

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

М. П. Ивандиков

КОНСТРУКЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности
1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»

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

Минск
БНТУ
2022

УДК 629.3.02(076.5)(075.8)

ББК 39.3я7

И18

Р е ц е н з е н т ы:

зав. кафедрой «Технологии и организация технического сервиса»
Белорусского государственного аграрного технического университета,
канд. техн. наук *В. Е. Тарасенко*;
нач. отдела силовых агрегатов ГНУ «Объединенный институт
машиностроения НАН Беларуси» *А. С. Климук*

Ивандиков, М. П.

И18 Конструкция двигателей автомобилей и тракторов : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» / М. П. Ивандиков. – Минск : БНТУ, 2022. – 91 с.

ISBN 978-985-583-707-8.

В пособии последовательно рассматриваются темы по истории создания и развития двигателей внутреннего сгорания, классификации тепловых двигателей, общему устройству и принципу работы поршневых двигателей, механизмы двигателей внутреннего сгорания и четыре системы – охлаждения, пуска двигателей внутреннего сгорания и системы питания топливом бензиновых и дизельных двигателей.

УДК 629.3.02(076.5)(075.8)

ББК 39.3я7

ISBN 978-985-583-707-8

© Ивандиков М. П., 2022

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. История создания и развития двигателя внутреннего сгорания.....	6
2. Общее устройство, принцип работы поршневых двигателей и их классификация.....	7
3. Механизмы двигателя внутреннего сгорания.....	12
3.1. Кривошипно-шатунный механизм (КШМ).....	12
3.2. Газораспределительный механизм (ГРМ).....	22
4. Системы двигателей внутреннего сгорания.....	36
4.1. Системы охлаждения.....	36
4.2. Системы пуска двигателей.....	43
4.2.1. Ручной, инерционный запуск малых ДВС.....	43
4.2.2. Запуск двигателя электростартером.....	45
4.2.3. Запуск пусковым двигателем.....	48
4.2.4. Воздушный запуск двигателя.....	50
4.3. Системы питания топливом бензиновых двигателей.....	53
4.3.1. Карбюраторные системы питания.....	53
4.3.2. Инжекторная система питания.....	56
4.4. Системы питания топливом дизельных двигателей.....	65
4.4.1. Принцип работы и оборудование.....	65
4.4.2. Системы питания дизелей с ТНВД.....	69
4.4.3. Системы питания дизелей с Common Rail.....	74
Литература.....	91

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие предназначено для систематизации и закрепления знаний студентов по устройству механизмов и систем двигателей внутреннего сгорания.

Последовательно рассматриваются темы по истории создания и развития двигателей внутреннего сгорания, классификации тепловых двигателей, общему устройству и принципу работы поршневых двигателей, механизмы двигателей внутреннего сгорания и четыре системы – охлаждения, пуска двигателей внутреннего сгорания и системы питания топливом бензиновых и дизельных двигателей.

Целью дисциплины является изучение будущими специалистами по конструированию и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания принципа работы и конструкции силового агрегата, устанавливаемого на транспортные средства, а также основных агрегатов и систем мобильных машин.

Задачами изучения дисциплины является ознакомление с историей развития транспортного двигателестроения; классификацией, устройством и принципом работы различных двигателей; индикаторными диаграммами рабочих циклов двигателей; устройством основных механизмов, действующими в них силами и требованиями, предъявляемыми к ним и к их деталям; конструкциями основных узлов и деталей; используемыми при эксплуатации видами и марками топлива и смазочных материалов.

В результате освоения курса «Конструкция двигателей автомобилей, тракторов и сельхозмашин» студент должен:

1) знать:

- принципы работы силовых установок;
- характерные отличительные свойства деталей бензиновых и дизельных двигателей;
- классификацию тепловых двигателей;

2) уметь:

- производить разборку, сборку и основные регулировки механизмов, узлов и агрегатов двигателей;
- снимать размеры для деталей различной конфигурации;
- пользоваться данными индикаторных диаграмм;

3) владеть:

- навыками применения специальных инструментов для разборки, сборки двигателей;

– методикой расчета экономических и энергетических показателей двигателей;

– методикой форсирования двигателей внутреннего сгорания.

Учебная программа рассчитана на 50 часов лекций, 16 часов практических занятий и 16 часов лабораторных работ.

Практические занятия проводятся в специализированном классе с наличием образцов механизмов и устройств, плакатов и других наглядных материалов, а также с возможностью работать с видеоматериалами.

На практических занятиях преподаватель дает конкретное задание по изучаемой теме для закрепления компетенций. Задания могут быть следующими: подготовка реферата, разборка/сборка устройства, функциональный анализ системы, анализ конструкции, снятие размеров и других параметров деталей.

1. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

История тепловых машин уходит в далекое прошлое. Еще в III веке до нашей эры великий греческий механик и математик Архимед построил пушку, которая стреляла с помощью пара. Рисунок пушки Архимеда и ее описание были найдены спустя 18 столетий в рукописях великого итальянского ученого, инженера и художника Леонардо да Винчи.

В XVII–XVIII веках над изобретением паровой машины трудились англичане Томас Севери (1650–1715) и Томас Ньюкомен (1663–1729), француз Дени Папен (1647–1714), русский ученый Иван Иванович Ползунов (1728–1766) и другие.

Изобретение и производство ДВС послужило в свое время основной своеобразной промышленной революции. В нем аккумулировались все достижения науки и практики.

В учебниках по двигателестроению первым автором практически пригодного ДВС признают француза Э. Ленуара, несмотря на уже существующие работы французов, братьев Ньепсов. В 1807 г. Жозеф Нисефор и Клод Ньепсы получили патент на устройство, которое называли «ругеолорфоре». Оно описывалось как новая машина, двигательным принципом которой является воздух, расширяемый огнем. Началом принципа действия ДВС можно также считать и изобретение пистолета А. Вольта в 1777 г., в котором вместо пороха с помощью электрической искры подрывалась смесь воздуха с каменноугольным газом.

А в 1807 г. Швейцарец Исаак де Ривац получил патент на использование смеси воздуха с каменноугольным газом как средства генерации механической энергии. Исследования проблемы воспламенения газа проводили англичанин Роберт Стрит, француз Филипп Лебон и американец Питер Купер. Майкл Фарадей в 1825 г. получил из каменного угля бензол – первое жидкое топливо для ДВС.

В 1899 г. в Петербурге был создан первый в мире экономичный и работоспособный двигатель с воспламенением от сжатия. Протекание рабочего цикла в нем отличалось от двигателя, предложенного немецким инженером Р. Дизелем, который предполагал осуществить цикл Карно со сгоранием по изотерме. В России в течение короткого времени была усовершенствована конструкция нового

двигателя – бескомпрессорного дизеля, – и уже в 1901 г. был построен бескомпрессорный дизель конструкции Г. В. Тринклера, а в 1910 году – конструкции Я. В. Мамина. Русский конструктор Е. А. Яковлев спроектировал и построил моторный экипаж с керосиновым двигателем.

2. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП РАБОТЫ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

В настоящее время в технике разработано множество двигателей различных принципиальных (альтернативных) и конструктивных схем. Чтобы облегчить их изучение, понять общие принципы функционирования и особенности конкретного конструктивного исполнения, в инженерной практике используют такие приемы познания, как классификация и систематизация. В нашем случае классификация есть разделение множества двигателей на группы по принятым существенным признакам.

Для общего случая рассмотрим функциональную схему теплового двигателя. Это графическое изображение структуры двигателя, каждая часть которой выполняет определенную функцию с указанием путей передачи взаимовоздействия. В функциональной структуре элемент отождествляется с действием, которое он должен совершать, т. е. элемент показывает, что надо делать, но не показывает как.

На рис. 2.1, *a* изображен метауровень теплового двигателя. Стрелками на входе показано поступление топлива G_T и окислителя $G_{ок}$ (обычно это кислород из воздуха G_B), а на выходе механическая энергия N_e (кВт) в виде крутящего момента M_e (Нм) и угловой скорости выходного вала ω (c^{-1}) и отвод части теплоты холодному источнику $Q_{хол}$.

Мощность двигателя определяется выражением:

$$N_e = M_e \cdot \omega, \text{ кВт.}$$

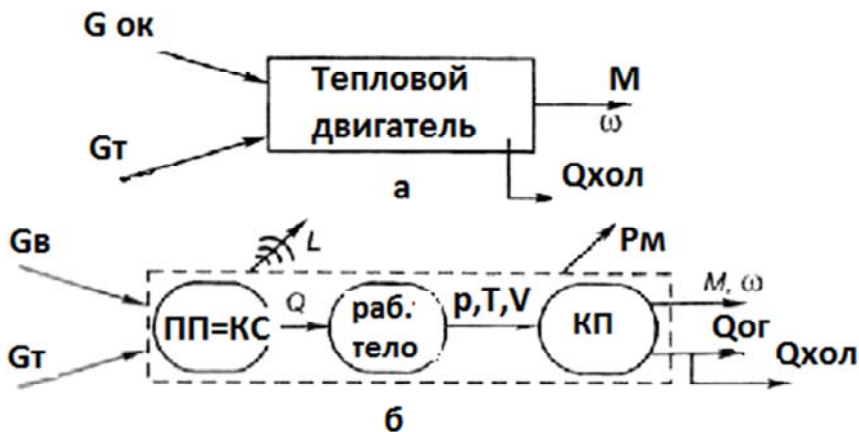


Рис. 2.1. Функциональная схема теплового двигателя:
 а – метауровень; б – макроуровень

Функциональная модель на макроуровне (рис. 2.1, б) иллюстрирует процесс преобразования энергии в тепловом двигателе. Выделим здесь первичный преобразователь (ПП), в нем происходит высвобождение химической энергии и превращение ее в теплоту, которая передается газообразному рабочему телу и изменяет его термодинамические параметры (давление p , температуру T , объем V). Далее конечный преобразователь (КП) преобразует тепловую энергию в механическую работу. История развития техники указывает на следующие конструктивные реализации КП:

- кривошипно-шатунный механизм (КШМ), который применил Д. Уатт (1779 г.), Ж.-Э. Ленуар (1860 г.), Н. Отто (1867 г.), Р. Дизель (1897 г.);
- газовая турбина, которую предложил П. Кузминский (1892 г.);
- вращающийся поршень-ротор, предложенный Ф. Ванкелем (1934 г.);
- реактивное сопло, предложенное Н. Кибальчицем (1881 г.).

Рассмотрим возможные решения конструктивных схем теплового двигателя. Если объединить КС и РТ в самостоятельные функциональные единицы, то получим двигатель внутреннего сгорания (рис. 2.2, а). Топливо сгорает внутри рабочего тела, и газы совершают механическую работу.

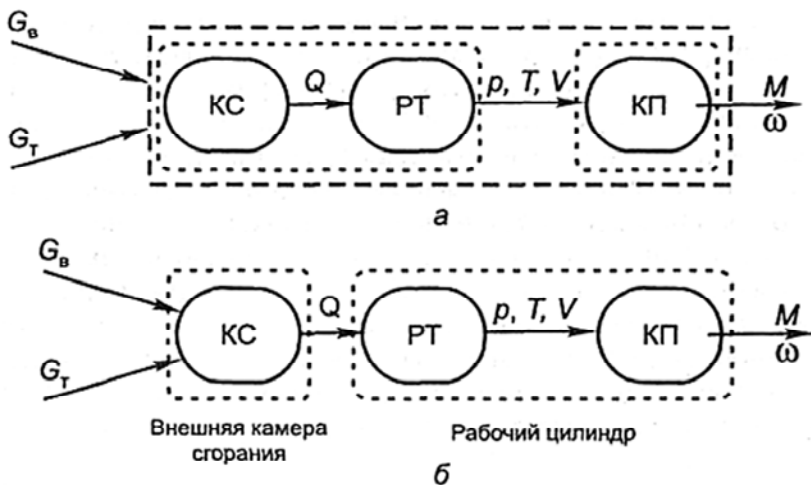


Рис. 2.2. Структурирование функциональной модели теплового двигателя:
 а – двигатель внутреннего сгорания; б – двигатель внешнего сгорания

Если камера сгорания КС выделяется в отдельный, внешний элемент, то такая схема соответствует двигателю внешнего сгорания (рис. 2.2, б). По этой схеме, предложенной Р. Стирлингом (1816 г.), работают паровые машины, атомные реакторы.

Примером двигателя внешнего сгорания является цикл Стирлинга. Двигатели Стирлинга фирм Philips, STM Inc., DaimlerBenz, Solo, UnitedStirling мощностью от 5 до 1200 кВт имеют эффективный КПД более 42 %, ресурс – более 40 тыс. ч, удельную массу – от 1,2 до 3,8 кг/кВт.

Инженеры подразделяют двигатели Стирлинга на три вида:

1. Альфа-Стирлинг (рис. 2.3, а). Он содержит два отдельных силовых поршня в отдельных цилиндрах на одном кривошипе, один – горячий, второй – холодный. Цилиндр с горячим поршнем находится в теплообменнике с более высокой температурой, с холодным – в более холодном. У данного вида двигателя отношение мощности к объему достаточно велико, но, к сожалению, высокая температура горячего поршня создает определенные технические трудности.

2. Бета-Стирлинг (рис. 3.2, б). Имеет всего один цилиндр, горячий с одного конца и холодный с другого. Внутри цилиндра движутся поршень (с которого снимается мощность) и вытеснитель, изменя-

ющий объем горячей полости. Газ перекачивается из холодной части цилиндра в горячую через регенератор. Регенератор может быть внешним или совмещенным с поршнем-вытеснителем как часть теплообменника.

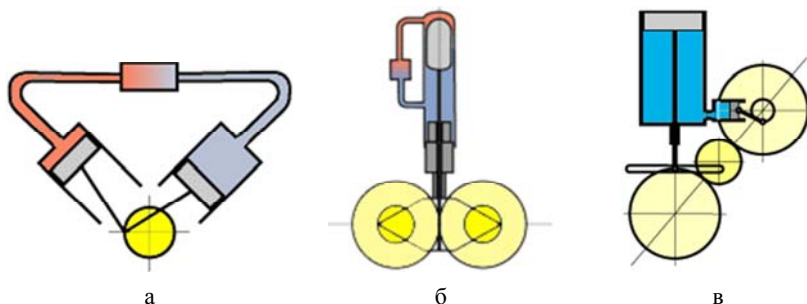


Рис. 2.3. Виды двигателей Стирлинга:
 а – Альфа-стирлинг; б – Бета-Стирлинг; в – Гамма-Стирлинг

3. Гамма-Стирлинг (рис. 2.3, в). Также содержит поршень и вытеснитель, но при этом имеет два цилиндра: один холодный (где движется поршень, с которого снимается мощность), а второй – горячий с одного конца и холодный с другого (где движется вытеснитель). Регенератор может быть внешним, в этом случае он соединяет горячую часть второго цилиндра с холодной и одновременно с первым (холодным) цилиндром. Внутренний регенератор является частью вытеснителя.

Классификация тепловых двигателей производится по основным отличительным признакам.

По назначению:

- 1) стационарные двигатели, применяемые на электростанциях, буровых установках;
- 2) транспортные, используемые на автомобилях, тракторах и других мобильных машинах.

По способу осуществления рабочего цикла: двух-, и четырехтактные.

Наиболее важные признаки для классификации:

- по виду топлива (газовые, бензиновые и дизельные);
- способу сгорания (внешнего и внутреннего);
- по системам охлаждения, питания, смесеобразования и т. д.

Полная структура описания способов работы двигателей и конструкций механизмов отображена в МПК (международном патентном классификаторе).

Конструкции двигателей постоянно меняются в зависимости от требований к ним.

Основным критерием при конструировании и производстве двигателей вплоть до 70-х годов XX в. оставалось стремление к повышению литровой мощности, а следовательно, и к получению наиболее компактного двигателя. После нефтяного кризиса 1970–1980 гг. основным требованием стало получение максимальной экономичности. Последние 10–15 лет XX в. главными критериями для любого двигателя стали постоянно растущие требования и нормы по экологической чистоте двигателей и, прежде всего, по коренному снижению токсичности отработавших газов при обеспечении хорошей экономичности и высокой мощности.

Наибольшее применение получил кривошипно-шатунный механизм (рис. 2.4). Он преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала при помощи шатуна.

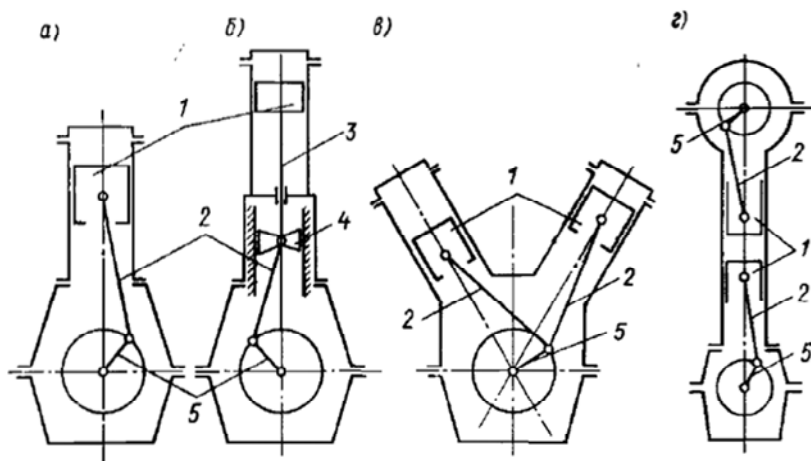


Рис. 2.4. Варианты исполнения кривошипно-шатунного механизма:
а – центральный КШМ; *б* – кресткопфный механизм;
в – V-образный; *г* – 2-хвальный с общей камерой сгорания;
1 – поршень; *2* – шатун; *3* – шток; *4* – направляющая; *5* – кривошип

3. МЕХАНИЗМЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

3.1. Кривошипно-шатунный механизм (КШМ)

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) служит для преобразования прямолинейного возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

КШМ состоит из неподвижных и подвижных деталей. Группу неподвижных деталей составляют блок цилиндров, головки цилиндров, гильзы, вкладыши, крышки коренных подшипников. В группу подвижных деталей входят поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, шатуны, коленчатый вал с маховиком.

Неподвижные детали КШМ.

Блок цилиндров является базовой деталью (остовом) двигателя (рис. 3.1). На нем устанавливаются все основные механизмы и системы двигателя.

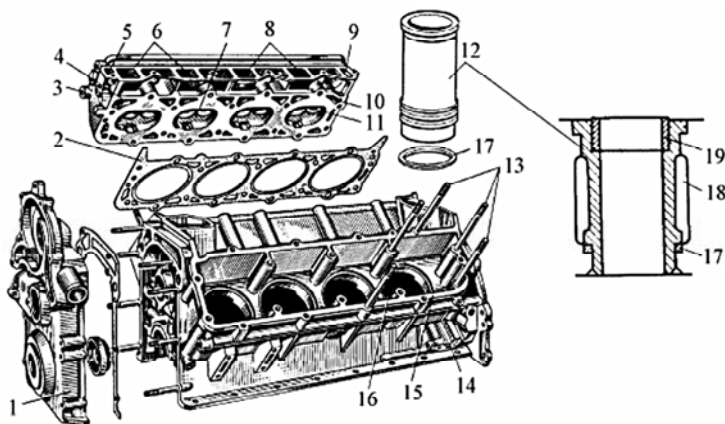


Рис. 3.1. Неподвижные детали кривошипно-шатунного механизма V-образного двигателя:

- 1 – крышка блока зубчатых колес ГРМ; 2 – сталеасбестовая прокладка;
- 3 – головка блока цилиндров; 4, 10 – входные отверстия водяной рубашки;
- 5, 9 – выходные отверстия водяной рубашки; 6, 8 – каналы для подачи горючей смеси; 7 – камера сгорания; 11 – седло клапана; 12 – мокрая гильза; 13 – шпильки крепления; 14 – верхняя часть; 15 – блок цилиндров; 16 – гнезда гильз;
- 17 – резиновое уплотнительное кольцо; 18 – водяная рубашка; 19 – вставка

В автотракторных многоцилиндровых двигателях с жидкостным охлаждением все цилиндры выполняются в виде общей отливки, которая и называется блоком цилиндров. Такая конструкция обладает наиболее высокой жесткостью и хорошей технологичностью. С отдельными цилиндрами в настоящее время выполняются только двигатели воздушного охлаждения.

Блок цилиндров работает в условиях значительного (до 2000 °С) и неравномерного нагрева и давления (9,0...10,0 МПа). Чтобы противостоять действию значительных силовых и температурных нагрузок, блок цилиндров должен обладать высокой жесткостью, обеспечивающей минимальные деформации всех его элементов, гарантировать герметичность всех полостей (цилиндры, рубашка охлаждения, каналы и т. д.), иметь высокий срок службы, простую и технологичную конструкцию.

Для изготовления блока цилиндров применяют серый или легированный чугун, а также алюминиевые сплавы. Наиболее предпочтительным материалом для изготовления блока цилиндров в настоящее время является чугун, т. к. он дешев, обладает большой прочностью и слабо поддается температурным деформациям. Иногда блок цилиндров отливают из высокопрочного хромомедного чугуна.

Существенным недостатком блоков из алюминиевых сплавов является их повышенное тепловое расширение и относительно невысокие механические качества.

Расположение цилиндров может быть однорядным (вертикальным или наклонным), двухрядным или V-образным, с углом развала между цилиндрами 60°, 75°, 90°. Двигатели с углом развала 180° называются оппозитными. V-образная компоновка получила широкое распространение, так как обеспечивает большую компактность и меньшую удельную массу двигателя.

На двигателях с однорядным расположением цилиндров их нумеруют, начиная с переднего. На V-образных двигателях вначале присваивают номера правому ряду цилиндров, начиная с переднего, а затем маркируют левый ряд. Цилиндр в большинстве автотракторных двигателей выполняется в виде гильз, устанавливаемых в блок. Гильзы по способу установки делятся на сухие и мокрые.

Мокрые гильзы, омываемые снаружи охлаждающей жидкостью, обеспечивают лучший теплоотвод. Герметичность мокрой гильзы обеспечивают уплотнением нижней части резиновым кольцом 17

(рис. 3.1) и установкой медной прокладки под верхним буртиком. Применение мокрых гильз улучшает отвод от цилиндров избыточного тепла, однако снижает жесткость блока цилиндров.

Сухие гильзы используются преимущественно в двухтактных двигателях, где применение мокрых гильз затруднительно.

Гильза воспринимает высокое давление рабочих газов, имеющих значительную температуру. Поэтому гильзы изготавливают, как правило, из ковкого легированного чугуна или хромомарганцевого чугуна методом центробежного литья, хорошо противостоящего эрозионному и абразивному износу. Внутренняя поверхность гильзы – зеркало цилиндра – тщательно обработана. Иногда зеркало цилиндра покрывается плазменным керамическим напылением на основе двуокиси циркония.

Поскольку условия работы верхней части гильзы наиболее тяжелые, а изнашивается она наиболее интенсивно, в современных двигателях равномерность износа цилиндров по высоте обеспечивается короткими вставками 19 (рис. 3.1) из противокоррозийного высоколегированного аустенитного чугуна.

Головка цилиндров 3 (рис. 3.1) служит для размещения камер сгорания, впускных и выпускных клапанов, свечей зажигания или форсунок. В процессе работы двигателя головка цилиндров подвергается воздействию высоких температур и давлений. Нагрев отдельных частей головки неравномерен, т. к. одни из них соприкасаются с продуктами сгорания, имеющими температуру до 2500 °С, а другие омываются охлаждающей жидкостью. Основные требования к конструкции головки цилиндров – высокая жесткость, исключающая деформации от механических нагрузок и коробление при рабочих температурах, простота, технологичность конструкции и небольшая масса.

Головка цилиндров выполняется отливкой из серого легированного чугуна, хромомолибденового чугуна или алюминиевого сплава. Часто на поверхности камер сгорания, впускных и выпускных каналов наносится плазменное керамическое покрытие на основе двуокиси циркония. Выбор материала зависит от типа двигателя. В карбюраторных двигателях, где сжимается горючая смесь, предпочтение отдается более теплопроводным алюминиевым сплавам, т. к. это обеспечивает бездетонационную работу. В дизельных двигателях, где сжимается воздух, головка цилиндров из чугуна способствует повышению температуры стенок камер сгорания, что

улучшает протекание рабочего процесса, особенно при запуске в холодное время.

Головки цилиндров могут выполняться индивидуальными или общими.

Индивидуальные головки, как правило, применяют в двигателях воздушного охлаждения. В большинстве двигателей, имеющих жидкостное охлаждение, применяют общие головки для каждого ряда цилиндров. В некоторых случаях, при большой длине блока цилиндров, применяют головки для группы цилиндров.

У карбюраторных двигателей и у некоторых типов дизелей обычно камеры сгорания располагают в головках цилиндров. Форма и расположение камер сгорания, впускных и выпускных каналов являются важным конструктивным параметром, определяющим мощностные и экономические показатели двигателей. Форма камеры сгорания должна обеспечивать наилучшие условия для наполнения цилиндра свежим зарядом, полное и бездетонационное сгорание смеси, а также хорошую очистку цилиндра от продуктов сгорания.

Подвижные детали КШМ.

Поршень (рис. 3.2, а) воспринимает давление газов и передает его через поршневой палец и шатун на коленчатый вал.

Наряду с этим, в двухтактных двигателях поршень выполняет роль золотника механизма газораспределения. Поршни работают в весьма тяжелых условиях: они испытывают воздействие горячих газов и воспринимают большие динамические нагрузки. В связи с тяжелыми условиями работы поршень должен обладать высокой прочностью, небольшой массой, хорошей теплопроводностью и износостойкостью.

Для современных двигателей, работающих с большой частотой вращения коленчатого вала и с большими нагрузками, наиболее полно этим требованиям отвечают поршни, изготовленные из алюминиевого сплава или из высококремнистого алюминиевого сплава с содержанием кремния 12 %. Для тихоходных двигателей поршни изготавливают из чугуна. Иногда в алюминиевых поршнях под верхнее компрессионное кольцо используются нерезистовые вставки. Возможно покрытие днища поршня плазменным напылением составами на основе двуокиси циркония. Алюминиевые поршни дизельных двигателей могут иметь камеру сгорания с анодированными кромками.

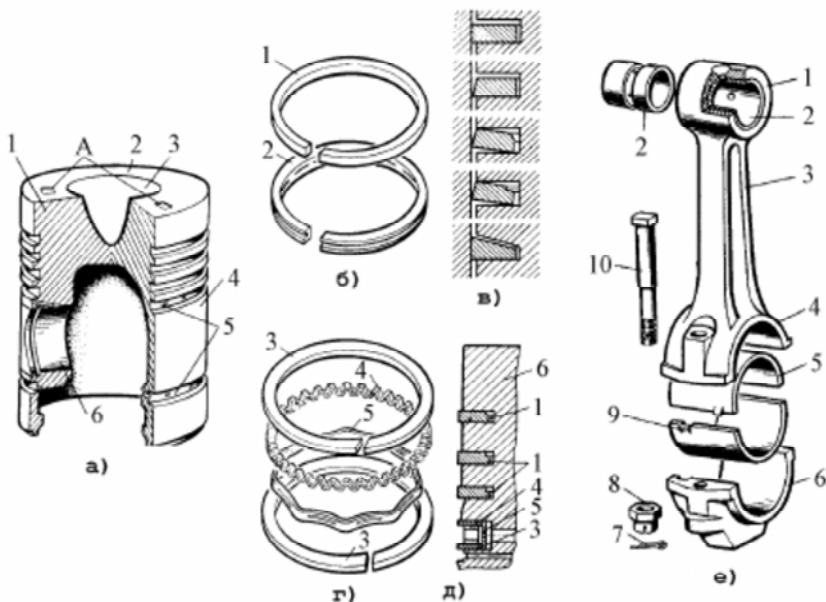


Рис. 3.2. Подвижные детали КШМ:

- a)* поршень: 1 – головка; 2 – днище; 3 – камера сгорания;
 4 – юбка (направляющая часть); 5 – канавки; 6 – бобышка; А – метка;
б) внешний вид поршневых колец; *в)* формы сечения компрессионных колец;
г) составное маслосъемное кольцо; *д)* расположение колец на поршне:
 1 – компрессионные кольца; 2 – маслосъемное кольцо; 3 – плоские стальные
 кольца; 4 – осевой расширитель; 5 – радиальный расширитель; 6 – поршень;
е) шатун: 1 – верхняя головка шатуна; 2 – втулка верхней головки;
 3 – стержень шатуна; 4 – нижняя головка шатуна; 5 – вкладыш шатунного
 подшипника; 6 – крышка нижней головки шатуна; 7 – шплинт; 8 – корончатая
 гайка; 9 – фиксирующий усик вкладыша; 10 – шатунный болт

Применение поршней из алюминиевых сплавов дает возможность снизить конструкционную массу и, следовательно, силы инерции на 20...30 % по сравнению с чугунными. Наряду с этим поршни из алюминиевого сплава имеют и недостатки: меньшую механическую прочность, повышенный износ, больший коэффициент линейного расширения (в 2...2,5 раза).

Поскольку поршень непосредственно охлаждаться не может, он нагревается значительно сильнее, чем охлаждаемая гильза. Для предотвращения заклинивания поршня его устанавливают в цилиндр с зазором. Поскольку днище и головка поршня нагреваются

интенсивнее, чем юбка, зазор между цилиндром и головкой делают большим. Иногда для обеспечения охлаждения поршня используются специальные форсунки в смазочной системе, которые подают и разбрызгивают масло на внутреннюю поверхность поршня.

Конструкция и размеры поршня определяются главным образом величиной и скоростью нарастания давления газов, и быстроходностью двигателя.

Поршни дизелей имеют более массивную и жесткую конструкцию, большее число поршневых колец. Канавка под верхнее поршневое кольцо может быть армирована залитым в поршень кольцевым держателем. На дизельных двигателях с турбонаддувом могут использоваться армированные бронзовыми втулками отверстия под поршневой палец в бобышках.

В практике моторостроения для повышения прочностных параметров поршня его изготавливают составным – стальная головка и алюминиевый корпус. Компрессионные кольца располагаются в канавках головки поршня, а маслосъемные – в канавке корпуса на стыке со стальной головкой.

На долговечность поршня и бесшумность его работы большое влияние оказывает размещение оси поршневого пальца. С целью обеспечения одинаковых условий работы поршня при различных направлениях его движения ось поршневого пальца несколько смещают вниз и располагают на высоте 0,64...0,68 рабочей высоты юбки. Чтобы избежать стуков при переходе через мертвые точки, ось поршневого пальца смещают на 1,4...1,6 мм от оси поршня в сторону действия боковой силы при рабочем ходе (противоположную направлению вращения).

На дизельных двигателях с турбонаддувом, как правило, используются поршни, в которых предусмотрены три канавки под компрессионные кольца и одна канавка под маслосъемное кольцо с никелевыми износостойкими вставками.

Поршневой палец служит для шарнирного соединения поршня с шатуном. Для уменьшения массы и снижения сил инерции его делают пустотелым. Поршневой палец работает под воздействием ударных нагрузок, переменных по величине и направлению, подвергается изгибу и истиранию. Чтобы противостоять этим нагрузкам, поршневой палец должен иметь мягкую сердцевину и твердую поверхность. Этим требованиям удовлетворяют поршневые пальцы,

изготовленные из углеродистой или малолегированной стали. Их подвергают термической обработке – цементации на глубину 0,5...1,0 мм, с последующей поверхностной закалкой токами высокой частоты на глубину 1,0...1,5 мм. Наружную поверхность пальца шлифуют и полируют.

Подавляющее распространение на современных двигателях получили плавающие поршневые пальцы, которые могут проворачиваться как в верхней головке шатуна, так и в бобышках поршня. Такая конструкция обеспечивает более равномерный износ сопряжения. Осевая фиксация поршневого пальца осуществляется стопорными пружинными кольцами, устанавливаемыми в бобышках поршня.

Поршневые компрессионные кольца (рис. 3.2, б) служат для герметизации надпоршневого пространства и предотвращают прорыв газов в картер двигателя. Поршневое кольцо представляет собой криволинейный брус, имеющий в свободном состоянии вырез. При установке в цилиндр кольцо сжимается и благодаря своей упругости прижимается наружной поверхностью к зеркалу цилиндра. Уплотняющее действие поршневых колец тем лучше, чем больше их число. В карбюраторных двигателях устанавливают на поршне 2–3 компрессионных кольца, в дизельных – 3–4.

Самым распространенным материалом для изготовления поршневых компрессионных колец является легированный чугун. Чугунные поршневые кольца получают из индивидуально отлитых заготовок. Однако качество литых чугунных колец не полностью удовлетворяет современным требованиям.

В настоящее время часто применяют стальные кольца. Более перспективными являются кольца из металлокерамических материалов, обладающие большей износостойкостью. Поэтому все чаще используются компрессионные кольца из модифицированного чугуна или с твердым хромовым покрытием.

В процессе работы двигателя компрессионные кольца попеременно прижимаются к верхней и нижней кромкам канавок поршня и действуют как насос, стремясь перекачивать масло со стенок цилиндра в камеру сгорания. Поэтому на поршнях устанавливают, кроме компрессионных, маслоъемные кольца (рис. 3.2, з). Они снимают масло со стенок цилиндра, направляя его обратно в картер двигателя. Длительное время маслоъемные кольца изготавливались из чугуна. В настоящее время широкое распространение получили

стальные составные маслосъемные кольца. Обладая гибкостью, от-носительной подвижностью элементов и высоким давлением на стенки цилиндра, стальное кольцо хорошо приспособляется к поверхности цилиндра, имеющего искаженную форму (вследствие износа) и обеспечивает хорошее распределение масла по поверхности цилиндра как в новом, так и в изношенном двигателе.

На современных дизельных двигателях помимо компрессионных и маслосъемных колец часто используются еще жаростойкие кольца, расположенные в канавках головки поршня выше компрессионных колец.

Шатун (рис. 3.2, *e*) обеспечивает шарнирную связь прямолинейно движущегося поршня с вращающимся коленчатым валом. Он передает от поршня к коленчатому валу силу давления газов при рабочем ходе. Шатун совершает сложное плоскопараллельное движение: возвратно-поступательное вдоль оси цилиндра и качательное относительно оси поршневого пальца. Шатун испытывает значительные знакопеременные нагрузки, действующие по его продольной оси. Во время рабочего хода сила давления газов сжимает шатун. Силы инерции стремятся оторвать поршень от коленчатого вала и растягивают шатун. Наряду с этим качательное движение вызывает знакопеременные силы инерции, изгибающие шатун в плоскости его качания.

Указанные условия работы предъявляют к конструкции шатуна следующие требования: высокая жесткость; достаточная усталостная прочность; небольшая масса; простота и технологичность. Габаритные размеры нижней головки шатуна не должны препятствовать его проходу через цилиндр при сборке двигателя.

Основными элементами шатуна являются верхняя 1 (неразъемная) и нижняя 4 (разъемная) головки и соединяющий их стержень 3. В верхнюю головку шатуна устанавливаются бронзовые втулки 2, обладающие высокой износостойкостью и сопротивляемостью усталостным разрушениям. В нижнюю головку шатуна устанавливаются тонкостенные шатунные вкладыши 5. Шатуны для карбюраторных двигателей изготавливают ковкой из углеродистой или легированной стали. В дизельных двигателях шатуны работают при больших динамических нагрузках, поэтому для их изготовления требуются высоколегированная сталь и увеличенные сечения элементов (утяжеление конструкции).

Коленчатый вал (рис. 3.3) воспринимает усилия от шатунов и преобразует их в крутящийся момент. Коленчатый вал является наиболее напряженной деталью КШМ. Он подвергается растяжению, сжатию, изгибу, скручиванию, срезу, поверхностному трению, продольным и поперечным деформациям. При этом нагрузки носят динамический характер и достигают значительных величин.

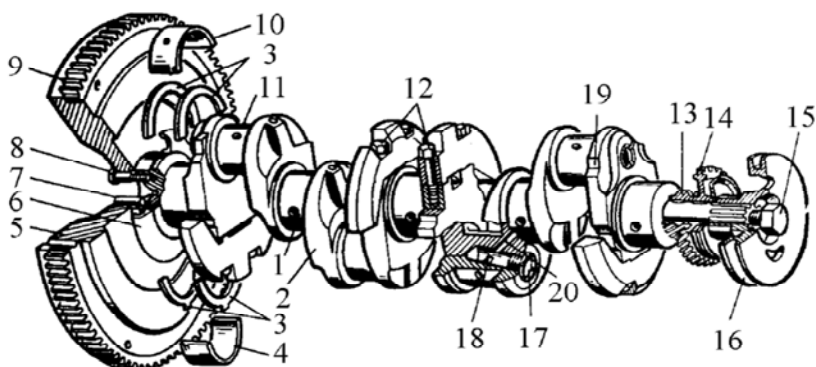


Рис. 3.3. Коленчатый вал рядного двигателя:

- 1 – коренная шейка; 2 – щека; 3 – упорные полукольца;
- 4 – нижний вкладыш коренного подшипника; 5 – маховик; 6 – маслоотражатель;
- 7 – установочный штифт; 8 – болт крепления маховика; 9 – зубчатый венец;
- 10 – верхний вкладыш коренного подшипника; 11 – шатунная шейка;
- 12 – противовесы; 13 – шестерня коленчатого вала;
- 14 – ведущая шестерня привода масляного насоса; 15 – болт; 16 – шкив;
- 17 – пробка; 18 – канал для чистого масла; 19 – место клеймения
- размерной группы шеек коленчатого вала;
- 20 – канал подвода масла в полость шатунной шейки

Исходя из условий работы, характера и величины нагрузок, коленчатый вал должен удовлетворять следующим требованиям: обладать статической и динамической уравновешенностью; быть достаточно жестким и долговечным при небольшой массе; иметь высокую усталостную прочность; быть устойчивым к вибрации и крутильным колебаниям; иметь точные размеры и высокую износостойкость трущихся поверхностей (коренных и шатунных шеек, которые закаляют токами высокой частоты).

Коленчатые валы изготавливают ковкой или штамповкой из углеродистой или низколегированной (хромисто-молибденовой) стали.

В последние годы получают распространение литые валы из магниевого чугуна. Они имеют меньшую массу и дешевле, чем кованные. Валы подвергаются термической обработке – закалке и отпуску. Шейки коленчатого вала закаливают токами высокой частоты на глубину 3...4 мм, шлифуют и полируют.

Коленчатый вал имеет коренные I и шатунные II шейки, соединенные друг с другом при помощи щек 2. Коренные шейки выполняются одинаковыми по диаметру. Шатунная шейка со смежными щеками составляет колено, кривошип вала. Все шатунные шейки по длине и диаметру одинаковы.

В автотракторных двигателях коленчатые валы могут вращаться в подшипниках качения и скольжения. Подшипники качения обеспечивают уменьшение потерь на трение, что значительно облегчает запуск двигателя в холодное время.

Однако в многоцилиндровых двигателях конструкция блока цилиндров и коленчатого вала с подшипниками качения значительно усложняется. Поэтому чаще всего используются подшипники скольжения.

Коренные подшипники скольжения выполняют в виде тонкостенных стальных вкладышей 10 (полуколец), которые устанавливаются в расточках блока цилиндров. На внутреннюю поверхность вкладыша наносится слой из антифрикционного сплава, состав и свойства которого зависят от степени нагруженности. В настоящее время широко применяются сталеалюминиевые вкладыши, обладающие высокой усталостной прочностью и хорошими противокоррозийными качествами. Сталеалюминиевые вкладыши широко применяются на современных V-образных карбюраторных двигателях и обеспечивают им достаточно высокий межремонтный срок службы.

В дизельных двигателях, имеющих повышенную нагрузку на подшипники, применяются стальные трехслойные вкладыши – антифрикционный сплав из свинцовистой бронзы, никелевый подслоя и антикоррозионное покрытие. На дизельных двигателях с турбонаддувом возможно применение составных вкладышей, одна половинка которых снабжена канавками со стороны крышки коренного подшипника. Это обеспечивает хорошую поглощающую способность рабочей поверхности. Часто применяются вкладыши с рабочей поверхностью, которая подвергнута катодному напылению со ставами, повышающими работоспособность.

Крышки коренных подшипников выполняются из высокопрочного чугуна, соединяются с блоком цилиндров вертикальными и горизонтальными болтами, чем достигается высокая конструкционная жесткость и надежность крепления коленчатого вала.

Маховик 5 устанавливают на задний конец коленчатого вала для уменьшения неравномерности работы двигателя и выведения поршней из мертвых точек. В многоцилиндровых двигателях рабочие ходы протекают с частичным перекрытием, что обеспечивает хорошую равномерность и позволяет кривошипному механизму проходить мертвые точки без помощи маховика. В этих случаях маховик обеспечивает плавную работу двигателя на малой частоте вращения, облегчает трогание машины и способствует пуску двигателя.

Маховик отливают из серого чугуна и крепят к фланцу коленчатого вала болтами 8. На обод маховика напрессовывают стальной зубчатый венец 9, служащий для пуска двигателя от стартера.

На торцевой поверхности маховика наносят метки, соответствующие ВМТ и моменту зажигания. Этими метками пользуются при установке зажигания или впрыска, а также при проведении различных регулировок. В сборе с коленчатым валом маховик должен быть динамически сбалансирован.

3.2. Газораспределительный механизм (ГРМ)

Газораспределительный механизм (ГРМ) служит для впуска в цилиндры горючей смеси (карбюраторные и газовые двигатели) или воздуха (дизельные двигатели) и выпуска отработавших газов в соответствии с принятым порядком работы цилиндров и фазами газораспределения. Принятый порядок работы цилиндров может быть осуществлен при помощи золотникового или клапанного механизмов газораспределения.

Золотниковый ГРМ позволяет получить больший коэффициент наполнения, уменьшить вероятность возникновения детонации и шума при работе. Но из-за конструктивной, производственной и эксплуатационной сложности уступает клапанному и находит ограниченное применение на гоночных машинах.

В автотракторных четырехтактных двигателях массового производства широкое применение получил клапанный газораспределительный механизм (рис. 3.4 и 3.5). Верхнеклапанный газораспреде-

лительный механизм двигателя состоит из следующих основных деталей (рис. 3.5): распределительного вала 14, распределительных шестерен 15 и 16, толкателя 13, штанги толкателя 12, коромысла 7, клапана 3 с пружинами 6 и направляющей втулки 5 клапана.

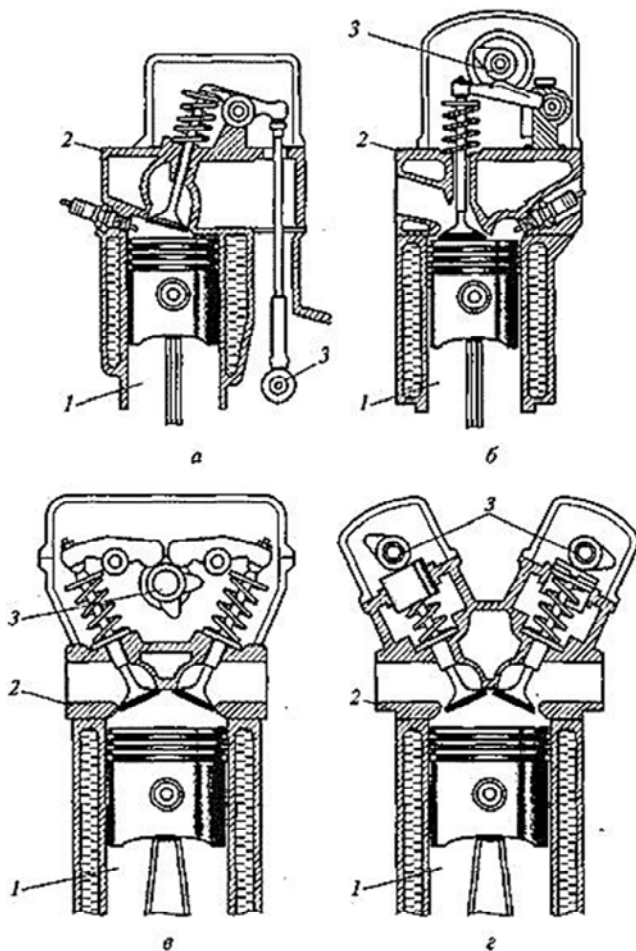


Рис. 3.4. Схемы приводов клапанов газораспределительного механизма:
а – штанговый привод; *б* – привод через коромысло;
в – привод одним кулачковым валом; *г* – привод двумя кулачковыми валами;
1 – цилиндропоршневая группа; *2* – головка цилиндра;
3 – кулачковый вал с коромыслами

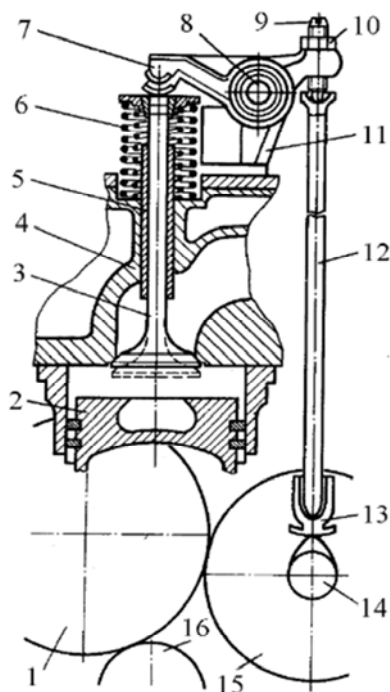


Рис. 3.5. Схема распределительного механизма с верхним расположением клапана и нижним распредвала:

- 1 – промежуточная шестерня; 2 – поршень; 3 – клапан;
 4 – головка цилиндра; 5 – направляющая втулка; 6 – пружины клапана;
 7 – коромысло; 8 – ось коромысла; 9 – регулировочный винт;
 10 – контргайка; 11 – стойка валика коромысла; 12 – штанга; 13 – толкатель;
 14 – распределительный вал; 15, 16 – шестерни распределительного вала

В зависимости от расположения клапанов механизм может быть выполнен: 1) с клапанами, расположенными в головке цилиндров, – верхнее подвесное расположение клапанов – OHV (over head valves); 2) с клапанами, расположенными в блоке цилиндров, – нижнее боковое расположение клапанов – SV (sidevalves); 3) с клапанами, в головке цилиндров и верхнем расположении распределительного вала или валов – ОНС (over head camshaft) или DOHC – (double over head camshaft).

Верхнее расположение клапанов широко применяется на карбюраторных, газовых и дизельных двигателях. Расположение клапанов

в значительной мере определяет форму камеры сгорания. Форма камеры сгорания существенно влияет на наибольшее значение допустимой степени сжатия и характер протекания процесса сгорания (жесткость работы двигателя).

При верхнем расположении клапанов (рис. 3.5) камера сгорания более компактна, а это понижает тепловые потери и, следовательно, повышает КПД; она имеет плавные очертания и поэтому оказывает сравнительно небольшое сопротивление при впуске, от чего повышается коэффициент наполнения. В такой камере меньше вероятность появления очагов детонационного сгорания, а следовательно, допустима более высокая степень сжатия (карбюраторные двигатели), облегчен доступ для регулировки во время эксплуатации. Двигатели с верхним расположением клапанов развивают несколько большую мощность и более экономичны, чем нижнеклапанные. Кроме того, верхнеклапанные двигатели допускают форсировку путем увеличения степени сжатия. Это подтверждается опытными данными. Недостатки двигателей с верхним расположением клапанов: большой вес деталей и большие силы инерции механизма, большое число деталей, усложненная конструкция головки блока. Распределительный вал (рис. 3.6, *a*) обеспечивает своевременное открытие и закрытие клапанов. Вал имеет впускные и выпускные кулачки, расположенные в определенном порядке, опорные шейки, шестерню привода масляного насоса и распределителя зажигания, а также эксцентрик для привода бензонасоса (у карбюраторных двигателей).

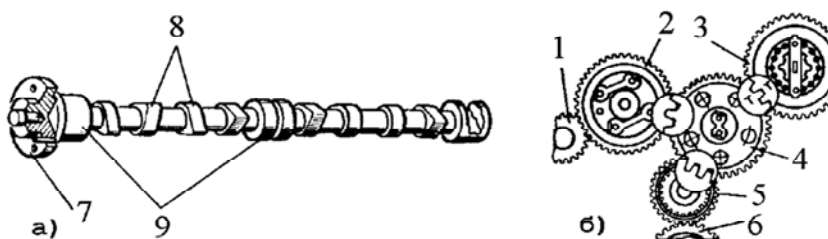


Рис. 3.6. Детали распределительного механизма:
a – газораспределительный вал; *b* – распределительные шестерни;
 1 – шестерня привода насоса гидросистемы; 2 – шестерня привода топливного насоса; 3 – шестерня привода распределительного вала;
 4 – промежуточная шестерня; 5 и 6 – ведущая и ведомая шестерни масляного насоса; 7 – фланец; 8 – кулачки; 9 – опорные шейки

Размер и профиль кулачков вала выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить наибольшую пропускную способность клапана и плавную, безударную работу ГРМ. Валы штампуют из стали. Кулачки и шейки подвергают закалке для повышения износостойкости. Применяются также литые чугунные валы.

Опорными шейками распределительный вал вращается во втулках, запрессованных в перегородках блока. В качестве антифрикционного материала для втулок используются баббиты, металлокерамика и бронза. Осевая фиксация распределительного вала осуществляется обычно упорным фланцем, привинченным к блоку.

Распределительный вал приводится во вращение от коленчатого вала при помощи зубчатой (большинство автомобилей) или цепной (легковые автомобили) передачи. Для этого на конце коленчатого и распределительного валов закрепляют распределительные шестерни (рис. 3.6, б). Для обеспечения бесшумности и плавности работы шестерни изготавливают косозубыми. Шестерню коленчатого вала делают из стали, а шестерню распределительного вала – из чугуна или текстолита. Соотношение числа зубьев шестерен у четырехтактных двигателей 1:2 (у двухтактных 1:1).

У дизельных двигателей расстояние между осями коленчатого и распределительного вала обычно увеличено. В связи с этим в привод включается дополнительно промежуточная распределительная шестерня. Для правильной установки газораспределения при сборке двигателя на шестернях наносят установочные метки.

Толкатели 13 (рис. 3.5) служат для передачи усилия от кулачков распределительного вала на штангу или клапан, разгружая клапаны и их направляющие от боковых усилий. Применяются следующие типы толкателей: плоские грибовидные, цилиндрические, роликовые. Их изготавливают из стали или чугуна, а термической обработкой придают рабочим поверхностям высокую твердость.

Для устранения одностороннего износа боковой поверхности толкатели устанавливают таким образом, чтобы при набегании кулачка он поворачивался вокруг своей оси. Для этого немного смещают ось толкателя относительно середины кулачка по длине или делают торцовую поверхность толкателя слегка выпуклой, а кулачкам придают небольшую конусность. На V-образных дизельных двигателях применяют толкатели рычажного типа с роликами, установленными на оси на игольчатых подшипниках.

Штанга 12 (рис. 3.5) служит для передачи усилия от толкателя к коромыслу. Изготавливается из прутков стали, толстостенных стальных или дюралюминиевых трубок с закрепленными по концам стальными сферическими наконечниками: выпуклыми снизу, вогнутыми сверху.

Коромысла 7 (рис. 3.5) – это неравноплечие рычаги, передающие движение от штанг к клапанам. Изготавливаются из стали или ковкого чугуна и устанавливаются на бронзовых втулках (или без втулок) на пустотелых осях 8, закрепленных на головке блока. Конец коромысла, соприкасающийся со стержнем клапана, имеет специальный профиль для снижения боковых усилий на стержне клапана и закален. В другой конец коромысла ввернут регулировочный винт 9, закрепленный контргайкой 10.

Клапаны (рис. 3.7) служат для закрытия впускных и выпускных каналов в головке. Во время работы двигателя клапаны подвержены действию высоких давлений (до 10 МПа) и температур. Температура впускных клапанов, периодически омываемых свежим зарядом, составляет 300...400 °С, а выпускных, омываемых горячими отработанными газами, – 800...900 °С. Кроме того клапаны подвергаются химическому воздействию горячих газов, вызывающих коррозию и появление окалины, динамическим нагрузкам, возникающим при посадке его в седло. Возникающие ударные нагрузки могут вызвать деформацию тарелки клапана или разрыв его стержня. Температурные условия работы стержня клапана и тарелки различны, особенно у выпускных клапанов.

Впускные клапаны изготавливают из различных сортов легированной стали, преимущественно из хромистой и хромоникелевой, и подвергают термической обработке. Во избежание быстрого выгорания выпускные клапаны изготавливают из особой жароупорной стали (силхромовой), наиболее полно отвечающей всем требованиям. В некоторых двигателях выпускные клапаны делают составными: тарелку клапана изготавливают из силхромовой стали, а стержень – из хромистой или хромоникелевой, и обе части соединяют сваркой. Для лучшего охлаждения иногда применяют выпускные клапаны со стержнем, заполненным металлическим натрием.

Опорная, уплотняющая поверхность тарелки клапана (фаска) обычно имеет угол при основании 45° у выпускных и 30° – у впускных и тщательно притирается к седлу в головке цилиндров. В целях

повышения надежности уплотнения фаски выпускных клапанов наплавляют жаростойким сплавом, а седла клапанов делают вставными, из высокопрочного и жаростойкого материала. Стержни клапанов иногда имеют покрытие из твердого хрома.

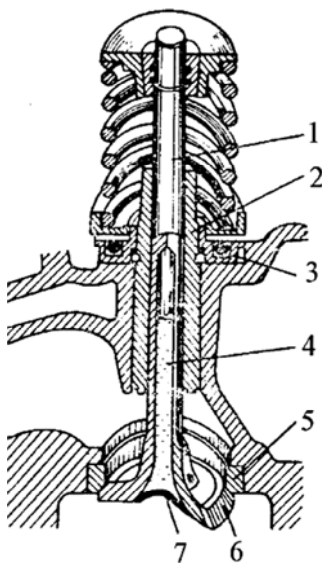


Рис. 3.7. Выпускной клапан:

- 1 – стержень клапана; 2 – направляющая втулка;
- 3 – механизм вращения; 4 – полость с натрием; 5 – седло;
- 6 – жаропрочная наплавка фаски клапана; 7 – заглушка

Стержень клапана имеет цилиндрическую форму и с малым зазором перемещается в металлокерамических (реже – чугунных) направляющих втулках. Для уменьшения износа иногда наружную поверхность стержня клапана графитизируют. Для повышения срока службы клапанов без притирки на двигателях применяют устройства для принудительного вращения выпускного клапана в виде специального механизма или за счет наклона бойка коромысла по отношению к торцу клапана. Обычно в каждый цилиндр двигателя устанавливают два клапана – впускной и выпускной. В целях повышения коэффициента наполнения впускные клапаны во многих двигателях имеют больший диаметр, чем выпускные. Кроме того, у карбюратор-

ных двигателей клапаны располагают наклонно относительно вертикальной оси цилиндров, отчего камера сгорания приобретает наиболее выгодные очертания (клиновья или полуклиновья).

Пружина клапана 5 (рис. 3.8) обеспечивает необходимую плотность посадки клапана в седло, воспринимает инерционные усилия и сохраняет на всех возможных режимах работы двигателя полную кинематическую связь клапана с кулачком. Применяются преимущественно спиральные пружины, имеющие цилиндрическую, а иногда и коническую форму с постоянным шагом навивки, реже с переменным шагом (для устранения вибраций). У двигателей с верхним расположением клапанов обычно устанавливают по две пружины противоположной навивки, что устраняет возможность проваливания клапана в цилиндр при поломке основной пружины. У быстроходных двигателей могут возникнуть резонансные колебания пружин, а, соответственно, и клапанов. Если установлено две пружины, то каждая из них будет иметь определенный период собственных колебаний. При попадании одной из пружин в резонанс вторая будет служить гасителем колебаний. Верхний конец пружины удерживается на стержне клапана с помощью опорной шайбы 6, закрепленной разрезными коническими сухариками 3, входящими в выточку на стержне. Материалом пружины служит специальная пружинная сталь. После навивки и термообработки пружины подвергают дробеструйной обработке (наклепу) для повышения срока службы.

Для устранения подсоса масла в цилиндр через зазоры в направляющей втулке впускного клапана под опорной шайбой иногда устанавливают защитные резиновые колпачки. При сборке газораспределительного механизма двигателя в кинематической цепи привода клапанов необходимо оставлять зазор для компенсации теплового удлинения и обеспечения надежной посадки клапана в седло. Размер зазоров указывается в заводской инструкции по эксплуатации двигателя и обычно составляет 0,15...0,45 мм. Большие зазоры всегда у выпускных клапанов.

Нормальный зазор, устанавливаемый между стержнем клапана и бойком коромысла, в процессе работы двигателя вследствие износа деталей может измениться. Поэтому тепловые зазоры необходимо периодически проверять и регулировать. Увеличение или уменьшение тепловых зазоров отрицательно сказывается на работе механизма газораспределения и двигателя в целом. При слишком больших зазо-

рах растут ударные нагрузки и увеличивается износ деталей привода клапанов. При очень малых зазорах не обеспечивается герметичность камеры сгорания, двигатель теряет компрессию и не развивает полной мощности. Клапаны в этом случае перегреваются, что может повлечь за собой прогорание рабочих фасок. Зазор контролируется плоским щупом. Регулировку производят путем вращения регулировочного винта в коромысле (рис. 3.9). Порядок регулировки тепловых зазоров указывается в заводской инструкции.

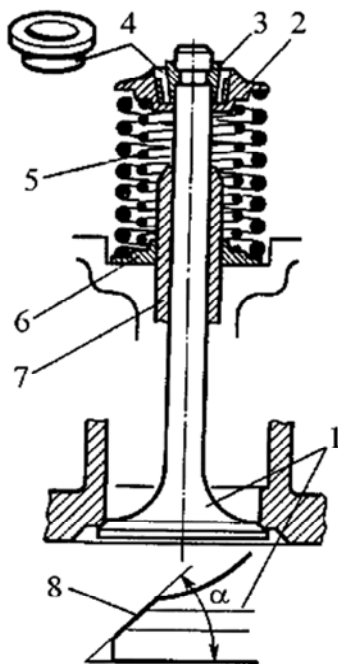


Рис. 3.8. Схема установки клапана:

- 1 – клапан; 2 – тарелка пружин; 3 – сухарики; 4 – втулка сухариков;
- 5 – пружины; 6 – опорная шайба пружин;
- 7 – направляющая втулка клапана; 8 – фаска клапана

Регулировка тепловых зазоров является достаточно трудоемкой операцией, требующей определенной квалификации и внимательности. Избежать частой регулировки клапанного механизма и сделать его работу более мягкой помогают гидрокомпенсаторы.

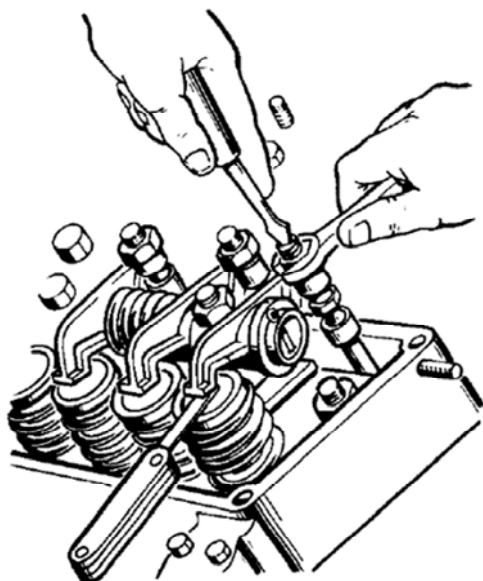


Рис. 3.9. Регулировка теплового зазора

Установлены они между стержнем клапана и кулачком газораспределительного вала или бойковой поверхностью коромысла. В процессе работы двигателя длина компенсатора автоматически изменяется на величину, равную тепловому зазору. Детали компенсатора перемещаются одна относительно другой под действием встроенной в него пружины и за счет подачи масла под давлением из системы смазки двигателя. Гидрокомпенсатор представляет собой корпус, внутри которого установлена подвижная плунжерная пара, состоящая, в свою очередь, из втулки и подпружиненного плунжера с шариковым клапаном (рис. 3.10). Корпусом может служить цилиндрический толкатель, часть головки блока цилиндров или элементы рычагов привода клапанов.

Плунжер 3 и втулка плунжера 4 составляют плунжерную пару – самый важный элемент гидрокомпенсатора. Зазор между втулкой и плунжером составляет 5–8 мкм. Этот зазор способствует свободному перемещению деталей относительно друг друга и позволяет сохранить герметичность соединения. В нижней части плунжера выполнено отверстие, которое закрывается обратным шариковым

клапаном 5. Между втулкой 4 и плунжером 3 установлена жесткая пружина 6.

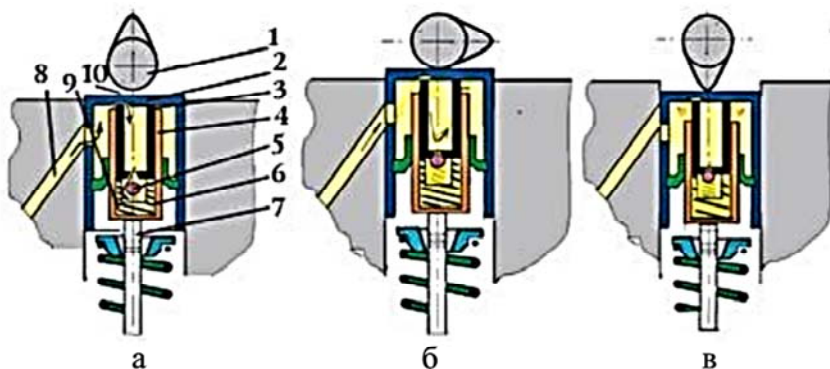


Рис. 3.10. Устройство гидрокомпенсатора теплового зазора клапанов ГРМ:

- 1 – распределительный вал с кулачками; 2 – корпус; 3 – плунжер;
- 4 – втулка плунжера; 5 – шариковый клапан; 6 – пружина плунжера;
- 7 – шток клапана; 8 – масляный канал системы смазки двигателя;
- 9 – полость под плунжером; 10 – тепловой зазор

Когда кулачок распределительного вала 1 располагается тыльной стороной к толкателю, между корпусом и распределительным валом остается тепловой зазор 10. Масло поступает в плунжер 3 через масляный канал из системы смазки (рис. 3.10, а). Одновременно с этим плунжер 3 под действием пружины 6 поднимается и компенсирует зазор 10, а в полость под плунжером через шариковый клапан 5 из системы смазки двигателя также попадает масло. По мере того как вал 1 поворачивается, кулачок начинает давить на толкатель и перемещает его вниз (рис. 3.10, б). Обратный шариковый клапан 5 в этот момент закрывается, и плунжерная пара начинает работать как жесткий элемент (масло можно считать несжимаемой жидкостью), передавая усилие на клапан (рис. 3.10, в). Небольшая часть масла, тем не менее, выдавливается из-под плунжера через зазор между ним и втулкой. Утечка компенсируется поступлением масла из системы смазки. Из-за нагревания деталей во время работы двигателя происходит некоторое изменение длины гидрокомпенсатора, но система сама автоматически компенсирует зазор, изменяя объем дополнительной порции масла.

У тракторных дизельных двигателей для облегчения проворачивания коленчатого вала при пуске холодного двигателя служит декомпрессионный механизм (рис. 3.11).

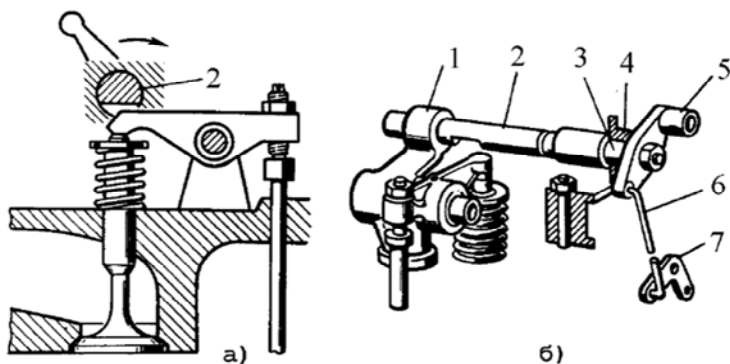


Рис. 3.11. Декомпрессионный механизм:

a – схема; *б* – устройство;

1 – стойка валика; 2 – валик; 3 – ось; 4 – корпус;
5 – рычаг с фиксатором; 6 – тяга; 7 – рукоятка

Этот механизм позволяет принудительно открыть на небольшую величину (0,75...1,25 мм) все клапаны и удерживать их в таком положении, тем самым снижая компрессию в цилиндрах двигателя на период пуска. Величина открытия клапанов определяется или глубиной лысок на валике 2 декомпрессионного механизма или положением регулировочных болтов. При включенном положении декомпрессионного механизма головки винтов на валиках 2 обращены вбок и не мешают нормальной работе распределительного механизма. Когда декомпрессор включают в работу, валики поворачиваются и головками винтов нажимают на длинные плечи коромысла, открывая клапаны. В рабочем положении валики декомпрессора фиксируются защелкой с пружиной.

В целях наиболее совершенной очистки цилиндров от продуктов горения и наибольшего наполнения цилиндров свежим зарядом продолжительность открытия выпускных и впускных клапанов стремятся по возможности увеличить. Продолжительность открытия клапанов, выраженную в углах поворота коленчатого вала, называют фазами распределения. Круговая диаграмма фаз газорас-

предела́ния приведена на рис. 3.12. Открытие впускного клапана у большинства двигателей осуществляется с некоторым опережением ($10...22^\circ$ раньше ВМТ). Это вызвано тем, что подъем клапана кулачком происходит постепенно, а для обеспечения значительного открытия впускного клапана к моменту создания в цилиндре разрежения (необходимого для интенсивного поступления свежего заряда) впускной клапан должен начать открываться раньше ВМТ.

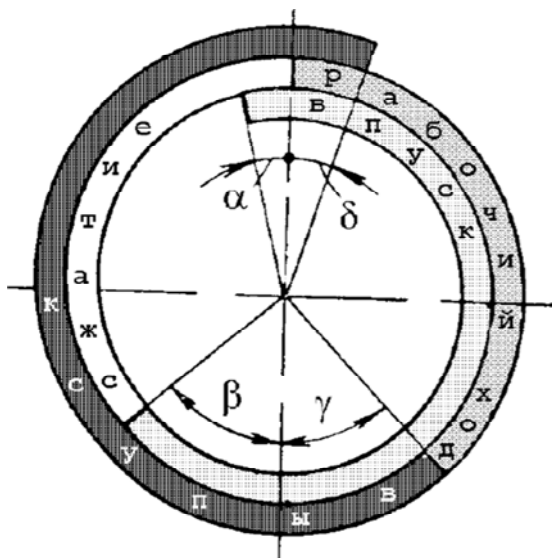


Рис. 3.12. Диаграмма фаз газораспределения

Закрытие впускного клапана у всех двигателей происходит со значительным опозданием – на $40...75^\circ$ позже НМТ. Связано это с тем, что во время впуска, когда поршень достиг НМТ, давление в цилиндре все еще меньше атмосферного. Поэтому заряд будет продолжать поступать в цилиндр до тех пор, пока давление в цилиндре не превысит давления во впускном коллекторе. Инерционный напор заряда будет способствовать поступлению тем активней, чем большее число оборотов совершает коленчатый вал. Значительное запаздывание закрытия впускного клапана дает возможность повысить коэффициент наполнения, так как продолжительность открытия впускного клапана составляет $220...270^\circ$.

Выпускной клапан открывается у всех двигателей со значительным опережением: $30...70^\circ$ до того, как поршень достигает НМТ. В момент открытия выпускного клапана отработавшие газы в цилиндре имеют давление $0,3...0,4$ МПа. Поэтому основная часть газов удаляется из цилиндра до НМТ. Дальнейшее удаление отработавших газов происходит при движении поршня от НМТ к ВМТ, при давлении $0,105...0,115$ МПа. На удаление газов затрачивается минимальная работа. Опережение открытия выпускного клапана создает условия для улучшения очистки цилиндра, а следовательно, способствует и лучшему наполнению цилиндра свежим зарядом.

Закрытие выпускного клапана происходит обычно с некоторым запаздыванием, равным $2...30^\circ$ после ВМТ. Это дает возможность улучшить очистку цилиндра, так как в момент прихода поршня в ВМТ давление газов в цилиндре еще превышает атмосферное. У некоторых двигателей выпускной клапан закрывается в ВМТ. Общая продолжительность открытия выпускного клапана составляет $220...270^\circ$.

Перекрытием клапанов называют некоторый промежуток времени, в течение которого открыты одновременно впускной и выпускной клапаны. При перекрытии клапанов потоки не перемешиваются и не происходит утечки свежего заряда с отработавшими газами из-за крайне небольшого времени перекрытия и незначительных проходных сечений клапанов: впускного в начале открытия и выпускного в конце закрытия.

Фазы газораспределения зависят от конструкции ГРМ, устанавливаются на заводе-изготовителе при сборке двигателя и на классических двигателях не могут изменяться в зависимости от режима работы двигателя. Для достижения оптимальных мощностных показателей двигателя на всех режимах его работы, снижения токсичности отработавших газов и расхода топлива на современных быстроходных двигателях используют специальные механизмы изменения фаз газораспределения.

4. СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Системы двигателей внутреннего сгорания предназначены для обеспечения долговременной циклической работы его механизмов путем поддержания расчетных параметров деталей, механизмов и процессов двигателя в заданном диапазоне.

4.1. Системы охлаждения

Системы охлаждения применяются воздушные (без промежуточного теплоносителя) и жидкостные (с промежуточным теплоносителем). Воздушное охлаждение применяется для двигателей небольшой мощности (до 10 кВт) или для двигателей, работающих в среде с гарантированным теплоотводом (авиация).

В автотракторных двигателях наибольшее распространение получили циркуляционные жидкостные двухконтурные системы, где теплоотвод осуществляется в воздух, а охлаждающая жидкость является промежуточным теплоносителем, циркулирующим по замкнутому контуру [1].

Термосифонная система жидкостной системы охлаждения (рис. 4.1).

Циркуляция жидкости происходит в результате разности ее плотностей из-за различной температуры. При нагревании плотность жидкости в рубашках 8 и 9 соответственно головки цилиндров и блок-картера уменьшается, и жидкость по патрубку 7 поднимается в верхний бак 4 радиатора. В сердцевине 1 радиатора жидкость, проходя по тонким трубкам, охлаждается, ее плотность повышается, и по патрубку 10 она поступает в рубашку 9 блок-картера, вытесняя жидкость с меньшей плотностью. Для улучшения охлаждения жидкости позади радиатора установлен вентилятор.

Такая система охлаждения конструктивно наиболее проста, недорога, но теплотехнически недостаточно эффективна. Возможны местные перегревы, малая скорость циркуляции жидкости. В связи с указанными недостатками в современных ДВС термосифонные системы охлаждения не применяются.

Термосифонной системой жидкостного охлаждения оборудованы пусковые двигатели П-10УД, П-350, П-23У.

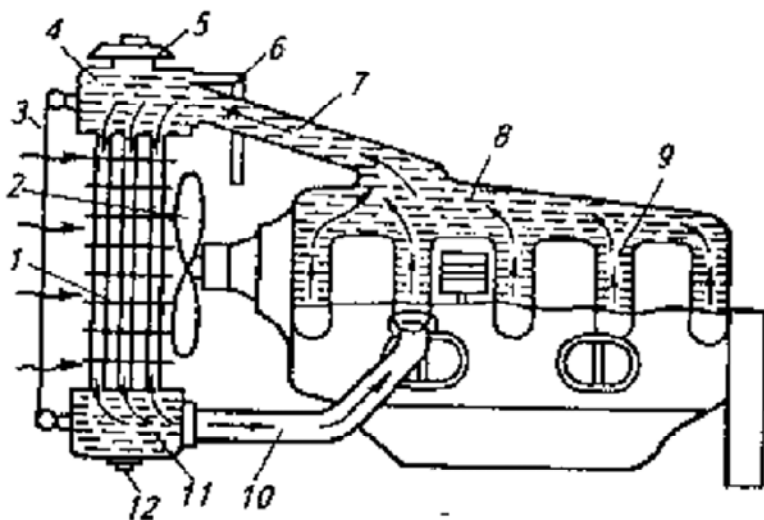


Рис. 4.1. Принципиальная схема термосифонной системы жидкостного охлаждения:

- 1 – сердцевина радиатора; 2 – вентилятор; 3 – шторка;
 4 – верхний бак радиатора; 5 – крышка заливной горловины;
 6 – паропроводная трубка; 7 – верхний патрубок;
 8 – рубашка головки цилиндров; 9 – рубашка блок-картера;
 10 – нижний патрубок; 11 – нижний бак радиатора;
 12 – пробка (кран) сливного отверстия

Системы с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости (рис. 4.2).

Эта система в настоящее время является одним из основных типов систем охлаждения автотракторных двигателей. В ней центробежный насос *б* нагнетает жидкость в рубашку *7* блок-картера и головки цилиндров двигателя, из которой нагретая жидкость вытесняется в радиатор *1*, охлаждается и по патрубку возвращается к насосу.

Интенсивность циркуляции жидкости и потока воздуха, создаваемого вентилятором *8* в системе с принудительной циркуляцией зависит главным образом от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Для регулирования теплового состояния двигателя используют различные устройства: термостат *3*, шторки и жалюзи спереди радиатора, вентилятор и муфта для его включения представлены также на рис. 4.3 и рис. 4.4.

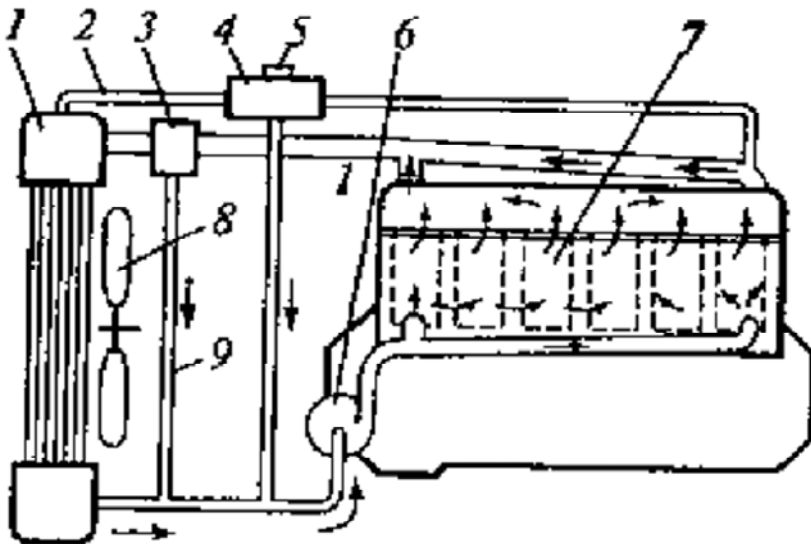


Рис. 4.2. Принципиальная схема циркуляционной системы жидкостного охлаждения:

- 1 – радиатор; 2 – паровоздушная трубка; 3 – термостат;
- 4 – расширительный бачок; 5 – пробка расширительного бачка;
- 6 – жидкостный насос; 7 – рубашка блока цилиндров;
- 8 – вентилятор; 9 – обводная магистраль

Современные системы охлаждения (рис. 4.5, 4.6) охлаждают нагреваемые в рабочем процессе детали и выполняют другие функции:

- охлаждают масло системы смазывания;
- охлаждают воздух, циркулирующий в системе турбонаддува;
- охлаждают отработавшие газы в системе их рециркуляции;
- охлаждают рабочую жидкость автоматической коробки передач;
- нагревают воздух, циркулирующий в системе вентиляции, отопления и кондиционирования.

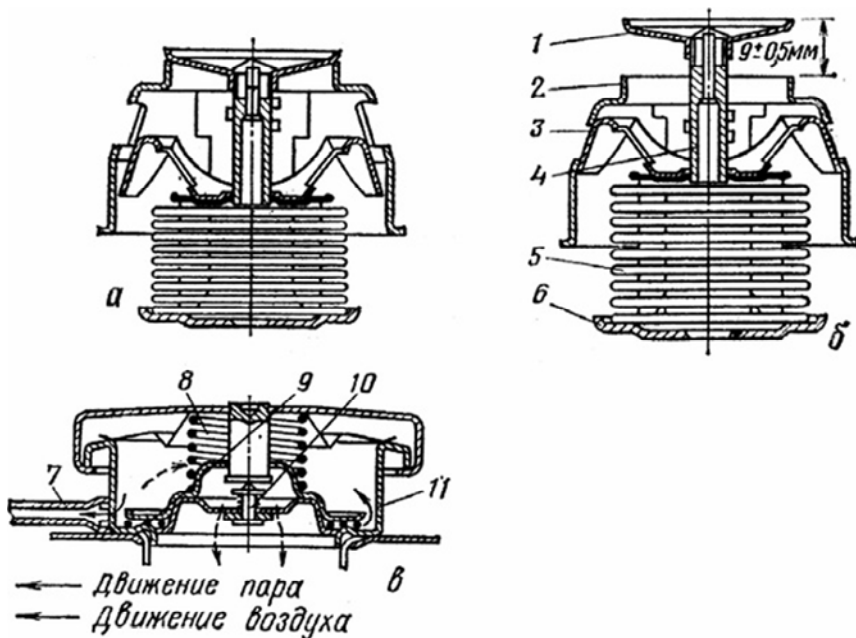


Рис. 4.3. Крышка заливной горловины (а) и термостат (б, в):

- 1 – паропроводная трубка; 2 – пружина парового клапана;
 3 – паровой клапан; 4 – воздушный клапан; 5 – горловина радиатора;
 6 – нижняя крышка; 7 – сиффон; 8 – стержень; 9 – боковой клапан;
 10 – центральный клапан; 11 – корпус;
 б, в – положение клапанов термостата
 при температуре жидкости менее и более 70 °С

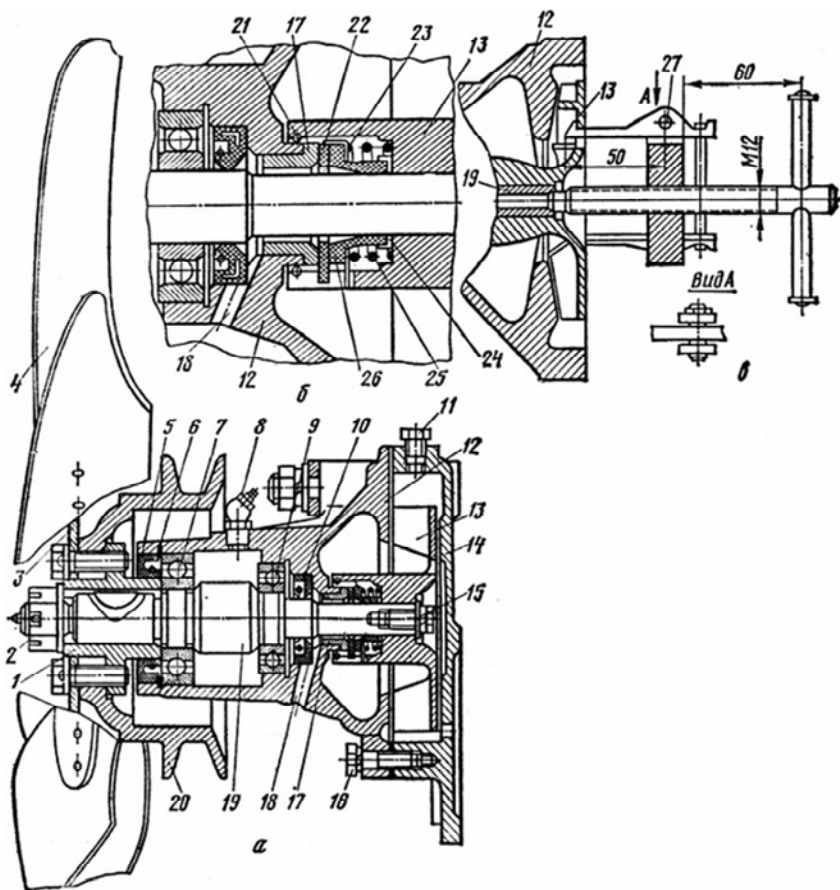


Рис. 4.4. Водяной насос и вентилятор: в сборе (а),
уплотнение водяного насоса (б), снятие крыльчатки водяного насоса (в):
1 – ступица шкива; 2 – гайка; 3 – крестовина вентилятора;
4 – лопасть вентилятора; 5 и 10 – манжетные уплотнения;
6 и 21 – стопорные кольца; 7 и 9 – подшипники; 8 – масленка;
11 – пробка; 12 – корпус насоса; 13 – крыльчатка насоса; 14 – крышка насоса;
15 и 16 – болты; 17 – опорная втулка; 18 – дренажное отверстие;
19 – вал; 20 – шкив; 22 – уплотняющая шайба;
23 – обойма уплотнения; 24 – кольцо манжеты; 25 – пружина;
26 – уплотняющая манжета; 27 – съёмник

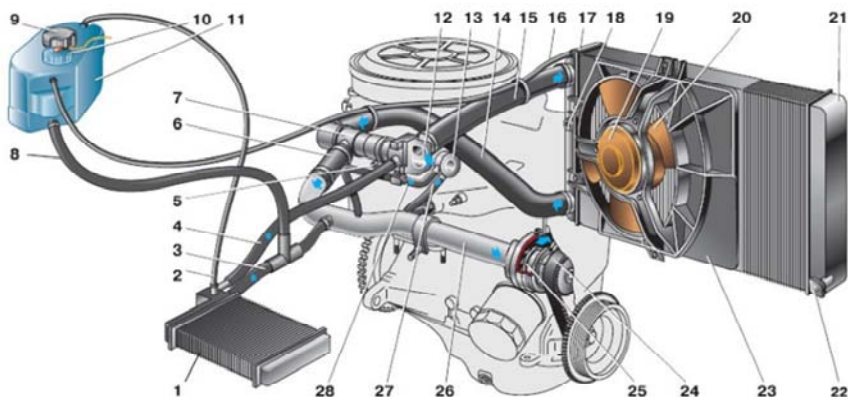


Рис. 4.5. Система охлаждения бензинового двигателя VAZ-2110:
 1 – радиатор отопителя; 2 – пароотводящий шланг радиатора отопителя;
 3 – шланг отводящий; 4 – шланг подводящий;
 5 – датчик температуры охлаждающей жидкости (в головке блока);
 6 – шланг подводящей трубы насоса; 7 – термостат; 8 – заправочный шланг;
 9 – пробка расширительного бачка; 10 – датчик указателя уровня ОЖ;
 11 – расширительный бачок; 12 – выпускной патрубок;
 13 – жидкостная камера пускового устройства карбюратора;
 14, 15 – отводящий и подводящий шланги радиатора;
 16 – пароотводящий шланг радиатора; 17 – левый бачок радиатора;
 18 – датчик включения электровентилятора;
 19 – электродвигатель вентилятора; 20 – крыльчатка электровентилятора;
 21 – правый бачок радиатора; 22 – сливная пробка;
 23 – кожух электровентилятора; 24 – зубчатый ремень привода ГРМ;
 25 – крыльчатка насоса ОЖ; 26 – подводящая труба насоса ОЖ;
 27 – подводящий шланг к жидкостной камере пускового устройства карбюратора; 28 – отводящий шланг

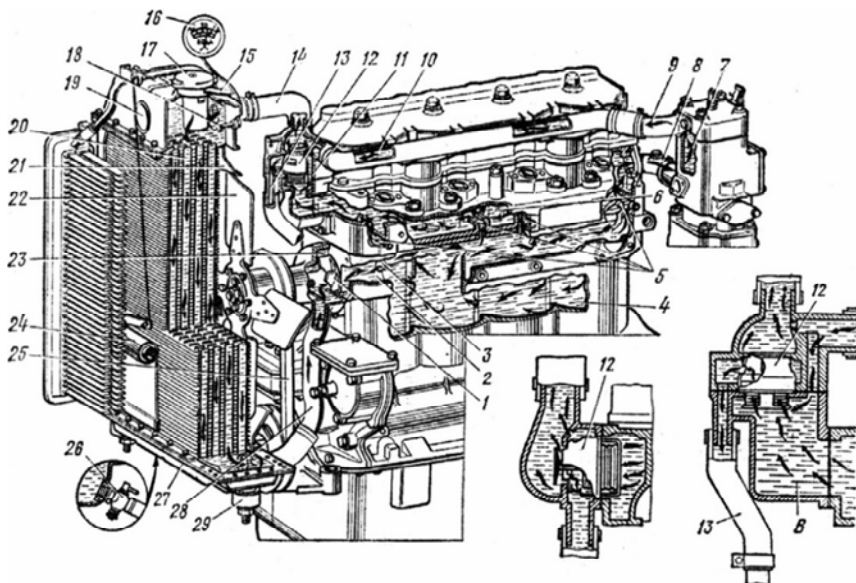


Рис. 4.6. Система охлаждения дизельного двигателя Д-240Л:

- 1 – водяной насос; 2 – водораспределительный канал;
 3 – отверстия, соединяющие водораспределительный канал с водяной рубашкой;
 4 – водяная рубашка блока цилиндров; 5 – каналы водяной рубашки;
 6 – водяная рубашка головки; 7 – водяная рубашка пускового двигателя;
 8, 9, 13, 14 и 28 – патрубки; 10 – водоотводящая труба;
 11 – корпус термостата; 12 – термостат; 15 – пароводяная трубка;
 16 – указатель термометра; 17 – крышка заливной горловины;
 18 – датчик термометра; 19 – верхний бак радиатора;
 20 – сердцевина радиатора; 21 – кожух вентилятора; 22 – вентилятор;
 23 – трос; 24 – шторка; 25 – ремень; 26 – сливной кран;
 27 – нижний бак радиатора; 29 – амортизатор

4.2. Системы пуска двигателей

Предназначены для создания условий, обеспечивающих возникновение вспышки смеси топлива с воздухом в цилиндре и вращение коленчатого вала.

На современных автомобилях и тракторах применяют следующие способы пуска двигателей:

- ручной, инерционный для малых ДВС;
- электрическим стартером;
- сжатым воздухом;
- вспомогательным пусковым двигателем;

4.2.1. Ручной, инерционный запуск малых ДВС

Ручной пуск является, как правило, резервным, и возможность его применения ограничивается двигателями малой мощности.

Этот способ наиболее применим на мотоблоках и маломощных малогабаритных тракторах. При ручном пуске коленчатый вал двигателя приводится во вращение при помощи пусковой рукоятки, шнура, зубчатой передачи, ручного стартера.

Запуск пусковой рукояткой. В этом случае при осевом перемещении рукоятки коленчатый вал двигателя проворачивается пусковой рукояткой, палец которой входит в зацепление с храповиком, закрепленным на носке коленчатого вала. Вращательное движение коленчатого вала обеспечивается поворотом рукоятки.

Запуск с помощью шнура заключается в проворачивании коленчатого вала пусковым шнуром, наматываемым на приводной шкив. Для этого узел шнура заправляется в паз шкива, а шнур наматывается на шкив по часовой стрелке. Второй конец шнура пропускается между пальцами руки, охватывая его рукоятку. Поворот коленчатого вала обеспечивается резким рывком рукоятки на себя.

Запуск зубчатой передачей. Она значительно уменьшает усилие на прокручивание коленчатого вала. Зубчатый сектор 5 (рис. 4.7) педали 4 находится в зацеплении с храповой шестерней 2, закрепленной на коленчатом валу и имеющей на торце храповые зубья. Этими зубьями шестерня входит в зацепление с зубьями втулки-храповика 1, напрессованной на коленчатый вал. Постоянное сцепление с храповой шестерней обеспечивается пружиной 3. При за-

пуске педаль 4, насаженная на ось 7, устанавливается в крайнее верхнее положение и резким нажатием на педаль сообщается максимально возможная частота вращения коленчатого вала. После запуска педаль с помощью пружины кручения 6 возвращается в исходное положение, при котором зубчатый сектор выходит из зацепления с храповой шестерней.

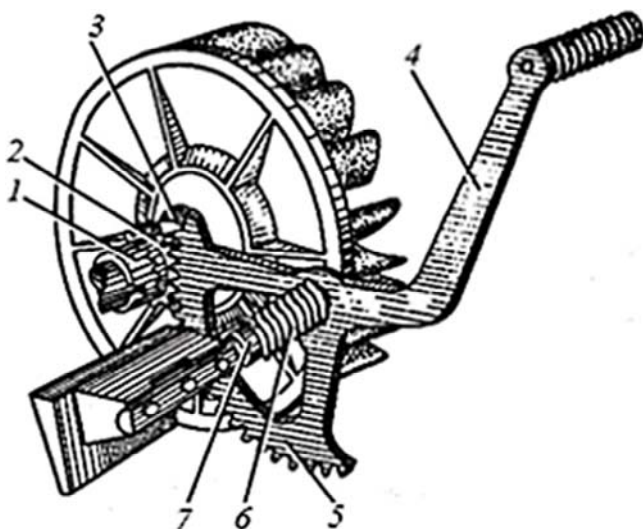


Рис. 4.7. Зубчатый пусковой механизм:

1 – втулка-храповик; 2 – храповая шестерня; 3 – пружина храповой шестерни;
4 – педаль; 5 – зубчатый сектор; 6 – пружина кручения; 7 – ось педали

Запуск ручным стартером. Пуск двигателей мотоблоков, триммеров и т. п. производится с помощью ручных стартеров с автоматической обратной намоткой шнура. Как правило, такой стартер имеет возвратную пружину, пусковой шнур и механизм включения. Они бывают встроенные, установленные непосредственно на двигателе, и съемные, которые после запуска двигателя снимаются с него. На мотоблоках в основном устанавливаются встроенные стартеры.

Стартер состоит из корпуса 1 (рис. 4.8), собранного из двух половин и стянутых болтами 2, барабана 3 с намотанным в его паз тросом 9, ленточной пружины 8, валика 4 с храповиком 6, соединенных между собой штифтом 7, и тормоза храповика 5. Трос одним

концом закреплен на корпусе, а другим при помощи втулки 10 – с рукояткой 11. Ленточная пружина 8 одним концом также соединена с корпусом, а другим – на барабане 3.

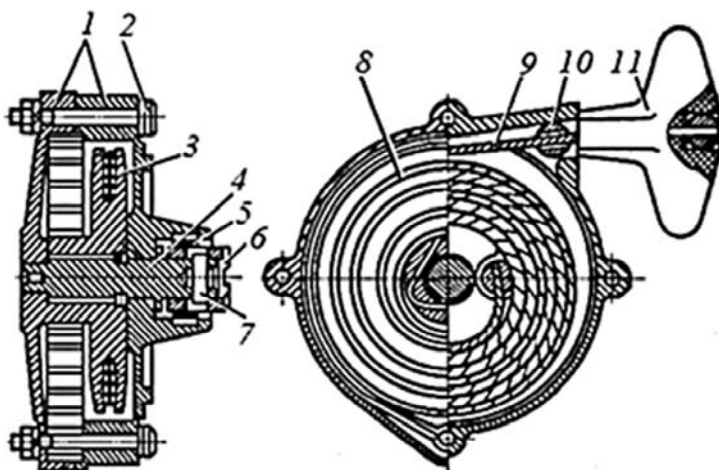


Рис. 4.8. Ручной стартер:

1 – корпус; 2 – стяжной болт; 3 – барабан; 4 – валик;
5 – тормоз храповика; 6 – храповик; 7 – штифт; 8 – ленточная пружина;
9 – трос; 10 – втулка; 11 – рукоятка

При вытягивании троса 9 за рукоятку 11 валик 4, вращаясь, выдвигает вперед храповик 6, вводит его в зацепление с храповиком коленчатого вала двигателя и поворачивает его. При этом трос сматывается с барабана 3, а ленточная пружина 8 закручивается. После запуска двигателя храповик выходит из зацепления с храповиком коленчатого вала. При отпускании рукоятки 11 ленточная пружина раскручивается и способствует наматыванию троса на барабан. Тормоз храповика 5 обеспечивает более плавное наматывание троса.

4.2.2. Запуск двигателя электростартером

Пуск электрическим стартером наиболее распространен. Схема такого пускового устройства представлена на рис. 4.9. Электростартер 3 представляет собой серийный электродвигатель постоянного тока, питаемый от аккумуляторной батареи 1. При включении

кнопки 2 якорь электромотора начинает вращаться, а шестерня стартера 4, входя в зацепление с зубчатым венцом 5 маховика, передает вращение коленчатому валу.

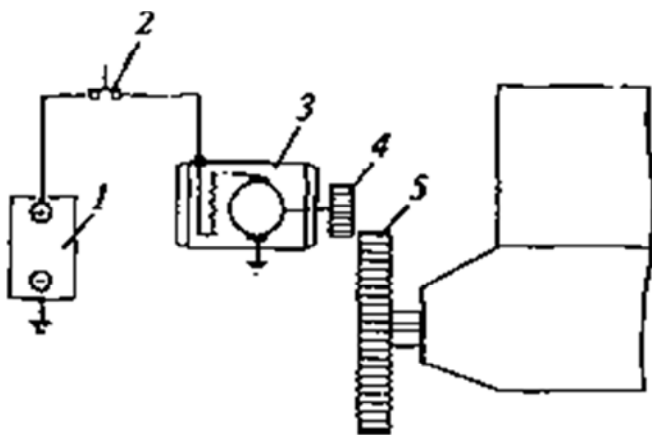


Рис. 4.9. Схема пуска ДВС электростартером:

1 – аккумуляторная батарея; 2 – пусковая кнопка;
3 – электростартер; 4 – шестерня стартера; 5 – зубчатый венец маховика

Электростартерная система пуска является наиболее распространенной и универсальной, широко применяется в автомобильных и тракторных двигателях. Основными элементами электростартерной системы являются аккумуляторная батарея и электростартер. Аккумуляторная батарея служит источником энергии, обеспечивая главным образом питание электростартера при пуске. Высокая электродвижущая сила и малое внутреннее сопротивление обусловили широкое применение на транспортных машинах свинцовых аккумуляторных батарей напряжением 6, 12 и 24 В. В некоторых случаях аккумуляторные батареи в период пуска переключают с параллельного соединения на последовательное, при этом сила разрядного тока увеличивается в 2 раза. Такое кратковременное переключение практикуется обычно во время пуска дизелей при низких температурах окружающей среды. Кроме обычных выпускаются так называемые «необслуживаемые» батареи (в герметичном исполнении), не требующие добавления электролита, с высокими электрическими характеристиками и большим сроком службы.

Основными параметрами батареи, определяющими ее пусковые качества, являются номинальные емкость и напряжение, а также сила разрядного тока в стартерном режиме. Наиболее тяжелым режимом работы является стартерный, который характеризуется большими значениями силы разрядного тока (до 1000...1500 А), особенно при пуске холодного двигателя при низких температурах. Предельные пусковые качества батареи оценивают по силе разрядного тока при холодной прокрутке и температуре – 18 °С. С увеличением силы потребляемого стартером тока и понижением температуры среды напряжение на выводах батареи и ее емкость уменьшаются, пусковые характеристики ухудшаются, что является основными недостатками системы электростартерного пуска.

Электростартер – это мотор постоянного тока с последовательным или смешанным возбуждением от постоянных магнитов. В электростартере размещен механизм привода, передающий вращение от стартера к коленчатому валу двигателя через выдвигную шестерню. Основное различие применяемых электростартеров заключается в системе привода к двигателю. Наиболее часто используют электростартеры с принудительным электромеханическим включением шестерни привода.

После пуска при повышении частоты вращения двигателя шестерня стартера автоматически выходит из зацепления с зубчатым венцом маховика. Режим работы электростартеров кратковременный: до 10 с при положительных и до 15...20 с при отрицательных температурах. При пуске двигателя допускается несколько включений стартера с перерывом не менее 30 с. Свойства стартеров оценивают по рабочим характеристикам, которые представляют зависимости напряжения, полезной мощности, частоты вращения и крутящего момента от силы тока якоря стартера. На форсированных дизелях военных машин, у которых электростартер и генератор соизмеримы по мощности, применяют стартер-генераторы, которые конструктивно объединяют стартер и генератор в одном корпусе, что упрощает конструкцию системы электропуска и позволяет уменьшить массогабаритные размеры двигателя. Однако механизм привода стартер-генератора к двигателю оказывается более сложным, он должен обеспечить два режима работы (стартерный и генераторный) с разными передаточными отношениями, так как частота вращения генератора значительно меньше, чем стартера.

Электростартерный пуск нашел основное применение для пуска карбюраторных двигателей тракторов и автомобилей, карбюраторных пусковых двигателей и дизельных двигателей небольшой мощности.

От электростартера 4 (рис. 4.10), включенного в электрическую цепь с помощью тягового реле 3, крутящий момент передается шестерней привода 2, находящейся в момент пуска в зацеплении с зубчатым венцом 1 маховика, на коленчатый вал 5 двигателя. После пуска двигателя электростартер выключается, и шестерня привода 2 выходит из зацепления с зубчатым венцом 1.

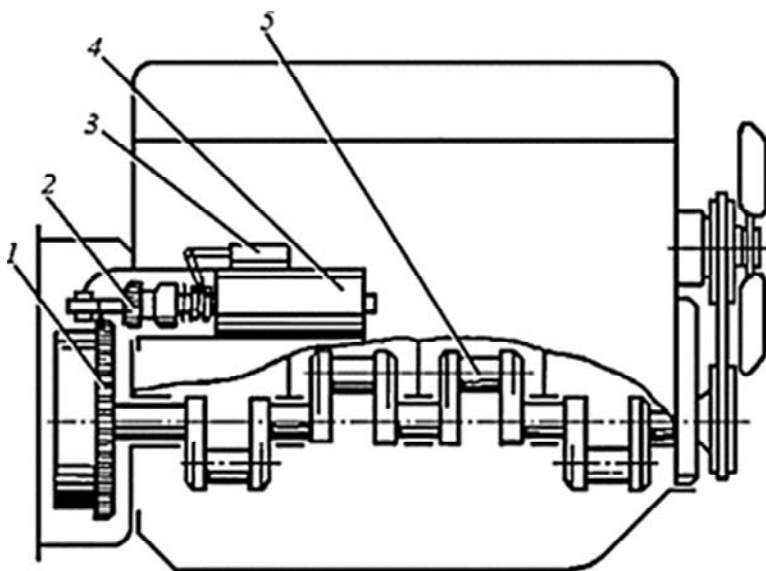


Рис. 4.10. Схема электростартерного пуска:
1 – зубчатый венец; 2 – шестерня привода; 3 – тяговое реле;
4 – электростартер; 5 – коленчатый вал

4.2.3. Запуск пусковым двигателем

Автономные пусковые двигатели внутреннего сгорания обычно применяются для пуска тракторных дизелей. Недостатком данного способа пуска является громоздкость пускового устройства и необходимость расширения номенклатуры потребных эксплуатационных материалов – топлива для пускового двигателя.

Пуск карбюраторным двигателем. Система такого пуска состоит из пускового двигателя и передаточного механизма (рис. 4.11). От коленчатого вала 1 пускового двигателя крутящий момент через шестерни 2, 3 и 9 передается на диски 7 и 8 муфты сцепления и вал 5 передаточного механизма.

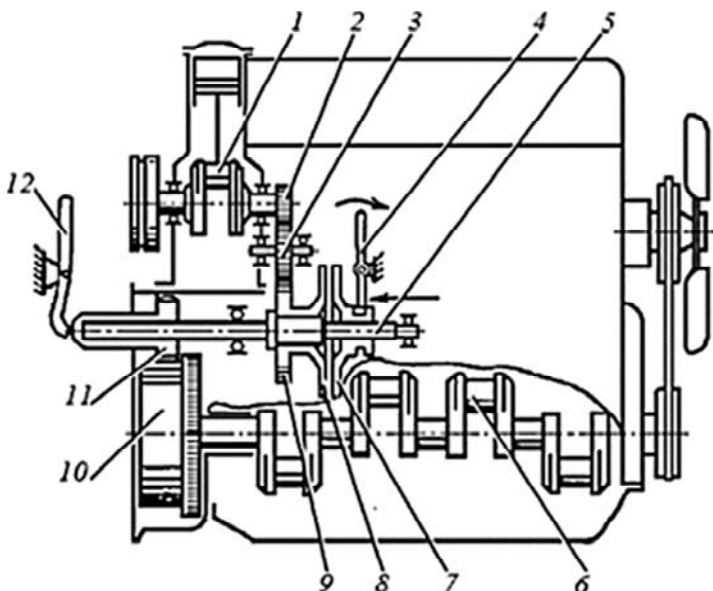


Рис. 4.11. Схема пуска пусковым карбюраторным двигателем:
 1 – коленчатый вал пускового двигателя; 2 – ведущая шестерня;
 3 – промежуточная шестерня; 4 – рычаг муфты сцепления;
 5 – вал передаточного механизма; 6 – коленчатый вал дизельного двигателя;
 7 – ведомый диск; 8 – ведущий диск; 9 – ведомая шестерня;
 10 – маховик; 11 – шестерня привода; 12 – рычаг

Если шестерня 11, закрепленная на шлицах вала 5 передаточного механизма, рычагом 12 введена в зацепление с зубчатым венцом маховика 10, а диски 7 и 8 с помощью рычага 4 прижаты один к другому, вращение через шестерню 11 передается на зубчатый венец маховика и далее коленчатому валу 6 дизельного двигателя.

После пуска дизельного двигателя шестерня 11 автоматически выходит из зацепления с зубчатым венцом маховика, а пусковой двигатель заглушается.

Система пуска дизельных двигателей надежна в любых температурных условиях, но ее обслуживание и операции при пуске сложнее, чем в случае пуска электрическим стартером.

4.2.4. Воздушный запуск двигателя

Пуск сжатым воздухом может осуществляться либо с использованием пневматического стартера, либо за счет подачи сжатого воздуха непосредственно в цилиндры двигателя. На практике более широкое применение получил второй вариант. Принципиальная схема его представлена на рис. 4.12. Из баллонов 7 через вентили 6 сжатый воздух, проходя через кран-редуктор 5, воздухораспределитель 2 и пусковой клапан 1, поступает в цилиндры двигателя в соответствии с порядком их работы. В такте расширения сжатый воздух давит на поршень, перемещает его и проворачивает коленчатый вал. После пуска кран 5 закрывается. Для контроля давления воздуха в баллонах и воздуха, поступающего в двигатель, имеются манометры 3 и 4.

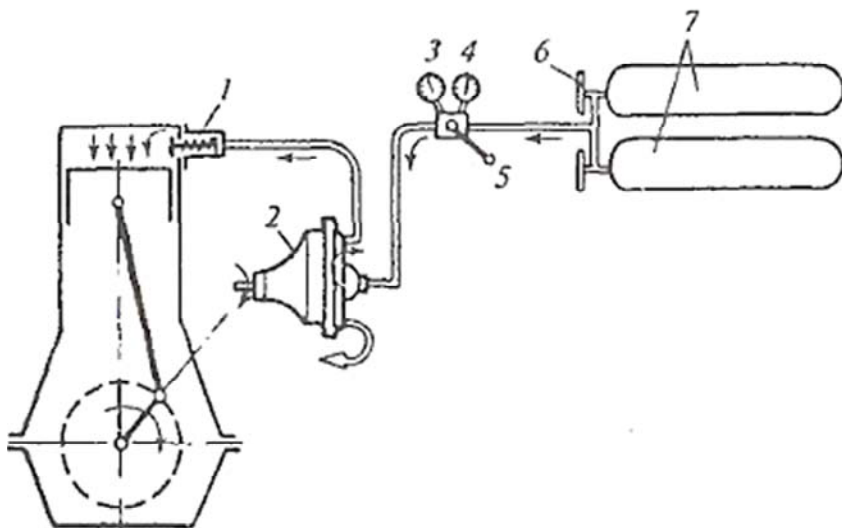


Рис. 4.12. Схема пуска сжатым воздухом:

1 – пусковой клапан; 2 – воздухораспределитель; 3, 4 – манометры;
5 – кран-редуктор; 6 – вентили; 7 – баллоны со сжатым воздухом

Недостатком данной системы является затрудненный пуск двигателя при низких температурах вследствие охлаждения элементов камеры подаваемым в цилиндры воздухом.

Система воздушного пуска является еще одним решением, которое позволяет прокручивать коленчатый вал ДВС. Для запуска мотора используется сжатый воздух. При этом такое пневматическое оборудование, как правило, на автомобилях и другой технике не используется, однако пусковые системы данного типа можно встретить на стационарных двигателях внутреннего сгорания.

Если говорить о конструкции, устройство системы воздушного пуска двигателя предполагает наличие следующих элементов:

- воздушный баллон;
- электроклапаны;
- маслоотстойник;
- обратный клапан;
- воздухораспределитель;
- пусковые клапаны;
- трубопроводы.

Принцип работы системы воздушного запуска ДВС (рис. 4.13) основан на том, что сжатый в воздушном баллоне воздух под давлением подается в коробку-распределитель, далее проходит через фильтры в редуктор и поступает к электропневмоклапану.

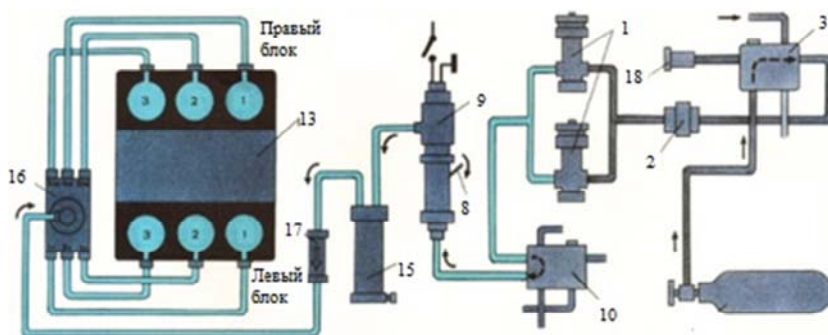


Рис. 4.13. Система воздушного пуска двигателя

Необходимо нажать кнопку «пуск», после чего клапан открывается, затем воздух из воздухоотстойника проходит через пусковые клапаны и попадает в цилиндры двигателя, создавая давление

и раскручивая коленвал. Когда обороты достигают нужной частоты, двигатель запускается.

Добавим, что такие силовые установки дополнительно оснащены электрической системой пуска от стартера, что позволяет завести агрегат в том случае, если с воздушным пуском, который является основным способом, имеются какие-либо проблемы или произошла поломка.

Воздушная система пуска. Она обеспечивает прокручивание коленчатого вала путем подачи сжатого воздуха из баллонов непосредственно в цилиндры двигателя или в пневмостартер, установленный на картере двигателя, аналогично электростартеру.

Непосредственная подача воздуха в цилиндры двигателя. Ее применяют в основном на быстроходных форсированных дизелях в качестве основной или дублирующей системы пуска. Она включает компрессор, пусковые баллоны, редукционный и главный клапаны, воздухораспределитель и др. Обычно на автомобилях с системой непосредственной подачи сжатого воздуха в цилиндры двигателя устанавливают пусковые баллоны объемом 10...20 л с исходным давлением воздуха 5...8 МПа для быстроходных двигателей и 10...15 МПа для некоторых моделей с высокими пусковыми требованиями. Баллоны сжатого воздуха заряжаются от компрессора во время работы двигателя. При пуске двигателя сжатый воздух из баллонов поступает в понижающий редуктор, затем в воздухораспределитель, из которого через пусковые клапаны попадает в цилиндры двигателя в конце такта сжатия или начале такта расширения. Воздействуя на поршни, сжатый воздух проворачивает коленчатый вал двигателя, который через механизм передачи вращает воздухораспределительный диск, обеспечивая подачу сжатого воздуха в цилиндры в соответствии с порядком их работы.

Пуск пневматическим стартером. В этом случае сжатый воздух подается в пневматический стартер, который подобно электростартеру через механизм передачи прокручивает маховик двигателя. Пневматические стартеры поршневого и шестерчатого типов не нашли применения в транспортных машинах вследствие сложности конструкции и больших размеров. Некоторое распространение получили пневматические стартеры лопаточного типа. Преимуществом воздушного пуска по сравнению с электропуском является независимость энергоотдачи от температуры окружающей среды, недостатком – ограниченный запас воздуха в баллонах.

4.3. Системы питания топливом бензиновых двигателей

4.3.1. Карбюраторные системы питания

Устройство и работа системы питания карбюраторного двигателя.

Топливом для отечественных автомобильных двигателей является бензин марок АИ-92, АИ-95 и АИ-98. Цифры в марке обозначают октановое число бензина. Чем больше октановое число, тем выше стойкость бензина к детонации. Чем больше степень сжатия в цилиндрах двигателя, тем выше должно быть октановое число потребляемого им бензина.

Составные части системы питания (рис. 4.14): топливный бак, топливный (бензиновый) насос, воздушный фильтр, карбюратор.

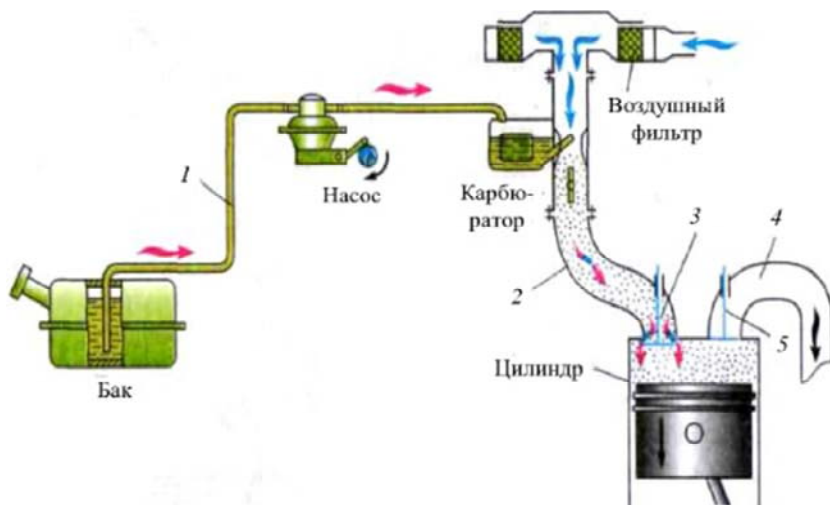


Рис. 4.14. Схема системы питания карбюраторного двигателя:
1 – топливопровод; 2 – впускная труба; 3 – впускной клапан;
4 – выпускной трубопровод; 5 – выпускной клапан

При работе двигателя топливный насос отбирает топливо из бака и нагнетает его в карбюратор. Туда же при тактах впуска в цилиндрах двигателя поступает воздух, проходящий предварительно через воздушный фильтр. При помощи карбюратора (т. е. «смесите-

ля») воздух и топливо смешиваются в определенном соотношении и приготавливается горючая смесь, которая поступает по впускной трубе 2 в цилиндры, и там, смешиваясь с остатками отработавших газов, образуется рабочая смесь. После сгорания рабочей смеси отработавшие газы выходят из цилиндров через выпускной трубопровод 4 (коллектор) и систему выпуска в атмосферу.

Топливный насос карбюраторного двигателя – диафрагменный, механический (приводится в действие от одного из вращающихся валов двигателя, иногда дополнительного). Насос такой конструкции позволяет подать топливо в карбюратор с помощью рычага ручной подкачки на неработающем двигателе.

Топливные фильтры могут быть установлены в нескольких местах топливной магистрали: от топливного бака до карбюратора. Первым фильтром служит мелкоячеистая металлическая сетка на топливозаборной трубке в топливном баке.

Вторая ступень очистки – сетчатая диафрагма в корпусе топливного насоса. Наконец, третий фильтр установлен позади входного топливного штуцера в карбюраторе. Кроме того, производители автомобилей или сами автовладельцы иногда устанавливают дополнительный фильтр тонкой очистки топлива в участок магистрали между топливным насосом и карбюратором. Все топливные фильтры подлежат периодической очистке от загрязнений, а фильтр тонкой очистки – регулярной замене.

Воздушный фильтр очищает воздух, поступающий в карбюратор, от механических примесей. На большинстве двигателей воздушный фильтр со сменным сухим фильтрующим элементом устанавливают на входной патрубке карбюратора. Воздушный фильтр подлежит регулярной замене. Эксплуатация двигателя без воздушного фильтра приведет к быстрому износу и выходу из строя деталей цилиндропоршневой группы.

Для работы двигателя в различных условиях движения автомобиля необходимо иметь различный состав горючей смеси: нормальный (на 1 часть топлива 15 частей воздуха), обогащенный (менее 15 частей воздуха) или обедненный (более 15 частей воздуха).

Карбюратор (рис. 4.15) предназначен для получения горючей смеси определенного состава и качества, а также для изменения режима работы двигателя. Основные его элементы – смесительная и поплавковая камеры.

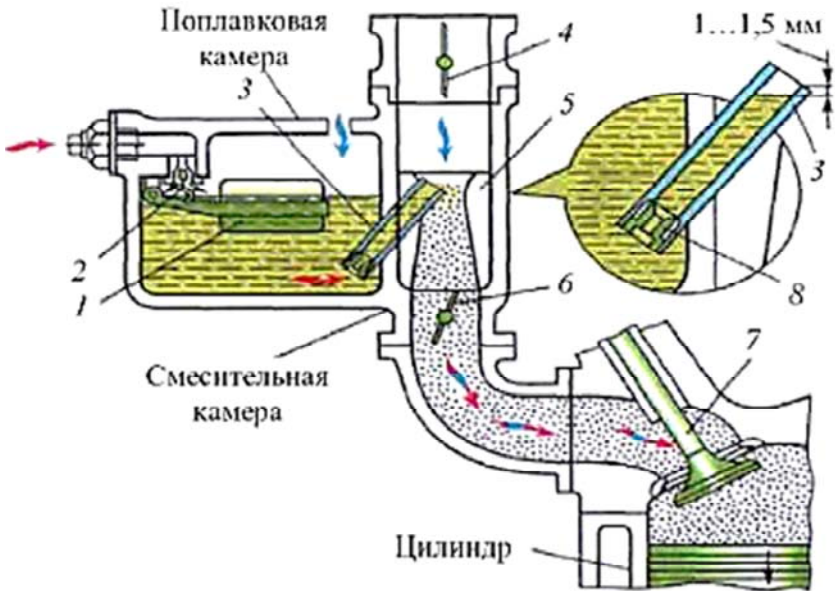


Рис. 4.15. Схема работы карбюратора:

- 1 – поплавок; 2 – игольчатый клапан; 3 – распылитель; 4 – воздушная заслонка;
5 – диффузор; 6 – дроссельная заслонка; 7 – впускной клапан; 8 – жиклер

Поплавковая камера служит для поддержания постоянного уровня топлива. Она имеет поплавок 1 и игольчатый клапан 2. Топливо в поплавковую камеру поступает через отверстие в седле клапана. По мере заполнения камеры поплавок всплывает, прижимая игольчатый клапан к седлу и перекрывая поступление топлива.

Смесительная камера имеет внутри суженную часть, называемую диффузором 5, и дроссельную заслонку 6. Топливо подается в смесительную камеру из поплавковой через калиброванное отверстие (жиклер 8) и распылитель 3. Примерная схема работы карбюратора следующая. При такте впуска в цилиндре двигателя создается разрежение (давление опускается ниже атмосферного), которое через открытый впускной клапан 7 и впускной трубопровод передается в смесительную камеру. Под действием разрежения в смесительную камеру с высокой скоростью засасывается атмосферный воздух. Проходя через диффузор 5, поток воздуха создает на выходе распылителя сильное разрежение, под действием которого из рас-

пылителя 3 начинает поступать топливо. Струя воздуха разбивает топливо на мельчайшие капли и, перемешиваясь с ними, образует горючую смесь. Количество смеси, поступающей в цилиндр, регулируется положением (поворотом на оси) дроссельной заслонки б, связанной с педалью подачи горючей смеси (акселератора). При нажатии на педаль количество поступающей в цилиндры горючей смеси увеличивается, и частота вращения коленчатого вала повышается, а при отпускании педали – уменьшается. Автомобильный карбюратор на практике намного сложнее. Он оснащен множеством дополнительных устройств для более точного дозирования компонентов горючей смеси в разных условиях работы двигателя, а также для плавного, бесступенчатого перехода от одного режима работы к другому.

4.3.2. Инжекторная система питания

Инжекторная система питания бензинового двигателя – это специальная система подачи топлива в двигатель внутреннего сгорания, которая устанавливается на современных бензиновых двигателях. Основное отличие такой системы от карбюраторной состоит в том, что подача топлива осуществляется непосредственно путем впрыска топлива с помощью форсунок двигателя. Те бензиновые двигатели, которые оборудованы подобной системой, называются инжекторными. Существует несколько вариантов инжекторных систем бензинового двигателя. Так, например, имеются различные вариации точек установки форсунок в двигателе, а также вариации их количества. По точке установки и количеству установленных форсунок различают следующие инжекторные системы питания бензинового двигателя.

1. Инжекторные системы, оборудованные центральным (моно) впрыском бензинового топлива (рис. 4.16). В данной вариации в двигателе присутствует только одна форсунка, которая расположена на том месте, где должен располагаться карбюратор у карбюраторной системы. В настоящее время такие системы используются достаточно редко по причине своей низкой эффективности.

2. Инжекторные системы, которые оборудованы распределенным впрыском (рис. 4.17). В таких инжекторных системах на каждый цилиндр предусмотрено по одной форсунке. Эти форсунки расположены, как правило, во впускном коллекторе двигателя.

При фазированном распределенном впрыске топлива каждая форсунка открывается только непосредственно перед впрыском топлива в цилиндры двигателя транспортного средства. Фазированный впрыск на данный момент используется наиболее часто. Также существует прямой (непосредственный) впрыск топлива инжекторной системы, при котором форсунки располагаются в непосредственной близости от цилиндров. Впрыск топлива при этом происходит сразу в камеру сгорания топлива. Непосредственный впрыск топлива в цилиндры пока не нашел широкого применения из-за тяжелых условий работы форсунок и сложности размещения форсунки в камере сгорания. Кроме того, в этом случае необходимо подавать топливо под сравнительно высоким давлением – 3–4 МПа.

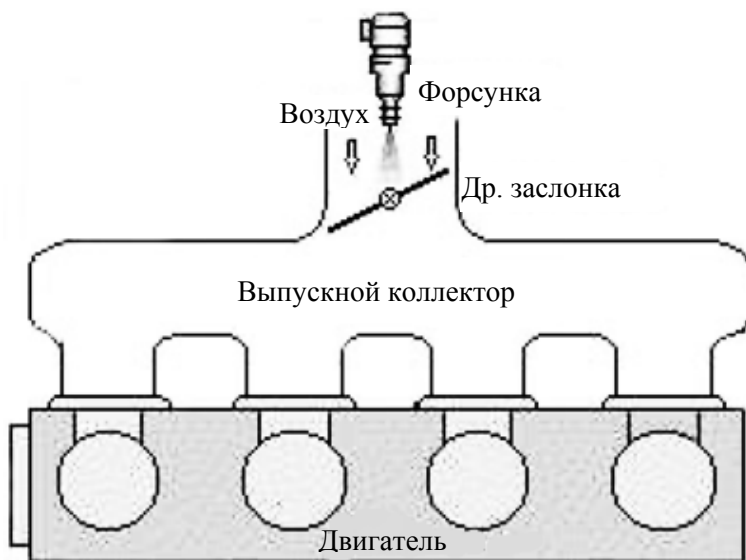


Рис. 4.16. Инжекторная система, оборудованная центральным впрыском топлива

3. Система впрыска K-Jetronic фирмы BOSCH (рис. 4.18) представляет собой механическую систему постоянного впрыска топлива. Топливо под давлением поступает к форсункам, установленным перед впускными клапанами во впускном коллекторе. Форсунка непрерывно распыляет топливо, поступающее под давлением.

Давление топлива (расход) зависит от нагрузки двигателя (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости. Количество подводимого воздуха постоянно измеряется расходомером, а количество впрыскиваемого топлива строго пропорционально (1:14,7) количеству поступающего воздуха (за исключением ряда режимов работы двигателя, таких как пуск холодного двигателя, работа под полной нагрузкой и т. д.) и регулируется дозатором-распределителем топлива. Дозатор-распределитель, или регулятор состава и количества рабочей смеси, состоит из регулятора количества топлива и расходомера воздуха. Регулирование количества топлива обеспечивается распределителем, управляемым расходомером воздуха и регулятором управляющего давления. В свою очередь, воздействие регулятора управляющего давления определяется величиной подводимого к нему разрежения во впускном трубопроводе и температурой жидкости системы охлаждения двигателя.

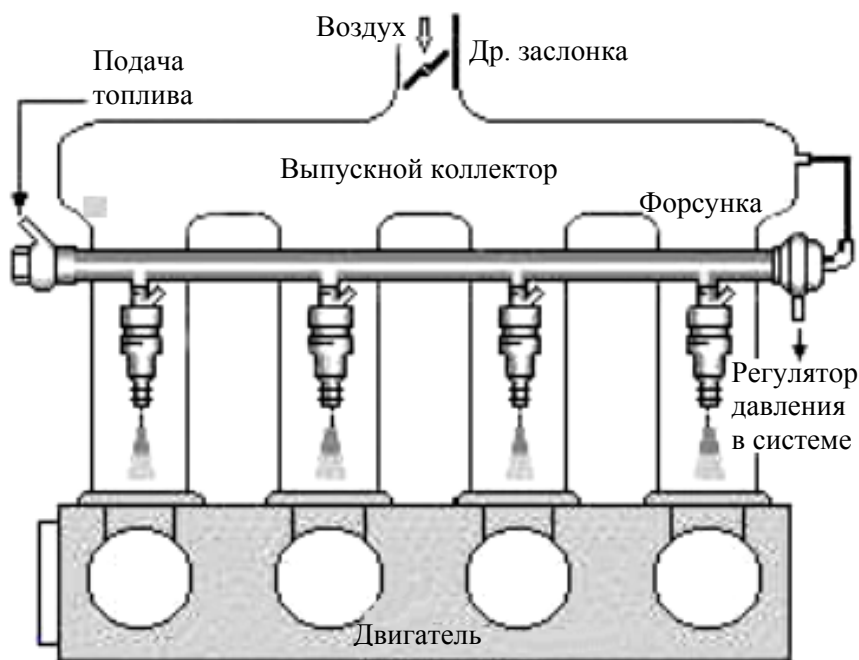


Рис. 4.17. Инжекторная система, оборудованная распределенным впрыском топлива

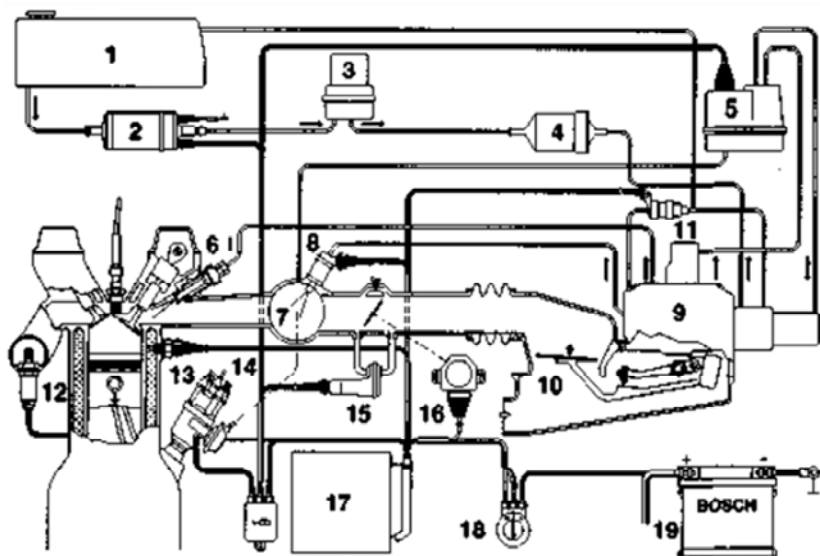


Рис. 4.18. Схема системы многоточечного впрыска топлива K-Jetronic:
 1 – топливный бак; 2 – электробензонасос; 3 – аккумулятор топлива;
 4 – топливный фильтр; 5 – регулятор подогрева; 6 – форсунка;
 7 – впускной трубопровод двигателя; 8 – пусковая форсунка; 9 – дозатор;
 10 – измеритель расхода воздуха; 11 – частотный регулятор;
 12 – кислородный датчик; 13 – термовыключатель с таймером;
 14 – распределитель зажигания; 15 – регулятор холостого хода; 16 – ДИДЗ;
 17 – ЭБУ; 18 – выключатель зажигания; 19 – аккумуляторная батарея

4. Система впрыска L-Jetronic. Топливо впрыскивается через форсунки с электромагнитным управлением (рис. 4.19). Форсунка, установленная перед каждым цилиндром, включается в работу один раз за один оборот коленчатого вала. Для упрощения управления форсунками все они подключаются к электроцепи параллельно. Разность между давлением топлива и давлением во впускном коллекторе двигателя поддерживается на постоянном уровне порядка 2,5...3,0 бар, благодаря чему количество подаваемого топлива определяется исключительно продолжительностью импульса, устанавливаемого ECU. Продолжительность импульса варьируется в соответствии с расходом всасываемого воздуха, частотой вращения коленчатого вала двигателя и другими параметрами, контролируемые датчиками.

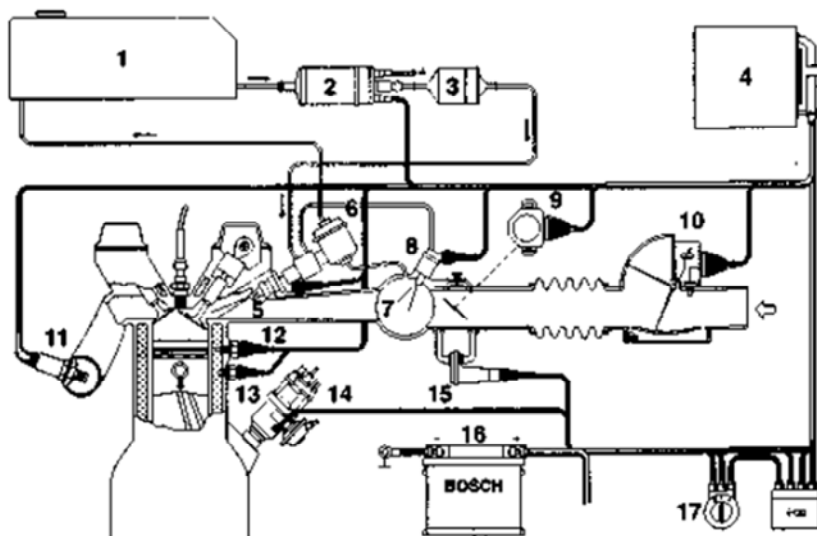


Рис. 4.19. Схема системы L-Jetronic:

- 1 – топливный бак; 2 – топливный насос с электроприводом;
- 3 – топливный фильтр; 4 – ЭБУ; 5 – форсунка;
- 6 – регулятор давления топлива; 7 – впускной коллектор;
- 8 – пусковая форсунка; 9 – датчик положения дроссельной заслонки;
- 10 – измеритель расхода воздуха; 11 – лямбда-зонд;
- 12 – термовыключатель и реле времени; 13 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 14 – распределитель зажигания;
- 15 – регулятор частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу;
- 16 – аккумулятор; 17 – выключатель зажигания

5. Система впрыска Mono-Jetronic (рис. 4.20) – система впрыска с электронным блоком управления. Система имеет одну на весь двигатель (греч. mono – один) магнитоэлектрическую форсунку; топливо, как и в системах L-Jetronic, впрыскивается с интервалами. Так как топливная форсунка расположена перед дроссельной заслонкой, практически на месте жиклера карбюратора, давление топлива в системе составляет всего около 1 кг/см^2 . Регулятор давления системы расположен вблизи форсунки в центральном узле впрыска, где размещены также дроссельная заслонка, выключатель положения дроссельной заслонки, датчик температуры всасываемого воздуха.

Система Mono-Jetronic не имеет расходомера воздуха, поэтому соотношение масс воздуха и топлива здесь менее точное и опреде-

ляется только положением дроссельной заслонки, температурой всасываемого воздуха и частотой вращения коленчатого вала.

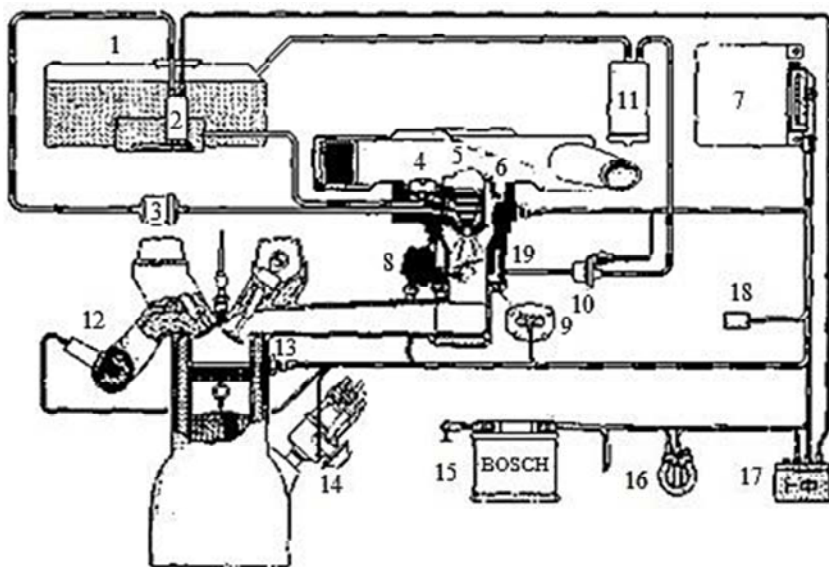


Рис. 4.20. Схема системы Mono-Jetronic:

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

Устройство, определяющее положение дроссельной заслонки, представляет собой в этой системе не выключатель с контактами (холостого хода, частичной нагрузки, полной нагрузки), а потенциометр, который информирует электронный блок управления о положении заслонки в данный момент времени. Таким образом, основное дозирование топлива осуществляется по трем параметрам: положению дроссельной заслонки, температуре всасываемого воздуха и частоте вращения коленчатого вала двигателя. Корректиров-

ка дозирования при холодном пуске и прогреве осуществляется электронным блоком управления по импульсам, получаемым от датчиков температуры всасываемого воздуха, охлаждающей жидкости и потенциометра дроссельной заслонки, который корректирует дозировку при полной нагрузке. Корректировка по токсичности отработавших газов идет по сигналу от лямбда-зонда. Изменение дозирования происходит за счет увеличения или уменьшения времени впрыска при постоянном давлении топлива. Электронный блок управления сглаживает колебания напряжения бортовой сети и осуществляет регулировку холостого хода. Регулировка холостого хода достигается вращением дроссельной заслонки специальным электродвигателем. При этом увеличивается или уменьшается количество воздуха в зависимости от отклонения мгновенного значения частоты вращения коленчатого вала от номинального значения, заложенного в память электронного блока управления. Блоком управления воспринимается и скорость вращения дроссельной заслонки. При режиме ускорения рабочая смесь обогащается. Система впрыска Mono-Jetronic может быть выполнена и в варианте с расходомером воздуха и клапаном добавочного воздуха.

6. Система впрыска LH-Jetronic отличается от систем LE-Jetronic главным образом измерителем расхода воздуха. Эта система представляет собой также систему прерывистого впрыска топлива низкого давления. Электронный блок управления (цифровая микро-ЭВМ) приводит соотношение воздуха и топлива в соответствие с нагрузкой и числом оборотов коленчатого вала двигателя. Электрический топливный насос забирает топливо из бака и подает его под давлением через фильтр к форсункам. В зависимости от давления во впускном коллекторе, регулятор давления поддерживает постоянным давление подачи топлива к форсункам (давление постоянно для данного разрежения). Электронный блок управления рассчитывает количество топлива, поступающего к форсункам, и поддерживает постоянный состав смеси в зависимости от количества всасываемого воздуха, определяемого измерителем с нагреваемым проводником. В системах LH-Jetronic (рис. 4.21) применяется термоанемометрический измеритель расхода воздуха (греч. *anemos* – ветер). Принцип его действия – тепловая энергия, необходимая в единицу времени для поддержания постоянного перепада температур между нагреваемым элементом и обтекающим его воздухом, пропорцио-

нальна массовому расходу воздуха, проходящего через заданное сечение потока. Измерительный теплообменный элемент представляет собой платиновую проволоку диаметром 0,07 мм, размещенную в середине цилиндрического воздушного канала. На входе и выходе канала устанавливаются специальные направляющие для получения параллельных струй воздуха. Перед входом установлена защитная решетка. Постоянный перепад температур равен 150 °С, ток изменяется от 500 до 1500 мА. Величина тока нагрева, требуемого для сохранения постоянного температурного перепада между воздухом и проводником, является мерой массы воздуха, поступающего в двигатель. Этот ток преобразуется в импульсы напряжения, которые обрабатываются блоком электронного управления как основной входной параметр наравне с частотой вращения коленчатого вала двигателя. Диапазон измерения расхода воздуха составляет от 9 до 360 кг/ч.

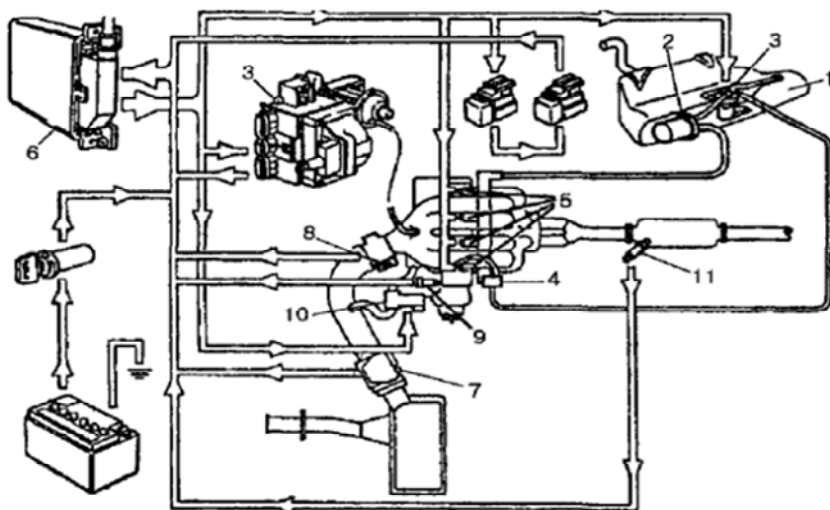


Рис. 4.21. Схема системы впрыска LH-Jetronic:

- 1 – топливный бак;
- 2 – фильтр тонкой очистки топлива;
- 3 – топливный насос;
- 4 – регулятор давления топлива;
- 5 – рабочие форсунки;
- 6 – электронный блок управления;
- 7 – измеритель массы воздуха с нагреваемым проводником;
- 8 – выключатель положения дроссельной заслонки;
- 9 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
- 10 – регулятор холостого хода;
- 11 – датчик концентрации кислорода

В ряде систем впрыска, например D-Jetronic General Motors и др., вообще отказались от расходомера воздуха, и соответствие между количествами топлива и воздуха осуществляется электронным блоком управления по сигналам от трех датчиков: положения дроссельной заслонки, частоты вращения коленчатого вала двигателя и степени разрежения или величины давления во впускном коллекторе.

7. Система распределенного (многоточечного) впрыска топлива KE-Jetronic – это механическая система постоянного впрыска топлива, подобная системе K-Jetronic, но с электронным блоком управления (E-Electronic). В системе KE-Jetronic регулятор управляющего давления заменен электрогидравлическим регулятором. Кроме этого, система имеет установленный на рычаге расходомера воздуха потенциометр (реостатный датчик) и выключатель положения дроссельной заслонки. Потенциометр сообщает электрическими сигналами в электронный блок управления информацию о положении напорного диска расходомера воздуха. Положение напорного диска определяется расходом воздуха (разрежением во впускном трубопроводе, положением дроссельной заслонки, нагрузкой двигателя). Выключатель положения дроссельной заслонки может информировать электронный блок управления: о крайних положениях дроссельной заслонки – полностью открыта или закрыта (в этом случае выключатель называется концевым); о всех положениях дроссельной заслонки; о всех положениях и о скорости ее открытия и закрытия. Система KE-Jetronic (рис. 4.22) является дальнейшим развитием системы K-Jetronic. Она более сложная, но позволяет лучше оптимизировать дозирование топлива. Идеальное дозирование – это топливная экономичность, наименьшая токсичность отработавших газов, наилучшая динамика. К сожалению, совместить все три эти составляющие не удастся. Поэтому, к примеру, о топливной экономичности заботятся при всех частичных нагрузках, а при полной нагрузке – только о наилучших динамических показателях.

Наиболее распространенные схемы впрыска топлива, которые используют зарубежные производители, – это системы D-Jetronic, LH-Jetronic, L-Jetronic.

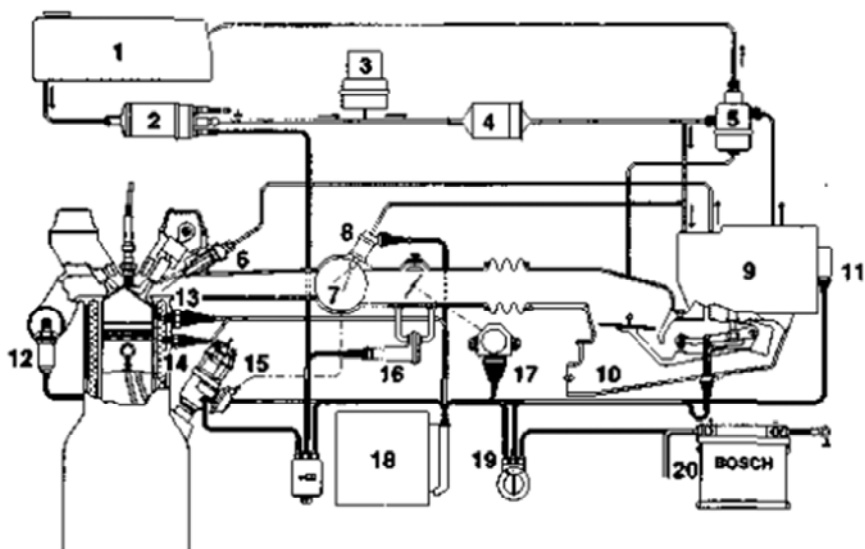


Рис. 4.22. Схема системы KE-Jetronic:

- 1 – топливный бак; 2 – электробензонасос; 3 – гидроаккумулятор топлива;
 4 – топливный фильтр; 5 – стабилизатор перепада давления топлива;
 6 – форсунка; 7 – выпускной коллектор; 8 – пусковая форсунка; 9 – дозатор;
 10 – измеритель расхода воздуха; 11 – электрогидравлический корректор давления;
 12 – кислородный датчик; 13, 14 – ДТОЖ; 15 – распределитель зажигания;
 16 – РХХ; 17 – ДПДЗ; 18 – ЭБУ; 19 – выключатель зажигания;
 20 – аккумуляторная батарея

4.4. Системы питания топливом дизельных двигателей

4.4.1. Принцип работы и оборудование

В отличие от карбюраторного, дизельный двигатель является двигателем с внутренним смесеобразованием, так как горючая смесь готовится непосредственно в камере сгорания. В соответствии с этим топливная аппаратура дизельного двигателя должна обеспечить следующее:

- 1) высокое давление впрыска, необходимое для тонкого распыливания топлива;
- 2) равномерное распределение топлива в камере сгорания в соответствии с ее формой в целях образования равномерной смеси

топлива и воздуха и эффективного использования воздуха, заполняющего камеру;

3) точную дозировку порции впрыскиваемого топлива для подачи его в камеру сгорания, а также возможность изменения дозировки порции в зависимости от режима работы двигателя;

4) впрыск топлива в камеру сгорания в определенный момент рабочего процесса с требуемой продолжительностью по наиболее выгоднейшему закону впрыска и под давлением, обеспечивающим тонкое распыливание и распределение топлива в камере;

5) равные условия впрыска для всех цилиндров двигателя при различных режимах его работы (момент начала подачи, ее продолжительность и момент конца подачи отсечка); последовательность подачи в соответствии с порядком работы двигателя;

6) длительную работоспособность без изменения начальных регулировок и без износов, влияющих на работу двигателя.

Топливоподающая аппаратура дизельных двигателей разделяется на две основные разновидности: разделенную (преобладающее применение) и неразделенную. Разделенная аппаратура состоит из топливного насоса высокого давления и форсунок. В неразделенной аппаратуре топливный насос высокого давления конструктивно объединен с форсункой. В разделенных системах используются многосекционные насосы или насосы распределительного типа. Каждая секция многосекционного насоса обеспечивает нагнетание и дозирование топлива только в один цилиндр. Секция насоса распределительного типа нагнетает, дозирует и распределяет топливо по нескольким цилиндрам в определенной последовательности.

Форсунки. Форсунки предназначены для распыливания топлива и распределения его частиц по объему камеры сгорания. Количество впрыска топлива форсункой оценивается следующими основными показателями: тонкостью и однородностью распыливания топлива; равномерным распределением частиц распыленного топлива в камере сгорания, своевременным началом и окончанием впрыска, четкой отсечкой; поддержанием требуемого давления впрыска при различных режимах работы двигателя. По конструктивному исполнению форсунки разделяются на две группы: открытые и закрытые. Наиболее ответственным элементом форсунки является распылитель. Количество и направление сопловых отверстий распылителя выбирается в зависимости от формы камеры сгорания

и способа смесеобразования. На дизельных двигателях сельскохозяйственных машин применяются форсунки закрытого типа с гидравлическим подъемом запорной иглы распылителя.

Закрытые форсунки. В закрытых форсунках давление, необходимое для распыливания топлива, зависит от скорости нагнетания топлива насосом, отношения площадей поперечного сечений плунжера и сопловых отверстий, а также давления газов, находящихся в камере сгорания, на торец. Давление, при котором запорная игла отрывается от своего седла, определяется усилием предварительной затяжки пружины, нагружающей запорную иглу, размерами площади ее ионического пояса. Более широко применяют закрытые форсунки с гидравлическим управлением (рис. 4.23), которые состоят из стального корпуса 4, к которому гайкой 3 присоединен корпус 2 распылителя. В корпусе распылителя установлена игла 1. В нижней части распылителя имеются сопловые отверстия для впрыска топлива. В хвостовик иглы упирается конец штанги 5, верхняя часть которой служит опорой для возвратной пружины 6. Эта пружина возвращает иглу в исходное положение после окончания впрыска топлива. Пружина 6 расположена во внутренней полости фасонной гайки 8, а предварительный натяг ее регулируется винтом 7, в заплечик которого упирается верхняя часть пружины. Топливо подается к форсунке по трубопроводу высокого давления, соединенному со штуцером 9. Внутри штуцера установлен сетчатый фильтр 10. Пройдя фильтр, топливо попадает во внутренние каналы А корпуса форсунки и корпуса распылителя, а также в кольцевую полость Б вокруг иглы.

Впрыск происходит, когда давление топлива, создаваемое насосом, превышает давление пружины 6, в результате чего игла поднимается и открывает проход для топлива к сопловым отверстиям распылителя. После прекращения подачи топлива насосом давление в кольцевой полости падает и под действием пружины 6 игла опускается и плотно закрывает доступ топлива к сопловым отверстиям распылителя. Этот момент соответствует окончанию впрыска топлива. Закрытые форсунки имеют распылители с одним или несколькими отверстиями. Число отверстий зависит от способа смесеобразования и формы камеры сгорания. У двигателей с непосредственным впрыском распылитель форсунки обычно имеет несколько отверстий, которые закрываются запорной иглой. Такие форсунки называют закрытыми. Форсунки двигателей с вихрекамерным смесеобразова-

нием обычно имеют одно отверстие. Закрытые форсунки, с распылителем, имеющим одно отверстие, обычно выполняются штифтовыми, т. е. у них запорная игла имеет на конце штифт, придающий струе топлива желаемый конус (до 45°). Различные конструкции распылителей закрытых форсунок показаны на рис. 4.24.

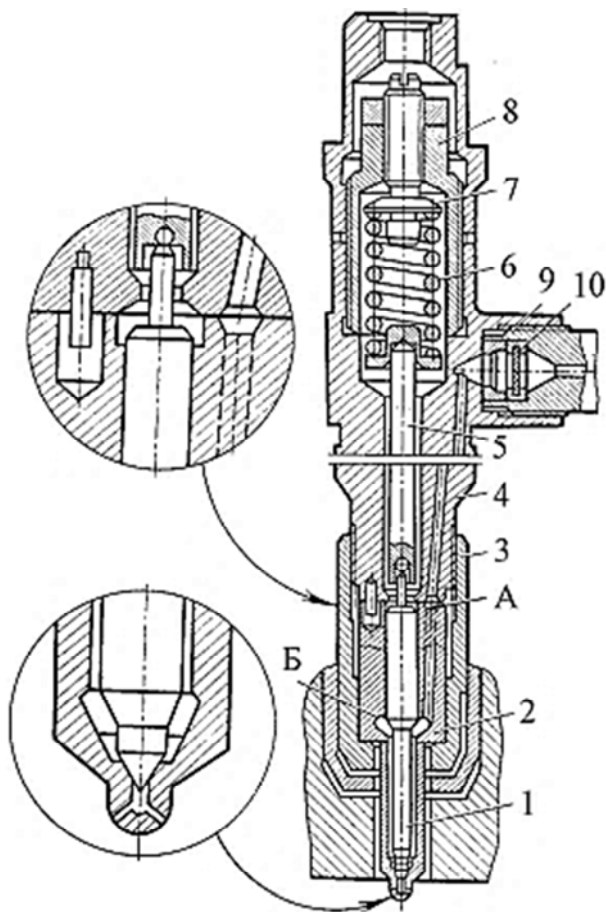


Рис. 4.23. Форсунка закрытого типа:

- 1 – игла; 2 – корпус распылителя; 3 – крепежная гайка;
- 4 – стальной корпус форсунки; 5 – штанга; 6 – пружина; 7 – регулировочный винт; 8 – фасонная гайка; 9 – штуцер; 10 – сетчатый фильтр;
- А – канал в корпусе форсунки; Б – кольцевая полость вокруг иглы

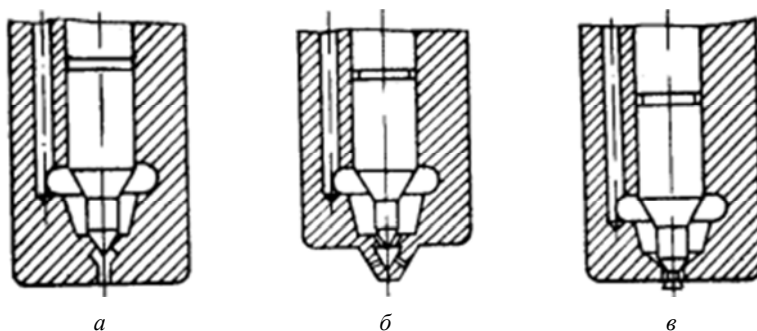


Рис. 4.24. Схемы распылителей закрытых форсунок:
а – бесштифтовая с одним отверстием;
б – бесштифтовая с несколькими отверстиями; *в* – штифтовая

По сравнению с открытыми, закрытые форсунки имеют ряд преимуществ: у них меньше период впрыска, лучше распыливание топлива на пониженных оборотах и малых нагрузках, меньше подтекание топлива, проще регулировка давления.

Хотя конструктивное исполнение закрытых форсунок сложнее, у автотракторных двигателей они применяются особенно часто.

4.4.2. Системы питания дизелей с ТНВД

Топливный насос высокого давления (ТНВД) рядного типа.

У рядного топливного насоса (рис. 4.25) количество плунжерных пар совпадает с количеством цилиндров. В корпусе насоса есть каналы для топлива, около которых и фиксируются эти пары. Насос приводится в движение посредством работы кулачкового вала, который сам работает от коленчатого вала двигателя.

Специальные пружины прижимают поршни к кулачкам. Кулачок во время движения вала достигает толкателя плунжера, а сам плунжер поднимается вверх по втулке. В это время происходит последовательное закрытие отверстий для выпуска и пропуска топлива. В результате появляется давление, под действием которого происходит открытие нагнетательного клапана, что заставляет топливо двигаться к определенной форсунке.

Саму регулировку объема горючего и момента его впрыскивания осуществляет электроника, также это можно делать механически.

Механическая регулировка объема подаваемого горючего выполняется за счет поворота поршня по втулке. Для того чтобы поршень поворачивался, на нем делают шестерню, которая соединяется с зубчатой рейкой, которая контролируется педалью газа. Сверху поршень не ровный, а будто обрезан, что дает возможность менять количество подаваемого топлива.

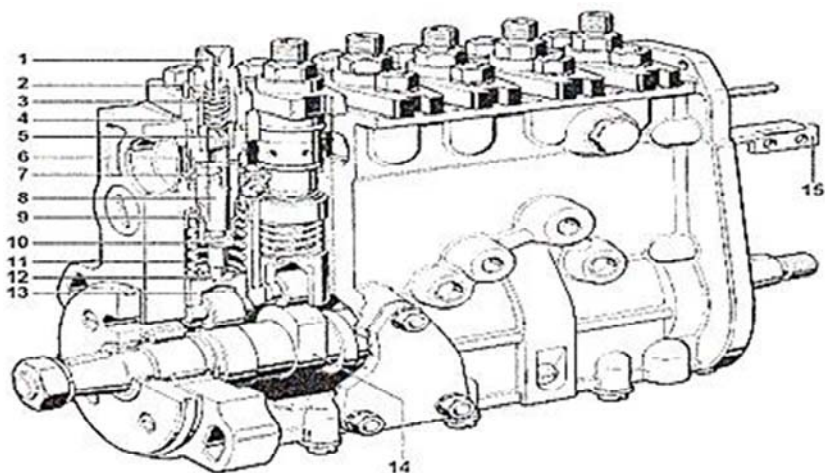


Рис. 4.25. Схема устройства рядного ТНВД:

- 1 – штуцер напорной магистрали; 2 – седло клапана; 3 – пружина клапана;
- 4 – корпус насосной секции; 5 – нагнетательный клапан;
- 6 – впускное и выпускное отверстия; 7 – наклонная поверхность плунжера;
- 8 – плунжер; 9 – втулка; 10 – рычаг управления плунжером;
- 11 – возвратная плунжерная пружина; 12 – пружина толкателя;
- 13 – роликовый толкатель; 14 – кулачок; 15 – зубчатая рейка

Момент, когда нужно подать горючее, может меняться в зависимости от того, как меняется частота вращения коленчатого вала двигателя. Механически регулировать этот момент можно с помощью центробежной муфты, которая расположена на кулачковом валу.

Внутри муфты расположены грузики, которые расходятся, когда увеличивается количество оборотов двигателя. Расхождение происходит благодаря центробежным силам. Благодаря расхождению этих грузиков поворачивается кулачковый вал относительно привода. Когда количество оборотов двигателя увеличивается, то топливо поступает раньше, а когда уменьшается – позже.

Рядные ТНВД являются очень надежными. Для смазывания такого насоса подойдет моторное масло, которое используют для смазывания двигателя. Благодаря этому такой ТНВД может работать на низкокачественном горючем.

ТНВД распределительного типа.

Такой насос (рис. 4.26) имеет один или два плунжера, причем они работают на все цилиндры двигателя. ТНВД распределительного типа весят меньше, по габаритам они также меньше, но подача топлива происходит более равномерно.

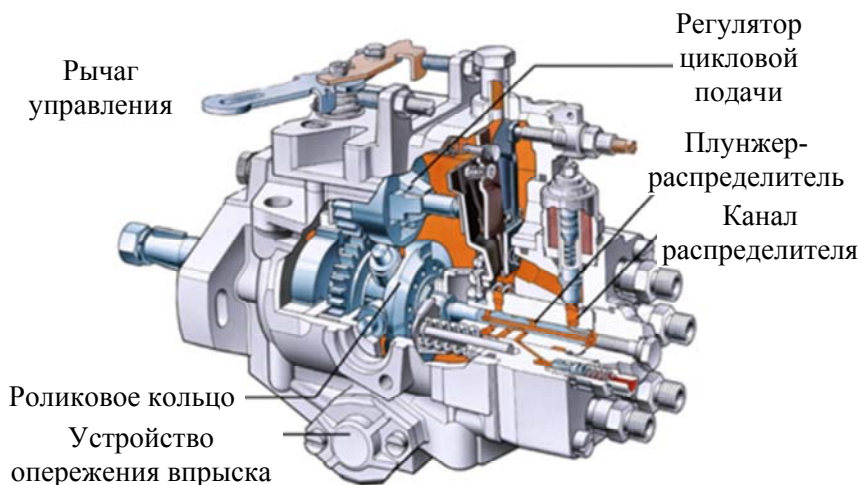


Рис. 4.26. ТНВД распределительного типа

К сожалению, сопряженные детали к такому насосу не смогут прослужить достаточно продолжительное время. Именно поэтому распределительные ТНВД используются на двигателях легковых машин.

У разных топливных насосов распределительного типа плунжер может быть разным по типу привода – торцевой, внутренний или внешний кулачковый. Первый и второй типы могут прослужить достаточно продолжительное время, так как в них узлы приводного вала не получают никаких силовых нагрузок от давления горючего.

Главную роль в распределительных топливных насосах с торцевым кулачковым приводом поршня выполняет плунжер-распределитель.

Он отвечает за подвод и распределение горючего по цилиндрам посредством совершения вращательных и возрастно-поступательных движений.

Кулачковая шайба обегает неподвижное кольцо по роликам, благодаря чему плунжер и выполняет возвратно-поступательные движения. Шайба же давит на поршень, благодаря чему и создается давление. Пружина возвращает поршень в первоначальное положение. Плунжер вращается благодаря приводному валу. При этом горючее распределяется по цилиндрам.

Объем подаваемого горючего регулируется автоматически механическим или электронным устройством. Механический регулятор приводит в действие центробежную муфту вместе с грузами, которая воздействует на дозатор посредством системы рычагов.

Этот дозатор меняет объем подаваемого топлива. Электронный регулятор представляет собой электромагнитный клапан. Если необходимо раньше подать топливо, то регулирование этого момента производится посредством поворота на некий угол неподвижного кольца.

Распределительный насос отвечает за впрыскивание горючего в надпоршневое пространство и порционное его деление по цилиндрам.

Распределительный насос роторного типа использует разные механизмы из плунжеров и распределительной головки. Посредством использования подобных устройств регулируется нагнетание и распределение горючего.

Для того чтобы нагнать топливо, на распределительном валу установлены два плунжера друг напротив друга. Поршни через ролики пробегают кулачковую обойму, совершая обратные-поступательные движения. Из-за того, что поршни двигаются навстречу друг другу, растет давление, благодаря которому распределительная головка и нагнетательный клапан доставляют топливо к форсункам соответствующих цилиндров.

К поршню(ям) горючее подается под относительно невысоким давлением, причем это давление создается за счет топливоподкачивающего насоса, который установлен в корпусе ТНВД. Смазывается ТНВД тогда, когда дизельное горючее заполняет корпус всего насоса.

ТНВД магистрального типа.

Этот вид насосов (рис. 4.27) устанавливается в том случае, если горючее впрыскивается по системе Common Rail. В этом случае ТНВД будет загонять горючее в топливную рампу. При использо-

вании магистральных ТНВД топливо подается под очень высоким давлением (порядка 180 МПа и более). В таком насосе может быть один, два или три поршня, при этом их привод осуществляется с помощью кулачковой шайбы или вала.

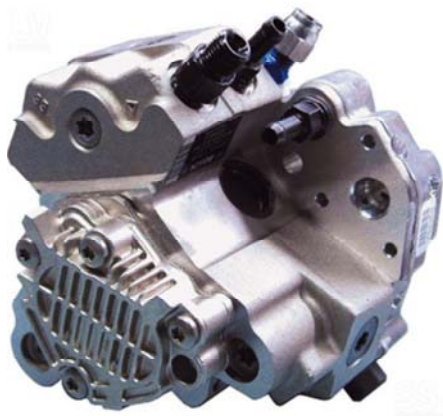


Рис. 4.27. ТНВД магистрального типа

Когда поршень движется вниз, что происходит благодаря вращению кулачкового вала или шайбы, компрессионная камера увеличивается в объеме, а давление в ней, наоборот, падает. Как раз из-за перепада давления впускной клапан открывается, а через него в камеру поступает и горючее. Когда плунжер поднимается, то давление в камере возрастает, поэтому впускной клапан закрывается. Когда давление достигает определенного уровня, выпускной клапан может открыться и пропустить топливо в рампу.

Подача горючего управляется соответствующим клапаном, который дозирует объем топлива в зависимости от потребностей самого двигателя. Клапан остается открытым в нормальном положении, но при поступлении определенного сигнала от электронного блока управления происходит закрытие клапана на определенную величину. Таким образом происходит регулировка объема поступающего в компрессионную камеру горючего.

Все недостатки этого насоса обусловлены очень сложной конструкцией устройства. Например, в конструкции узла применяется большое количество прецизионных частей, требующих аккуратной

эксплуатации. Эти части смазываются топливом, которое проходит через сам насос, поэтому общее время работы ТНВД напрямую зависит от степени очистки и качества горючего.

Если в топливе есть примесь воды или некие абразивные частицы, то срок действия насоса значительно уменьшится. Поэтому заправлять машину с таким насосом нужно только качественным очищенным горючим.

4.4.3. Системы питания дизелей с Common Rail

Общие сведения

Система впрыска Common Rail (рис. 4.28) является современной системой впрыска топлива дизельных двигателей. Работа системы Common Rail основана на подаче топлива к форсункам от общего аккумулятора высокого давления – топливной рампы (Common Rail – «общая раampa»). Система впрыска разработана специалистами фирмы Bosch.



Рис. 4.28. Схема системы впрыска Common Rail

Применение данной системы позволяет достигнуть снижения расхода топлива, токсичности отработавших газов, уровня шума дизеля. Главным преимуществом системы Common Rail является широкий диапазон регулирования давления топлива и момента начала впрыска, которые достигнуты за счет разделения процессов создания давления и впрыска.

Конструктивно система впрыска Common Rail составляет контур высокого давления топливной системы дизельного двигателя. В системе используется непосредственный впрыск топлива, т. е. дизельное топливо впрыскивается непосредственно в камеру сгорания. Система Common Rail включает топливный насос высокого давления, клапан дозирования топлива, регулятор давления топлива (контрольный клапан), топливную рампу и форсунки. Все элементы объединяют топливопроводы.

Топливный насос высокого давления (ТНВД) служит для создания высокого давления топлива и его накопления в топливной рампе. Современные ТНВД являются насосами плунжерного типа.

Клапан дозирования топлива регулирует количество топлива, подаваемого к топливному насосу высокого давления в зависимости от потребности двигателя. Клапан конструктивно объединен с ТНВД.

Регулятор давления топлива предназначен для управления давлением топлива в системе, в зависимости от нагрузки на двигатель. Он устанавливается в топливной рампе.

Топливная рампа предназначена для выполнения нескольких функций: накопления топлива и содержания его под высоким давлением, смягчения колебаний давления, возникающих вследствие пульсации подачи от ТНВД, распределения топлива по форсункам.

Форсунка – важнейший элемент системы, непосредственно осуществляющий впрыск топлива в камеру сгорания двигателя. Форсунки связаны с топливной рампой топливопроводами высокого давления. В системе используются электрогидравлические форсунки или пьезофорсунки.

Впрыск топлива электрогидравлической форсункой осуществляется за счет управления электромагнитным клапаном. Активным элементом пьезофорсунки являются пьезокристаллы, значительно повышающие скорость работы форсунки.

Управление работой системой впрыска Common Rail обеспечивает система управления дизелем, которая объединяет датчики,

блок управления двигателем и исполнительные механизмы систем двигателя.

Система управления дизелем включает датчики оборотов двигателя, положения педали акселератора, расходомер воздуха, температуры охлаждающей жидкости, давления воздуха, температуры воздуха, давления топлива, кислородный датчик (лямбда-зонд) и другие.

Основными исполнительными механизмами системы впрыска Common Rail являются форсунки, клапан дозирования топлива, а также регулятор давления топлива.

Принцип действия системы впрыска Common Rail.

На основании сигналов, поступающих от датчиков, блок управления двигателем определяет необходимое количество топлива, которое топливный насос высокого давления подает через клапан дозирования топлива. Насос накачивает топливо в топливную рампу. Там оно находится под определенным давлением, обеспечиваемым регулятором давления топлива.

В нужный момент блок управления двигателем дает команду соответствующим форсункам на начало впрыска и обеспечивает определенную продолжительность открытия клапана форсунки. В зависимости от режимов работы двигателя блок управления двигателем корректирует параметры работы системы впрыска.

С целью повышения эффективной работы двигателя в системе Common Rail реализуется многократный впрыск топлива в течение одного цикла работы двигателя. При этом различают: предварительный впрыск, основной впрыск и дополнительный впрыск.

Предварительный впрыск небольшого количества топлива производится перед основным впрыском для повышения температуры и давления в камере сгорания, чем достигается ускорение самовоспламенения основного заряда, снижение шума и токсичности отработавших газов. В зависимости от режима работы двигателя:

- а) производится два предварительных впрыска – на холостом ходу;
- б) производится один предварительный впрыск – при повышении нагрузки;
- в) предварительный впрыск не производится – при полной нагрузке.

Основной впрыск обеспечивает работу двигателя.

Дополнительный впрыск производится для повышения температуры отработавших газов и сгорания частиц сажи (регенерация сажевого фильтра).

Аккумуляторная система впрыска топлива.

Требования к системам впрыска дизельного топлива постоянно растут. Более высокие давления впрыскивания, повышенные скорости срабатывания форсунок и гибкое адаптирование процесса к условиям эксплуатации автомобиля делают дизель мощным, экономичным и малотоксичным. Кроме того, система впрыска все больше интегрируется в общую электронную систему управления автомобилем. Это позволило начать использование дизелей на автомобилях высшего класса.

Одной из таких высокоразвитых систем впрыска является аккумуляторная система Common Rail, главным преимуществом которой является широкий диапазон изменения давления топлива и момента начала впрыскивания. Все это реализуется путем разделения процессов создания давления и обеспечения впрыскивания.

Аккумуляторная система Common Rail используется на дизелях с непосредственным впрыском топлива:

- в легковых автомобилях: широкая гамма двигателей – от трехцилиндровых (800 см³, 30 кВт (41 л. с.), 100 Нм) до восьмицилиндровых (3900 см³, 108 кВт (245 л. с.), 560 Нм);

- в легких грузовых автомобилях: двигатели мощностью до 30 кВт на цилиндр;

- тяжелые грузовые автомобили, тепловозы и суда: двигатели мощностью до 200 кВт на цилиндр.

Эта система позволяет обеспечить более широкие, в отличие от вариантов с механическим приводом ТНВД, требования по впрыску топлива, а именно:

- расширенные границы применимости;
- повышенное давление впрыскивания (до 1600 бар);
- изменяемый момент начала впрыскивания;
- обеспечение предварительного и дополнительного впрыскивания (даже очень позднего);
- регулирование давления впрыскивания (230–1600 бар) в зависимости от условий эксплуатации автомобиля.

Вместе с тем, аккумуляторная система создает важнейшие предпосылки для повышения удельной мощности, снижения расхода топлива, а также для уменьшения уровней шума и эмиссии отработавших газов.

Конструкция

- Аккумуляторная система Common Rail включает в себя (рис. 4.29):
- контур низкого давления, а также агрегаты подачи топлива;
 - контур высокого давления, включая ТНВД, топливный аккумулятор высокого давления, форсунки и магистрали высокого давления;
 - система электронного регулирования работы дизеля, датчики управления и исполнительные механизмы;
 - системы подачи воздуха и отвода ОГ.



Рис. 4.29. Принципиальная схема управления работой дизеля с аккумуляторной системой впрыска:

1 – ТНВД; 2 – топливный аккумулятор высокого давления; 3 – форсунки

Важнейшим элементом аккумуляторной системы впрыска является форсунка с быстродействующим электромагнитным клапаном. Он открывает и закрывает распылитель, регулируя процесс впрыскивания топлива в каждом цилиндре.

В отличие от прочих систем впрыска с управлением электромагнитными клапанами, в аккумуляторной системе Common Rail

впрыскивание топлива в камеру сгорания происходит при открытом электромагнитном клапане.

Все форсунки подсоединены к топливному аккумулятору высокого давления, отсюда и название системы. Ее модульное исполнение облегчает адаптацию к конкретному двигателю.

Принцип действия

Действие аккумуляторной системы впрыска топлива основано на том, что процессы создания высокого давления и обеспечения впрыскивания разделены. Система электронного регулирования работы дизеля отдельно управляет работой всех узлов.

Непрерывно работающий ТНВД с приводом от двигателя создает требуемое давление впрыскивания, обеспечивая некую постоянную величину давления в топливном аккумуляторе, независимо от частоты вращения коленчатого вала и расхода топлива. Это означает, что ТНВД работает в постоянном режиме, с меньшими пиками крутящего момента и меньшей пиковой производительностью, чем в традиционных системах впрыска. Соответственно, его размеры также могут быть существенно компактнее.

Регулирование давления происходит с помощью клапана регулирования давления и/или управлением на входе в ТНВД. Находящееся в аккумуляторе высокого давления топливо подготовлено к впрыскиванию.

Топливо из аккумулятора по коротким магистралям высокого давления поступает к форсункам, которые впрыскивают его непосредственно в камеры сгорания цилиндров двигателя. Каждая форсунка состоит в основном из распылителя и быстродействующего электромагнитного клапана, который управляет распылителем через механический привод. Электромагнитные клапаны приводятся в действие сигналами от блока управления работой дизеля.

Количество впрыскиваемого топлива при постоянном давлении в топливном аккумуляторе пропорционально времени включения электромагнитного клапана и не зависит при этом от частоты вращения коленчатого вала двигателя или частоты вращения вала ТНВД (регулирование впрыскивания по времени).

Агрегаты контура высокого давления системы

Контур высокого давления аккумуляторной системы Common Rail делится на три части: создания давления, его аккумуляирования и дозировки топлива (рис. 4.30 и 4.31).

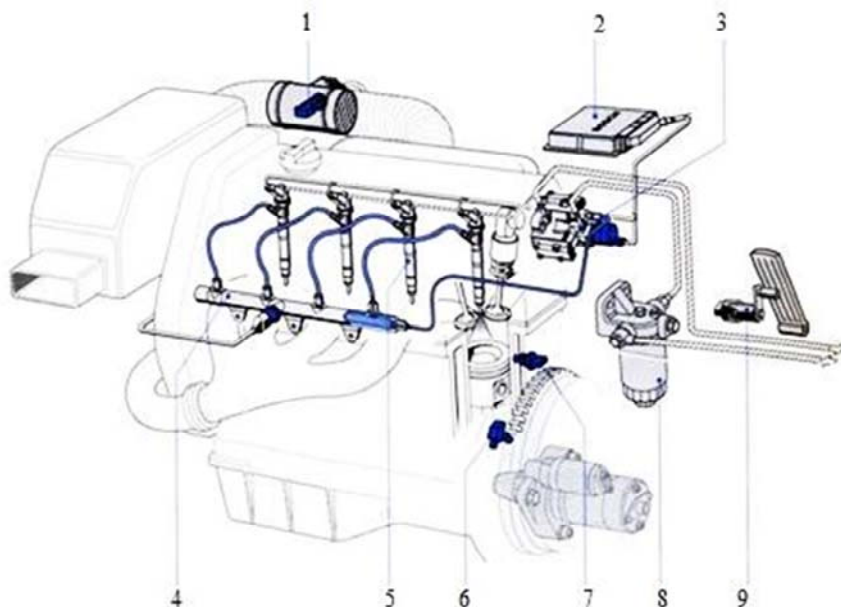


Рис. 4.30. Схема аккумуляторной системы впрыска топлива:

- 1 – датчик массового расхода воздуха;
- 2 – блок управления работой двигателя; 3 – ТНВД;
- 4 – аккумулятор высокого давления; 5 – форсунка;
- 6 – датчик частоты вращения коленчатого вала;
- 7 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 8 – топливный фильтр;
- 9 – датчик положения педали подачи топлива

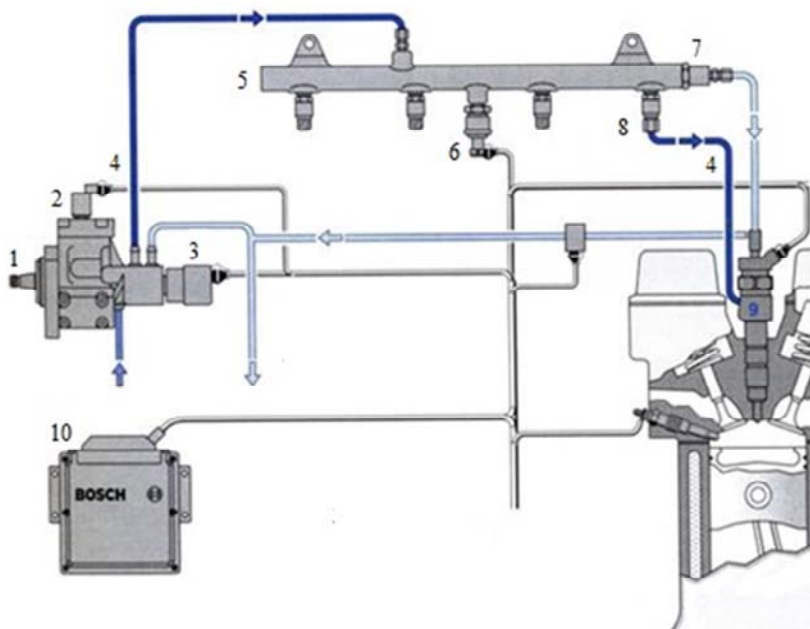


Рис. 4.31. Контур высокого давления:

- 1 – ТНВД; 2 – клапан отключения плунжерной секции;
 3 – клапан регулировки давления; 4 – магистраль высокого давления;
 5 – аккумулятор высокого давления; 6 – датчик давления топлива в аккумуляторе;
 7 – клапан ограничения давления; 8 – ограничитель пропускной способности;
 9 – форсунка; 10 – блок управления работой двигателя

Топливный насос высокого давления

Основной функцией любого ТНВД является обеспечение подачи топлива к форсункам под необходимым давлением, на любых режимах работы двигателя и в течение всего срока эксплуатации транспортного средства. Система Common Rail отличается тем, что в ней ТНВД лишен распределительных функций и необходим лишь для создания резерва топлива и быстрого повышения давления в топливном аккумуляторе.

ТНВД создает постоянное давление величиной до 1600 бар для аккумулятора высокого давления. Предварительно сжатое топливо по сравнению с обычными системами впрыска не сжимается в процессе впрыскивания.

В аккумуляторных системах легковых автомобилей используется радиальный плунжерный ТНВД, который создает высокое давление топлива независимо от величины цикловой подачи.

ТНВД аккумуляторной системы впрыска устанавливается преимущественно на том же месте, что и обычные распределительные ТНВД традиционных систем питания дизелей. Он приводится в действие двигателем через муфту, шестерню, цепь или зубчатый ремень, а частота вращения вала ТНВД не превышает 3000 мин^{-1} и напрямую связана передаточным отношением с частотой вращения коленчатого вала. ТНВД смазывается проходящим через него топливом.

Клапан 3 регулирования давления (рис. 4.32) в зависимости от имеющегося подкапотного пространства устанавливается либо непосредственно на ТНВД, либо отдельно.

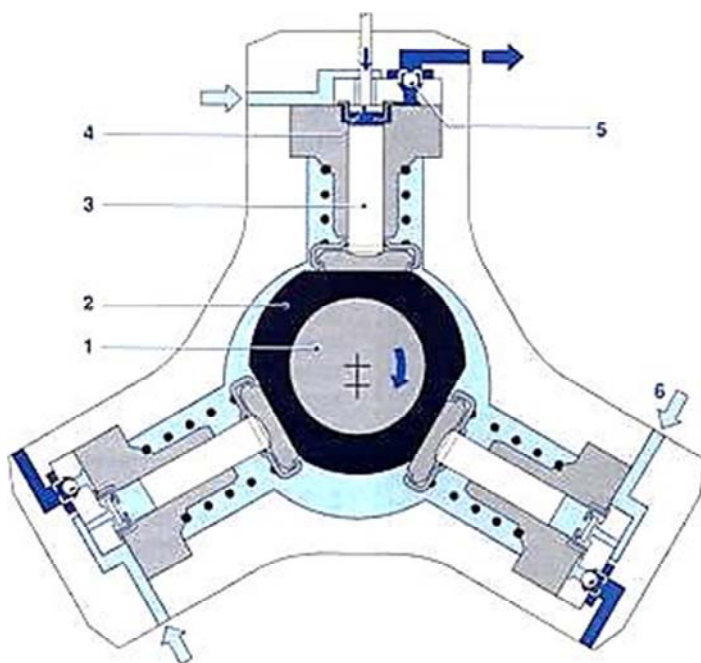


Рис. 4.32. Топливный насос высокого давления (поперечный разрез):
1 – вал привода; 2 – эксцентриковый кулачок; 3 – плунжер со втулкой;
4 – впускной клапан; 5 – выпускной клапан; 6 – подача топлива

Три плунжера 3, радиально расположенные по окружности через 120° (рис. 4.33), сжимают топливо внутри ТНВД. Три рабочих хода каждого плунжера за один оборот вала ТНВД позволяют обеспечить незначительную и равномерную нагрузку на вал привода с эксцентриковыми кулачками. Крутящий момент, достигающий величины 16 Нм, составляет около $1/9$ от амплитуды момента, необходимого для привода распределительного ТНВД обычного типа. Таким образом, система Common Rail способна функционировать при гораздо меньших энергзатратах.

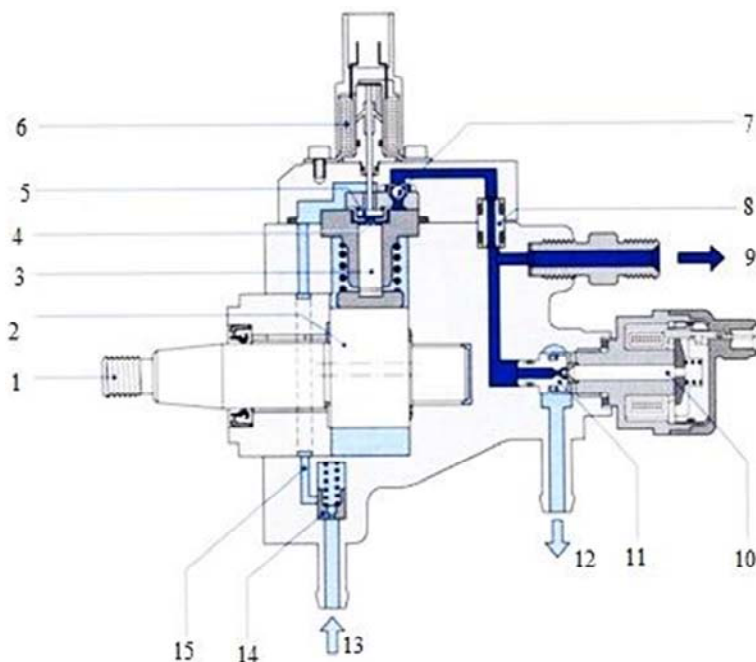


Рис. 4.33. Топливный насос высокого давления (продольный разрез):
 1 – вал привода; 2 – эксцентриковый кулачок; 3 – плунжер с гильзой;
 4 – камера над плунжером; 5 – впускной клапан; 6 – электромагнитный клапан
 отключения плунжерной секции; 7 – выпускной клапан; 8 – уплотнение;
 9 – штуцер магистрали, ведущей к аккумулятору высокого давления;
 10 – клапан регулирования давления; 11 – шариковый клапан;
 12 – магистраль обратного слива топлива; 13 – магистраль подачи топлива
 к ТНВД; 14 – защитный клапан с дроссельным отверстием;
 15 – перепускной канал низкого давления

Топливоподкачивающий насос подает топливо к ТНВД через фильтр с сепаратором воды. Пройдя через дроссельное отверстие защитного клапана 14 (рис. 4.33), топливо, используемое также для смазки и охлаждения деталей ТНВД, движется к плунжерам по системе каналов. Вал 1 привода с эксцентриковыми кулачками 2 одновременно заставляет поступательно двигаться все три плунжера 3.

Топливоподкачивающий насос создает давление подачи, превышающее величину, на которую рассчитан защитный клапан (от 0,5 до 1,5 бар). Последний открывает перепускной канал 15, по которому топливо через впускной клапан 5 поступает в камеру 4 над плунжером, движущимся вниз (то есть совершающим впуск). Когда НМТ плунжера пройдена, впускной клапан закрывается. Топливо в надплунжерном пространстве сжимается плунжером, идущим вверх. Когда возрастающее давление достигает уровня, соответствующего тому, что поддерживается в аккумуляторе высокого давления, открывается выпускной клапан 7. Сжатое топливо поступает в контур высокого давления.

Плунжер ТНВД подает топливо до тех пор, пока не достигнет своей ВМТ (ход подачи). Затем давление падает, выпускной клапан закрывается. Плунжер начинает движение вниз.

Когда величина давления в надплунжерном пространстве опускается ниже величины давления подкачки, впускной клапан открывается и процесс повторяется.

Так как ТНВД рассчитан на большую величину подачи, на холостом ходу при частичных нагрузках возникает избыток сжатого топлива, которое через клапан регулирования давления и магистраль обратного слива возвращается в топливный бак. Здесь давление топлива падает, и потенциальная энергия потока топлива иссякает. Поскольку топливо под давлением нагревается, то под влиянием температуры топлива, поступающего из магистрали обратного слива, постепенно повышается температура топлива в баке. Соответственно снижается КПД системы.

При отключении одной плунжерной секции 3 сокращается количество топлива, которое подается в аккумулятор высокого давления. Если электромагнитный клапан 6 отключения плунжерной секции задействован, то встроенный в его якорь штифт нажимает на впускной клапан 5, постоянно держа его в открытом положении. Поступившее в надплунжерное пространство топливо не сжимается во

время хода подачи, повышения давления не происходит, выпускной клапан не открывается. Соответственно, топливо не поступает в контур высокого давления, а возвращается в контур низкого давления. При снижении потребной мощности отключение одной из плунжерных секций позволяет регулировать производительность ТНВД.

Клапан регулирования давления

Клапан регулирования давления устанавливает величину давления в аккумуляторе высокого давления в зависимости от нагрузки на двигатель.

При слишком высоком давлении в аккумуляторе клапан открывается и часть топлива из аккумулятора отводится через магистраль обратного слива назад к топливному баку.

При падении давления в аккумуляторе клапан закрывается и замыкает контуры высокого и низкого давления.

Клапан регулирования давления (рис. 4.34) крепится через фланец к корпусу ТНВД или аккумулятора высокого давления.

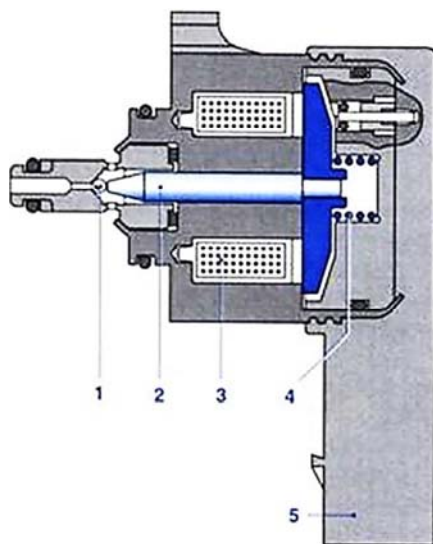


Рис. 4.34. Клапан регулирования давления:
1 – шарик клапана; 2 – якорь; 3 – электромагнит;
4 – пружина клапана; 5 – электрический штекер

Якорь 2 прижимает шарик 1 клапана к седлу под действием пружины клапана 4 так, чтобы разъединить контуры высокого и низкого давления. Включенный электромагнит 3 перемещает якорь, прикладывая дополнительное усилие к прижатию шарика к седлу.

Весь якорь омывается топливом, которое смазывает трущиеся поверхности и отводит лишнее тепло.

Клапан регулирования давления отключен.

От аккумулятора или на выходе ТНВД топливо под высоким давлением подается ко входу клапана. Так как обесточенный электромагнит не развивает никаких усилий, сила давления топлива преодолевает силу действия пружины. Клапан открывается и остается в таком положении большее или меньшее время в зависимости от цикловой подачи. Пружина подобрана таким образом, чтобы устанавливалось давление топлива около 100 бар.

Клапан регулирования давления включен.

Если необходимо повысить величину давления, то сила действия электромагнита дополняет силу давления пружины. Якорь смещается вниз, уменьшая диаметр проходного сечения, до тех пор, пока объединенное усилие электромагнита и пружины не уравновесится давлением топлива. Затем якорь остается в этом положении, поддерживая постоянное давление. Величина давления может варьироваться в зависимости от изменения величины подачи топлива в аккумулятор. Давление в клапане может снижаться также из-за увеличения расхода топлива, впрыскиваемого через форсунки.

Аккумулятор высокого давления

Аккумулятор высокого давления (рис. 4.35) содержит топливо под высоким давлением. Одновременно аккумулятор смягчает колебания давления, которые возникают из-за пульсирующей подачи со стороны ТНВД, а также из-за работы форсунок во время впрыскивания. Этим обеспечивается постоянство давления впрыскивания при открытии форсунки.

Распределение топлива по форсункам также входит в функции аккумулятора.

Аккумулятор 1 высокого давления в общем виде имеет форму трубки. В зависимости от конструкции двигателя конкретное исполнение аккумулятора может иметь разные формы. На аккумуля-

тор могут устанавливаться датчик 3 давления топлива и клапан 4 ограничения давления. В качестве дополнительного оборудования могут устанавливаться ограничители 6 расхода топлива и клапан регулирования давления, если он не расположен на ТНВД.

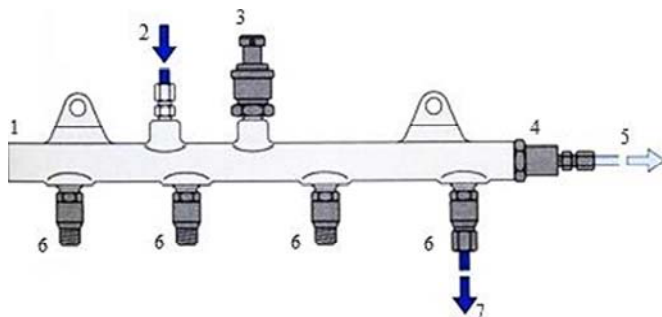


Рис. 4.35. Аккумулятор высокого давления:

- 1 – аккумулятор высокого давления; 2 – магистраль высокого давления к впускному штуцеру; 3 – датчик давления топлива;
4 – клапан ограничения давления; 5 – магистраль обратного слива;
6 – ограничитель расхода топлива; 7 – магистраль высокого давления к форсунке

Топливо из ТНВД направляется через магистраль высокого давления к впускному штуцеру 2 аккумулятора. Из аккумулятора оно распределяется по отдельным форсункам.

Давление внутри аккумулятора измеряется датчиком давления топлива и ограничивается клапаном регулирования давления до некой максимально допустимой величины в зависимости от параметров системы впрыска. Топливо под давлением поступает к форсункам через ограничитель расхода, который дросселирует поток. Объем аккумулятора постоянно наполнен топливом, находящимся под давлением. Величина этого давления поддерживается на постоянном уровне при больших нагрузках на двигатель, когда возрастает расход топлива через форсунки.

Форсунка

Форсунки связаны с аккумулятором короткими магистралями высокого давления. Как и на дизелях с непосредственным впрыском топлива, форсунки системы Common Rail устанавливаются с за-

жимными скобами в головке цилиндра. Тем самым допускается возможность установки форсунок системы Common Rail на дизели с непосредственным впрыском топлива без кардинальной модернизации головок.

Требуемые момент начала впрыскивания и величина подачи топлива обеспечиваются форсунками с электромагнитным клапаном. Момент начала впрыскивания в координатах «угол-время» устанавливается системой электронного регулирования работы дизеля. Необходимы также два датчика: один измеряет частоту вращения коленчатого вала, другой предназначен для распознавания цилиндров и определения фаз на распределительном валу.

Форсунка состоит из следующих функциональных блоков:

- бесштифтовой распылитель;
- гидравлическая сервосистема;
- электромагнитный клапан.

Топливо подается по магистрали 9 высокого давления (рис. 4.36) через подводящий канал к распылителю форсунки, а также через дроссельное отверстие 10 подачи топлива – в камеру 5 управляющего клапана. Через дроссельное отверстие 8 отвода топлива, которое может открываться электромагнитным клапаном, камера соединяется с магистралью 1 обратного слива топлива.

При закрытом дроссельном отверстии 8 гидравлическая сила, действующая сверху на поршень 11 управляющего клапана, превышает силу давления топлива снизу на конус 6 иглы распылителя. Вследствие этого игла прижимается к седлу распылителя и плотно закрывает отверстия 7 распылителя. В результате топливо не попадает в камеру сгорания.

При срабатывании электромагнитного клапана якорь электромагнита сдвигается вверх, открывая дроссельное отверстие 8. Соответственно снижаются как давление в камере управляющего клапана, так и гидравлическая сила, действующая на поршень управляющего клапана. Под действием давления топлива на конус 6 игла распылителя отходит от седла, так что топливо через отверстия 7 распылителя попадает в камеру сгорания цилиндра.

Такое не прямое управление иглой применяют по той причине, что непосредственного усилия электромагнитного клапана недостаточно для быстрого подъема распылителя. Управляющая подача – это дополнительное количество топлива, предназначенное для

подъема иглы, которое после использования отводится в магистраль обратного слива топлива.

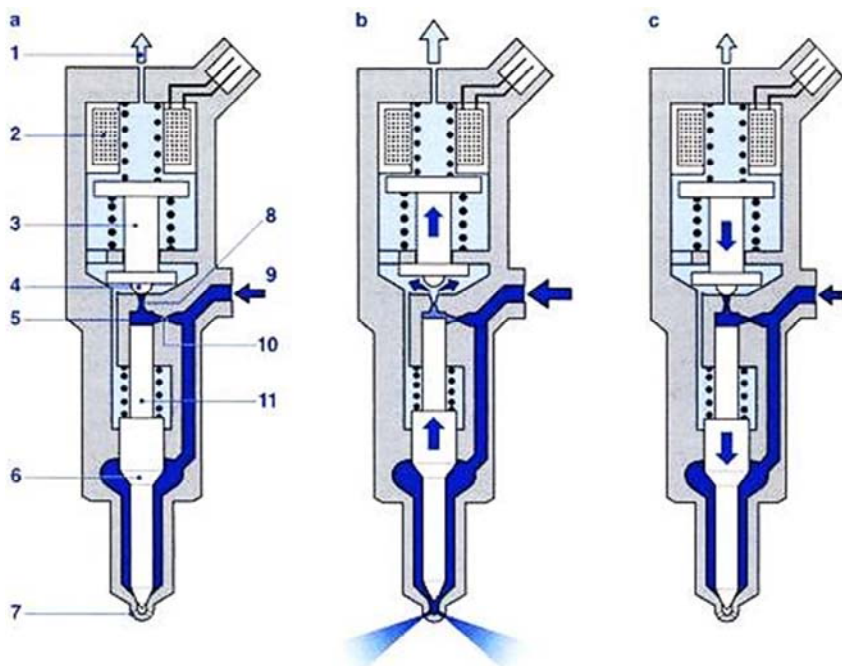


Рис. 4.36. Принцип действия форсунки:

- a* – форсунка в состоянии покоя; *b* – форсунка открыта; *c* – форсунка закрыта;
- 1 – магистраль обратного слива топлива; 2 – катушка электромагнита;
- 3 – якорь электромагнита; 4 – шарик клапана;
- 5 – камера управляющего давления; 6 – конус иглы распылителя;
- 7 – отверстия распылителя; 8 – дроссельное отверстие отвода топлива;
- 9 – магистраль высокого давления; 10 – дроссельное отверстие подачи топлива;
- 11 – поршень управляющего давления

Кроме управляющей подачи существуют утечки топлива через иглу распылителя и направляющую поршня управляющего клапана. Все это топливо отводится в магистраль обратного слива, к которой присоединены все прочие агрегаты системы впрыска, и возвращается в топливный бак.

В настоящее время на двигателях начинают применять форсунки с пьезоэлектрическим клапаном. У пьезотехнологии, по сравнению

с электромагнитными форсунками, движущаяся масса на игле форсунки меньше на 75 %. Уменьшение веса дает следующие преимущества:

- очень короткое время включения;
- возможно несколько впрысков на каждый рабочий такт;
- можно точно дозировать впрыскиваемое количество топлива.

Процесс впрыска, который может состоять из пяти частичных впрысков на каждый рабочий такт, имеет до двух предварительных впрысков в нижнем диапазоне оборотов и два дополнительных впрыска. Это позволяет получать меньший выброс отработавших газов и мягкий процесс сгорания.

При сжатии кристаллической решетки, состоящей из ионов (турмалин, кварц), возникает электрическое напряжение. При приложении электрического напряжения можно добиться обратимости пьезоэлектрического эффекта. При этом кристалл расширяется. Этот эффект применяется для управления форсунками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкция тракторов и автомобилей : пособие / сост. И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 816 с.: ил.

2. Луканин, В. Н. Двигатели внутреннего сгорания / В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян. – М. : Высшая школа, 2005. – Кн. 1. Теория рабочих процессов. – 480 с.

3. Грехов, Л. В. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением : учебно-практическое пособие / Л. В. Грехов. – М. : Легион-Автодата, 2009. – 176 с.: ил.

Учебное издание

ИВАНДИКОВ Михаил Петрович

КОНСТРУКЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности
1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»

Редактор *Н. А. Костешева*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 15.04.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 4,18. Тираж 100. Заказ 594.

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.