользящим контактом для измерения положения дроссельной заслонки могут применяться магниторезистивные датчики, которые работают бесконтактно.

Разновидностью педального модуля является бесконтактный модуль с индукционными катушками. Преимуществом такого модуля является отсутствие контактов, что повышает надежность системы.

Модуль управления дроссельной заслонки расположен на впускном трубопроводе и служит для обеспечения подачи нужного количества воздуха в цилиндры.

Модуль управления дроссельной заслонки (рис. 3.17) обеспечивает необходимую массу воздуха, поступающего в цилиндры.

Модуль состоит из:

- корпуса дроссельной заслонки 1;
- дроссельной заслонки 7;
- привода дроссельной заслонки.

Привод дроссельной заслонки воздействует на дроссельную заслонку в соответствии с командами блока управления двигателя. Положение дроссельной заслонки отслеживается с помощью датчиков педали акселератора.

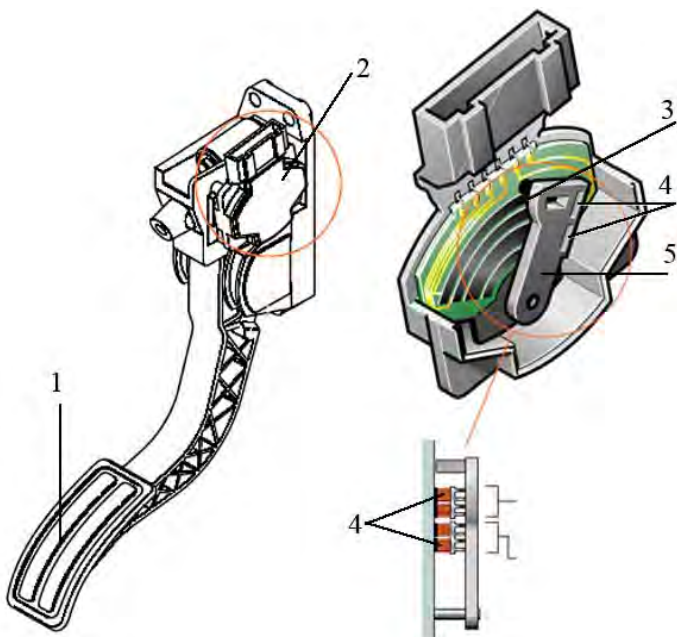


Рис. 3.16. Педальный модуль:

- 1 – педаль; 2 – корпус модуля педали акселератора;
3 – контактная дорожка; 4 – датчики; 5 – рычаг

Блок управления двигателем определяет по этим сигналам намерение водителя увеличить или уменьшить мощность двигателя, суммируя внешние и внутренние требования к крутящему моменту и по ним рассчитывает необходимую величину момента и соответственно этому изменяет его. Крутящий момент определяется расчетом по частоте вращения двигателя, сигналу о нагрузке двигателя и моменту зажигания, при этом блок управления двигателем сначала сравнивает фактический крутящий момент с оптимальным моментом. Если эти величины не совпадают, блок управления расчетом определяет направление и величину положения дроссельной заслонки в целях достижения совпадения фактического и оптимального крутящего момента. После подается управляющий сигнал приводу дроссельной заслонки для приоткрытия ее или, наоборот, некоторого закрытия, например в случае включения дополнительного потребителя – компрессора климатической установки.

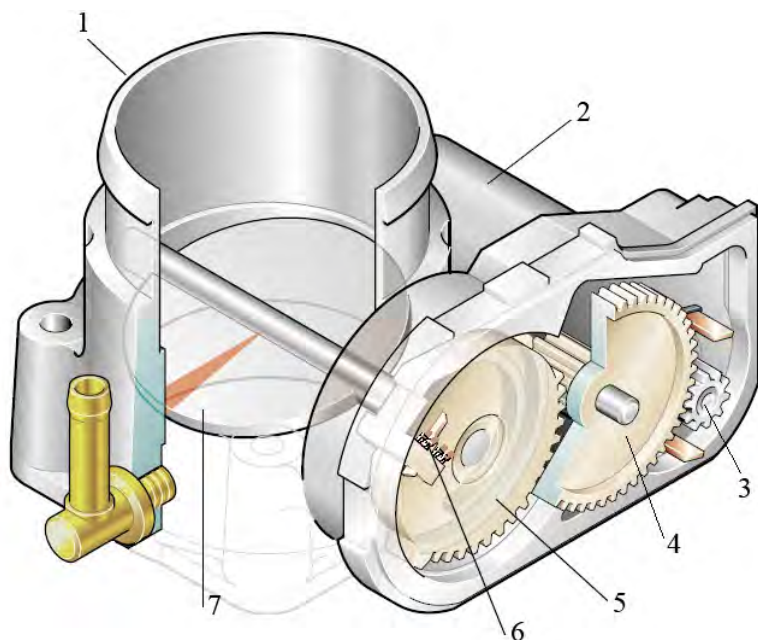


Рис.3.17. Модуль управления дроссельной заслонки:

- 1 – корпус дроссельной заслонки; 2 – электропривод дроссельной заслонки;
 3 – шестерня привода; 4 – промежуточная шестерня; 5 – шестерня пружинного
 возвратного механизма; 6 – угловые датчики привода дроссельной заслонки;
 7 – дроссельная заслонка

Контрольная лампа электронного привода акселератора сигнализирует водителю, что в системе электронного привода имеется неисправность.

Работа системы впрыска Мотроник. Пуск двигателя. В течение всего процесса пуска двигателя осуществляется расчет количества впрыскиваемого форсунками топлива. Кроме того, для первых командных импульсов на впрыскивание в отсутствие вращения коленчатого вала устанавливается режим «синхронного впрыска». Повышенное количество топлива, впрыскиваемого в соответствии с низкой температурой двигателя, обусловлено образованием топливной пленки на внутренних стенках впускного трубопровода и необходимостью компенсации повышенной потребности в топливе двигателя при работе с низкой частотой вращения. Непосредственно

после начала вращения коленчатого вала вплоть до завершения режима пуска по мере увеличения частоты вращения осуществляется постепенное уменьшение порции впрыскиваемого топлива.

Система Мотроник осуществляет также согласование параметров зажигания с параметрами процесса пуска. Угол опережения зажигания регулируется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости и частоты вращения коленчатого вала так, чтобы был обеспечен легкий пуск и быстрый прогрев двигателя.

Послепусковой период. В течение послепускового периода (фазы, начинающейся непосредственно после завершения стадии пуска) осуществляется постепенное снижение количества впрыскиваемого топлива в зависимости от температуры охлаждающей жидкости и промежутка времени, прошедшего с момента завершения стадии пуска. Угол опережения зажигания изменяется в соответствии с количеством впрыскиваемого топлива. Послепусковой период, таким образом, плавно переходит в стадию прогрева двигателя.

Прогрев двигателя. В зависимости от конструктивных особенностей двигателя и системы выпуска отработавших газов режим прогрева может быть реализован разными способами. Решающими факторами для расчета параметров управления двигателем при прогреве является его готовность к началу движения, а также оптимизация состава отработавших газов и расхода топлива. Сочетание бедной рабочей смеси с более поздним зажиганием при прогреве двигателя повышает температуру отработавших газов, что необходимо для приведения каталитического нейтрализатора в рабочее состояние. Другую возможность повышения температуры отработавших газов предоставляет использование богатой смеси вместе с нагнетанием дополнительного воздуха, который подается в систему выпуска за выпускными клапанами спустя короткое время с момента пуска двигателя. Для подачи воздуха, например, может использоваться специальный насос. Избыток воздуха при достаточном разогреве системы выпуска приводит к окислению CH и CO и достижению желаемой высокой температуры отработавших газов.

Оба способа обеспечивают быстрое приведение каталитического нейтрализатора в рабочее состояние. Наряду с воздействием на угол опережения зажигания и параметры впрыска, ускоренный разогрев нейтрализатора может быть реализован также и за счет повышения частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу. При дости-

жении необходимой температуры каталитического нейтрализатора осуществляется регулирование впрыска, обеспечивающее коэффициент избытка воздуха, равный 1, и устанавливается соответствующий угол опережения зажигания.

Управление частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу. Управление частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу должно обеспечивать соответствие между крутящим моментом и реальной нагрузкой. Последняя на холостом ходу складывается из различных внутренних нагрузочных моментов, моментов сил трения в кривошипно-шатунном механизме, приводе клапанов и дополнительных агрегатов (например, насоса системы охлаждения, кондиционера или гидроусилителя рулевого управления). Внутренние моменты сил трения в течение срока службы двигателя претерпевают постепенное изменение, и, кроме того, они сильно зависят от рабочей температуры. На процесс регулирования частоты вращения оказывают влияние положение дроссельной заслонки и температура охлаждающей жидкости, а также сигналы датчиков нагрузки, поступающие от дополнительных агрегатов. Заданному значению частоты вращения коленчатого вала двигателя для каждого режима соответствует определенный расход воздуха.

Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип действия электронной системы впрыска во впускной трубопровод.
2. Устройство и принцип действия электрического топливного насоса.
3. Устройство и принцип действия форсунки.
4. Устройство и принцип действия расходомера воздуха.
5. Устройство и принцип действия лямбда-зонда.
6. Устройство и принцип действия электропривода дроссельной заслонки.

Лабораторная работа № 4

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ВПРЫСКА БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ЦИЛИНДРЫ ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия систем непосредственного впрыска топлива; ознакомиться с особенностями системы изменения геометрии впускного трубопровода.

Оборудование: элементы системы питания бензинового двигателя с непосредственным впрыском (топливный насос высокого давления, форсунки, топливная рампа), датчики, набор инструмента.

Общие сведения

Система непосредственного впрыска топлива (Gasoline Direct Injection (GDI)) – инжекторная система подачи топлива для бензиновых двигателей внутреннего сгорания, у которой форсунки расположены в головке блока цилиндров и впрыск топлива происходит непосредственно в цилиндры. Топливо подается под большим давлением в камеру сгорания каждого цилиндра в противоположность стандартной системе распределенного впрыска топлива, где впрыск производится во впускной коллектор.

Применение системы непосредственного впрыска позволяет достичь до 15 % экономии топлива, а также сокращения выброса вредных веществ с отработавшими газами. Однако такая система более требовательна к качеству топлива.

Расширенная схема системы топливоподачи системы непосредственного впрыска на примере двигателя Фольксваген показана на рис. 4.1.

Блок управления двигателем 23 рассчитывает оптимальное соотношение топлива и воздуха для следующих способов смесеобразования:

- послыйного распределения смеси;
- образования бедной гомогенной смеси;
- образования гомогенной смеси стехиометрического состава;
- двойного впрыска топлива для разогрева нейтрализатора;

– двойного впрыска топлива при работе двигателя на полной нагрузке.

Расход воздуха в системах непосредственного впрыска может определяться как с помощью расходомеров, так и без них. В приведенной системе он рассчитывается блоком управления двигателем с использованием сигналов датчика температуры воздуха на впуске в двигатель 24, датчика давления во впускном трубопроводе 18, датчика частоты вращения коленчатого вала 14, датчика положения дроссельной заслонки, датчика фаз 5 и датчика атмосферного давления, расположенного в корпусе блока управления.

Для подачи топлива к насосу высокого давления внутри топливного бака установлен электрический подкачивающий насос. Он подает к насосу высокого давления только то количество топлива, которое необходимо впрыснуть в цилиндры двигателя в зависимости от его мощности, вследствие чего снижается расход электроэнергии на привод насоса. Блок управления электронасосом в зависимости от нагрузки двигателя изменяет подачу топлива в систему низкого давления в пределах от 30 до 180 л/ч при постоянном давлении 4 кгс/см². При пуске холодного или горячего двигателя производительность насоса кратковременно повышается, а давление в системе увеличивается с 4 до 5 кгс/см².

Топливо накапливается в аккумуляторе давления и из него по трубопроводам передается к форсункам 16. Форсунки, в отличие от традиционных систем впрыска, установлены не во впускном трубопроводе, а непосредственно в камере сгорания двигателя. Необходимое давление в системе поддерживается регулятором давления. При подаче электрического сигнала из блока управления открываются электромагнитные клапаны форсунок, и топливо впрыскивается в камеру сгорания.

Для снижения выбросов оксидов азота, в двигателях с непосредственным впрыском применяется рециркуляция отработавших газов. Чтобы обеспечить перепуск отработавших газов на границе бесперебойной работы двигателя рассчитывается их количество.

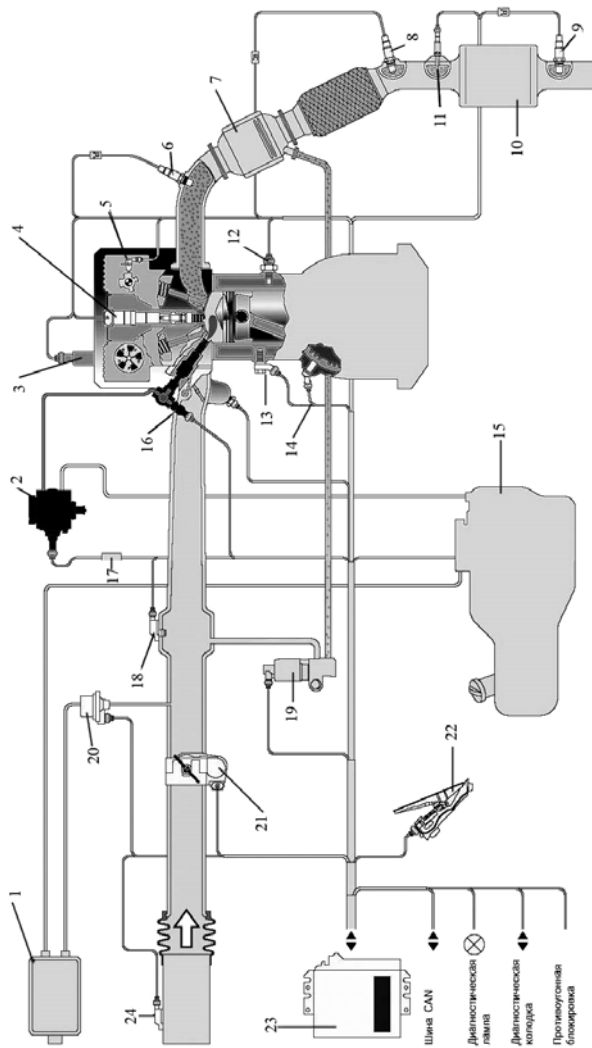


Рис. 4.1. Расширенная схема топливopодачи системы непосредственного впрыска:

1 – адсорбер с активированным углем; 2 – клапан продувки адсорбера; 3 – устройство изменения фаз газораспределения;

4 – катушка и свеча зажигания; 5 – датчик фаз; 6, 8 – кислородный датчик (лямбда-зонд);

7 – предварительный нейтрализатор; 9 – датчик оксидов азота; 10 – нейтральный датчик оксидов азота;

11 – датчик температуры отработавших газов; 12 – датчик температуры; 13 – датчик детонации; 14 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 15 – топливный бак; 16 – форсунка с датчиком давления; 17 – датчик давления топлива; 18 – датчик давления воздуха на впуске; 19 – клапан перепуска отработавших газов; 20 – клапан продувки адсорбера; 21 – электропривод дроссельной заслонки; 22 – модуль педали акселератора; 23 – блок управления двигателем; 24 – датчик температуры поступающего воздуха

Предварительные нейтрализаторы образуют с приемными трубами неразъемные конструкции. Перед нейтрализаторами установлены широкополосные датчики кислорода 6, которые служат для определения состава токсичных компонентов после сгорания бензовоздушной смеси в цилиндрах двигателя. После нейтрализаторов расположены датчики кислорода 8 со скачкообразной характеристикой, которые позволяют определить эффективность очистки отработавших газов. Приемные трубы соединяются перед общим нейтрализатором NO_x 10 накопительного типа. В накопительном нейтрализаторе собираются оксиды азота, образуемые в избыточном количестве при работе двигателя на бедной смеси.

Установленный за нейтрализатором датчик NO_x 9 служит для определения степени его насыщения. По сигналу этого датчика запускается процесс регенерации накопительного нейтрализатора.

Электрические подкачивающие насосы для системы непосредственного впрыска могут быть как одноступенчатыми, аналогичными описанным выше, так и двухступенчатыми.

Топливный насос высокого давления. Топливный насос высокого давления установлен на корпусе распределительных валов и приводится от четырехгранного кулачка на впускном распределительном вале.

Насос предназначен для создания в топливной системе давления до 100 кгс/см^2 . По конструкции он представляет собою регулируемый по подаче одно- или трехплунжерный насос высокого давления (рис. 4.2).

Насос подает в распределитель топлива только то количество топлива, которое должно быть впрыснуто в соответствии с многопараметровой характеристикой. Благодаря этому снижается мощность, затрачиваемая на его привод, и соответственно уменьшается расход топлива двигателем.

Процесс наполнения. Плунжер насоса 10 перемещается вниз под действием возвратной пружины 11. При этом увеличивается объем надплунжерного пространства, в результате чего здесь давление падает. Превышение давления топлива в системе низкого давления над давлением в надплунжерном пространстве приводит к открытию впускного клапана 6 и перетеканию топлива в надплунжерное пространство. При этом нагнетательный клапан остается закрытым, так как давление топлива в системе высокого давления превышает его величину в надплунжерном пространстве.

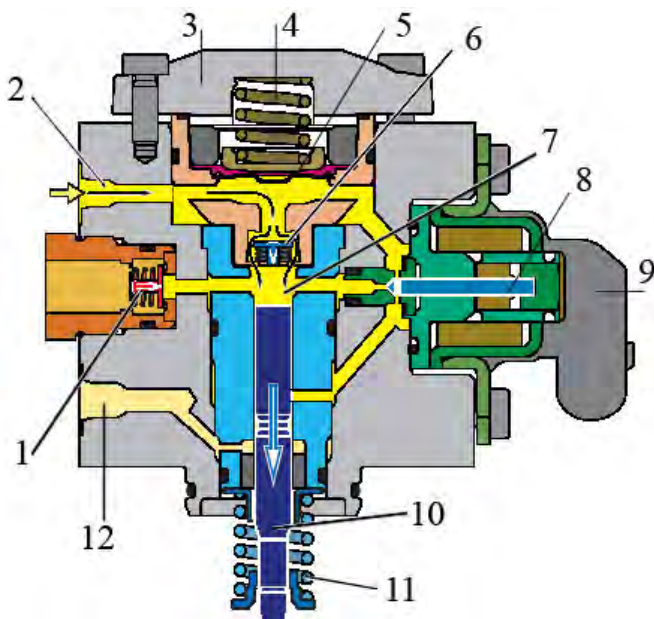


Рис. 4.2. Топливный насос высокого давления непосредственного впрыска:
 1 – нагнетательный клапан; 2 – подвод топлива; 3 – демпфер; 4 – пружина демпфера с тарелкой; 5 – мембрана; 6 – впускной клапан; 7 – надплунжерное пространство; 8 – игла клапана; 9 – регулирующий клапан; 10 – плунжер; 11 – пружина плунжера; 12 – канал отвода топлива

Процесс подачи. При движении плунжера вверх давление в пространстве над ним повышается, в результате чего впускной клапан 6 закрывается. При превышении давления в надплунжерном пространстве над давлением в распределителе топлива открывается нагнетательный клапан 1 и топливо вытесняется в распределитель.

Регулирование давления топлива. Если давление топлива повысилось до требуемого значения, подается ток в обмотку регулирующего клапана 9, вызывая перемещение его иглы под действием магнитного поля. При этом открывается проход топливу во впускную полость, в результате чего давление в надплунжерном пространстве снижается и нагнетательный клапан 1 закрывается.

Встроенный в насос демпфер 3 служит для сглаживания резких скачков давления, возникающих при открытии регулирующего клапана, и подавления колебаний в системе низкого давления.

При открытой игле 8 регулирующего клапана небольшое количество топлива направляется для смазки плунжера и отводится затем через канал 12 в топливный бак.

Форсунка. Конструкция форсунки электронной системы непосредственного впрыска аналогична конструкции электронной форсунки впрыска во впускной трубопровод.

Принцип работы системы непосредственного впрыска. Поршни двигателей, оборудованных системами непосредственного впрыска, имеют специальную конструкцию и характерные углубления на днище. Углубление специальной формы позволяет факелу впрыскиваемого топлива закручиваться в турбулентной массе воздуха и подавать топливную смесь непосредственно к очагу воспламенения – свече зажигания. При подобной схеме смесеобразования не образуется нераспыленного топлива на днище поршня, так как сильный поток воздуха снимает и распыливает те капли топлива, которые образовались на днище поршня при начальной стадии впрыска.

Применяются четыре способа смесеобразования, позволяющие получить:

- бедную послойную смесь с добавкой отработавших газов;
- бедную гомогенную смесь без добавки отработавших газов;
- гомогенную стехиометрическую смесь с добавкой отработавших газов;
- гомогенную стехиометрическую смесь без добавки отработавших газов.

Работа двигателя на гетерогенной смеси (послойное смесеобразование). Топливоздушная смесь на этом режиме является сверхбедной, с соотношением бензина и воздуха до 1:40. Этот режим характерен для небольших нагрузок при скорости движения автомобиля до 120 км/ч.

При работе двигателя на режимах небольших нагрузок закрываются вспомогательные заслонки 2, перекрывающие нижние части впускных каналов, разделенных пластиной 3 (рис. 4.3). В результате этого поступающий в цилиндры двигателя воздух направляется только через верхние части впускных каналов, закручивая воздушную массу внутри цилиндров.

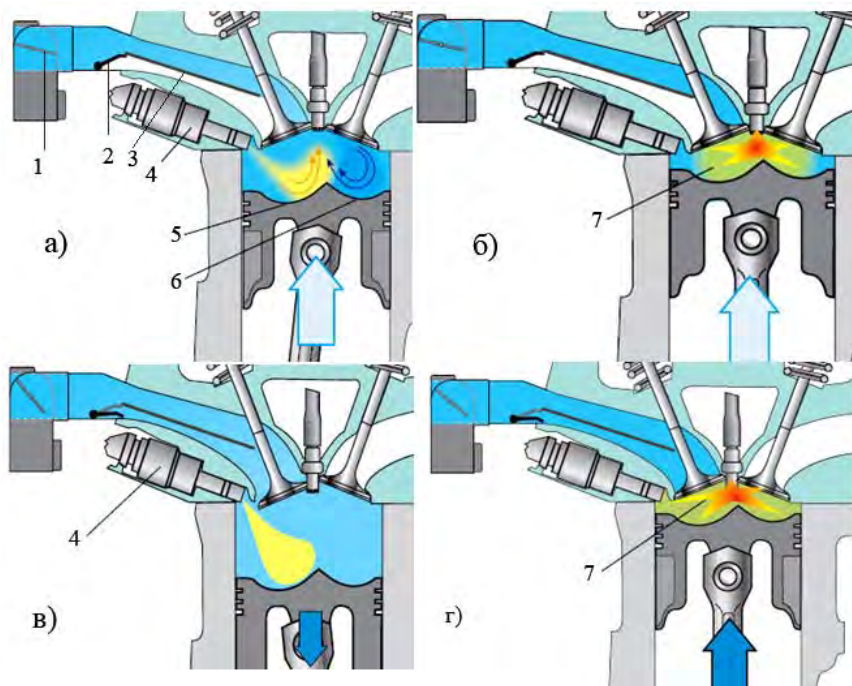


Рис. 4.3. Процессы смесеобразования и сгорания:

- 1 – дроссельная заслонка; 2 – вспомогательная заслонка во впускном канале;
 3 – разделительная пластина; 4 – форсунка; 5 – топливная выемка поршня;
 6 – аэродинамическая выемка поршня; 7 – зона сгорания;
 а, б – при гетерогенной смеси; в – при гомогенной смеси

Вращательное движение воздуха в цилиндре (продольный вихрь) поддерживается благодаря специальной форме выемки в поршне и усиливается в результате перемещения поршня к ВМТ. Завихрение сохраняется до конца такта сжатия, когда форсунка подает внутрь цилиндра топливо.

Впрыск топлива производится на такте сжатия в последней трети такта сжатия незадолго до момента искрообразования, приблизительно за 60° , и заканчивается приблизительно за 45° до в. м. т. такта сжатия. Впрыскиваемое под высоким давлением $4,0\text{--}11,0$ МПа ($40\text{--}110$ кгс/см²) топливо подхватывается воздушным потоком, который сносит способную к воспламенению смесь в направлении к свече зажигания (рис. 4.3, а).

Поршень с помощью своего профилированного днища придает топливной струе направление в зону электродов свечи зажигания, а вихрь быстро перемешивает пары бензина и воздуха и, что особенно важно, удерживает облачко бензовоздушной смеси возле свечи зажигания. Форсунка, расположенная под углом 45° , распыливающая топливо на более мелкие капли по сравнению с системой впрыска во впускной трубопровод, вследствие более высокого давления впрыска, придает распыленному топливу направленное вращение, что способствует быстрому испарению топлива.

Так как факел топлива сплюснен, он практически не соприкасается с днищем поршня и стенками цилиндра и камеры сгорания. В данном случае говорят о смесеобразовании, так называемой «воздушной оболочке», состоящей из свежего воздуха и перепушенных отработавших газов. В зоне свечи зажигания возникает концентрированное облако способной к воспламенению смеси, в то время как в остальных зонах камеры сгорания топливо отсутствует.

После поступления топливоздушной смеси к свече зажигания она поджигается искрой (рис. 4.3, б). При этом воспламеняется только облако смеси, в то время как остальные газы образуют его оболочку. Воздух, располагаясь вдоль стенок цилиндра и днища поршня, ввиду низкой теплопроводности образует изолирующий слой, уменьшает тепловые потери и, соответственно, увеличивает КПД. Прослойка воздуха возле стенок сгорания обеспечивает также высокую стойкость рабочего процесса против детонационного сгорания рабочей смеси и позволяет исключить отложения продуктов сгорания на стенках цилиндров и камеры сгорания, помогая избавиться от калильного зажигания и снизить абразивный износ поршневых колец.

Работа двигателя на гомогенной смеси (традиционное смесеобразование). При плавном увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя и высоких скоростях движения автомобиля подача топлива переключается на мощностной режим работы двигателя и состав смеси становится близок к стехиометрическому 1:14,7. Впрыск топлива на этих режимах осуществляется во время наполнения цилиндра воздухом (рис. 4.3, в). Испаряющееся топливо охлаждает воздух в цилиндре, что улучшает его наполнение, а также снижает вероятность возникновения детонации. Это, в свою очередь, позволяет применить более высокую степень сжатия, а значит и высокую мощность двигателя.

Работа двигателя на гомогенной смеси осуществляется при частично или полностью открытых вспомогательных заслонках во впускных каналах, причем эти заслонки управляются электронной системой в зависимости от режима его работы. При частичных нагрузках и в среднем диапазоне частот вращения вспомогательная заслонка закрыта, в результате чего входящий в цилиндр поток воздуха закручивается, улучшая смесеобразование. По мере увеличения нагрузки и частоты вращения поступление воздуха только через верхнюю часть впускного канала оказывается недостаточным. Поэтому заслонку поворачивают, открывая нижнюю часть впускного канала.

Гомогенная смесь образуется при впрыске топлива на такте впуска, а не на такте сжатия, как это имеет место при образовании гетерогенной смеси, что увеличивает время для образования смеси.

Сгорание происходит при этом во всем объеме камеры сгорания при полном отсутствии изолирующих слоев чистого воздуха и без добавки рециркулируемых отработавших газов (рис. 4.3, *з*).

Устройство и принцип действия электронной системы двойной (смешанной) впрыска

Жесткие требования нормы Евро-6 по снижению выбросов твердых частиц в 10 раз, уменьшению выбросов токсичных веществ и CO₂ за счет снижения расхода топлива привело к необходимости применения двойной (бинарной) системы впрыска бензиновых двигателей. Такая система состоит из системы впрыска во впускной трубопровод и системы впрыска в цилиндры двигателя. Схема системы показана на рис. 4.4.

Система впрыска во впускной коллектор (MPI). В состав системы впрыска во впускной коллектор (MPI) входит собственный датчик давления – датчик низкого давления топлива 5. Подача топлива осуществляется подкачивающим топливным насосом 4 в топливном баке 3 и регулируется по потребности. Подкачивающий топливный насос 4 подключен к блоку управления топливного насоса и управляется через него блоком управления двигателя. Топливная рампа MPI изготовлена из пластмассы. Форсунки 7 MPI установлены в пластмассовом впускном коллекторе.

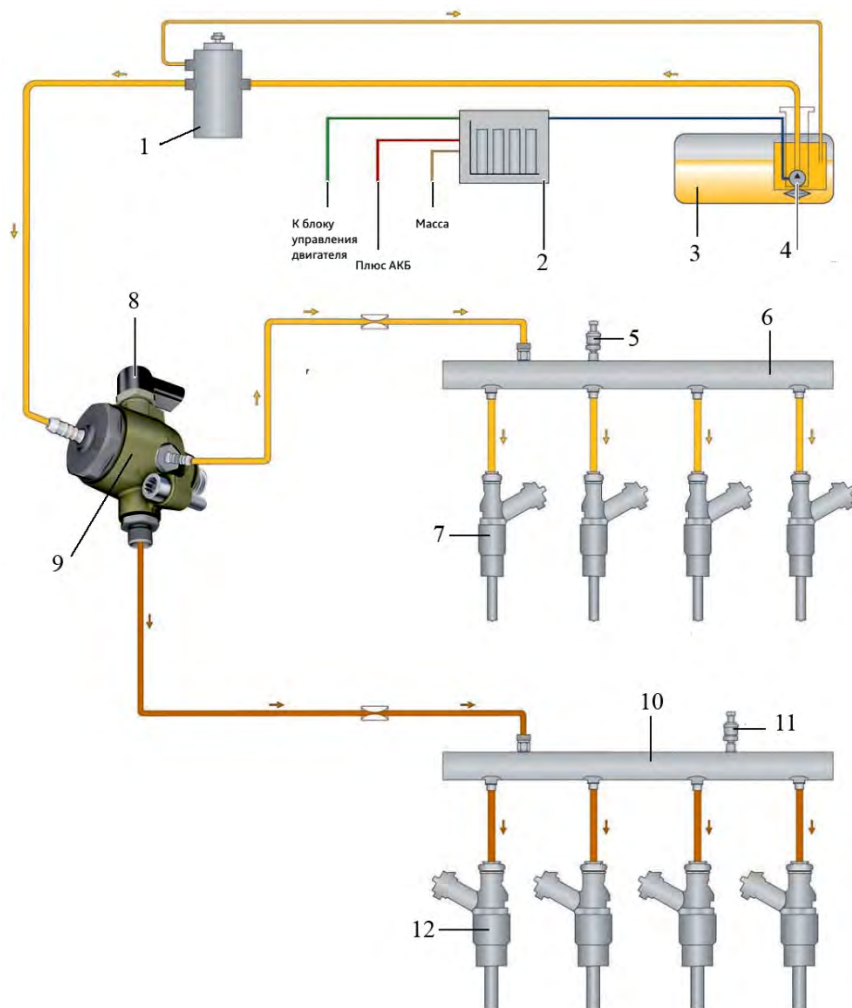


Рис. 4.4. Схема двойной системы впрыска:

1 – топливный фильтр; 2 – блок управления топливного насоса; 3 – топливный бак; 4 – подкачивающий топливный насос; 5 – датчик низкого давления топлива; 6 – топливная рампа низкого давления; 7 – форсунка низкого давления для впрыска во впускной трубопровод; 8 – клапан дозирования топлива; 9 – топливный насос высокого давления; 10 – топливная рампа высокого давления; 11 – датчик высокого давления топлива; 12 – форсунка высокого давления для впрыска в цилиндр

Топливо в систему впрыска MPI поступает от имеющегося на насосе высокого давления штуцера низкого давления. Это позволяет охлаждать насос высокого давления при работе двигателя. Для уменьшения пульсаций, передаваемых насосом высокого давления в рампу, в штуцере низкого давления на насосе высокого давления установлен дроссель.

Система впрыска высокого давления (FSI). Эта система включает в себя топливный насос высокого давления 9, рампу, датчик высокого давления 10, форсунки непосредственного впрыска 12. Впрыск топлива форсунками осуществляется непосредственно в цилиндры двигателя под давлением 200 кгс/см².

Алгоритм работы двойной системы впрыска заключается в следующем. Прежде всего, по специальной характеристике определяется, должен ли двигатель работать в режиме MPI (впрыск во впускной коллектор) или FSI (непосредственный впрыск).

На холодном двигателе (температура ОЖ ниже примерно 45 °С в зависимости от температуры масла) всегда используется режим непосредственного впрыска, как и при любом запуске двигателя. При длительной работе в режиме впрыска во впускной коллектор топливо в форсунках высокого давления может закоксовываться. Чтобы этого не происходило, система в таких случаях периодически на короткое время включает непосредственный впрыск, промывая таким образом форсунки высокого давления.

При пуске двигателя производится трехкратный непосредственный впрыск в такте сжатия. Для прогрева нейтрализатора выполняется двукратный непосредственный впрыск, один раз в такте впуска и один раз в такте сжатия. При этом момент впрыска несколько смещается в сторону «поздно». По мере прогрева двигателя (>45 °С) на частичных нагрузках производится переключение на впрыск во впускной коллектор. На прогревом двигателе впрыск топлива до камеры сгорания дает оптимальную гомогенизацию топливовоздушной смеси. Другими словами, у топлива есть больше времени, чтобы смешаться с воздухом и частично испариться. В результате смесь сгорает быстро и оптимально (с точки зрения КПД). Кроме того, не происходит затрат мощности двигателя на привод насоса высокого давления.

На высокой нагрузке производится двукратный непосредственный впрыск, один раз в такте впуска и один раз в такте сжатия.

При выходе одной из двух систем впрыска из строя другая система обеспечивает работу двигателя в аварийном режиме. Автомобиль тем самым сохраняет возможность двигаться и не требует эвакуации.

Система впрыска во впускной коллектор MPI, установленная в дополнение к системе непосредственного впрыска, обладает существенными преимуществами:

- вследствие более гомогенного смесеобразования, уровень выбросов твердых частиц двигателем на порядок уменьшается;
- в диапазоне низких нагрузок возможна большая степень открытия дроссельной заслонки. Это снижает расход топлива;
- меньшее попадание топлива на стенки в процессе впрыска позволяет сократить количество топлива, оказывающегося в моторном масле;
- при пуске двигателя впрыск топлива может начинаться раньше (так как нет необходимости ждать, пока механический ТНВД создаст высокое давление топлива, низкое давление в системе MPI достигается быстрее), что означает более быстрый пуск холодного двигателя;
- уменьшение шумности на холостом ходу, поскольку на холостом ходу используется преимущественно впрыск во впускной коллектор (MPI), а форсунки MPI работают тише, чем FSI;
- вплоть до средних нагрузок для уменьшения выбросов твердых частиц выбирается режим MPI;
- в направлении полной нагрузки реализуется смешанный режим с малой долей MPI, в результате чего происходит равномерная базовая гомогенизация рабочей смеси и снижаются выбросы CO₂.

Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип действия электронной системы непосредственного впрыска.
2. Устройство и принцип действия насоса высокого давления.
3. Работа двигателя на гетерогенной смеси (послойное смесеобразование).
4. Работа двигателя на гомогенной смеси (традиционное смесеобразование).
5. Устройство и принцип действия электронной двойной (смешанной) системы впрыска.

Лабораторная работа № 5

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ТНВД РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА

Цель работы: изучить устройство и принцип работы систем питания дизельных двигателей с ТНВД распределительного типа с электронным управлением и без.

Оборудование: ТНВД Bosch VE в разрезе, центробежный регулятор, автомат опережения впрыска топлива, распределительный блок, плунжер с дозирующей муфтой, кулачковая муфта.

Общие сведения

В четырехтактных дизелях широкое распространение получила топливоподводящая аппаратура разделенного типа, у которой топливный насос высокого давления и форсунки конструктивно выполнены отдельно и соединены топливопроводами. Топливоподача осуществляется по двум основным магистралям: низкого и высокого давления. Назначение механизмов и узлов магистрали низкого давления состоит в хранении топлива, его фильтрации и подаче под малым давлением к насосу высокого давления. Механизмы и узлы магистрали высокого давления обеспечивают подачу и впрыскивание необходимого количества топлива в цилиндры двигателя.

Основным механизмом, создающим давление в магистрали высокого давления, является топливный насос высокого давления (ТНВД). Насос выполняет, как правило, две основные функции: нагнетание под давлением определенного количества топлива; регулирование необходимого момента начала впрыскивания.

Основу топливного насоса высокого давления составляет плунжерная пара, которая объединяет поршень (он же плунжер) и цилиндр (он же втулка) небольшого размера. Плунжерная пара изготавливается из высококачественной стали с высокой точностью. Между плунжером и втулкой обеспечивается минимальный зазор – прецизионное сопряжение.

ТНВД распределительного типа

Одним из видов ТНВД, применяемых на легковых автомобилях, является ТНВД распределительного типа. Распределительные топливные насосы высокого давления, в отличие от рядного ТНВД, имеют один или два плунжера, обслуживающих все цилиндры двигателя. Распределительные насосы обладают меньшей массой и габаритными размерами, а также обеспечивают большую равномерность подачи. С другой стороны, их отличает сравнительно низкая долговечность сопряженных деталей. Все это определяет область применения данных насосов, в основном, на двигателях легковых автомобилей.

Принципиальная схема системы питания дизельного двигателя с ТНВД распределительного типа показана на рис. 5.1.

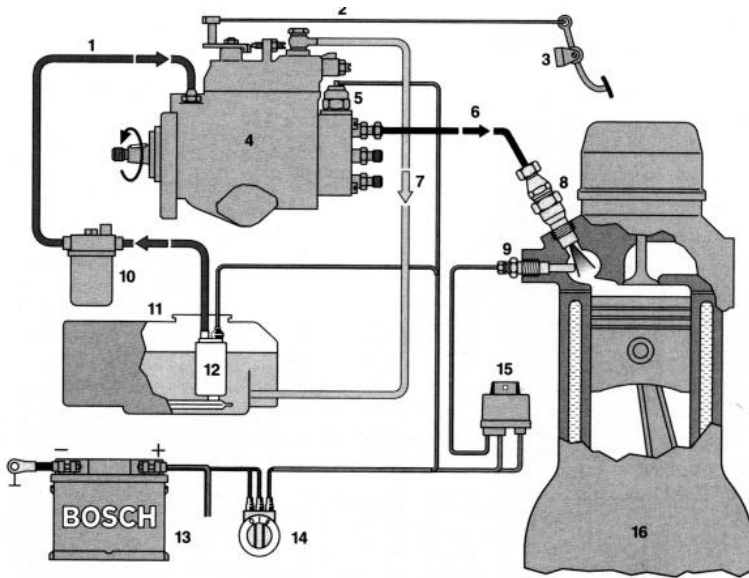


Рис. 5.1. Принципиальная схема системы топливоподачи дизельного двигателя с одноплунжерным ТНВД:

- 1 – топливопровод низкого давления; 2 – тяга; 3 – педаль подачи топлива;
- 4 – ТНВД; 5 – электромагнитный клапан; 6 – топливопровод высокого давления;
- 7 – топливопровод сливной магистрали; 8 – форсунка; 9 – свеча накаливания;
- 10 – топливный фильтр; 11 – топливный бак; 12 – топливоподкачивающий насос (применяется при магистралях большой протяженности); 13 – аккумуляторная батарея; 14 – замок «зажигания»; 15 – блок управления временем включения свечей накаливания

Топливо из бака *11* прокачивается по топливопроводу низкого давления в топливный фильтр тонкой очистки топлива *10*, откуда засасывается топливным насосом низкого давления и затем направляется во внутреннюю полость корпуса ТНВД *4*, где создается давление порядка 0,2–0,7 МПа. Далее топливо поступает в насосную секцию высокого давления и с помощью плунжера-распределителя в соответствии с порядком работы цилиндров подается по топливопроводам высокого давления *6* в форсунки *8*, в результате чего осуществляется впрыскивание топлива в камеру сгорания дизеля. Избыточное топливо из корпуса ТНВД, форсунки и топливного фильтра (в некоторых конструкциях) сливается по топливопроводам *7* обратно в топливный бак. Охлаждение и смазка ТНВД осуществляются циркулирующим в системе топливом. Фильтр тонкой очистки топлива имеет важное значение для нормальной и безаварийной работы ТНВД и форсунки. Поскольку плунжер, втулка, нагнетательный клапан и элементы форсунки являются деталями прецизионными, топливный фильтр должен задерживать мельчайшие абразивные частицы размером 3–5 мкм. Важной функцией фильтра является также задержание и выведение в осадок воды, содержащейся в топливе. Попадание влаги во внутреннее пространство насоса может привести к выходу последнего из строя по причине образования коррозии.

Топливный насос подает в цилиндры дизеля строго дозированное количество топлива под высоким давлением в определенный момент времени в зависимости от нагрузки и скоростного режима, поэтому характеристики двигателей существенно зависят от работы ТНВД.

Схема распределительного насоса VE представлена на рис. 5.2, а его общий вид на рис. 5.3.

Основные функциональные блоки топливного насоса VE представляют собой: роторно-лопастной топливный насос низкого давления с регулирующим перепускным клапаном; блок высокого давления с распределительной головкой и дозирующей муфтой; автоматический регулятор частоты вращения с системой рычагов и пружин; электромагнитный запирающий клапан, отключающий подачу топлива; автоматическое устройство (автомат) изменения угла опережения впрыскивания топлива.

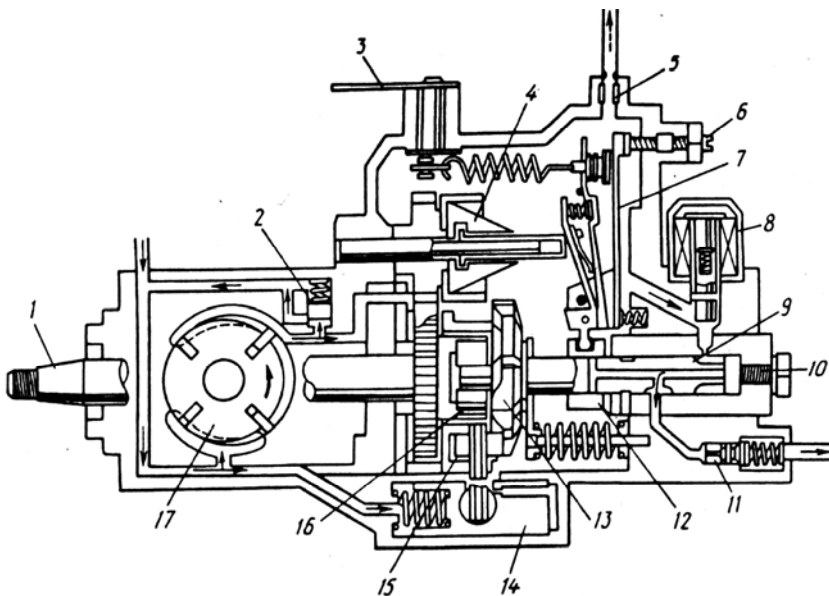


Рис. 5.2. Схема топливного насоса Bosch VE:

1 – вал привода насоса; 2 – перепускной клапан регулирования внутреннего давления; 3 – рычаг управления подачей топлива; 4 – грузы регулятора; 5 – жиклер слива топлива; 6 – винт регулировки полной нагрузки; 7 – передаточный рычаг регулятора; 8 – электромагнитный клапан остановки двигателя; 9 – плунжер; 10 – центральная пробка; 11 – нагнетательный клапан; 12 – дозирующая муфта; 13 – кулачковый диск; 14 – автомат опережения впрыска топлива; 15 – ролик; 16 – муфта; 17 – топливоподкачивающий насос низкого давления

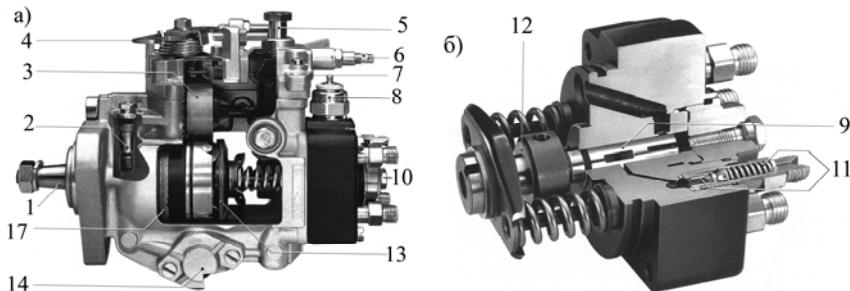


Рис. 5.3. Общий вид распределительного ТНВД VE:
 а – ТНВД; б – блок высокого давления с распределительной головкой и дозирующей муфтой

Позиции на рис. 5.3 соответствуют позициям на рис. 5.2.

Роторно-лопастной подкачивающий насос и система низкого давления. Топливный насос низкого давления расположен в корпусе ТНВД на приводном валу и служит для забора топлива из бака и подачи его во внутреннюю полость корпуса насоса. Схема устройства топливного насоса низкого давления с клапаном низкого давления показана на рис. 5.4.

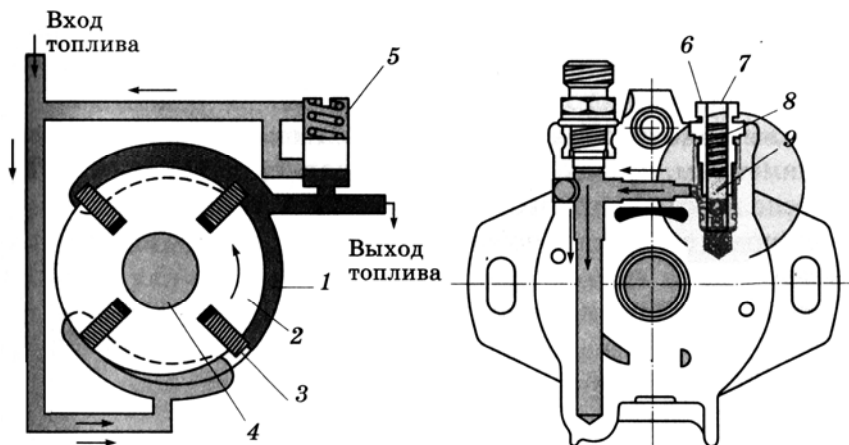


Рис. 5.4. Топливный насос низкого давления и регулирующий клапан:

- 1 – кольцевая полость; 2 – ротор; 3 – лопасти; 4 – вал;
- 5 – перепускной регулирующий клапан; 6 – корпус клапана;
- 7 – резьбовая пробка; 8 – пружина; 9 – поршень

Насос состоит из ротора 2 с четырьмя лопастями 3 и кольца 1 в корпусе ТНВД, расположенного эксцентрично по внешней стороне ротора. При вращении последние лопасти под действием центробежной силы прижимаются к внутренней поверхности кольца, создавая, таким образом, между ними камеры, из которых топливо под давлением по каналу поступает во внутреннюю полость корпуса ТНВД. Одновременно часть топлива поступает на вход перепускного регулирующего клапана 5 и, в случае его открытия, перепускается на вход насоса. Корпус 6 перепускного регулирующего клапана завернут по резьбе в корпусе ТНВД, внутри корпуса имеется поршень 9, нагруженный тарированной на определенное давление пружиной 8, второй конец которой упирается в пробку 7. Если

давление топлива оказывается выше установленного значения, поршень 9 клапана открывает канал для перепуска части топлива на всасывающую сторону насоса. Давление начала открытия перепускного клапана регулируется изменением положения пробки 7, то есть величиной предварительной затяжки пружины 8.

Важную роль в обеспечении нормальной работы дизеля играет сливной жиклер, установленный в штуцере в крышке ТНВД (позиция 5 на рис. 5.4). Жиклер диаметром порядка 0,6 мм, через который топливо идет на слив, обеспечивает поддержание требуемого давления топлива во внутренней полости корпуса ТНВД. Размер жиклера скоординирован с работой перепускного клапана.

Перепускной клапан в сочетании со сливным жиклером обеспечивает заданную зависимость разности давлений топлива в корпусе ТНВД и на выходе насоса низкого давления от частоты вращения вала ТНВД. Количество топлива, подаваемого насосом низкого давления, в несколько раз больше подаваемого в цилиндры дизеля. Давление топлива во внутренней полости корпуса ТНВД влияет на положение поршня автомата опережения впрыскивания, изменяя угол опережения впрыскивания пропорционально частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Плунжер-распределитель и линия высокого давления. Основным элементом распределительного ТНВД с торцевым кулачковым приводом плунжера (Bosch VE) является плунжер-распределитель, который совершает возвратно-поступательное и вращательное движение, обеспечивая нагнетание и распределение топлива по цилиндрам.

Возвратно-поступательное движение плунжера происходит при вращении кулачковой шайбы, которая обегает неподвижное кольцо по роликам. Шайба нажимает на плунжер, за счет чего создается давление топлива. В исходное положение плунжер возвращается с помощью пружины.

Вращение плунжера производится от приводного вала. При этом происходит распределение топлива по цилиндрам.

Принцип действия насоса поясняет рис. 5.5.

Выступы-кулачки кулачкового диска 3 находятся в постоянном контакте с роликами 2, установленными на осях в неподвижном кольце 1. При вращении кулачковой шайбы каждый кулачок, набегая на ролик, толкает плунжер вправо, а возвращение его в прежнее положение осуществляется двумя пружинами блока ТНВД.

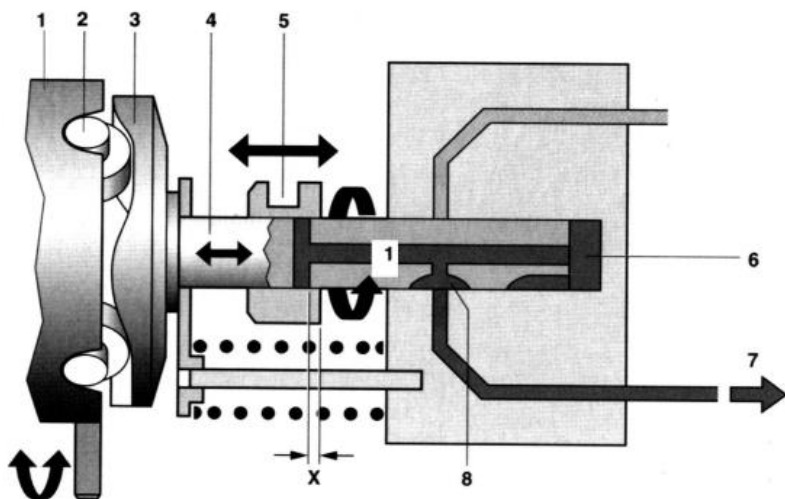


Рис. 5.5. Схема движения топлива в ТНВД:

1 – неподвижное кольцо; 2 – ролик; 3 – кулачковый диск; 4 – плунжер;
 5 – втулка подачи топлива; 6 – камера; 7 – канал подачи топлива к форсунке;
 8 – распределительный паз

Фазы топливоподачи в одноплунжерном ТНВД показаны на рис. 5.6. При нахождении плунжера в крайнем левом положении (мертвой точке) (рис. 5.6, а), в камере высокого давления 3 находится топливо, поступившее ранее через впускной канал.

При движении плунжера вправо (рис. 5.6, б) топливо начинает сжиматься, при этом впускное отверстие 7 рассоединено с прорезью для впуска топлива 8, и топливо под рабочим давлением поступает через центральный канал плунжера в соответствующий выпускной канал определенного цилиндра. Под давлением открывается нагнетательный клапан, и топливо по трубопроводу высокого давления поступает к форсунке.

Подача топлива заканчивается, как только поперечно расположенное в плунжере отверстие отсечки подачи 6 выйдет за пределы дозирующей муфты (рис. 5.6, в). Топливо при этом выходит во внутреннюю полость насоса, и нагнетание прекращается.

При дальнейшем повороте и движении плунжера влево (рис. 5.6, г) происходит разобшение распределительной прорези 2 с каналом 4, впускное отверстие совмещается с соответствующей прорезью 8

в плунжере и за счет создавшегося разрежения топливо поступает в камеру высокого давления 3 и центральный канал. Процесс впуска и последующего впрыска топлива происходит в течение поворота плунжера на 90° в четырехцилиндровом дизеле, 72° в пятицилиндровом и на 60° в шестицилиндровом.

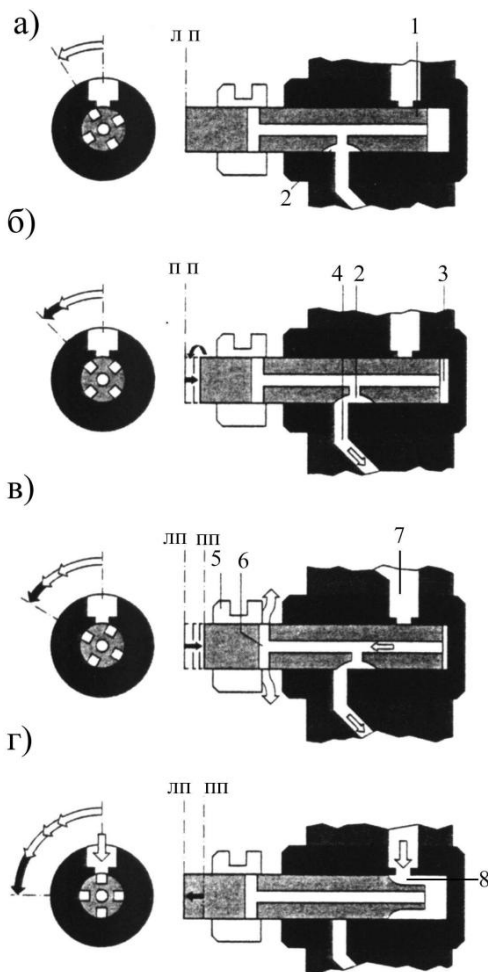


Рис. 5.6. Фазы топливоподачи в одноплунжерном ТНВД:
 1 – плунжер; 2 – распределительная канавка; 3 – камера; 4 – выпускное отверстие;
 5 – втулка подачи топлива; 6 – управляющее отверстие

Количество кулачков на кулачковой шайбе, как и число штуцеров линии высокого давления с нагнетательными клапанами, соответствует числу цилиндров двигателя (обычно четыре или шесть). Возвратные пружины плунжера, кроме того, препятствуют разрыву кинематической связи кулачок–ролик толкателя при больших ускорениях. Обеспечивая возвратно-поступательное движение плунжера, кулачковая шайба формой выступов-кулачков определяет также ход плунжера, скорость его перемещения и, следовательно, характеристику, давление и продолжительность впрыскивания. Все эти параметры определяются формой камеры сгорания и особенностями рабочего процесса данного дизеля и должны быть скоординированы. По этой причине для каждого типа дизеля рассчитывается лента профиля кулачков, которая «накладывается» на фронтальную поверхность кулачковой шайбы, установленной в ТНВД. Поэтому кулачковая шайба данного насоса является деталью невзаимозаменяемой, индивидуально соответствующей данному типу дизеля.

Регулирование величины подачи топлива осуществляется автоматически с помощью механического или электронного устройств. Механический регулятор включает центробежную муфту с грузами, которая через систему рычагов воздействует на дозатор, изменяющий величину топливоподачи. Электронный регулятор представляет собой электромагнитный клапан.

Регулятор частоты вращения рассматриваемого ТНВД включает в себя механический регулятор с центробежными грузами и систему управляющих рычагов.

Схемы работы всережимного регулятора частоты вращения топливного насоса VE с системой рычагов и рабочими положениями дозирующей муфты на различных нагрузочных и скоростных режимах показаны на рис. 5.7.

Грузы регулятора *1* (обычно четыре груза) установлены в держателе, который получает вращение от приводной шестеренки. Радиальное перемещение грузов трансформируется в осевое перемещение муфты регулятора *12*, что изменяет положение нажимного *6* и силового *4* рычагов регулятора, которые, поворачиваясь относительно оси M_2 , перемещают дозирующую муфту *9*, определяя тем самым активный ход плунжера *11*.

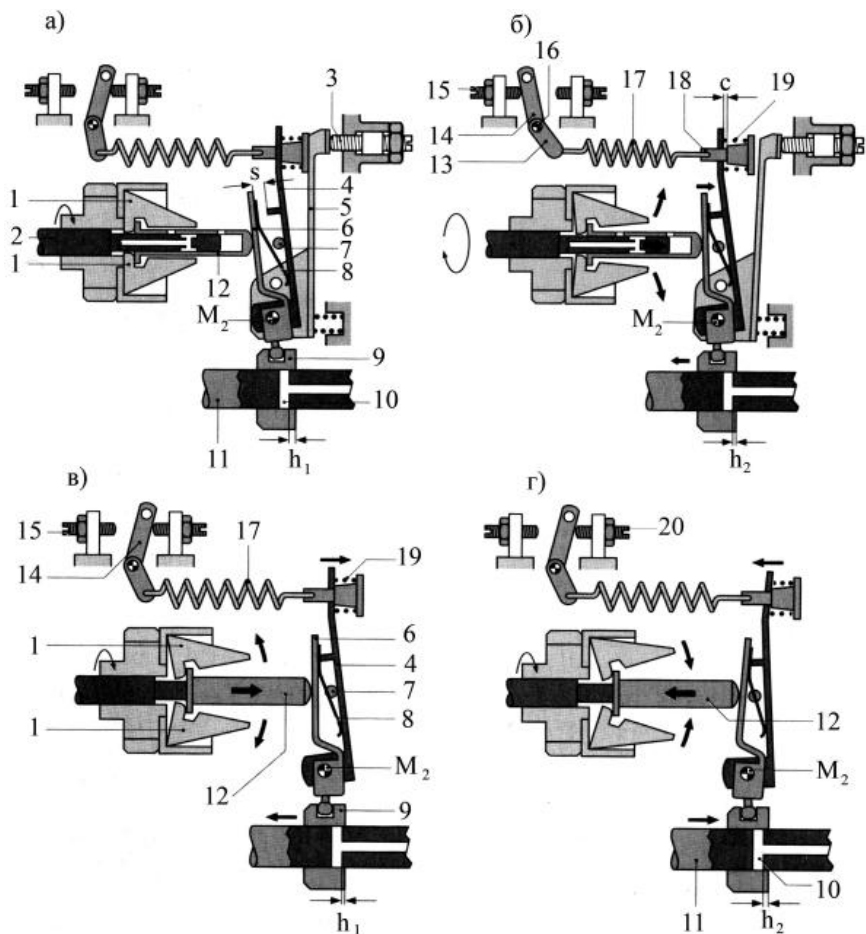


Рис. 5.7. Схема работы всережимного регулятора:

а – пуск двигателя; *б* – холостой ход; *в* – режим уменьшения нагрузки;
г – режим увеличения нагрузки; 1 – грузы; 2 – ось скользящей муфты;
 3 – регулировочный винт максимального режима; 4 – силовой рычаг; 5 – рычаг
 регулировки подачи топлива; 6 – нажимной рычаг; 7 – упор силового рычага;
 8 – пластинчатая пружина пусковой подачи; 9 – дозирующая муфта; 10 – отсечное
 отверстие плунжера; 11 – плунжер; 12 – скользящая муфта регулятора; 13 – рычаг
 натяжения пружины; 14 – рычаг управления; 15 – регулировочный винт холостого
 хода минимального режима; 16 – ось рычага управления; 17 – рабочая пружина
 регулятора; 18 – фиксатор пружины; 19 – пружина минимального режима
 холостого хода; 20 – регулировочный винт холостого хода максимального режима

В верхней части силового рычага установлена пружина минимального режима холостого хода *19*, а между силовым и нажимным рычагами – пластинчатая пружина пусковой подачи *8*. Рычаг управления *14* воздействует на рабочую пружину регулятора *17*, второй конец которой закреплен в силовом рычаге на фиксаторе *18*. Таким образом, положение системы рычагов и дозирующей муфты определяется взаимодействием двух сил: силы предварительной затяжки рабочей пружины регулятора, определяемой положением рычага управления, и центробежной силы грузов, приведенной к муфте.

Работа регулятора при пуске дизельного двигателя

Перед пуском двигателя, когда коленчатый вал еще не вращается и топливный насос не работает, грузы регулятора находятся в состоянии покоя на минимальном радиусе, а нажимной рычаг *б* (его другое название – рычаг пуска) под действием пружины пусковой подачи *8* смещен влево на рис. 5.7, *а*, имея возможность качания относительно оси M_2 . Соответственно нижний шарнирный конец рычага обеспечивает крайне правое положение дозирующей муфты *9* относительно плунжера *11*, что соответствует пусковой подаче за счет увеличенного активного хода плунжера h_1 . Как только двигатель запускается, грузы регулятора расходятся, и муфта *12* перемещается вправо на величину хода «S», преодолевая сопротивление достаточно слабой пусковой пружины *8*. Рычаг *б* при этом поворачивается на оси M_2 по часовой стрелке, перемещая дозирующую муфту в сторону уменьшения подачи (влево на рис. 5.7, *б*).

Работа регулятора на минимальной частоте вращения холостого хода

При отсутствии нагрузки и положении рычага управления на упоре в регулировочный винт *15* двигатель должен устойчиво работать на минимальной частоте вращения холостого хода в соответствии со схемой рис. 5.7, *б*. Регулирование этого режима обеспечивается пружиной холостого хода *19*, усилие которой находится в равновесии с центробежной силой грузов, и в результате этого равновесия поддерживается подача топлива, соответствующая активному ходу плунжера h_2 . Как только скоростной режим двигателя

выходит за пределы минимальной частоты вращения холостого хода, реализуется ход «с» силового рычага при сжатии пружины 19 под действием увеличивающейся центробежной силы грузов.

Работа регулятора на нагрузочных режимах

В эксплуатации дизеля со всережимным регулятором скоростной режим устанавливается водителем путем воздействия через педаль акселератора на рычаг управления 14. На рабочих режимах пружина пусковой подачи 8 и пружина 19 холостого хода не работают, и работа регулятора определяется предварительной деформацией рабочей пружины 17. При повороте рычага управления до упора в регулировочный винт холостого хода максимального режима 20 (рис. 5.7, в, з) в сторону увеличения скоростного режима и соответствующем растяжении рабочей пружины ее усилие передается на силовой рычаг 4 и затем через рычаг 6 на муфту регулятора 12, заставляя грузы 1 сходиться. Система рычагов при этом поворачивается относительно оси M_2 против часовой стрелки на рисунке, перемещая дозирующую муфту 9 в сторону увеличения подачи до режимов внешней скоростной характеристики. Частота вращения коленчатого вала дизеля и грузов регулятора при этом увеличивается, центробежная сила грузов и сопротивление последней усилию рабочей пружины также увеличиваются, и в какой-то момент наступает равновесие сил и равновесие положения всех элементов регулятора. При отсутствии изменения нагрузки двигатель работает на установленном режиме при постоянной частоте вращения (не принимая во внимание естественную для ДВС нестабильность вращения).

Если на этом режиме имеет место изменение нагрузки, то в работу вступает автоматический регулятор в соответствии со схемами, показанными на рис. 5.7, в, з. При уменьшении нагрузки частота вращения увеличивается, грузы регулятора расходятся и, преодолевая сопротивление рабочей пружины, перемещают муфту регулятора вправо. Система рычагов при этом поворачивается относительно оси M_2 по часовой стрелке, перемещая дозирующую муфту влево, в сторону уменьшения подачи.

На рис. 5.7, з, показана работа регулятора при положении рычага управления на упоре регулировочного винта холостого хода максимального режима 20 и при увеличении нагрузки. В этом случае

частота вращения вала дизеля уменьшается, грузы регулятора сходятся, центробежная сила грузов уменьшается, и под действием усилия рабочей пружины муфта регулятора перемещается влево, а система рычагов 4 и 6 перемещает дозирующую муфту вправо, в сторону увеличения подачи.

Регулирование величины опережения впрыска топлива в распределительном насосе производится путем поворота неподвижного кольца на определенный угол.

Более ранний впрыск топлива при увеличении частоты вращения коленчатого вала способствует увеличению мощности дизельного двигателя. Более ранний впрыск обеспечивается автоматом (муфтой) опережения впрыскивания (рис. 5.8).

Автомат опережения впрыскивания расположен в нижней части корпуса 1 насоса перпендикулярно оси вала ТНВД. Поршень 7 автомата закрыт с обеих сторон крышками 6, с одной стороны в поршне просверлен канал 5 для прохода топлива под давлением из внутренней полости корпуса насоса, с другой стороны установлена пружина сжатия 9. Поршень автомата посредством шарнира 8 и стержня (цапфы) 4 связан с кольцом 2 несущего ролика 3.

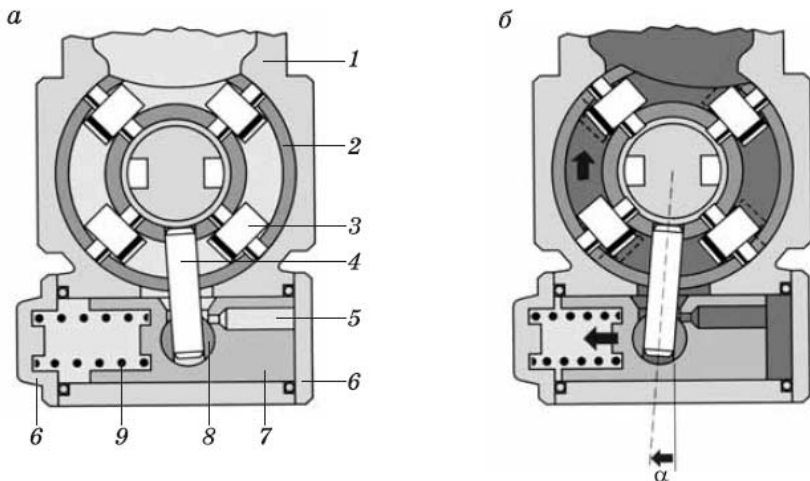


Рис. 5.8. Автомат опережения впрыска топлива:

а – исходное положение; *б* – рабочее положение; 1 – корпус ТНВД; 2 – кольцо с роликами; 3 – ролик; 4 – палец; 5 – канал; 6 – крышка; 7 – поршень; 8 – опора; 9 – пружина; α – угол поворота стержня

Работа автомата опережения впрыскивания топлива происходит следующим образом. В исходном положении поршень автомата находится под действием пружины 9. Давление топлива во внутренней полости корпуса насоса возрастает пропорционально скоростному режиму двигателя и определяется регулировкой перепускного клапана низкого давления и работой жиклера на выходе из насоса. Это давление по каналу 5 передается в рабочий цилиндр автомата с одной стороны поршня, который под действием силы давления топлива в определенный момент начинает перемещаться влево, преодолевая сопротивление пружины 9. Осевое перемещение поршня посредством шарнира 8 и стержня 4 передается кольцу с роликами, которое поворачивается и меняет свое положение относительно кулачковой шайбы таким образом, что кулачки набегают на ролики 3 раньше, обеспечивая фазовое смещение на величину до 12° по углу поворота кулачковой шайбы (до 24° по углу поворота коленчатого вала).

Корректирование угла опережения впрыскивания при холодном пуске дизеля осуществляется вручную водителем из кабины посредством троса или автоматически посредством устройства, устанавливающего угол опережения впрыскивания в зависимости от температуры охлаждающей жидкости (рис. 5.9).

Привод устройства монтируется на корпусе ТНВД, как это показано на рисунке. Рычаг устройства крепится на валу 12, на другом конце которого эксцентрично расположена поворотная цапфа 3, взаимодействующая при повороте с кольцом 6, несущим ролики 7, то есть с автоматом опережения впрыскивания топлива.

Работа устройства, ручного или автоматического, происходит следующим образом. При ручном приводе водитель поворачивает рычаг 1 перед пуском дизеля посредством троса из кузова автомобиля. При этом поворачиваются вал 12 и цапфа 3, под воздействием которой через прорезь 4 кольцо 6 с роликами 7 изменяет свое положение, поворачиваясь против часовой стрелки за счет сжатия пружины 11 и соответствующих перемещений деталей 8, 9 и 10, устанавливая необходимый угол опережения впрыскивания топлива.

При автоматическом приводе автомат, внутри которого находится легко расширяющийся специальный состав, на холодном двигателе обеспечивает нужное опережение впрыскивания, за счет уменьшения объема состава. По мере увеличения температуры охлаждающей жидкости расширительный элемент в корпусе 6 ав-

томота прекращает свое воздействие на кольцо с роликами, за счет увеличения объема состава, находящегося внутри корпуса автомата.

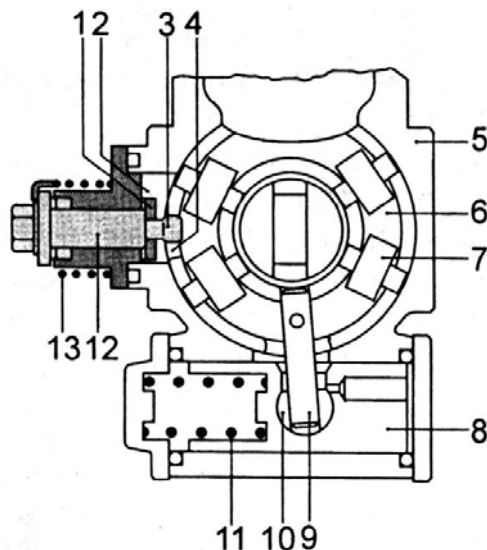


Рис. 5.9. Устройство для установки угла опережения впрыскивания в зависимости от температуры двигателя:

- 1 – рычаг; 2 – окно; 3 – поворотная цапфа; 4 – продольная прорезь;
5 – корпус насоса; 6 – кольцо с роликами; 7 – ролик; 8 – поршень;
9 – поворотный стержень; 10 – шарнир; 11 – пружина автомата опережения
впрыскивания; 12 – ось устройства; 13 – пружина шпильчатая

Электронные системы управления ТНВД распределительного типа BOSCH VE

Топливный насос высокого давления VE. По мере все большего ужесточения норм на выброс вредных веществ транспортными средствами, традиционные механические ТНВД дизелей оказывались не в состоянии обеспечить необходимую точность дозирования топлива и скорость реагирования на изменяющиеся условия движения. Это привело к необходимости электронного регулирования все большим числом составных частей топливной системы дизеля.

Фирмами Bosch, Diesel Kiki и Nippon Denso был разработан ряд систем электронного управления топливоподачей на базе топливного

насоса VE, которые обеспечили дальнейшее совершенствование процесса топливоподачи: повышение точности дозирования топлива в отдельные цилиндры, уменьшение межцикловой нестабильности процесса сгорания, уменьшение неравномерности работы дизеля на режимах холостого хода. В отдельных системах устанавливается быстродействующий клапан, который позволяет разделить процесс впрыска на две фазы, что уменьшает жесткость процесса сгорания.

Точное регулирование не только способствует контролю за выбросом токсичных веществ, но и обеспечивает увеличение мощности и более плавную работу двигателя. Некоторые модели имеют электронное регулирование рециркуляции отработавших газов.

В электронных системах применяются топливные насосы распределительного типа, с дополнением управляемых исполнительных устройств для регулирования положения дозатора и клапана автомата опережения впрыскивания топлива.

Электронный блок управления получает сигналы от множества датчиков, таких как положения педали акселератора, частоты вращения вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости и топлива, подъема иглы форсунок, скорости движения автомобиля, давления наддува и температуры воздуха на впуске и др.

Эти сигналы обрабатываются в электронном блоке управления. Результирующий выходной сигнал посылается в ТНВД, обеспечивая подачу оптимального количества топлива к форсункам и оптимальный угол опережения впрыскивания в соответствии с эксплуатационными условиями. Если подключается дополнительная нагрузка (например, включают кондиционер воздуха), то в электронный блок управления приходит соответствующий сигнал и дополнительная нагрузка компенсируется увеличением подачи топлива. Электронный блок управления также контролирует работу свечей накаливания в трех стадиях: период накаливания, установившийся режим работы свечей накаливания и период после накаливания, в зависимости от температуры.

В отличие от механических, в электронно-управляемых ТНВД повышенная частота вращения коленчатого вала на холостом ходу определяется управляющей диафрагмой. Приводимый диафрагмой тросик управляет рычагом повышенной частоты вращения на топливном насосе. При неработающем двигателе рычаг находится в положении повышенной частоты вращения. Во время запуска двигателя

в диафрагменном блоке создается разрежение, управляемое электронным блоком управления посредством электромагнитного клапана. По мере прогрева двигателя электронный блок открывает клапан, в диафрагменном блоке создается разрежение, вследствие чего рычаг повышенной частоты вращения с помощью тросика возвращается в нормальное положение холостого хода.

В целях снижения выбросов оксидов азота ТНВД с электронным управлением оборудованы системой рециркуляции отработавших газов. Отбор части отработавших газов во впускной тракт управляется электронным блоком управления посредством клапанов системы рециркуляции. Вакуумным насосом в клапане рециркуляции создается разрежение, которое зависит от частоты вращения двигателя, нагрузки и высоты над уровнем моря.

Упрощенная схема *электронного регулирования* одноплунжерного топливного насоса типа VE фирмы Bosch дизельного двигателя приведена на рис. 5.10.

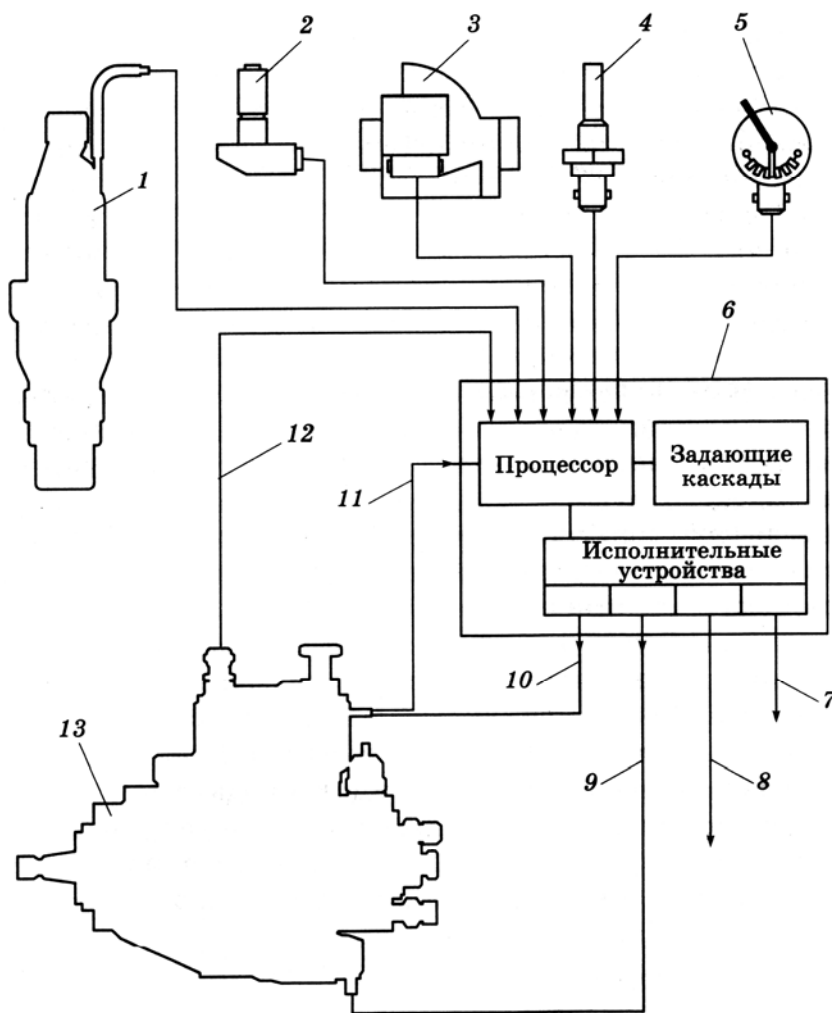


Рис. 5.10. Схема системы электронного управления одноплунжерного ТНВД:
 1 – датчик начала впрыска; 2 – датчик ВМТ и частоты вращения коленчатого вала; 3 – расходомер воздуха; 4 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 5 – датчик положения педали подачи топлива; 6 – блок управления; 7 – исполнительное устройство ускорителя пуска и прогрева двигателя; 8 – исполнительное устройство управления клапаном рециркуляции отработавших газов; 9 – исполнительное устройство управления углом опережения впрыска; 10 – исполнительное устройство привода дозирующей муфты; 11 – датчик хода дозатора; 12 – датчик температуры топлива; 13 – ТНВД

Основным регулирующим элементом системы является электромагнитное исполнительное устройство 10, которое перемещает дозирующую муфту ТНВД.

Управление процессами топливоподачи осуществляется с помощью блока управления 6. В блок управления поступает информация от различных датчиков: начала впрыска 1, установленного в одной из форсунок впрыска топлива; верхней мертвой точки и частоты вращения коленчатого вала 2; расходомера воздуха 3; температуры охлаждающей жидкости 4; положения педали топлива 5 и др. В соответствии с заданными в памяти блока характеристиками управления и полученной информацией от датчиков блок управления выдает выходные сигналы на исполнительные механизмы управления цикловой подачей и углом опережения впрыска топлива. Таким образом регулируется величина цикловой подачи топлива от холостого хода до режима полной нагрузки, а также во время холодного пуска.

Потенциометр исполнительного устройства посылает сигнал обратной связи в электронный блок управления, определяя точное положение дозирующей муфты. Угол опережения впрыскивания топлива регулируется подобным же образом.

Электронный блок управления формирует сигналы, обеспечивающие протекание регуляторных характеристик, стабилизацию частоты вращения холостого хода, рециркуляцию ОГ, степень которой определяется по сигналам датчика массового расхода воздуха. При этом в блоке управления сопоставляются реальные сигналы датчиков со значениями в запрограммированных полях характеристик, в результате чего на сервомеханизм исполнительных устройств передается выходной сигнал, обеспечивающий требуемое положение дозирующей муфты с высокой точностью регулирования.

В систему заложена программа самодиагностики и отработки аварийных режимов, что позволяет обеспечить движение автомобиля при большинстве неисправностей, кроме выхода из строя микропроцессора.

В большинстве случаев для одноплунжерных насосов распределительного типа в качестве исполнительного устройства, регулирующего цикловую подачу, используется электромагнит 6 (рис. 5.11) с поворотным сердечником, конец которого соединен через эксцентрик с дозирующей муфтой 5. При прохождении тока в обмотке электромагнита сердечник поворачивается на угол от 0 до 60°,

соответственно перемещая дозирующую муфту 5, с помощью которой происходит изменение цикловой подачи.

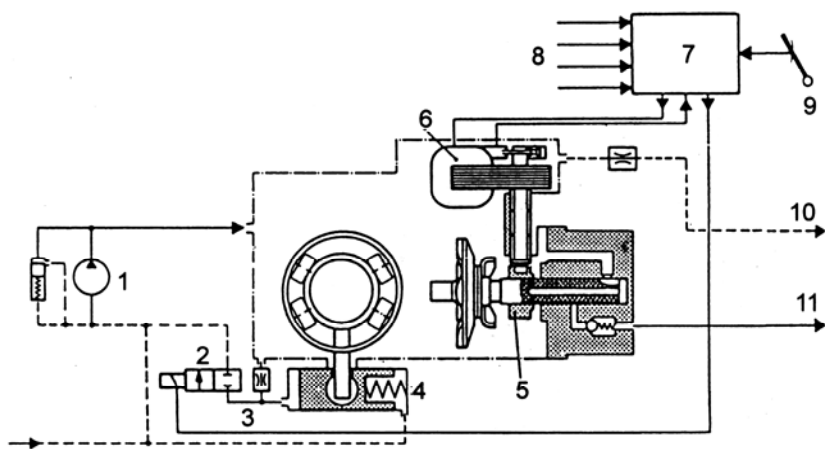


Рис. 5.11. Развернутая схема одноплунжерного насоса с электронным управлением:
 1 – ТНВД; 2 – электромагнитный клапан управления автоматом опережения впрыскивания; 3 – жиклер; 4 – цилиндр автомата опережения впрыскивания;
 5 – дозатор; 6 – электромагнитное устройство изменения подачи топлива;
 7 – электронный блок управления; 8 – датчики температуры, давления наддува, положения подачи топлива; 9 – педаль управления; 10 – возврат топлива;
 11 – подача топлива к форсунке

Управление автоматом опережения впрыска осуществляется быстродействующим электромагнитным клапаном 2, который регулирует давление топлива, действующего на поршень автомата. Клапан работает в импульсном режиме «открыт – закрыт», модулируя давление в зависимости от частоты вращения вала двигателя. Когда клапан открыт, давление уменьшается и угол опережения впрыскивания также уменьшается. Когда клапан закрыт, давление увеличивается, перемещая поршень автомата в сторону увеличения угла опережения впрыска. Отношение импульсов определяется электронным блоком в зависимости от режима работы и температурного состояния двигателя. Для определения момента начала впрыска одна из форсунок имеет индукционный датчик подъема иглы.

В качестве исполнительных механизмов, воздействующих на органы, управляющие подачей топлива в ТНВД, применяются про-

порционные электромагнитные, моментные, линейные или шаговые электродвигатели, которые служат в качестве непосредственного привода дозатора топлива в насосах распределительного типа.

В качестве примера на рис. 5.12 приводится исполнительный механизм, управляющий подачей топлива, в котором используется электромагнит 2 с поворотным сердечником, конец которого соединен через эксцентрик с дозирующей муфтой 3. При прохождении тока в обмотке электромагнита сердечник поворачивается на угол от 0 до 60°, соответственно перемещая дозирующую муфту. Контроль за ее перемещением производится с помощью датчика 1.

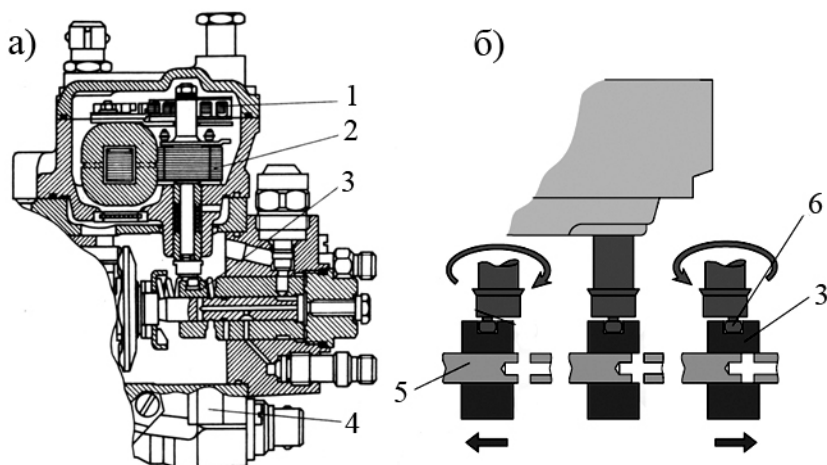


Рис. 5.12. Электромагнитный исполнительный механизм ТНВД распределительного типа:

- 1 – датчик хода дозатора; 2 – исполнительное устройство (электромагнит);
 3 – дозирующая муфта; 4 – клапан изменения угла начала впрыска с электромагнитным приводом; 5 – плунжер; 6 – шаровой наконечник;
 а – разрез исполнительного механизма; б – схема принципа действия

Форсунка. Момент начала впрыска топлива является очень важным параметром, определяющим оптимальную работу дизеля. Это позволяет уточнить величину угла опережения впрыска в зависимости от нагрузки и частоты вращения, управлять рециркуляцией отработавших газов и различными исполнительными механизмами. Для определения начала впрыска топлива в системах электронного

управления одноплунжерного ТНВД применяется форсунка с датчиком подъема иглы (рис. 5.12).

В корпус форсунки встроен датчик подъема иглы, состоящий из катушки возбуждения 2 и штока (якоря) 3. На катушку возбуждения электронным блоком управления подается опорное напряжение таким образом, что ток в электрической цепи поддерживается постоянным, независимо от изменений температуры. Этот ток создает вокруг катушки магнитное поле. Как только игла форсунки поднимается, якорь 3 изменяет магнитное поле, вызывая изменение сигнала напряжения.

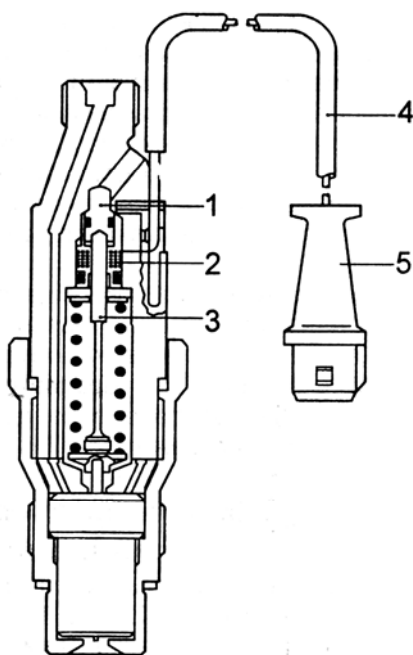


Рис. 5.13. Схема форсунки с датчиками подъема иглы:

- 1 – регулировочный винт; 2 – катушка возбуждения; 3 – шток;
4 – провод; 5 – электрический разъем

Во время перемещения иглы магнитный поток в катушке изменяет свою величину и индуцирует сигнал, напряжение которого пропорционально скорости перемещения иглы, но не величине пе-

ремещения. В определенный момент подъема иглы возникает пиковый импульс, который воспринимается электронным блоком управления и используется для управления углом опережения впрыска. Этот сигнал сравнивается с хранящимися в памяти электронного блока значениями для соответствующих эксплуатационных условий работы дизеля. Электронный блок управления посылает обратный сигнал на электромагнитный клапан, соединенный с рабочей камерой автомата опережения впрыскивания, и давление, действующее на поршень автомата, изменяется, в результате чего поршень перемещается под действием пружины, изменяя угол опережения впрыскивания.

Контрольные вопросы

1. Общее устройство системы питания дизельного двигателя с рядным ТНВД типа Bosch VE.
2. Общее устройство ТНВД Bosch VE.
3. Принцип создания высокого давления в ТНВД Bosch VE.
4. Устройство и принцип действия всережимного регулятора ТНВД Bosch VE.
5. Устройство и принцип действия механизмов регулирования опережения впрыска топлива.
6. Особенности электронной системы управления ТНВД распределительного типа BOSCH VE.

Лабораторная работа № 6

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С АККУМУЛЯТОРНЫМИ ТОПЛИВНЫМИ СИСТЕМАМИ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ «COMMONRAIL»

Цель работы: изучить устройство и принцип действия систем питания дизельных двигателей «Common Rail» различных конструкций.

Оборудование: двигатель с системой «Common Rail», насосы высокого давления системы, электрогидравлическая и пьезогидравлическая форсунки, аккумулятор высокого давления, предохранительный клапан, регулятор давления, набор инструмента.

Общие сведения

Качество распыливания дизельного топлива во многом предопределяет процесс его горения, а значит и образования токсичных компонентов в отработавших газах. Более качественного распыливания можно достигнуть при высоком давлении порядка 160–280 МПа (1600–2800 кгс/см²). Однако стандартные системы топливоподдачи не могут обеспечить подачу топлива к форсункам под таким давлением, поэтому в настоящее время на легковых автомобилях применяются исключительно системы с электронным управлением – «CommonRail», – так как только такие системы могут обеспечить требования ЕВРО 5 и ЕВРО 6.

Главной отличительной особенностью аккумуляторных топливных систем с электронным управлением «Common Rail» является разделение узла, создающего давление (ТНВД – аккумулятор), и узла впрыска (форсунки) (рис. 6.1).

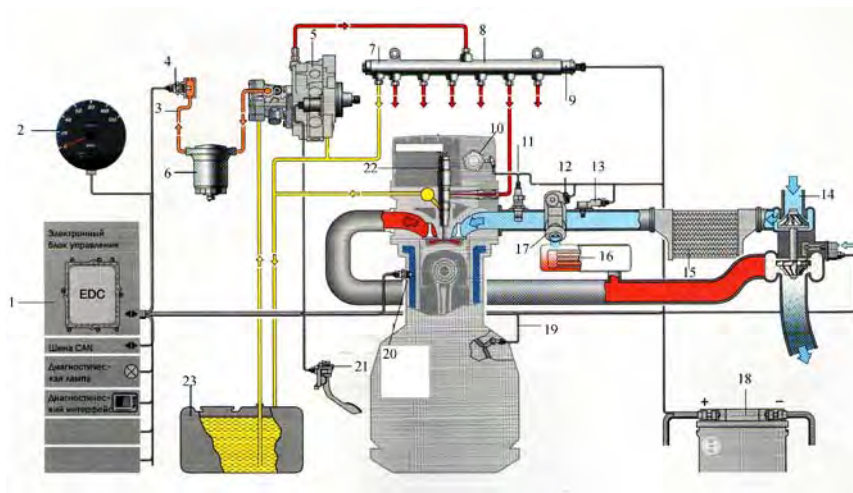


Рис. 6.1. Схема системы питания «Common Rail» дизельного двигателя грузового автомобиля:

- 1 – электронный блок управления двигателем; 2 – спидометр; 3 – топливопровод низкого давления; 4 – датчик температуры топлива; 5 – ТНВД; 6 – топливный фильтр; 7 – предохранительный клапан; 8 – топливный аккумулятор высокого давления; 9 – датчик давления топлива; 10 – датчик положения распределительного вала; 11 – свеча накала; 12 – датчик давления; 13 – датчик температуры воздуха; 14 – турбонагнетатель; 15 – интеркуллер; 16 – охладитель отработавших газов; 17 – клапан рециркуляции отработавших газов; 18 – АКБ; 19 – датчик положения коленчатого вала; 20 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 21 – датчик положения акселератора; 22 – форсунка впрыска топлива; 23 – топливный бак

Принцип работы системы заключается в следующем. С помощью топливоподкачивающего насоса топливо прокачивается через фильтр 6 с влагоотделителем и подается в топливоподкачивающий насос, устанавливаемый совместно с ТНВД 5 или отдельно. От ТНВД топливо под большим давлением поступает в топливный аккумулятор высокого давления (гидравлический аккумулятор) 8, откуда под высоким давлением поступает на форсунки 22. Излишки топлива от форсунок и ТНВД сливаются в топливный бак 23 через топливопроводы слива. Блок управления 1, получая информацию по входным параметрам (с датчиков), задает значения выходных параметров, используя заложенную программу (воздействует на исполнительные механизмы), что в целом необходимо для получения требуемых характеристик двигателя.

Количество топлива, подаваемого в цилиндры двигателя через форсунки, формируется от сигнала электронного блока управления, в зависимости от режима работы двигателя. В блок управления поступает информация от различных датчиков: температуры двигателя, температуры поступающего воздуха, датчика частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя, датчика положения педали акселератора, датчика температуры масла, датчика давления воздуха и др.

Давление в системе регулируется по сигналу блока управления с помощью предохранительного клапана 7, установленного на аккумуляторе высокого давления или в ТНВД. На холостом ходу оно минимальное, что снижает шум работы форсунок и ТНВД, а при разгоне максимальное, для обеспечения лучшей приемистости.

На входе топлива в форсунку установлен аварийный ограничитель расхода (предохранительный клапан). Он предотвращает опорожнение аккумулятора через форсунку с зависшей иглой или клапаном управления, а также повреждение соответствующего цилиндра дизеля.

Система «Common Rail» подвергает моторное масло большим нагрузкам. Из-за более интенсивного горения верхняя часть поршней нагревается гораздо сильнее, чем у традиционного дизельного двигателя. Верхняя часть поршня у традиционного двигателя непосредственного впрыска нагревается до 320–350 °С, при системе «Common Rail» – свыше 400 °С, то есть моторное масло выгорает значительно быстрее. В результате в таких двигателях возникает потребность в синтетических маслах или, по крайней мере, в полусинтетических.

Для систем «Common Rail» существуют определенные требования по количеству топлива, оставшегося в топливном баке, потому что полное расходование топлива может привести к выходу системы. Если количество топлива незначительно, система управления двигателем предупреждает об этом водителя, после чего работа двигателя становится неустойчивой и затем работа двигателя может прекратиться.

Компоненты системы

Топливный аккумулятор высокого давления (рис. 6.2). Назначение аккумулятора – накапливать необходимое количество топлива для обеспечения его потребления форсунками на всех режимах работы двигателя. Чтобы нагнетательные топливопроводы, идущие к форсун-

кам, не были длинными, аккумулятор закрепляют на голове блока. Аккумулятор изготавливается в виде толстостенного трубопровода.

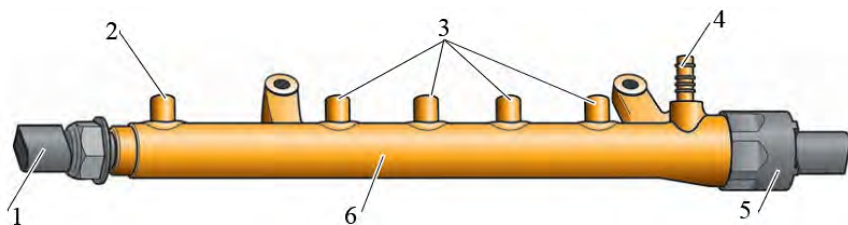


Рис. 6.2. Аккумулятор высокого давления:

- 1 – датчик давления топлива; 2 – штуцер высокого давления от насоса высокого давления; 3 – штуцеры форсунок; 4 – штуцер слива топлива в топливный бак; 5 – клапан регулирования давления топлива

Предохранительный (редукционный) клапан (рис. 6.3) предназначен для стравливания топлива из аккумулятора при превышении давления выше допустимого. Он срабатывает при неисправном регуляторе давления.

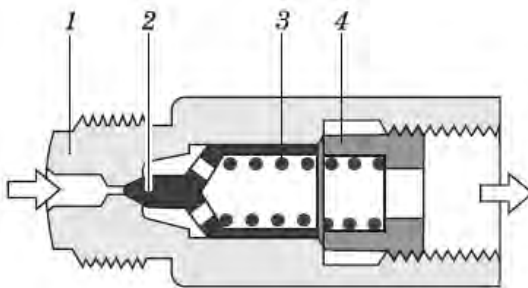


Рис. 6.3. Предохранительный клапан в сборе:

- 1 – корпус клапана; 2 – игла клапана; 3 – пружина; 4 – винт

Датчик давления топлива в гидроаккумуляторе (рис. 6.4) служит для передачи сигнала давления топлива в блок управления. Он состоит из мембраны 2 и электронной платы 1.

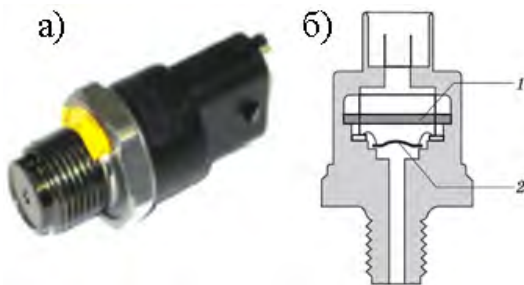


Рис. 6.4. Датчик давления в аккумуляторе:
а – общий вид; б – схема

Топливный насос высокого давления. Наибольшее распространение в топливных системах «Common Rail» нашли применение плунжерные ТНВД (рис. 6.5).

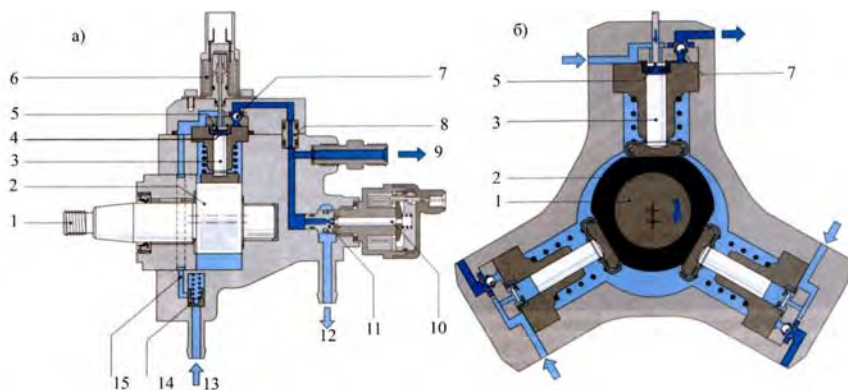


Рис. 6.5. Радиально-плунжерный ТНВД фирмы «Bosch»:
1 – эксцентриковый вал; 2 – кулачок; 3 – плунжер со втулкой; 4 – камера над плунжером; 5 – впускной клапан; 6 – электромагнитный клапан отключения плунжерной секции; 7 – выпускной клапан; 8 – уплотнения; 9 – штуцер магистрали, ведущей к аккумулятору высокого давления; 10 – клапан регулирования давления; 11 – шариковый клапан; 12 – магистраль обратного слива топлива; 13 – магистраль подачи топлива к ТНВД; 14 – предохранительный клапан с дроссельным отверстием; 15 – перепускной канал низкого давления;
а – продольный разрез; б – поперечный разрез

Насос имеет компоновку в виде звездообразной схемы (радиально-плунжерный) и состоит из эксцентрикового приводного вала 1, трех

плунжеров 3, расположенных под углом 120° , впускного трубопровода с предохранительным клапаном 14, впускного клапана 5 с электромагнитом, выпускного шарикового клапана 7 и регулятора давления с клапаном 10. Применение насоса с тремя плунжерами позволяет произвести три рабочих хода за один оборот при небольших затратах мощности на привод и обеспечивает равномерную подачу топлива.

При вращении вала 1, эксцентрик вала, набегая или сбегая, передвигает толкатель вместе с плунжером 3. При движении плунжера вниз в надплунжерном пространстве создается разрежение и топливо через впускной топливопровод и открытый при этом впускной клапан 5 поступает в надплунжерное пространство. При движении плунжера вверх над ним создается высокое давление за счет относительно короткого хода плунжера и подбора его диаметра, впускной клапан при этом закрывается, а шариковый выпускной клапан 7 открывается и топливо поступает в гидроаккумулятор. Давление, производимое насосом, не зависит от количества топлива, подаваемого в цилиндры. Смазка внутренних движущихся деталей насоса производится от поступающего топлива.

При превышении давления в системе в электромагнит регулятора давления поступает соответствующий сигнал от блока управления и якорь электромагнита в зависимости от величины сигнала перемещается на определенную величину, передвигает клапан регулирования давления 10, открывая необходимое сечение канала слива топлива. В некоторых конструкциях «Common Rail» этот клапан может устанавливаться в гидроаккумуляторе. Изменением продолжительности периодического обесточивания клапана регулируется средний по времени расход топлива на слив и, следовательно, давление в аккумуляторе.

Для обеспечения необходимой производительности насоса на различных режимах работы двигателя одна из секций насоса может выключаться с помощью электромагнитного клапана 6. Шток клапана по сигналу блока управления выдвигается и блокирует впускной клапан 5, поэтому при движении плунжера вверх давление над плунжером не возрастает и топливо в гидроаккумулятор не подается. Электромагнитный клапан может также дросселировать (изменять проходное сечение) прохождение топлива на входе. Дросселирование и выключение секций насоса необходимо для снижения затрат мощности, так как применение стравливания топлива с использованием регулятора давления приводит к непроизводительным

потерям мощности. Фирма «Сименс» использует аналогичные насосы, но в них используется электромагнитный клапан, позволяющий дросселировать прохождение топлива на входе в каждую секцию.

В случае, если в системе не используется погружной электрический насос, ТНВД может быть оборудован подкачивающим насосом шестеренного типа, расположенным на его корпусе.

В насосах третьего поколения BOSCH CP3 применена новая технология управления давлением: управление осуществляется не в линии высокого давления, а на стороне подачи топлива в ТНВД. Для этого применен новый элемент – клапан контроля количества подаваемого в насос топлива (IMV).

Еще одна из отличительных особенностей системы CP3 – использование механического передающего насоса, расположенного в задней части ТНВД на линии низкого давления. Насос шестеренчатого типа, но может применяться электрический роторный насос роликового типа, который находится на линии низкого давления. Такой тип насоса включает в себя камеру с внутренним эксцентриком и с установленным в ней ротором и роликами, которые могут перемещаться в прорезях ротора. В ТНВД Common Rail в качестве подкачивающего может применяться и пластинчатый насос.

Кроме трехплунжерных насосов высокого давления в системе «Common Rail» может применяться и *одноплунжерный насос* (рис. 6.6)

С помощью двух кулачков, развернутых на приводном вале на 180° , скачок давления формируется синхронно с впрыском во время рабочего такта конкретного цилиндра. Это обеспечивает равномерную нагрузку привода насоса и снижает колебания давления в области высокого давления. Для снижения трения при передаче усилия от приводных кулачков к плунжеру насоса между ними установлен ролик.

Впуск топлива. При движении плунжера вниз, объем камеры сжатия увеличивается. По этой причине давление в камере сжатия падает по сравнению с давлением топлива в корпусе насоса. Под действием этого перепада давления впускной клапан открывается, и топливо поступает в камеру сжатия.

Рабочий ход. После начала движения плунжера вверх, давление в камере сжатия возрастает и впускной клапан закрывается. Как только давление в камере сжатия превысит давление в рампе, открывается выпускной (обратный) клапан, и топливо начинает поступать в рампу.

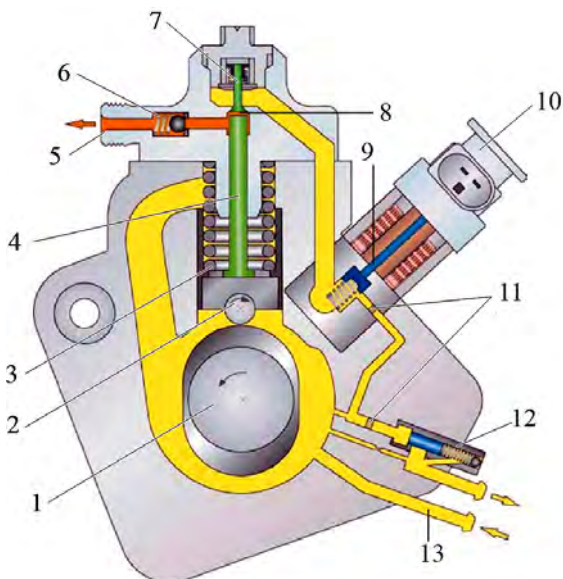


Рис. 6.6. Схема одноплунжерного насоса ТНВД системы «Common Rail»:
 1 – двукрулачковый вал; 2 – ролик; 3 – пружина плунжера; 4 – плунжер;
 5 – штуцер для подсоединения к аккумулятору высокого давления (топливной
 рампе); 6 – выпускной клапан; 7 – впускной клапан; 8 – камера сжатия;
 9 – золотник; 10 – клапан дозирования топлива; 11 – фильтр тонкой очистки;
 12 – перепускной клапан; 13 – штуцер подачи топлива
 от топливоподкачивающего насоса

Топливоподкачивающие насосы. В качестве топливоподкачивающих насосов в системах «Common Rail» и насос-форсунках применяются шестеренчатые с механическим приводом (внешнего зацепления), роторные (роликовые) насосы с автономным электроприводом и лопастного типа с отдельно расположенными лопатками. Топливоподкачивающие насосы могут быть объединены с ТНВД или устанавливаться отдельно, в том числе погружены в топливный бак. Давление топлива, подаваемого топливоподкачивающими насосами, составляет 5–8 кгс/см². Конструкции и принцип действия топливоподкачивающих насосов рассмотрены выше в соответствующих разделах.

Форсунки. Общий вид форсунки системы «Common Rail» фирмы «Bosch» показан на рис. 6.7. Она состоит из электромагнита 11 и его якоря 10, маленького шарикового управляющего клапана 8, запорной

иглы 2, распылителя 3, поршня управляющего клапана 5, подпружиненного штока 9. Шарик клапана прижимается к седлу с усилием пружины и электромагнита. Сила пружины рассчитана на давление до 10,0 Мпа (100 кг/см²), что значительно ниже давления в линии высокого давления 25–250 МПа (250–2500 кг/см²), поэтому только при приложении усилия электромагнита шариковый клапан не отойдет от седла, отделяя аккумулятор от линии слива. Игла распылителя форсунки в нерабочем состоянии прижимается к седлу пружиной распылителя – это предотвращает попадание воздуха в форсунку при пуске двигателя.

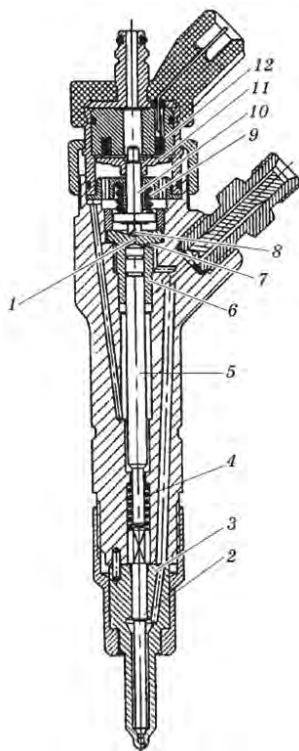


Рис. 6.7. Разрез электрогидравлической форсунки фирмы Bosch с шариковым клапаном:

- 1 – отводящий дроссель; 2 – игла; 3 – распылитель; 4 – пружина запираия иглы;
 5 – поршень управляющего клапана; 6 – втулка поршня; 7 – подводящий дроссель;
 8 – шариковый управляющий клапан; 9 – шток; 10 – якорь; 11 – электромагнит;
 12 – пружина клапана

В отличие от бензиновых электромеханических форсунок, в форсунках «Common Rail» электромагнит при давлении 160–250 МПа (1600–2500 кгс/см²) не в состоянии поднять запорную иглу, поэтому используется принцип гидроусиления (рис. 6.8). Положения на рис. 6.8 соответствуют позициям разреза форсунки на рис. 6.7.

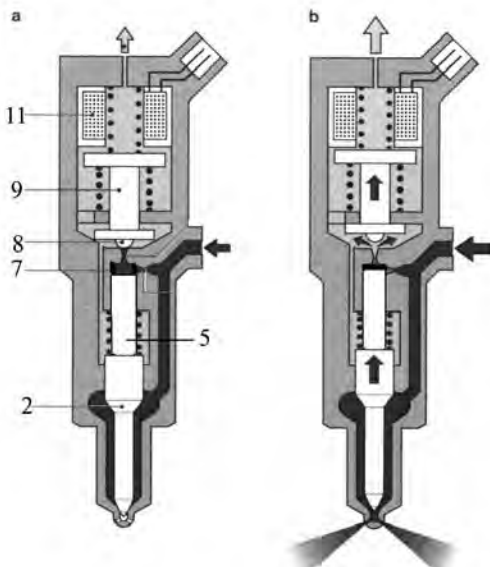


Рис. 6.8. Принцип действия электрогидравлической форсунки:
а – форсунка в закрытом состоянии; *б* – форсунка в открытом состоянии

При создании давления в аккумуляторе, оно действует как на конусную поверхность иглы, так и на поршень управляющего клапана 5 (рис. 6.8, *а*). Поскольку площадь рабочей поверхности поршня на 50 % больше площади конусной поверхности иглы, игла распылителя продолжает прижиматься к седлу.

При подаче напряжения от блока управления на электромагнит 11, шток 9 якоря штока поднимается и открывается шариковый управляющий клапан 8 (рис. 6.8, *б*). Давление в камере управления 7 падает в результате открытия дроссельного отверстия, и топливо пропускается из зоны над поршнем управляющего клапана в зону слива. Давление на поршень управляющего клапана падает, так как подводимое дроссельное отверстие управляющего клапана имеет

меньшее сечение, чем отводящее. Запорная игла 2 при этом под действием высокого давления в кармане распылителя 3 открывается. Количество подаваемого топлива зависит от времени подачи напряжения в электромагнит 11, а значит от времени открытия шарикового управляющего клапана 8. При прекращении подачи напряжения на электромагнит 11, якорь под действием пружины опускается вниз, при этом шариковый управляющий клапан закрывается, давление в камере управления восстанавливается через специальный жиклер. Под действием давления топлива на поршень управляющего клапана 5, имеющего диаметр больше диаметра иглы, последняя закрывается.

Из-за особенностей процесса сгорания, присущих дизельным двигателям с турбонаддувом, для уменьшения шума и снижения выброса оксидов азота в цилиндры двигателя перед впрыском основной дозы топлива подается небольшая капля топлива ($1-2 \text{ мм}^3$) «пилотный впрыск», которая плавно перетекает в распыление остальной части топлива. Предварительный впрыск позволяет топливу воспламениться быстрее. Давление и температура при этом возрастают медленнее, чем при обычном впрыске, что уменьшает «жесткость» работы двигателя и его шум с одновременным снижением выбросов окислов азота.

Одним из путей совершенствования системы «Common Rail» является увеличение быстродействия открытия форсунки. Минимальное время открытия форсунки для электромагнита с подвижным сердечником составляет 0,5 мс, что не позволяет оперативно изменять подачу топлива. Для более быстрого срабатывания форсунки в настоящее время применяется пьезокерамическая форсунка, которая работает вчетверо быстрее.

Использование пьезоэлемента, кроме быстроты срабатывания, обеспечивает большую силу открытия клапана сброса давления над иглой форсунки и высокую точность хода для быстрого сброса давления подачи топлива.

Электрогидравлическая форсунка с пьезоэлементом показана на рисунке. Через магистраль высокого давления топливо попадает в управляющую камеру и камеру высокого давления форсунки. Сила (F_1), действующая на золотник, за счет пружины больше силы (F_2), действующей на иглу форсунки (рис. 6.9, б). Форсунка закрыта. Подпружиненный золотник закрывает обратную магистраль, чтобы исключить слив топлива при неработающем двигателе.

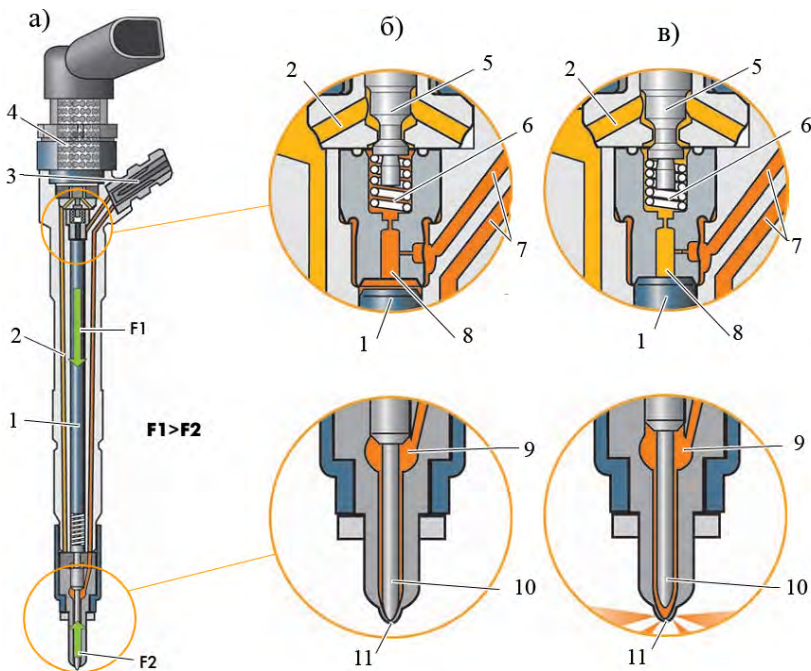


Рис. 6.9. Пьезоэлектрическая форсунка и принцип ее работы:
 1 – золотник; 2 – обратная магистраль; 3 – штуцер магистрали высокого давления;
 4 – пьезоэлемент; 5 – золотник; 6 – пружина; 7 – штуцер магистрали высокого давления;
 8 – управляющая камера; 9 – камера высокого давления;
 10 – игла форсунки; 11 – сопло форсунки; а – общий вид;
 б – управляющий сигнал подан; в – управляющий сигнал не подан

В случае подачи управляющего сигнала (напряжения) на пьезоэлемент последний расширяется (рис. 6.9, в). Золотник смещается, сжимая пружину, и открывает канал, соединяющий управляющую камеру со сливной магистралью. Вследствие этого давление в управляющей камере падает. Теперь давление жидкости (сила F_2) превышает силу (F_1), действующую на золотник. Игла форсунки смещается вверх, топливо впрыскивается в камеру сгорания.

Благодаря тому, что пьезофорсунки имеют намного меньше время срабатывания, чем традиционные электромагнитные, стало возможным разделение горючей смеси на несколько отдельных микродоз: после многократных предварительных впрыскиваний очень небольших количеств горючей смеси следуют либо основное

впрыскивание, либо при необходимости многие так называемые «послевпрыскивания» (рис. 6.10).

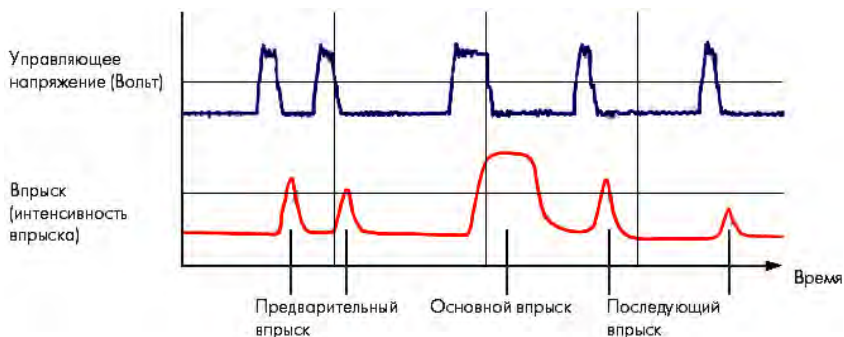


Рис. 6.10. Характер протекания процесса многоступенчатого впрыска

Время между предварительным впрыскиванием и основным впрыскиванием составляет 100 мс. За один рабочий процесс может осуществляться до семи впрысков. Объем топлива, попадающего в цилиндр в момент каждого предварительного впрыскивания, составляет $1,5 \text{ мм}^3$. Это делается для равномерного распределения давления в камере сгорания и уменьшения шума, создаваемого в процессе сгорания и снижения выбросов оксидов азота за счет снижения температуры.

Контрольные вопросы

1. Общее устройство системы питания дизельного двигателя Common Rail.
2. Общее устройство и принцип действия трехплунжерного ТНВД Common Rail.
3. Общее устройство и принцип действия трехплунжерного ТНВД Common Rail.
4. Общее устройство и принцип действия одноплунжерного ТНВД Common Rail.
5. Общее устройство и принцип действия регулятора и датчика давления Common Rail.
6. Общее устройство и принцип действия электрогидравлической форсунки Common Rail.
7. Общее устройство и принцип действия пьезогидравлической форсунки Common Rail.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Особенности конструкции блоков цилиндров и кривошипно-шатунных механизмов двигателей современных легковых автомобилей.....	3
Лабораторная работа № 2. Особенности конструкции газораспределительных механизмов современных легковых автомобилей	14
Лабораторная работа № 3. Особенности конструкции систем впрыска во впускной трубопровод бензиновых двигателей современных автомобилей.....	33
Лабораторная работа № 4. Особенности конструкции систем впрыска бензиновых двигателей современных легковых автомобилей в цилиндры двигателя	56
Лабораторная работа № 5. Особенности конструкции систем питания дизельных двигателей современных легковых автомобилей с ТНВД распределительного типа.....	68
Лабораторная работа № 6. Особенности конструкции систем питания дизельных двигателей современных автомобилей с аккумуляторными топливными системами с электронным управлением «Commonrail».....	91

Учебное издание

УСТРОЙСТВО ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум
для студентов направления специальности
1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей
(автотранспорт общего и личного пользования)»
и специальности 1-37 01 07 «Автосервис»

Составители:

САВИЧ Евгений Леонидович
ИВАНИС Павел Владимирович

Редактор *Ю. В. Ходочинская*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 12.06.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 4,73. Тираж 100. Заказ 668.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.