

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Кузьменко И.В.**

## **МЕХАНИЗМЫ И СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Учебное пособие для выполнения курса лабораторных работ  
по дисциплине «Тракторы и автомобили»  
для студентов инженерно-технологического института  
по направлению подготовки:  
35.03.06 Агроинженерия  
профиль: Технические системы в агробизнесе  
профиль: Технический сервис в АПК

Брянская область 2022

УДК 621.43 (076)

ББК 31.365

К 89

Кузьменко, И. В. Механизмы и системы двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие для выполнения курса лабораторных работ по дисциплине «Тракторы и автомобили» для студентов инженерно-технологического института по направлению подготовки: 35.03.06 Агроинженерия профиль: Технические системы в агробизнесе, профиль: Технический сервис в АПК / И. В. Кузьменко. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 167 с.

Учебное пособие предназначено для выполнения курса лабораторных работ по изучению конструкций механизмов и систем поршневых двигателей внутреннего сгорания. Пособие разработано для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: доцент: к.т.н. доцент Кузюр В.М.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №4 от 19 января 2022 года.*

© Брянский ГАУ, 2022

© Кузьменко И.В., 2022

# 1. КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия кривошипно-шатунного механизма, конструкцией деталей из которых он состоит, их ролью в работе механизма.

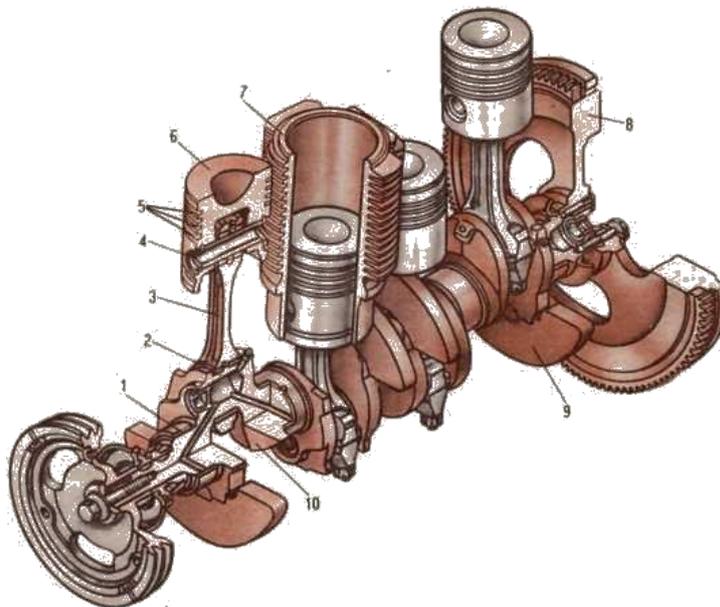
**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить детали КШМ с использованием учебного пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть механизм и детали его составляющие на разрезах макетов ДВС и натуральные детали КШМ.

## ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали КШМ, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

## НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО КШМ

Кривошипно-шатунный механизм предназначен для восприятия сил давления газов и преобразования прямолинейного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

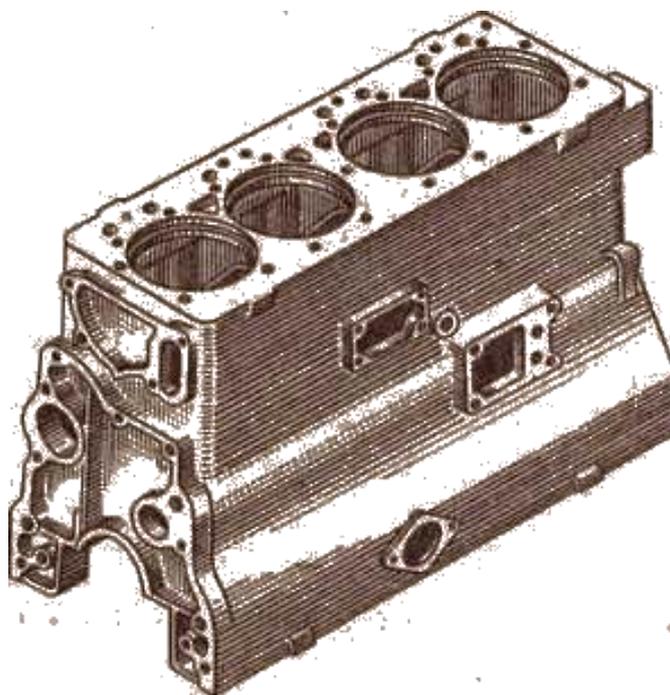


**Рисунок 1 - Кривошипно-шатунный механизм:**

1 – коренной подшипник; 2 – шатунный подшипник; 3 – шатун; 4 – поршневой палец; 5 – поршневые кольца; 6 – поршень; 7 – цилиндр; 8 – маховик; 9 – противовес; 10 – коленчатый вал.

Он состоит из блок-картера с цилиндрами 7 (рис. 1), поршней 6 с кольцами 5, поршневых пальцев 4, шатунов 3, коленчатого вала 10, маховика 8.

**Блок-картер** (рис. 2) в однорядных и V-образных автотракторных двигателях с жидкостным охлаждением представляет собой отливку коробчатой формы, верхняя часть которой образует блок цилиндров, а нижняя – верхнюю часть картера коленчатого вала. Блок-картер при работе двигателя воспринимает большие нагрузки от сил давления газов и сил инерции движущихся масс, поэтому он должен обладать повышенной жесткостью и малой массой. Жесткость блок-картера повышают путем постановки перегородок и оребрения внутренней поверхности и понижения плоскости крепления поддона картера относительно оси коленчатого вала.



**Рисунок 2 – Блок – картер**

Блок-картер представляет собой отлитую из серого чугуна жесткую монолитную коробку, к которой крепят и в которой размещены различные механизмы, агрегаты и отдельные детали. Верхняя часть отливки является блоком цилиндров, а нижняя – картером. К верхней обработанной плоскости блок-картера на шпильках крепят головку цилиндров, к обработанной части передней торцевой плоскости блок-картера – крышку распределительных шестерен,

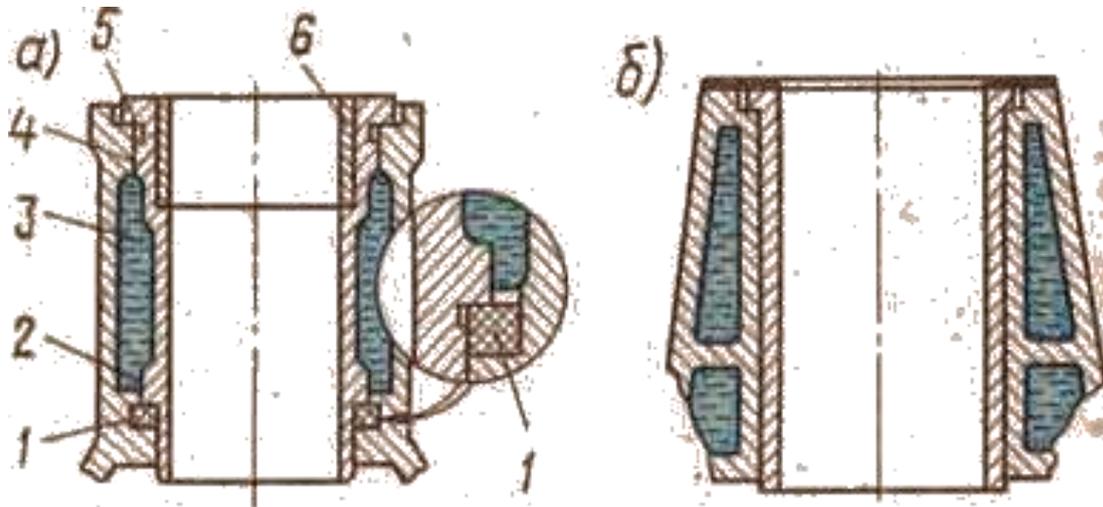
а к задней – картер маховика. В стенках блок-картера расположены каналы для подвода масла к трущимся поверхностям деталей и отверстия для установки подшипников распределительного вала. На наружных поверхностях стенок блок-картера имеются обработанные площадки для крепления различных механизмов и агрегатов.

В верхней части блок-картера предусмотрены вертикальные расточки цилиндров, в которые вставляют гильзы цилиндров. Пространство между внутренними стенками блок-картера и наружной поверхностью цилиндра (гильзы) называют *водяной рубашкой*, оно заполнено охлаждающей жидкостью. Водяная рубашка блок-картера соединена с водяной рубашкой головки цилиндра посредством водоперепускных отверстий. Нижняя часть блок-картера имеет поперечные перегородки, количество которых равно числу коренных опор коленчатого вала. В каждой перегородке расположены гнезда коренных подшипников коленчатого вала. К нижней обработанной плоскости крепят поддон картера. Материалом для изготовления блок-картеров служат серый легированный чугун и алюминиевые сплавы. Блок-картеры двигателей могут быть гильзованными и негильзованными. У автотракторных двигателей блок-картеры выполняют со вставными гильзами.

**Поддон картера** предназначен для предохранения механизмов и агрегатов двигателя снизу от попадания в них пыли и грязи и служит резервуаром для масла. Поддон в автомобильных двигателях, как правило, штампуется из листовой стали, а в тракторных двигателях поддоны изготавливают как литые, так и штампованные. Поддон имеет маслосливной штуцер и трубку для масломерной линейки. Его крепят к блок-картеру болтами или шпильками. Уплотнение между блок-картером и поддоном достигается установкой прокладки из пробки или паронита.

**Гильзы цилиндров** (рис. 3) представляют собой тонкостенные пустотелые цилиндры с тщательно отполированной рабочей поверхностью. Рабочую поверхность гильзы цилиндра, по которой перемещается поршень с кольцами, называют *зеркалом цилиндра*. В зависимости от способа установки в блок-

картере гильзы цилиндров делят на мокрые и сухие. Гильзы, непосредственно омываемые снаружи охлаждающей жидкостью, называют мокрыми (рис. 3, а), а гильзы, не омываемые охлаждающей жидкостью и установленные в предварительно расточенные цилиндры блок-картера, – *сухими* (рис. 3,б).

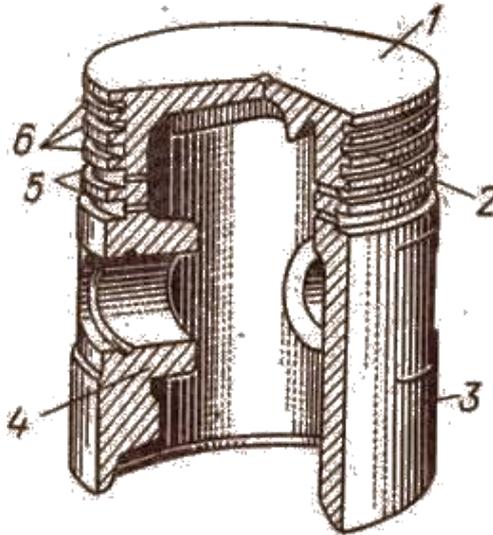


**Рисунок 3 - Гильзы цилиндров**

Наибольшее распространение имеют мокрые гильзы, так как они обеспечивают лучшую теплоотдачу охлаждающей жидкости. Мокрая гильза в верхней части имеет обработанный буртик 5, которым она входит в кольцевую выточку блока. На наружной цилиндрической поверхности гильзы расположены верхний 4 и нижний 2 посадочные пояса, которыми она плотно входит в центрирующие отверстия блок-картера. Между гильзой и стенками блок-картера образуется водяная рубашка 3, по которой циркулирует охлаждающая жидкость. Уплотнение нижней части гильзы от просачивания охлаждающей жидкости достигается резиновыми кольцами, верхней части – буртиком 5 и прокладкой.

**Поршень** предназначен для восприятия сил давления газов и передачи их через поршневой палец и шатун коленчатому валу и для отвода теплоты в стенки цилиндра. В процессе работы двигателя поршень воспринимает механические нагрузки от сил давления газов и сил инерции движущихся масс, а также тепловые нагрузки от нагрева днища горячими газами. Поэтому поршень должен обладать необходимой прочностью и жесткостью при минимальной массе,

повышенной износостойчивостью трущихся поверхностей, высокой теплопроводностью, хорошим отводом теплоты от днища поршня в стенки цилиндра.



**Рисунок 4 – Поршень**

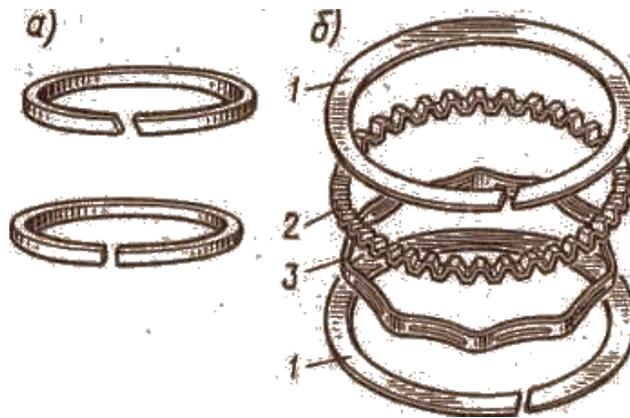
Поршень (рис. 4) имеет форму стакана и состоит из днища *1*, уплотняющей *2* и направляющей частей или юбки *3*. Днище вместе с уплотняющей частью составляет головку поршня. Днище поршня образует с внутренней поверхностью головки цилиндров камеру сгорания и воспринимает давление газов. Днище поршня *1* выполняется плоским, выпуклым, вогнутым или фасонным в зависимости от формы камеры сгорания, степени сжатия, способа смесеобразования, расположения клапанов, расположения форсунок и от других факторов. У большинства четырехтактных карбюраторных двигателей применяют днище поршня плоское. Оно имеет минимальную поверхность нагрева и просто в изготовлении. У дизелей большое распространение получили днища с полостями. Для увеличения прочности и лучшего отвода теплоты днище поршня с внутренней стороны снабжают ребрами.

Материалом для изготовления поршней служат алюминиевые сплавы и иногда чугун. Преимущество поршней, изготовленных из алюминиевых сплавов, по сравнению с чугунными – меньшая масса и более высокая теплопроводность (в 3-4 раза выше).

Поршни из алюминиевых сплавов изготавливают в основном отливкой.

Чтобы сократить период приработки поршня с цилиндром, боковую поверхность поршня покрывают тонким слоем (0,002-0,006 мм) олова.

На уплотняющей части поршня расположены кольцевые канавки 5 и 6 для поршневых колец. В канавки 6 устанавливают компрессионные кольца, а в канавки 5 – маслосъёмные. В канавках 5 расположены сквозные отверстия для отвода излишков масла в поддон картера. Юбка поршня служит для направления его движения в цилиндре и для передачи бокового усилия от шатуна на стенку цилиндра. Юбка поршня имеет бобышки 4 с отверстиями для установки поршневого пальца.



**Рисунок 5 - Поршневые кольца**

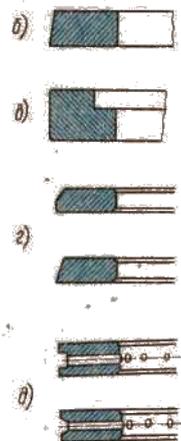
Изготавливают юбку поршня большего диаметра, чем днище, так как она во время работы двигателя меньше нагревается, а следовательно, и меньше расширяется. Чтобы уменьшить передачу теплоты от головки поршня к юбке, в поршнях карбюраторных двигателей иногда делают прорезь по части окружности между головкой и юбкой. Для нормальной работы поршня без стуков и заеданий и свободного перемещения его в холодном и нагретом цилиндре, необходимо иметь минимальный зазор между юбкой и стенкой цилиндра. Чтобы получить минимальный зазор, юбки поршня выполняют эллиптической или конической формы с уменьшением диаметра кверху и разрезные. Для грузовых автомобилей и тракторов в основном применяют поршни, у которых юбка имеет эллиптическую форму.

**Поршневые кольца** по назначению разделяют на компрессионные (уплотнительные) и маслосъемные (маслосбрасывающие).

Компрессионные кольца (рис. 5, а) предназначены для уплотнения зазора между поршнем и цилиндром от прорыва газов из камеры сгорания в поддон картера и для отвода теплоты от головки поршня к стенкам цилиндра. Уплотняющее действие компрессионных колец основано на создании ими в зазоре между поршнем и цилиндром лабиринта. Поршни карбюраторных двигателей имеют два-три компрессионных кольца, а поршни дизелей вследствие более высоких давлений в камере сгорания – три-четыре кольца.

Конструкция компрессионных колец определяется формой поперечного сечения и формой их замка.

Форма сечения колец может быть прямоугольной (рис. 6, б) и трапециевидальной (рис. 6, а). Замок кольца (рис. 5, а) выполняют прямым или косым. Наиболее широко применяются кольца с прямыми замками, которые просты в изготовлении и надежны в работе. Чтобы предотвратить прорыв газов через замки, последние располагают под углом 90-120° относительно друг друга. Маслосъемные кольца (рис. 5, б) служат для удаления со стенок цилиндра излишков масла и направления их в картер с целью предотвращения попадания в камеру сгорания. Маслосъемные кольца выполняют различной формы.



**Рисунок 6 – Форма сечения колец**

Наиболее широко применяются конические (рис. 6, в), скребковые (рис. 6, д) и составные маслосъемные кольца. Составное маслосъемное кольцо имеет

(рис. 5, б) два кольцевых диска 1 и два расширителя – осевой 2 и радиальный 3. При перемещении поршня вниз излишки масла со стенок цилиндра снимаются кромками маслосъемных колец и через щели в кольце и отверстия в поршне отводятся в поддон картера. Поршни двигателей обычно имеют два-три компрессионных и одно-два маслосъемных кольца, которые устанавливают или непосредственно под компрессионными кольцами, или одно кольцо помещают в нижней части юбки поршня.

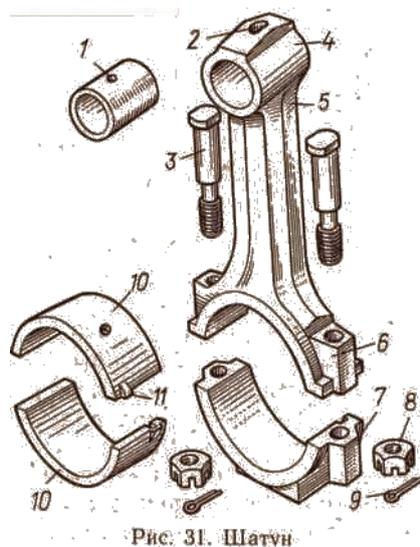
Материалом для изготовления колец служат серый чугун, сталь и легированные чугуны. Чтобы повысить износостойкость и ускорить приработку, рабочую поверхность верхнего компрессионного кольца покрывают пористым хромом (толщина 0,1 - 0,14 мм), а трущиеся поверхности остальных колец – слоем олова (толщиной 0,005-0,01 мм).

**Поршневой палец** служит для шарнирного соединения поршня с шатуном. Палец при работе воспринимает большие нагрузки от давления газов и сил инерции движущихся масс, переменных по величине и направлению. Кроме того, палец при работе воспринимает тепловую нагрузку, возникающую в результате трения пальца о головку шатуна и бобышки поршня. Поэтому палец должен обладать высокой прочностью при переменной нагрузке, повышенной износостойкостью рабочей поверхности и малой массой.

Поршневой палец 4 представляет собой отрезок тонкостенной трубы с прямыми цилиндрическими (рис. 1) или коническими внутренними поверхностями. Конструкция поршневого пальца зависит от типа сопряжений пальца с поршнем и шатуном. По этому признаку различают: палец, вращающийся в бобышках поршня и закрепленный в головке шатуна; палец, свободно вращающийся как в головке шатуна, так и в втулке. Палец, свободно вращающийся в головке шатуна и в бобышках, называют *плавающим*. Широкое распространение в двигателях получили плавающие поршневые пальцы. Преимущество плавающего пальца – незначительный и равномерный износ как по длине, так и по окружности благодаря меньшей относительной скорости скольжения, а недостаток его – свободное перемещение в осевом направлении. От осевых перемещений пла-

вающие пальцы удерживаются пружинящими кольцами круглого сечения, вставленными в бобышки поршня. Материалом для изготовления пальцев служат малоуглеродистые цементируемые и легированные цементируемые стали.

**Шатун** служит для соединения поршня с коленом вала и для передачи усилия от поршня к коленчатому валу.



## Рисунок 7 - Шатун

Шатун при работе двигателя совершает сложное качательное движение и подвергается воздействию переменной по величине и направлению нагрузки от давления газов и сил инерции. Поэтому шатун должен обладать высокой прочностью и жесткостью при относительно малой массе, высокой износостойкостью и плавностью переходов от стержня шатуна к его головкам.

Шатун (рис. 7) состоит из верхней головки 4, стержня 5 и нижней головки 6. Конструкция верхней (поршневой) головки зависит от способа крепления поршневого пальца и условий его смазки. При плавающем пальце верхнюю головку выполняют неразъемной и в нее запрессовывают бронзовую втулку, которая служит подшипником поршневого пальца.

Стержень шатуна имеет двутавровое сечение, что обеспечивает ему необходимую прочность и жесткость при относительно малой массе. Нижнюю (кривошипную) головку обычно выполняют разъемной. Разъем головки осу-

ществляется в плоскости оси шатунной шейки. Съемную часть нижней головки называют *крышкой*. Крышку 7 крепят к телу шатуна двумя шатунными болтами 3, гайки 8 которых от отворачивания фиксируются шплинтами 9. Чтобы придать большую жесткость, крышки головок выполняют с ребрами и приливами. От смещений в поперечном направлении крышка фиксируется выступами в ней или теле шатуна, треугольными шлицами в плоскости стыка или призонными болтами.

При больших размерах нижней головки, когда шатун не проходит через цилиндр (вверх), плоскость разъема головки располагается под углами 30, 45 и 60° к продольной оси стержня шатуна.

Для двухрядных V-образных автотракторных двигателей применяют, как правило, шатуны с последовательным расположением их на одной шейке вала. Их конструкция ничем не отличается от ранее описанной.

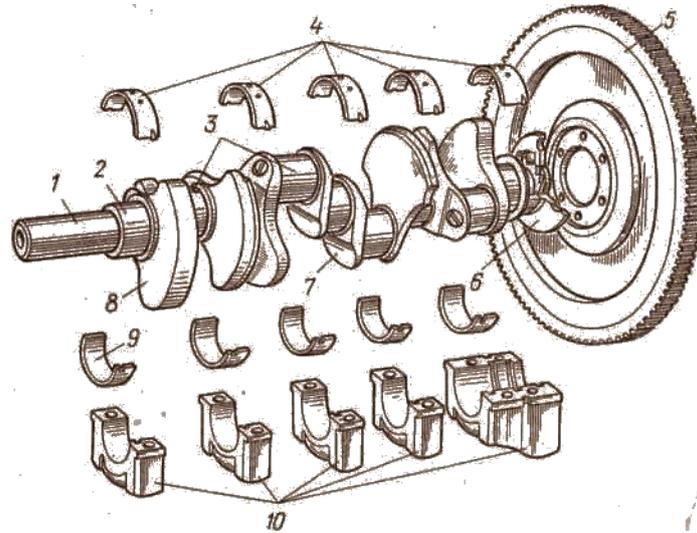
В нижней головке шатунов устанавливают подшипники скольжения, представляющие собой взаимозаменяемые тонкостенные биметаллические вкладыши 10, изготовленные из стальной ленты толщиной 1-3 мм, покрытой антифрикционным сплавом. Тонкостенные вкладыши от проворачивания и осевых перемещений удерживаются усиками 11, входящими в канавки шатуна и его нижней крышки. Вкладыши устанавливают в нижнюю головку с натягом, величина которого зависит от диаметра шатунной шейки и составляет 0,03-0,04 мм.

Шатуны изготовляют штамповкой из углеродистой или легированной стали. В качестве антифрикционного материала вкладышей подшипников карбюраторных двигателей применяют свинцовистые и оловянистые баббиты, алюминиевые сплавы, а для дизелей – свинцовистую бронзу БрС-30 или сплав из алюминия, сурьмы и магния (АСМ).

**Коленчатый вал** предназначен для восприятия усилий от шатунов и передачи крутящего момента через механизмы трансмиссии к ведущим колесам.

В процессе работы коленчатый вал воспринимает периодические нагрузки от сил давления и от сил инерции поступательно движущихся и вращающихся масс. Поэтому коленчатый вал должен обладать высокой прочностью, жестко-

стью износостойкостью трущихся поверхностей (шеек) при относительно малой массе.



**Рисунок 8 – Коленчатый вал**

Коленчатые валы изготавливают ковкой или литьем. Материал для валов, изготовленных ковкой, – высококачественные среднеуглеродистые или легированные стали, для литых валов – легированные чугуны.

Коленчатый вал (рис. 8) состоит из следующих основных элементов: носка (передний конец) 1, коренных шеек 2, шатунных шеек 3, щек 7 с противовесами 8 и хвостовика (задний конец) 6.

На носке коленчатого вала устанавливают маслоотражательное устройство, шестерню газораспределения, шкив привода вентилятора, храповик для запуска двигателя с помощью рукоятки и иногда гаситель крутильных колебаний.

Коренные шейки являются опорами вала, они опираются на коренные подшипники, установленные в блок-картере. Коренные шейки выполняют все одинакового диаметра. Последняя коренная шейка или средняя имеет буртики для фиксации коленчатого вала от осевых перемещений. В эти буртики вставляют два полукольца из антифрикционного материала. В двигателях, работающих с высокими давлениями сгорания, коленчатые валы обычно имеют число коренных шеек на одну больше числа шатунных шеек, т. е. валы изготавливают полноопорными.

Шатунные шейки служат для соединения вала с нижними головками шатунов. Они, как правило, имеют меньший диаметр, чем коренные шейки, и выполняются полыми.

Щеки коленчатого вала соединяют вместе коренные и шатунные шейки. Их изготавливают прямоугольной, эллиптической и круглой форм. Щеки валов автотракторных двигателей чаще всего выполняют эллиптической формы, обеспечивающей высокую жесткость при изгибе и кручении. Переходы (галтели) от щек к шейкам выполняют с большим радиусом закруглений для уменьшения концентрации напряжений.

Противовесы предназначены для разгрузки коренных подшипников от центробежных сил инерции. Их изготавливают заодно со щеками, они имеют обычно форму неполного сектора или сегмента.

Хвостовик коленчатого вала имеет фланец, к которому крепят маховик 5. Уплотнение заднего конца коленчатого вала достигается применением маслоотражательных колец вместе с сальниками и лабиринтовой винтовой нарезкой.

Масло под давлением по каналам в блок-картере подается к опорам коренных подшипников, далее через отверстия во вкладышах попадает на поверхность коренных шеек, обеспечивая смазку сопряжения коренной вкладыш – коренная шейка. Для подвода масла к шатунным подшипникам в коленчатом валу делают сверления. По просверленным каналам масло от коренной шейки поступает к поверхности шатунной шейки, обеспечивая смазку сопряжения шатунный вкладыш – шатунная шейка.

Коренные подшипники, прилегающие к коренным шейкам, выполняют преимущественно скользящими. В качестве подшипников используют тонкостенные вкладыши, которые по устройству подобны шатунным и внутри покрыты тем же антифрикционным металлом, что и шатунные. В верхней половине вкладыша 4 имеется отверстие для подвода масла. Верхние вкладыши устанавливают в гнезда поперечных перегородок блок-картера, а нижние 9 – в съемные крышки 10.

**Маховик** – массивный диск, накапливающий при вращении кинетиче-

скую энергию, служит для обеспечения равномерного вращения коленчатого вала, для вывода поршней из мертвых точек и для облегчения пуска двигателя. Маховик 5 (рис. 8) представляет собой чугунный диск с ободом, который крепят к фланцу коленчатого вала с помощью болтов. На обод маховика напрессовывают стальной зубчатый венец для пуска двигателя от электростартера или пускового двигателя.

Коленчатый вал в сборе с маховиком подвергают балансировке.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Назначение кривошипно-шатунного механизма?
2. Из каких деталей состоит КШМ?
3. Каково назначение поршня?
4. На эскизе укажите основные части поршня и их назначение.
5. Для чего нужен шатун?
6. Каким образом поршень крепится к шатуну?
7. Каково назначение вкладышей и полуколец в КШМ?
8. Каким образом производится смазка шатунных шеек коленчатого вала?
9. Назначение маховика?
10. Для чего предназначены поршневые кольца? Какими бывают поршневые кольца?
11. Какова роль компрессионных поршневых колец?
12. Назначение маслосъемных поршневых колец?
13. Основы конструкции коленчатого вала и его назначение?
14. Какую роль выполняют коренные и шатунные шейки коленвала?

## 2. МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомиться с назначением, принципом действия и устройством, механизма газораспределения, конструкцией деталей, входящих в его состав.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить детали ГРМ с использованием учебно-методического пособия, обучающего видеофильма, рассмотреть механизм и детали его составляющие на разрезах макетов ДВС и натуральные детали ГРМ.

### ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали ГРМ, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

### НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ГРМ

Механизм газораспределения предназначен для очистки цилиндра от продуктов сгорания и заполнения его горючей смесью или воздухом в соответствии с протеканием рабочего процесса.

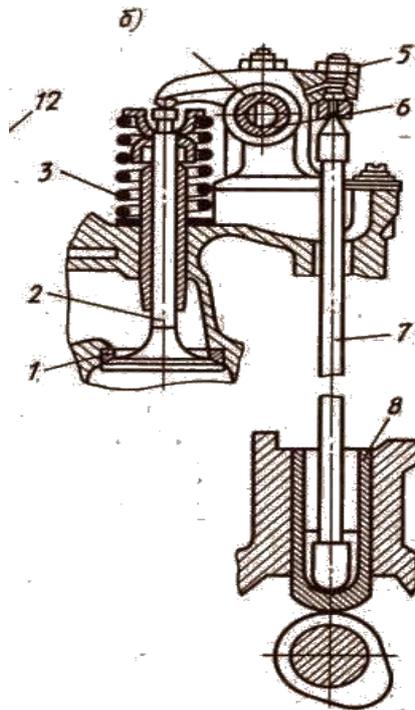


Рисунок 1 - Механизм газораспределения

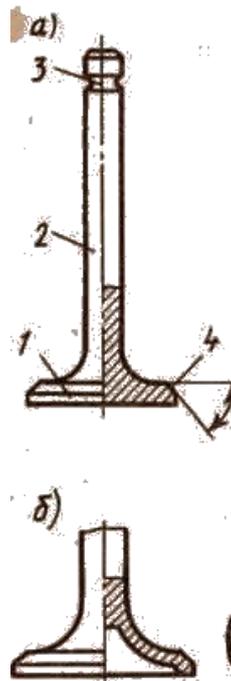
В двигателях внутреннего сгорания применяют газораспределение двух типов: клапанное и бесклапанное (щелевое). Наиболее распространены в четырехтактных автотракторных двигателях клапанные механизмы газораспределения благодаря простому устройству и надежной работе. Бесклапанные механизмы газораспределения получили распространение в двухтактных двигателях.

Принцип действия механизма газораспределения с клапанами состоит в следующем. При вращении распределительного вала его кулачок, набегая на толкатель 8 (рис.1), поднимает его вместе со штангой 7. Через штангу движение передается коромыслу 4, которое, поворачиваясь вокруг оси 6, открывает клапан 2, сжимая пружину 3. При дальнейшем вращении вала кулачок отходит от толкателя и клапан под действием пружины 3 поднимается и плотно прижимается к гнезду 1. Механизм газораспределения с верхним расположением клапанов широко применяется как в бензиновых двигателях, так и в дизелях.

## **КОНСТРУКЦИЯ ДЕТАЛЕЙ КЛАПАННОГО МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Клапанный механизм газораспределения состоит из следующих элементов: клапанов, клапанных гнезд, направляющих втулок, пружин, распределительных валов и деталей привода клапанов.

**Клапаны** предназначены для открытия и закрытия впускных и выпускных каналов. Во время работы клапаны подвергаются воздействию высоких температур (особенно выпускные) и действиям динамических нагрузок от сил давления газов, сил упругости пружин и сил инерции деталей механизма привода. Поэтому клапаны должны обладать высокой прочностью и хорошей сопротивляемостью короблению. Клапан (рис. 2) состоит из головки 1 и стержня 2.



**Рисунок 2 – Клапан**

Головка клапана имеет шлифованную конусную фаску 4 (рис. 2), являющуюся опорной поверхностью клапана, прилегающую к фаске клапанного гнезда. Фаску клапана выполняют под углом 45 или 30°. Клапан с фаской под углом 45° имеет меньшие проходные сечения, чем клапан с фаской под углом 30°, но обеспечивает более надежное уплотнение. Поэтому фаску под углом 30° обычно применяют для впускных клапанов. Для лучшего наполнения цилиндра головку впускного клапана обычно выполняют большего размера, чем выпускного. Переход от головки клапана к стержню выполняют плавным с большим радиусом чтобы улучшить отвод теплоты от головки к стержню и увеличить прочность клапана.

Стержень клапана имеет цилиндрическую форму. На конце стержня предусмотрена выточка 3 для размещения запорного устройства пружины.

Клапаны изготовляют штамповкой. В качестве материала для впускных клапанов применяют легированные стали, а для выпускных клапанов – легированные жаростойкие стали.



**Рисунок 3 – Клапанная группа ГРМ**

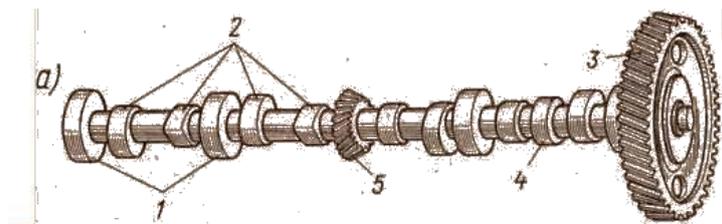
**Клапанные седла** предназначены для повышения износостойкости опорной поверхности, на которую садится клапан. Клапанные седла для выпускных, а также и для впускных клапанов при алюминиевой головке (блоке) делают вставными в виде круглых фасонных колец 2 (рис. 3). Гнезда изготавливают из жаростойких чугунов и запрессовывают в головку цилиндра. Угол фаски седла соответствует углу фаски прилегающего к нему клапана.

**Направляющие втулки 3** (рис. 3) служат для устранения перекосов клапана при его посадке в гнездо и для отвода от клапанов теплоты. Втулки обычно выполняют цельными цилиндрической формы. Иногда втулку выполняют с буртиком, которым она упирается в блок-картер или головку цилиндров при запрессовке. Втулки изготавливают из чугуна или из металлокерамических сплавов.

**Клапанные пружины 8,9** (рис. 3) обеспечивают плотную посадку клапана в гнездо и воспринимают инерционные силы, возникающие при движении деталей механизма газораспределения. Широкое распространение получили витые цилиндрические пружины с числом рабочих витков 4-10. При верхнем расположении клапанов для уменьшения размеров пружин и для предохранения их от разрушения в результате резонансных колебаний применяют две пружины на каждый клапан, расположенные одна в другой. С целью предотвращения «закусывания» меньшей по диаметру пружины между витками боль-

шей во время сжатия направление навивки в пружинах противоположным. Пружины клапанов изготавливают из марганцовистой и хромоникельванадиевой стали 60Г, 65Г и 50ХФА.

**Распределительный вал** (рис.4) предназначен для привода и управления движением клапанов.



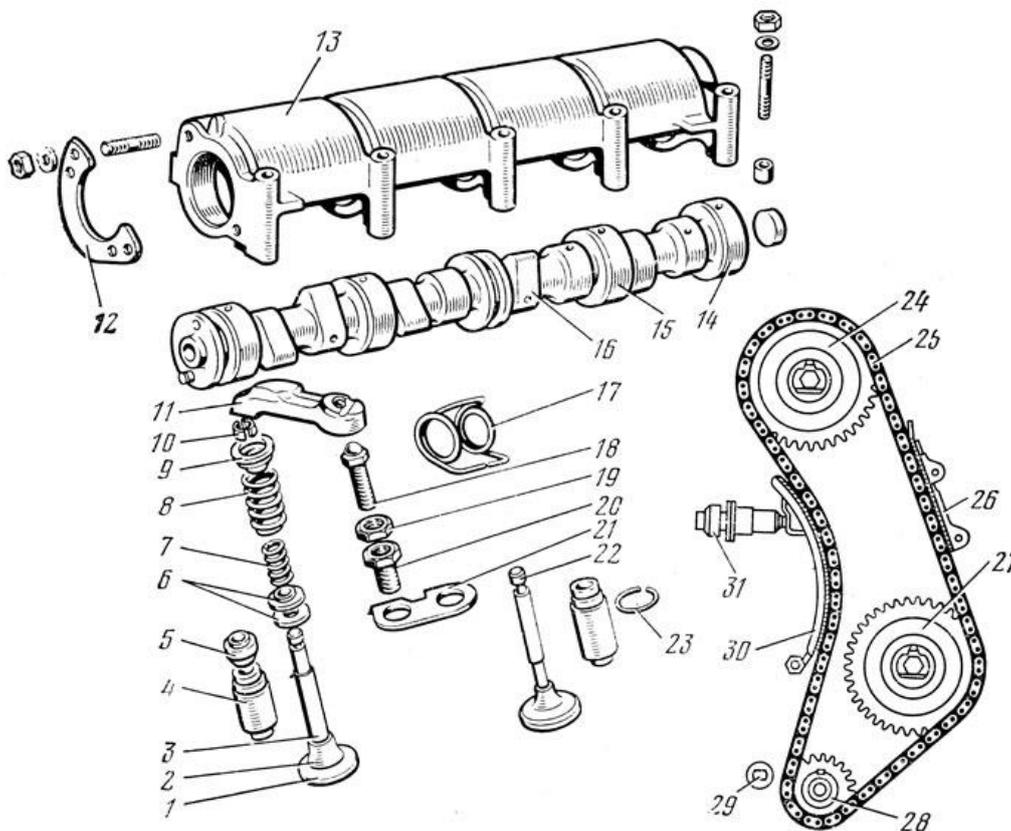
**Рисунок 4 – Распределительный вал**

Он имеет опорные шейки 1 (рис. 4), впускные и выпускные кулачки 2. Кулачки впускного и выпускного клапанов располагаются на валу в определенном порядке под разными углами в соответствии с порядком работы двигателя и фазами газораспределения. В автотракторных двигателях широко применяют выпуклый профиль кулачка. Он применяется как с грибовидным, так и с роликовым толкателем и обеспечивает быстрое открытие клапанов без возникновения больших инерционных сил. На распределительном валу могут размещаться эксцентрик 4 для привода топливного насоса, шестерня 5 привода масляного насоса и распределителя зажигания. На переднем конце вала устанавливают шестерню 3 привода. Распределительный вал у четырехтактных двигателей вращается в два раза медленнее коленчатого вала. Вал вращается в подшипниках скольжения (стальных втулках, залитых тонким слоем антифрикционного сплава), установленных в стенках блок-картера или в разъемных посадочных местах в головке блока цилиндров.

Осевое перемещение распределительного вала ограничивается упорным фланцем. Фланец устанавливается между шестерней и передней опорной шейкой распределительного вала и крепится к блок-картеру болтами.

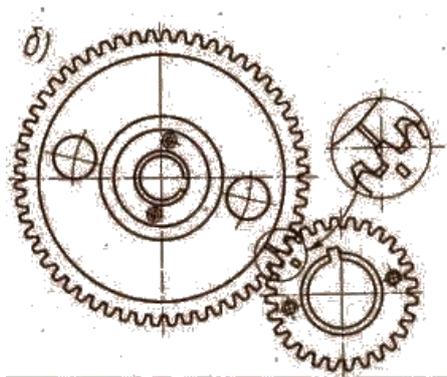
Распределительный вал изготавливают штамповкой из углеродистых или легированных сталей.

Привод распределительного вала зависит от его расположения. Нижние распределительные валы приводятся во вращение от коленчатого вала через шестерни (рис. 6) или цепную передачу, верхние распределительные валы – с помощью цепной или ременной передачи.



**Рисунок 5 – Цепной привод распредвала**

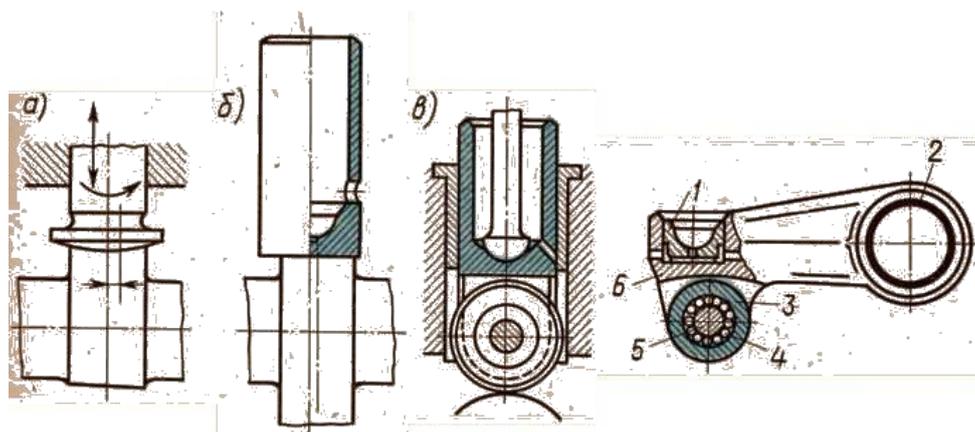
Шестерни (рис. 6) при сборке устанавливаются так, чтобы метки, нанесенные на них, находились друг против друга.



**Рисунок 6 – Шестерни привода распредвала**

К деталям привода клапана относятся толкатели, штанги, коромысла и рычаги.

**Толкатели** служат для передачи усилия от кулачков вала к клапанам или штангам.



**Рисунок 7 – Толкатели**

Толкатель представляет собой пустотелый цилиндрический стакан. Он выполняется грибовидным, цилиндрическим и роликовым. Грибовидные (рис. 7, а) и цилиндрические (рис. 7, б) толкатели с плоской или сферической опорной поверхностью получили широкое распространение на автотракторных двигателях. Толкатели при работе совершают одновременно как поступательное движение, так и вращательное вокруг своей оси, благодаря этому обеспечивается равномерный износ тарелки толкателя. Роликовые толкатели (рис. 7, в) уменьшают износ трущихся поверхностей, но имеют большую массу и сложны в изготовлении, поэтому они применяются у двигателей средней мощности.

В двигателях большой мощности применяются качающиеся роликовые толкатели (рис. 7, г). Качающийся роликовый толкатель состоит из корпуса б, в отверстие которого запрессована бронзовая втулка 2, ролика 3 и стальной пяты 1 со сферической выемкой. Ролик 3 вращается на оси 5 игольчатого подшипника 4. В сферическую выемку пяты входит штанга, передающая движение коромыслу.

Толкатели изготовляют из легированных или углеродистых сталей.

**Штанги** предназначены для передачи усилия от толкателей к коромыслам при верхнем расположении клапанов. Штанги 7 (рис.1) представляют собой стальные или алюминиевые трубки, на концах которых запрессованы стальные сферические наконечники. Нижний наконечник штанги устанавливается в гнездо толкателя, а верхний соединяют с коромыслом.

**Коромысла** служат для изменения направления движения штанги. Коромысло 4 (рис. 1) представляет собой двуплечий рычаг, один конец которого соединяется с наконечником штанги, а другой опирается на стержень клапана. На коротком плече коромысла имеется отверстие с резьбой, в которое ввертывается винт для регулировки зазора между клапаном и коромыслом. Коромысло вращается на оси, расположенной на кронштейнах. Подшипники коромысел выполняют в виде бронзовых втулок или игольчатых подшипников. Оси коромысел пустотелые, их внутренняя полость используется как канал для подвода масла к подшипникам и трущимся поверхностям наконечников штанг и регулировочного винта. Коромысла изготавливают штамповкой из углеродистой или легированной стали.

Нагреваются и вследствие этого удлиняются (расширяются) не только клапаны, но и все остальные детали механизма газораспределения. Чтобы при этом не нарушилась плотная посадка клапана в гнезде, между клапаном и коромыслом устанавливают зазор, называемый тепловым, который и компенсирует это удлинение. Величина такого зазора различна. Для двигателей разных марок этот зазор неодинаков, в среднем он составляет 0,25...0,35 мм.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение механизма газораспределения?
2. Из каких деталей состоит ГРМ?
3. Каково назначение распределительного вала?
4. Как связана работа ГРМ с работой коленчатого вала?
5. Для чего нужны клапаны ГРМ?

6. Начертите эскиз установки клапанов в головке блока цилиндров.
7. Каким образом клапанный механизм обеспечивает герметичность камеры сгорания?
8. Для чего необходима штанга толкателя ГРМ?
9. Каково назначение коромысла в ГРМ?
10. Какую роль выполняют кулачки распределительного вала?
11. Каково назначение пружин клапанов, особенности их конструкции при установке двух пружин на один клапан?
12. Как в четырехтактных ДВС связаны между собой частоты вращения коленчатого и распределительного валов?

### 3. СИСТЕМА СМАЗКИ ДВС

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия системы смазки, ролью в работе системы деталей из которых она состоит, их конструкцией.

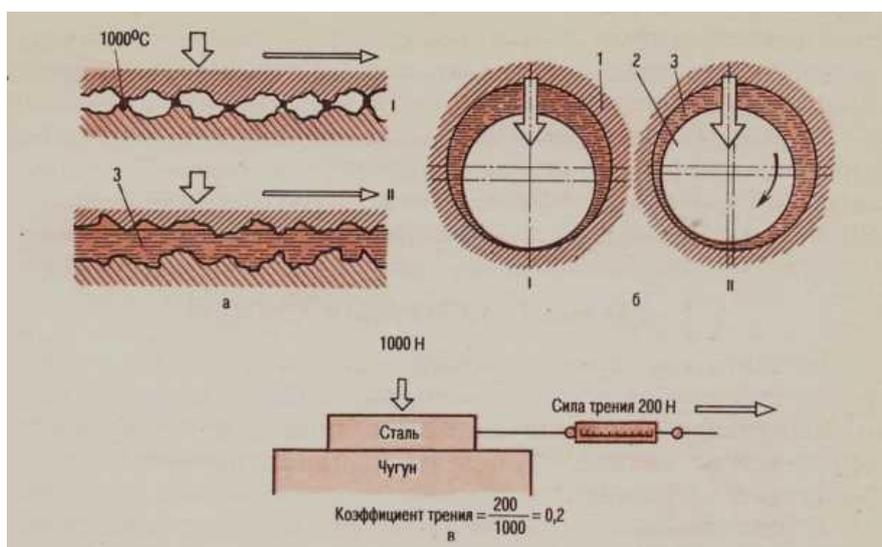
**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить системы смазки двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающего видеофильма, рассмотреть детали системы на разрезах макетов ДВС.

#### **ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:**

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали системы смазки, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

#### **НАЗНАЧЕНИЕ СМАЗКИ ДЕТАЛЕЙ**

Тщательно обработанные детали двигателя при рассмотрении под микроскопом имеют шероховатую поверхность с выступами самых причудливых форм.



**Рисунок 1 – Способы трения**

а – при поступательном движении; б – при вращательном движении; в – определение коэффициента трения; 1 – подшипник; 2 – вал; 3 – масло; I – сухое трение; II – жидкостное трение.

Размеры этих выступов у разных деталей неодинаковы и зависят от способа обработки. Например, при чистовой токарной обработке высота неровностей достигает 0,02 мм, а при шлифовании – 0,005 мм. Эти выступы при поступательном перемещении деталей задевают один за другой и тормозят движение. В точках соприкосновения неровностей возникают очень высокие удельные давления, что, в свою очередь, вызывает сильный их нагрев и сплавление (рис. 1, а).

При дальнейшем движении сплавленные точки разрываются, вырывая из тела детали излишний металл. Все это наблюдается при сухом трении, т. е. без смазки (рис. 1, а, положение I) и ведет к повышению мощности на преодоление трения, выделению теплоты и износу трущихся поверхностей деталей.

Чтобы уменьшить износ деталей, а также затраты мощности на преодоление трения, между трущимися деталями вводят слой масла 3 (рис. 1, а, положение II). Масло, заполнив зазоры между деталями, разъединяет их и не позволяет неровностям соприкоснуться между собой. При этом вместо сухого возникает жидкостное трение, т. е. трение между слоями масла. Потери мощности при жидкостном трении намного меньше, чем при сухом. Например, в случае сухо-

го трения стальной детали по чугунной при нажатии на стальную деталь с силой в 1000 Н (10 кгс) сила трения равняется 200 Н, откуда коэффициент трения (рис. 1, в), т. е. отношение силы трения к нагрузке, равен 0,2. Если же между этими деталями ввести слой масла, то коэффициент трения можно уменьшить до 0,002...0,004.

При вращательном движении наблюдается следующее. Когда вал 2 начинает вращаться в подшипнике 1 (см. рис. 1,б, положение *I*), в который подано масло, между валом и подшипником образуется масляный клин, под действием его вал приподнимается над подшипником и между ними появляется слой масла (рис. 1, б, положение *II*), т. е. возникает жидкостное трение.

Таким образом, масло, введенное между трущимися поверхностями, снижает затраты мощности на трение, а также износы рабочих поверхностей деталей, охлаждает поверхности трения и уносит с собой продукты истирания. И, наконец, слой масла, находящийся на поверхности поршневых колец и стенок цилиндров и поршней, способствует хорошему уплотнению поршней в цилиндрах и защищает детали двигателя от коррозии.

Условия работы масла в двигателях очень тяжелы. Оно соприкасается с разнообразными металлами и их сплавами, имеющими высокую температуру, а слой масла, находящийся между трущимися деталями, испытывает большие удельные давления. Масло все время находится в контакте с кислородом воздуха, парами воды. Оно непрерывно загрязняется механическими примесями (пыль, продукты износа деталей), частицами сконденсированных паров воды, коксовыми частицами несгоревшего топлива и масла, частицами топлива, продуктами окисления.

## СХЕМЫ СМАЗОЧНЫХ СИСТЕМ

В двигателе предусмотрена смазочная система, т. е. целый ряд приборов и устройств, соединенных между собой маслопроводами, обеспечивающими подачу масла ко всем трущимся поверхностям, очистку масла от примесей и охлаждение нагретого масла.

В зависимости от способа подвода масла к трущимся поверхностям различают следующие смазочные системы: смазка совместно с подачей топлива, смазка разбрызгиванием и комбинированная.

**Смазка совместно с подачей топлива** применяется на маломощных двухтактных карбюраторных двигателях. Масло в этом случае смешивают с бензином в пропорции 1:15 (по объему) и заливают в топливный бак.

При работе двигателя частицы масла попадают вместе с топливовоздушной смесью в кривошипную камеру двигателя, оседают на поверхностях деталей, покрывают их пленкой и тем самым обеспечивают смазку трущихся поверхностей. По мере накопления масла в кривошипной камере оно захватывается потоком топливовоздушной смеси, поступающей в камеру сгорания, где оно и сгорает, окрашивая отработавшие газы двигателя в синий цвет. Часть масла периодически спускают из кривошипной камеры через специальную спускную пробку.

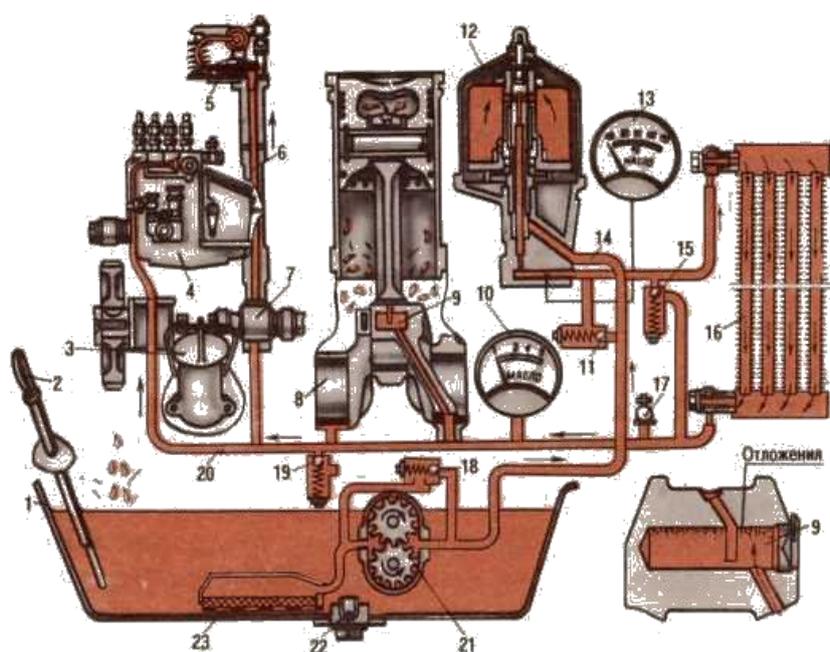
**Смазка разбрызгиванием** крайне проста. Масло заливают в поддон картера двигателя, где движущиеся части кривошипно-шатунного механизма (отростки крышек нижних головок шатунов) задевают его и разбрызгивают, создавая масляный туман. Капельки масла оседают на всех поверхностях деталей, смазывают их, затем стекают вниз и вновь разбрызгиваются.

Хотя такая система и проста по устройству, она недостаточно совершенна, потому что масло поступает к трущимся поверхностям в малом количестве, плохо охлаждает трущиеся поверхности и не вымывает продукты износа. Такая система находит ограниченное применение и используется только в двигателях, работающих небольшой отрезок времени, например в пусковых двигателях мощных тракторных дизелей.

**Комбинированная смазка** – наиболее совершенная применяется на всех современных двигателях. Особенность ее заключается в том, что наиболее ответственные детали двигателя обильно смазываются маслом, подаваемым специальным насосом под давлением 0,3...0,4 МПа, остальные – разбрызгиванием. Такие системы разделяют в зависимости от места нахождения основного количе-

ства масла на системы с **мокрым картером**, в которых резервуаром для масла служит поддон картера и с **сухим картером**, в которых резервуаром для масла служат специальные баки, расположенные внутри картера или вне двигателя.

Действует комбинированная смазочная система так. Масло заливают через горловину 3 (рис. 2) в поддон картера двигателя до уровня, определяемого масломерной линейкой 2, откуда его через маслоприемник 23 с сеткой забирает насос 21 и по каналу 14 подает в фильтр. В фильтре масло очищается от примесей и поступает масляный радиатор 16 для охлаждения.



**Рисунок 2 - Схема комбинированной смазочной системы:**

1 – поддон; 2 – масломерная линейка; 3 – горловина; 4 – полость топливного насоса; 5 – ось; 6, 14 – каналы; 7 – опорная шейка; 8 – подшипник; 9 – полость коленчатого вала; 10 – манометр; 11 – предохранительный клапан; 12 – фильтр; 13 – термометр; 15 – клапан-термостат; 16 – радиатор; 17 – датчик давления; 18 – редукционный клапан; 19 – сливной клапан; 20 – главная магистраль; 21 – насос; 22 – магнит; 23 – маслоприемник.

Очищенное и охлажденное в радиаторе масло направится по каналам к коренным подшипникам 8 коленчатого вала, опорным шейкам 7 распредел-

тельного вала и по каналу 6 к осям 5 клапанных коромысел и дальше по сверлению в них – к верхнему концу штанг механизма газораспределения. Кроме того, у некоторых двигателей масло из главной магистрали 20 поступает также в полость 4 топливного насоса для смазки его трущихся деталей. От коренных подшипников 8 масло по каналам, сделанным в коленчатом валу, поступает в полости шатунных шеек. Вследствие центробежных сил, возникающих при вращении коленчатого вала дизеля, масло дополнительно очищается от механических примесей в этих полостях и поступает по радиальным сверлениям к шатунным подшипникам.

Смазав подшипники коленчатого вала, масло вытекает из зазоров между ними и шейками коленчатого вала, подхватывается и разбрызгивается быстро вращающимся коленчатым валом и шатунами, образуя масляный туман. Капельки масла, оседая на поверхностях цилиндров и поршней, кулачков распределительного вала и других деталей, смазывают их, а затем стекают в поддон картера, откуда вновь начинают свое движение по смазочной системе.

На дне картера имеется спускная пробка, снабженная магнитом 22 для улавливания металлических примесей.

Через спускное отверстие, закрываемое этой пробкой, сливают из двигателя отработавшее масло.

Таким образом, при комбинированной системе смазки под давлением смазываются подшипники коленчатого и распределительного валов, оси коромысел и верхние концы штанг механизма газораспределения, а у многих двигателей, кроме того, топливные насосы, оси распределения шестерен и сами шестерни, иногда поршневые пальцы и др. Разбрызгиванием смазываются цилиндры, поршни, кулачки распределительного вала, толкатели, нижние концы штанг, клапаны и поршневые пальцы.

Для контроля работоспособности смазочной системы в двигателях устанавливают манометры 10, регистрирующие давление масла в главной магистрали 20, термометры 13, измеряющие температуру масла в смазочной системе, и датчики 17 аварийного падения давления масла. Кроме перечисленных

устройств и приборов, в комбинированной системе смазки устанавливают ряд автоматически действующих клапанов.

Редукционный клапан *18* расположен на масляном насосе. При повышении давления масла, вытекающего из насоса, больше нормы (0,7...0,8 МПа) клапан перепускает масло в приемную полость насоса или сливает его в поддон двигателя.

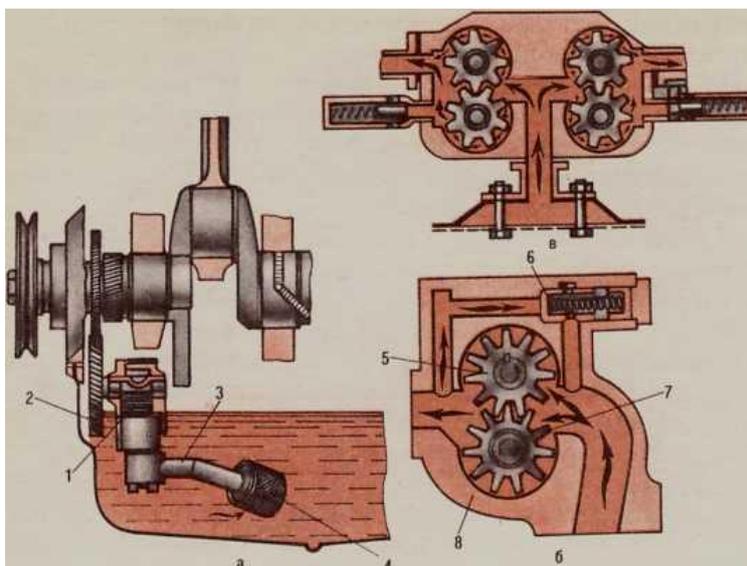
Предохранительный клапан *11* при загрязнении фильтра и увеличении при этом давления масла в магистрали свыше 0,3...0,45 МПа направляет масло в радиатор, минуя засорившийся фильтр. Сливной клапан *19* поддерживает заданное давление в главной магистрали и при повышении давления больше нормы (0,45 МПа) открывает проход масла на слив в поддон.

Клапан-термостат *15* при холодном, а, следовательно, более густом масле направляет его в главную магистраль без захода в масляный радиатор. Клапан регулируют на давление 0,06...0,07 МПа.

## УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ ПРИБОРОВ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ

**Масляный насос** предназначен для подачи масла из поддона картера к трущимся деталям двигателя, а также для прокачки масла через фильтры для очистки через радиатор охлаждения.

У большинства тракторных двигателей насос *1* (рис. 3, *а*) размещается внутри поддона картера и приводит в действие шестеренной передачей *2* от коленчатого вала. Масло поступает в насос через маслоприемник *4* трубке *3*.



**Рисунок 3 - Масляный насос:**

а – место установки; б – устройство; в – двухсекционный насос; 1 – насос; 2 – шестеренная передача; 3 – трубка; 4 – маслоприемник; 5 – ведущая шестерня; 6 – редукционный клапан; 7 – ведомая шестерня; 8 – корпус

Устройство. Насос состоит из корпуса 8 (рис. 3,б), в котором имеются ведущая 5 и ведомая 7 шестерни, находящиеся между собой в зацеплении.

У мощных двигателей устанавливают двухсекционные насосы с двумя парами шестерен (рис. 3, в), одна пара подает масло для смазки двигателя, другая прогоняет масло через радиатор для охлаждения.

В корпусе 8 (см. рис. 3б, б) некоторых насосов установлен редукционный клапан 6.

Действие. При вращении шестерен насоса масло всасывается из поддона картера, заполняет впадины между зубьями шестерен и корпусом насоса и переносится шестернями в нагнетательный канал, откуда и начинает свое движение по магистралям смазочной системы.

Давление, создаваемое насосом, и его подача зависят от вязкости масла, размеров шестерен и частоты их вращения.

Насосы имеют подачу от 11 до 60 л/мин и могут развивать давление до 1,0 МПа.

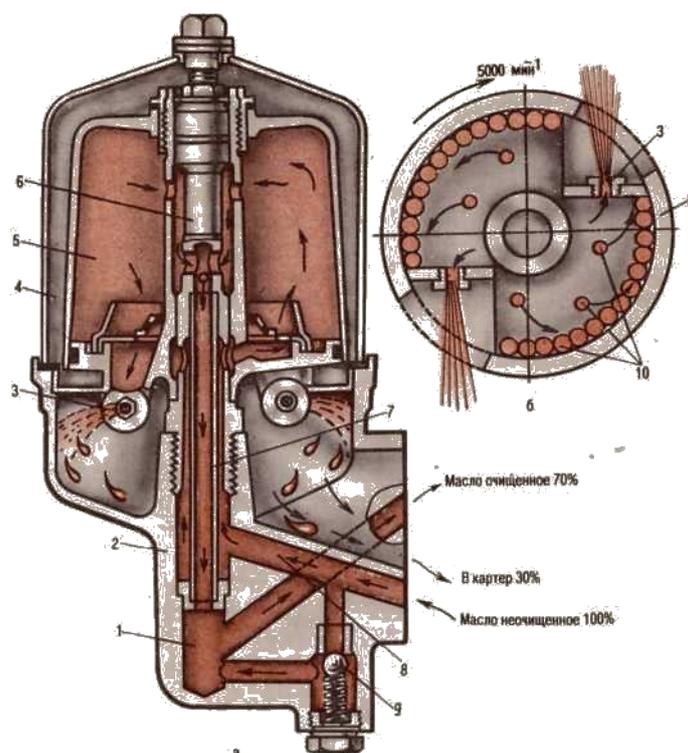
**Масляные фильтры** предназначены для очистки масла, залитого в дви-

гатель, от примесей (воды, сажи, топлива, пыли, частиц износа деталей, продуктов окисления и т. д.).

На современных двигателях внутреннего сгорания применяются съемные кассеты с фильтрующим элементом. При проведении регламентных работ по техническому обслуживанию производится замена фильтрующего элемента. Главный элемент фильтра – специальная фильтровальная бумага с калиброванными отверстиями. Отверстия пропускают основной поток масла при осаждении механических примесей на поверхности бумаги. Поэтому важно производить замену фильтра в строгом соответствии с рекомендациями завода-изготовителя. При избыточном накоплении загрязнителей в фильтре может произойти разрыв фильтрующего элемента и все загрязнения по масляным каналам попадут в зоны трения, приводя к их повышенному износу.

На ряде двигателей для очистки масла используют центробежные маслоочистители, принцип действия которых заключается в следующем. Масло, подлежащее очистке, помещают в емкость – ротор 5 (рис. 4, а, б) и из-за давления в системе при выходе из маленьких отверстий оно заставляет вращаться этот ротор с частотой свыше  $5000 \text{ мин}^{-1}$ . При таком вращении частички механических примесей 10, находящиеся в масле, под действием центробежных сил отбрасываются к вертикальным стенкам ротора и оседают на них, откуда по мере накопления их удаляют деревянной лопаточкой.

Полнопоточный центробежный маслоочиститель с наружным гидроприводом устроен следующим образом. В корпусе 2 (рис. 4) на оси 6 свободно посажен полый ротор 5. Снаружи ротор закрыт колпаком 4. Внутри оси ротора вставлена трубка 7 так, чтобы между ней и осью образовался зазор для прохода масла. В нижней части корпуса 2 установлен предохранительный клапан 9.



**Рисунок 4 - Полнопоточный центробежный маслоочиститель:**

а – устройство; б – принцип действия; 1,8 – каналы; 2 – корпус; 3 – форсунка; 4 – колпак; 5 – ротор; 6 – ось; 7 – трубка; 9 – предохранительный клапан; 10 – механические примеси.

Масло подается в канал 8 маслоочистителя насосом под давлением 0,6...0,7 МПа, откуда, проходя по пространству между осью 6 и трубкой 7, оно поступает вовнутрь ротора 5.

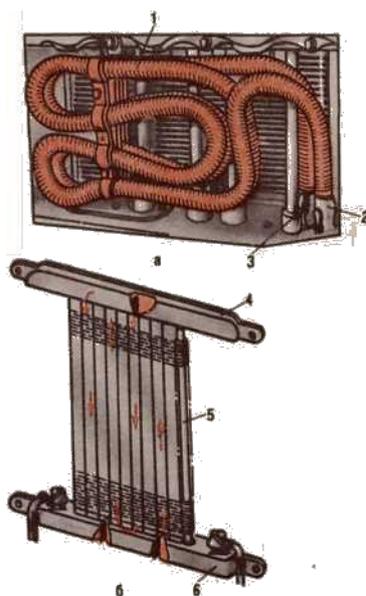
Часть масла (примерно 30 %) проходит через отверстия в остове ротора и под давлением выбрасывается в противоположных направлениях через две форсунки 3, создавая реактивный момент, приводящий во вращение ротор 5 с очень большой частотой (5000...7000 мин<sup>-1</sup>). Остальное масло поступает вверх, освобождается от примесей, оседающих на стенках ротора при его вращении, и по трубке 7 стекает вниз в корпус фильтра, а оттуда через канал 1 выходит из него.

В том случае, если масло не сможет пройти через фильтр (вследствие засорения форсунок или другой неисправности), давление в канале 8 повысится, клапан 9 откроет проход маслу в канал 1, подача масла к трущимся поверхностям не прекратится – аварии не произойдет.

Так как в двигатель подается только очищенное масло, фильтр называется полнопоточным. Недостаток фильтров такого типа – повышенный расход масла на привод ротора, причем это масло не участвует в данный момент в смазке двигателя. Кроме того, струи масла, вытекающие из форсунок 3, распыливаются, насыщаются воздухом, окисляются, а в ряде случаев попадают в зазор между колпаком 4 и ротором 5, затормаживая его вращение.

**Масляные радиаторы** предназначены для поддержания температуры масла, находящегося в смазочной системе, в необходимых пределах. Это особенно важно, когда двигатель работает с большой нагрузкой при высокой температуре окружающего воздуха. На двигателях разных типов устанавливают различные по устройству радиаторы.

Масляные радиаторы двигателей с воздушным охлаждением представляют собой оребренную алюминиевую трубку 1 (рис. 39, а), соединенную с маслопроводами 2 и 3, по которым масло протекает от фильтра к двигателю. Трубку устанавливают на пути движения воздуха от вентилятора к цилиндрам двигателя. Температура масла, проходящего по такой трубке, снижается примерно на 20...22 °С в картере двигателя (при температуре масла перед радиатором 95...110 °С).



**Рисунок 5 - Масляные радиаторы:**

*а, б* – варианты конструкции; *1* - алюминиевая трубка; *2, 3* - маслопроводы; *4* – верхний бачок; *5*– трубки; *6* – нижний бачок.

Масляные радиаторы двигателей с жидкостным охлаждением делают из стальных трубок 5 (рис. 5, б), жестко единенных с верхним и нижним 6 бачками, внутри верхнего бачка сделана одна перегородка, а нижнего бачка – две. По изолированным трубкам системы смазки движется разогретое масло, а вокруг этих трубок движется охлаждающая жидкость. Перегородки заставляют масло, поступившее в радиатор, совершать по его трубкам два оборота, что значительно улучшает охлаждение, делая его более интенсивным. Такие радиаторы устанавливают в местах с интенсивным обдувом воздухом встречного потока.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как масло влияет на процесс трения между двумя деталями пары трения?
2. Каково назначение смазочной системы?
3. Приведите классификацию смазочных систем. Дайте им сравнительную характеристику.
4. Поясните общее устройство смазочной системы и принцип ее работы.
5. Поясните конструкцию и принцип работы масляного насоса.
6. Какие конструкции фильтров применяются в смазочных системах?
7. Какие клапаны предусмотрены в системе смазки для оптимизации ее работы и как они работают?

## 4. СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия систем охлаждения, их ролью в работе ДВС, конструкцией деталей и механизмов которых они состоят.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающего видеофильма, рассмотреть детали системы на разрезах макетов ДВС.

**ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:** разрезные макеты ДВС, натуральные детали систем охлаждения, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

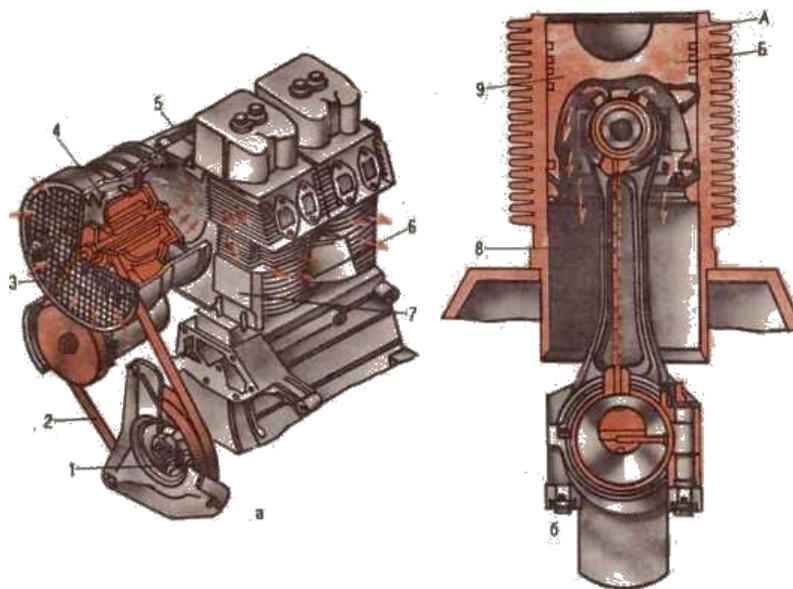
### **НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС**

При сгорании рабочей смеси температура газов внутри цилиндра достигает 2070–2600 К, в результате чего детали (головка, цилиндр, поршень, клапаны), соприкасающиеся с горячими газами, сильно нагреваются. Перегрев деталей двигателя может привести к снижению его мощности (вследствие ухудшения наполнения цилиндров), детонационному сгоранию, резкому ухудшению смазки трущихся деталей и, следовательно, повышению потерь на трение.

Переохлаждение деталей двигателя вызывает увеличение потерь на трение, ухудшение испарения топлива и повышение износа цилиндров, поршней и поршневых колец, что приводит к снижению мощности и ухудшению экономичности двигателя. Для обеспечения нормальной работы двигателя в его конструкции предусматривают специальные устройства для принудительного отвода теплоты от нагреваемых деталей. Совокупность таких устройств образует систему охлаждения, которая должна обеспечивать оптимальную интенсивность охлаждения и возможность поддержания температурного состояния деталей двигателя в допустимых пределах. Системы охлаждения по роду вещества, отводящего теплоту (теплоносителя), бывают жидкостные, в которых в качестве теплоносителя применяют воду или этиленгликолевые антифризы, и воздушные, когда охлаждение деталей осуществляется потоком воздуха.

### **УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ**

**Воздушное охлаждение.** При воздушном охлаждении цилиндры б (рис. 1, а, б) двигателя изготавливают каждый в отдельности, а для увеличения поверхности охлаждения их наружные стенки делают ребристыми.



**Рисунок 1 – Двигатель с воздушным охлаждением**

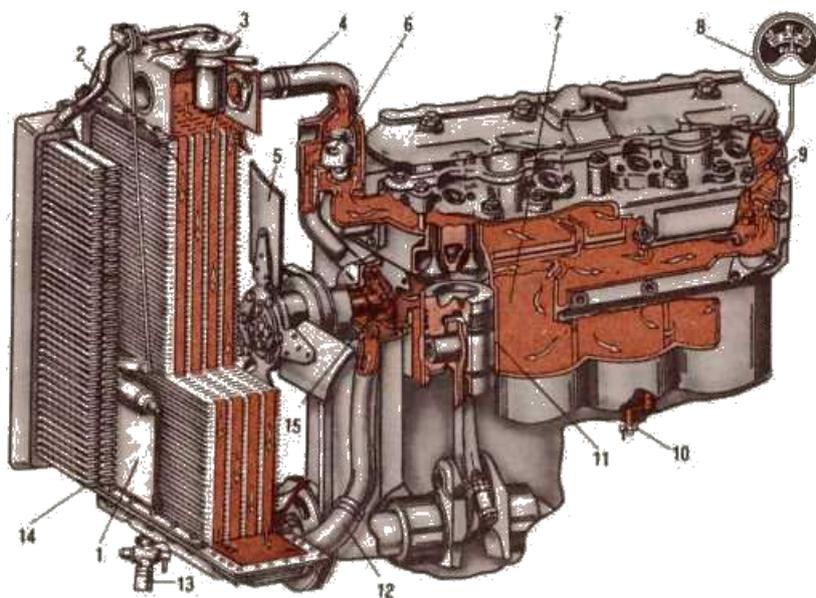
а – устройство; б – охлаждение поршня, маслом; 1 – шкив коленвала; 2 – ремень; 3 – сетка; 4 – вентилятор; 5 – кожух; 6 – цилиндр; 7 – щитки; 8 – цилиндр; 9 – поршень; А, Б – точки замера температуры

Цилиндры окружены направляющими щитками 7 (дефлекторами), обеспечивающими равномерный обдув их воздухом. В передней части двигателя устанавливают вентилятор 4, закрытый сеткой 3, приводимый во вращение ременной передачей от шкива 1, укрепленного на коленчатом валу. При обрыве ремня 2 на щитке приборов загорается красная лампа. Действие системы заключается в следующем. При работе двигателя вентилятор 4 засасывает воздух из атмосферы и нагнетает его под кожух 5, откуда он проходит между ребрами цилиндров и головок, отбирая от них излишнюю теплоту. За действием системы охлаждения наблюдают по дистанционному термометру смазочной системы. Температура масла при нормальной работе двигателя должна быть в пределах от 55 до 100°С, а максимально допустимая в тяжелых условиях – 120°С. Воздушное охлаждение достаточно хорошо обеспечивает нужный тепловой режим двигателя, работающего с полной нагрузкой, даже при температуре окружающего воздуха до + 50 °С. Двигатель с воздушным охлаждением быстро нагревается, поэтому износ его деталей во время пуска и в начальный период

работы незначителен. Система охлаждения проста в эксплуатации и требует малых затрат труда на техническое обслуживание. В отличие от двигателей с жидкостным охлаждением, у двигателей с воздушным охлаждением исключается опасность размораживания: замерзания в рубашке охлаждения жидкости, её расширения при переходе в твёрдое агрегатное состояние и разрушение элементов системы, включая детали, изготовленные из металлов. Применять воздушную систему охлаждения предпочтительнее в безводных районах.

К недостаткам воздушной системы охлаждения по сравнению с системой жидкостного охлаждения относятся: большая трудность обеспечения благоприятного теплового режима двигателя, повышенный расход картерного масла и шум во время работы.

**Жидкостное охлаждение.** При охлаждении двигателя с помощью жидкости камеру сгорания двигателя, находящуюся внутри цилиндра 11 (рис. 2), окружают полостью 7, называемой рубашкой. В эту рубашку заливают охлаждающую жидкость (воду или антифриз – водный раствор этиленгликоля, обладающий свойством замерзать при очень низких температурах).



**Рисунок 2 - Схема жидкостного охлаждения:**

1 – шторка; 2 – радиатор; 3 – крышка; 4, 12 – патрубки; 5 – вентилятор; 6 – термостат; 7 – рубашка охлаждения; 8 – термометр; 9 – датчик; 10, 13 – спускные краны; 11 – цилиндр; 14 – масляный радиатор; 15 – насос.

Во время работы двигателя стенки цилиндра (гильзы) и головки цилиндра, прилегающие к камере сгорания, сильно нагреваются и передают теплоту жидкости, находящейся в рубашке.

Жидкость, нагретая в рубашке 7, захватывается центробежным насосом 15; через верхний патрубок 4 направляется в радиатор 2, герметически закрытый крышкой 3. Перетекая через трубки радиатора, жидкость охлаждается воздухом, просасываемым через радиатор вентилятором 5, и направляется по нижнему патрубку 12 обратно в рубашку двигателя. Затем процесс повторяется.

Таким образом, охлаждающая жидкость, циркулируя в системе охлаждения во время работы двигателя, отбирает излишнюю теплоту от стенок цилиндра и головки и, проходя через радиатор, отдает ее в атмосферу, поддерживая тем самым нужную температуру деталей двигателя. Такая система охлаждения называется жидкостной, принудительной и закрытой.

Работа жидкостной системы охлаждения контролируется дистанционным термометром 8, датчик 9 которого находится в верхнем баке радиатора или головке блока.

Температуру охлаждающей жидкости можно изменять при помощи шторки 1 вручную. Для автоматического поддержания нужной температуры двигатель снабжен термостатом 6. Для спуска охлаждающей жидкости из блока цилиндров используют спускной кран 10, а из нижнего бака радиатора – кран 13.

## **УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**

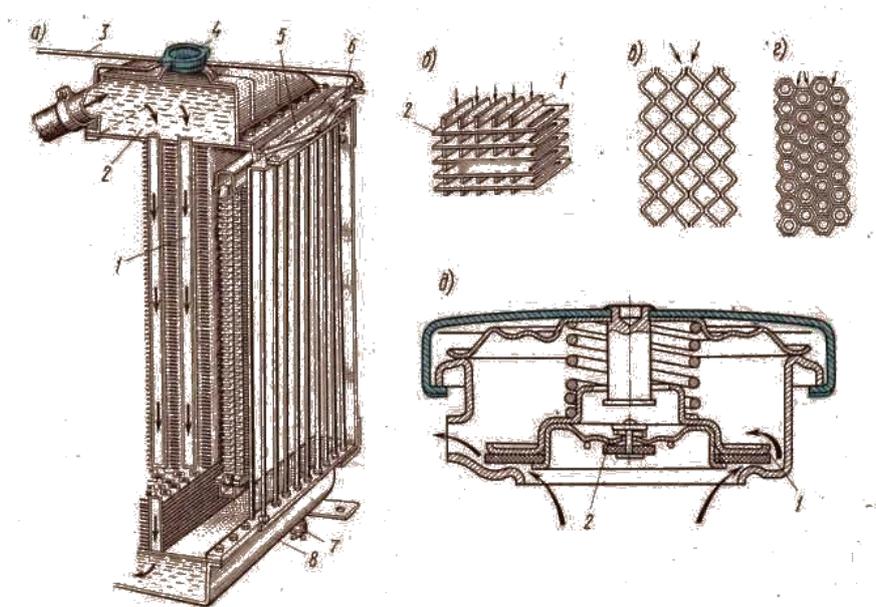
**Радиатор** предназначен для передачи теплоты от нагретой жидкости в окружающий воздух. Он состоит из верхнего 2 (рис. 3, а) и нижнего 8 бачков и сердцевины 1, в которой происходит охлаждение жидкости.

Верхний бачок имеет горловину для заливки жидкости, которая плотно закрывается крышкой 4. В верхнем бачке радиатора установлена контрольная паропроводная трубка, сообщающая внутреннюю полость верхнего бачка с ат-

мосферой через расширительный бачёк. Нижний бачок имеет кран 7 или пробку для слива жидкости из системы. К стенкам верхнего и нижнего бачков прикреплены подводящий и отводящий патрубки, которые с помощью шлангов присоединены к патрубкам головки и блока двигателя.

Сердцевины радиаторов изготовляют трубчато-пластинчатыми, пластинчатыми и сотовыми.

Трубчато-пластинчатая сердцевина (рис. 3, б) состоит из нескольких рядов трубок 1 круглого или овального сечения. Концы трубок впаивают в верхний и нижний бачки. Чтобы повысить поверхность охлаждения и увеличить жесткость, трубки по длине соединены между собой тонкими пластинами 2. В этой сердцевине воздух проходит между трубками и охлаждает жидкость, протекающую по трубкам.



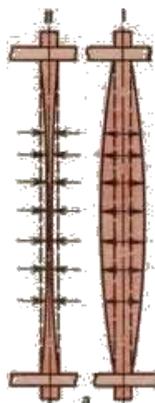
**Рисунок 3 - Радиатор**

Пластинчатая сердцевина (рис. 3, в) состоит из ряда зигзагообразных пластин, спаянных между собой и образующих пространство, по которому течет жидкость. Между трубками проходит воздух.

Сотовая сердцевина (рис. 3, г) состоит из ряда шестигранных трубок, расположенных горизонтально к направлению потока воздуха. Воздух, проходя по трубкам, охлаждает жидкость, протекающую между трубками.

Наибольшее распространение в двигателях получили радиаторы с трубчато-пластинчатой сердцевиной. Трубки и охлаждающие пластины большинства радиаторов изготавливают из меди, латуни, алюминия или термостойкой пластмассы.

**Паровоздушный клапан.** Во время работы двигателя жидкость, нагреваясь, испаряется, порой весьма интенсивно, в результате чего давление в системе охлаждения повышается. Если при этом пар не отвести из радиатора, то при дальнейшем увеличении давления трубки радиатора могут быть разрушены внутренним давлением пара (рис. 4, положение *I*). Чтобы не допустить повышения давления в системе охлаждения выше допустимого, в крышке верхнего бака предусмотрен паровой клапан 1 (рис. 3, д) с пружиной. Как только давление в системе охлаждения превысит 0,13... 0,14 МПа, пружина сожмется, клапан 1 приподнимется и пар свободно выйдет в атмосферу.

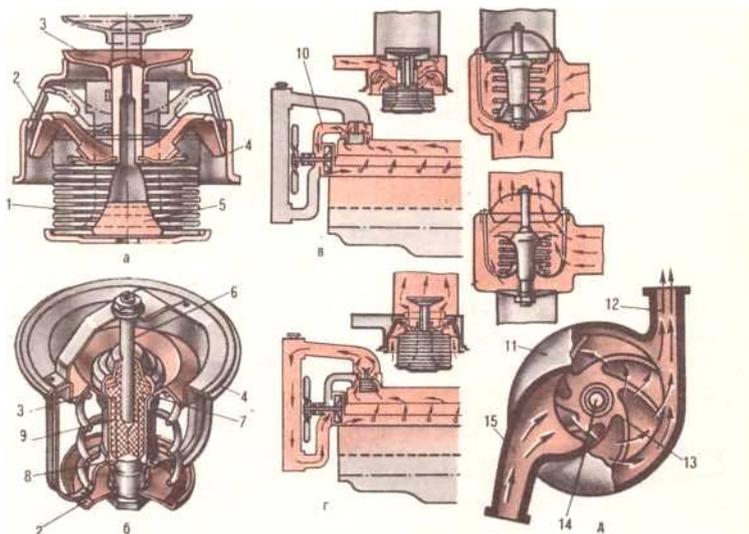


**Рисунок 4 – Влияние давления пара в радиаторе на его трубки; *I* – давление повышенное; *II* – давление пониженное.**

После остановки горячего двигателя пар, находящийся в верхнем баке радиатора, конденсируется и объем, занимаемый им, уменьшается. Это приводит к тому, что давление в радиаторе становится меньше атмосферного.

В результате такого явления трубки радиатора будут смяты атмосферным давлением (рис. 4, положение *II*). Чтобы этого не произошло, в момент понижения давления до 0,001 ...0,0012 МПа система охлаждения соединяется с окружающим воздухом при помощи воздушного клапана 2 (рис. 4, д), который открывает путь воздуху, идущему вовнутрь радиатора из атмосферы.

**Центробежный насос** предназначен для создания циркуляции охлаждающей жидкости в системе охлаждения. На двигателях с принудительным охлаждением устанавливаются центробежные насосы большой производительности, создающие давление на линии нагнетания от 0,05 до 0,2 МПа.



**Рисунок 5 - Насос и термостат:**

а–жидкостный; б – с твердым наполнителем; в – двигатель холодный; г – двигатель горячий; д–схема действия водяного насоса; 1 – гофрированный цилиндр; 2–перепускной клапан; 3–сливной клапан; 4, 11– корпуса; 5 – жидкость; 6 – поршень; 7 – резиновая втулка; 8 – баллон; 9 – активная масса; 10 – перепускная трубка; 12, 15 – патрубки; 13 – крыльчатка; 14 – вал.

Центробежный насос (рис. 5) состоит из улиткообразного корпуса 11 с подводным 15 и отводящим 12 патрубками, крыльчатки 13, закрепленной на валике 14, и уплотнительного устройства. Валик насоса часто бывает объединен с валиком вентилятора и приводится во вращение от коленчатого вала с помощью клиноременной передачи. Принцип действия водяного насоса состоит в следующем. При вращении крыльчатки жидкость, поступающая из подводного патрубка к центру крыльчатки, отбрасывается центробежной силой к стенкам корпуса, откуда вытесняется в рубашку охлаждения через отводящий патрубок.

**Термостат** предназначен для автоматического поддержания температуры охлаждающей жидкости на нужном уровне при различных условиях работы двигателя, а также для ускорения его прогрева после пуска.

Устройство. Термостат состоит из следящего и исполнительного устройств, установленных в корпусе 4 (рис. 5, а и б).

Следящее устройство делают двух типов в виде гофрированного латунного цилиндра 1, частично заполненного легко испаряющейся жидкостью 5 (обычно 15 %-ный водный раствор этилового спирта), или баллона 8, внутри которого установлены поршень 6 и резиновая втулка 7. Пространство между резиновой втулкой и баллоном заполнено активной массой – смесью церезина (нефтяной воск) с алюминиевым порошком. Такая смесь при повышении температуры более 69 °С плавится и сильно увеличивается в объеме.

Принцип действия двухклапанного термостата состоит в следующем. Когда температура охлаждающей жидкости ниже 70 °С, основной клапан 3 перекрывает канал, ведущий в радиатор, и жидкость из головки цилиндров поступает по каналу 4 патрубка 10 в водяной насос минуя радиатор (рис. 5, в). Движение охлаждающей жидкости осуществляется по «малому кругу». При температуре жидкости свыше 70 °С гофрированный баллон деформируется вследствие увеличения упругости паров смеси и основной клапан 3 открывается, а вспомогательный клапан 2 перекрывает возможность движения к насосу и жидкость станет циркулировать через радиатор. Движение охлаждающей жидкости осуществляется по «большому кругу».

На многих двигателях применяют термостаты с твердым наполнителем. Термостат с твердым наполнителем (рис. 5, б) состоит из баллона 8, кожуха, резиновой мембраны, резинового буфера, крышки, штока и пружины. Баллон 8 заполнен активной массой, состоящей из церезина (нефтяной воск), перемешанного с медным порошком, и закрыт крышкой с резиновой мембраной 7. На мембрану 7 опирается поршень 6.

Принцип действия термостата с твердым наполнителем состоит в следующем. Когда температура охлаждающей жидкости ниже 70 °С, канал, соединяющий рубашку двигателя с радиатором, перекрыт и жидкость циркулирует,

минуя радиатор по «малому кругу». При температуре охлаждающей жидкости свыше  $70^{\circ}\text{C}$  масса 9 в баллоне плавится и, увеличивая свой объем, перемещает поршень вверх, открывая клапан 3, и жидкость циркулирует через радиатор. При снижении температуры жидкости масса 9 уменьшает свой объем, и, клапан 3, под воздействием пружины закрывается.

**Вентилятор** предназначен для усиления циркуляции воздуха через радиатор. В двигателях жидкостного охлаждения преимущественно применяют многолопастные осевые вентиляторы с числом лопастей 2-6. Лопасти вентилятора располагают радиально или под некоторым углом. Наивыгоднейший угол атаки для плоских лопастей  $40-50^{\circ}$ , а для выпуклых – около  $35^{\circ}$ . Для уменьшения вибрации и шума лопасти вентилятора располагают Х-образно, попарно под углом  $70$  и  $110^{\circ}$ .

Привод вентилятора может осуществляться постоянно или периодически. При постоянном приводе вентилятор закрепляют на одном валу с крыльчаткой насоса. Крутящий момент передаётся на приводной шкив ременной передачей от коленчатого вала. При периодическом приводе вентилятора он устанавливается в специальную крепёжную рамку диффузора радиатора. Система включения и выключения вентилятора может быть электрической, гидравлической и электрогидравлической.

Электрическая система включается при замыкании цепи электрическим термодатчиком, установленным в радиаторе. Датчик замыкает цепь при температуре выше  $90^{\circ}\text{C}$ . Приводной электродвигатель вращает ротор с вентилятором, создавая интенсивный воздушный поток через сердцевину радиатора.

Гидравлическая система обеспечивает активацию вращения лопастного вентилятора при нагревании моторного масла выше  $70^{\circ}\text{C}$ . При этом рабочее тело перепускного клапана – воск плавится и открывает канал подачи масла в гидромуфту. Масло в гидромуфте воздействует на внутренние лопасти и обеспечивает их вращение. Вентилятор закреплен на одном валу с внутренними лопастями и вращается вместе с ними.

При электрогидравлическом приводе электрический термодатчик замы-

кает электрическую цепь и подает напряжение на электрическую катушку. Сердечник катушки – гидравлический клапан. При перемещении сердечника открывается гидравлический канал, по которому моторное масло под давлением подается к гидромуфте. Гидромуфта обеспечивает вращение вентилятора.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Состав, назначение и работа системы охлаждения ДВС.
2. Особенности конструкции радиаторов системы охлаждения.
3. Что такое термостат? Назначение. Устройство и принцип действия.
4. Какова роль насоса в системе охлаждения? Особенности конструкции. Расположение и привод на ДВС.
5. Особенности систем включения вентилятора.

## **5. СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДВС**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия систем зажигания, деталей из которых они состоят, особенностями их конструкций.

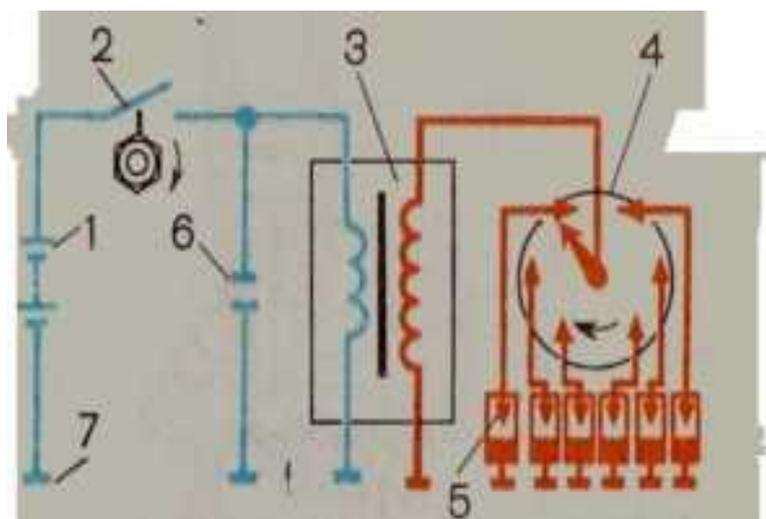
**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить системы зажигания двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающего видеофильма, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

### **ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:**

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали системы зажигания, видеослайды, видеофильмы, плакаты.

## НАЗНАЧЕНИЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАЖИГАНИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ

Для образования искры в строго установленный момент времени в соответствии с последовательностью тактов и порядком работы цилиндров двигателя предназначена система зажигания (рис. 1).



**Рисунок 1 - Принципиальная схема системы зажигания:**

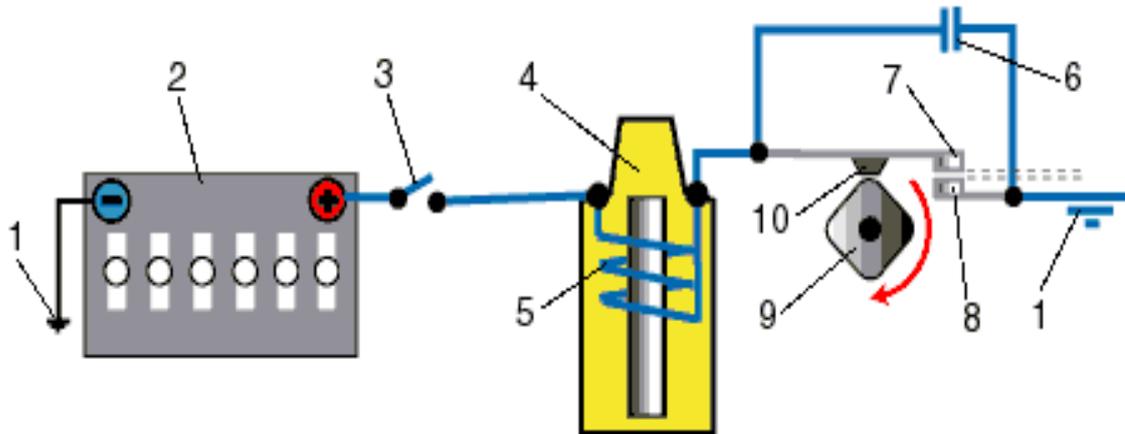
1 – источник тока; 2 – прерыватель; 3 – катушка зажигания; 4 – распределитель; 5 – свеча зажигания; 6 – конденсатор; 7 – масса.

В бензиновых и газовых двигателях степень сжатия топливной смеси недостаточна для самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре. Поэтому рабочая смесь воспламеняется принудительным воспламенением электрической искрой между электродами свечи зажигания, размещенными в камере сгорания двигателя. Электрическая искра возникает в результате подачи импульса тока высокого напряжения на центральный электрод свечи.

### Контактная система зажигания

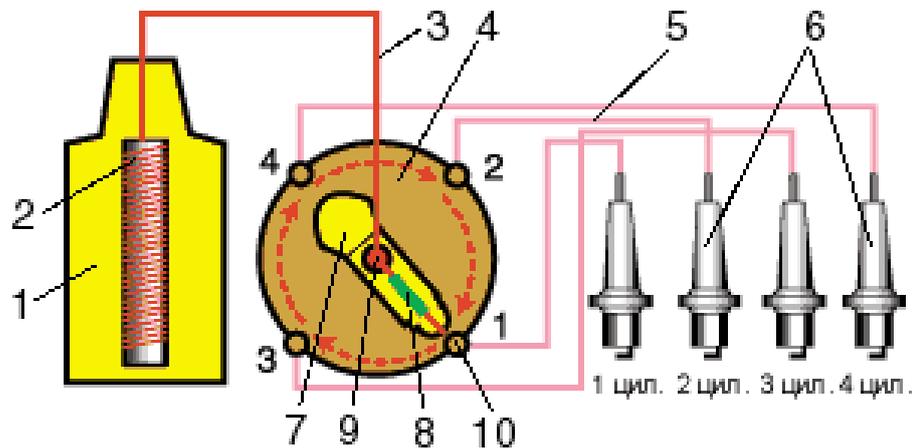
Источники электрического тока (аккумуляторная батарея и генератор), вырабатывают ток низкого напряжения. Они «выдают» в бортовую электрическую сеть автомобиля 12 - 14 вольт. Для возникновения же искры между элек-

тродами свечи на них необходимо подать 18 - 20 тысяч вольт! Поэтому в системе зажигания имеются две электрические цепи – низкого и высокого напряжений (рис. 2).



**Рисунок 2 - Электрическая цепь низкого напряжения:**

1 - «масса» автомобиля; 2 - аккумуляторная батарея; 3 - контакты замка зажигания; 4 - катушка зажигания; 5 - первичная обмотка (низкого напряжения); 6 - конденсатор; 7 - подвижный контакт прерывателя; 8 - неподвижный контакт прерывателя; 9 - кулачек прерывателя; 10 - молоточек контактов



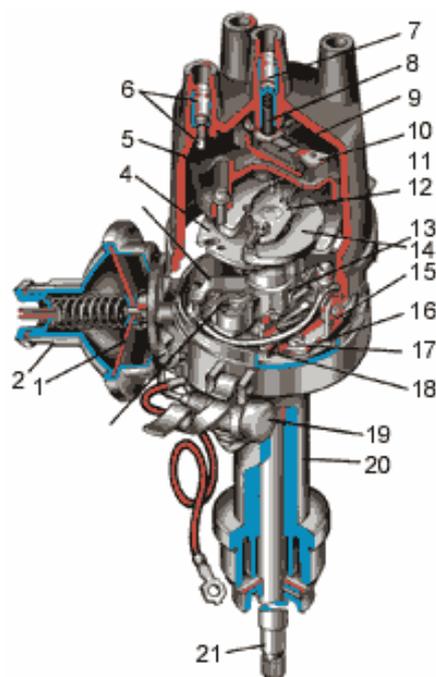
**Рисунок 3 - Электрическая цепь высокого напряжения:**

1 - катушка зажигания; 2 - вторичная обмотка (высокого напряжения); 3 - высоковольтный провод катушки зажигания; 4 - крышка распределителя тока высокого напряжения; 5 - высоковольтные провода свечей зажигания; 6 - свечи

зажигания; 7 - распределитель тока высокого напряжения («бегунок»); 8 - резистор; 9 - центральный контакт распределителя; 10 - боковые контакты крышки.

**Катушка зажигания** предназначена для преобразования тока низкого напряжения в ток высокого напряжения. Она располагается в моторном отсеке автомобиля. Принцип работы: при протекании электрического тока по обмотке низкого напряжения вокруг нее создается магнитное поле. Если прервать ток в этой обмотке, то исчезающее магнитное поле индуцирует ток уже в обмотке высокого напряжения. Для того чтобы электрический ток смог пробить воздушное пространство между электродами свечи зажигания (около миллиметра) необходимо напряжение тока от 10 до 20 тысяч вольт. За счет разницы в количестве витков и площадях поперечного сечения обмоток катушки, из 12-ти вольт получаются необходимые 20 тысяч!

**Прерыватель тока низкого напряжения** (рис. 4) необходим для размыкания тока в цепи низкого напряжения. При этом во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ток высокого напряжения, который затем поступает на центральный контакт **распределителя**.



**Рисунок 4 – Прерыватель-распределитель**

Контакты прерывателя находятся под крышкой распределителя зажигания. Пластинчатая пружина подвижного контакта 7 (рис. 2) постоянно прижимает его к неподвижному контакту 8. Размыкаются они лишь на короткий срок, когда набегающий кулачок 9 приводного валика прерывателя-распределителя надавит на молоточек 10 подвижного контакта.

Параллельно контактам подсоединен **конденсатор**. Он необходим для того, чтобы в момент размыкания контакты не обгорали. Во время отсоединения подвижного контакта от неподвижного, между ними стремится проскочить мощная искра, но конденсатор поглощает в себя большую часть электрического разряда, значительно уменьшая искрение. Кроме того, конденсатор участвует и в увеличении напряжения во вторичной обмотке катушки зажигания: когда контакты прерывателя полностью размыкаются, конденсатор разряжается, создавая обратный ток в цепи низкого напряжения, и тем самым, ускоряет исчезновение магнитного поля. А чем быстрее исчезает это поле, тем больший ток возникает в цепи высокого напряжения.

Прерыватель тока низкого напряжения и распределитель высокого напряжения расположены в одном корпусе и имеют привод от коленчатого вала двигателя.

**Крышка распределителя 11 и распределитель (ротор) 10 тока высокого напряжения** (рис. 4) предназначены для распределения тока высокого напряжения по свечам цилиндров двигателя.

После того, как в катушке зажигания индуцировался ток высокого напряжения, он по высоковольтному проводу попадает на центральный контакт 7 крышки распределителя, а затем через подпружиненный контактный уголок 8 на пластину ротора. Во время вращения ротора ток «соскакивает» с его пластины, через небольшой воздушный зазор, на боковые контакты 6 крышки. Далее, через высоковольтные провода, импульс тока высокого напряжения попадает к свечам зажигания.

Боковые контакты крышки распределителя пронумерованы и соединены (высоковольтными проводами) со свечами цилиндров в строго определенной последовательности.

Подача высокого напряжения на электроды свечи зажигания должна происходить в конце такта сжатия, когда поршень не доходит до верхней мертвой точки примерно  $4^\circ - 6^\circ$ , измеряя по углу поворота коленчатого вала. Этот угол называют **углом опережения зажигания**.

Необходимость опережения момента зажигания горючей смеси обусловлена тем, что поршень движется в цилиндре с огромной линейной скоростью. Если смесь поджечь несколько позже, то расширяющиеся газы не будут успевать делать свою основную работу, то есть давить на поршень в должной степени. Хотя горючая смесь и сгорает в течение 0,001 – 0,002 секунды, поджигать ее надо до подхода поршня к верхней мертвой точке. Тогда в начале и середине рабочего хода поршень будет испытывать необходимое давление газов, а двигатель будет обладать той мощностью, которая требуется для движения автомобиля.

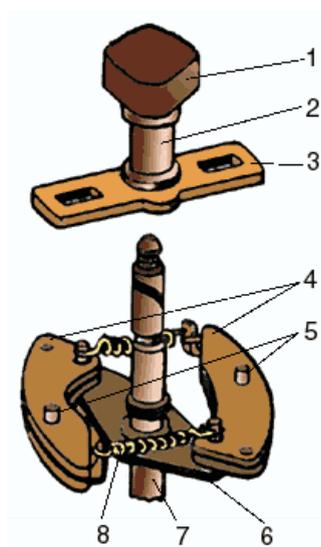
Первоначальный угол опережения зажигания выставляется и корректируется с помощью поворота корпуса прерывателя-распределителя. Тем самым выбирается момент размыкания контактов прерывателя, приближая их или наоборот, удаляя от набегающего кулачка приводного валика прерывателя-распределителя.

Однако, в зависимости от режима работы двигателя, условия процесса сгорания рабочей смеси в цилиндрах постоянно меняются. Поэтому для обеспечения оптимальных условий, необходимо постоянно менять и указанный выше угол ( $4^\circ - 6^\circ$ ). Это обеспечивают центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания.

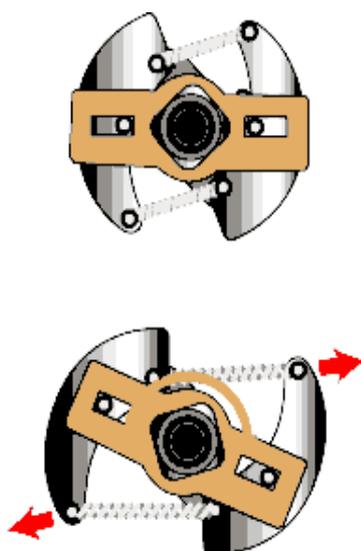
**Центробежный регулятор опережения зажигания предназначен** для изменения момента возникновения искры между электродами свечей зажигания, в зависимости от скорости вращения коленчатого вала двигателя.

При увеличении оборотов коленчатого вала двигателя, поршни в цилиндрах увеличивают скорость своего возвратно-поступательного движения. В то же время скорость сгорания рабочей смеси остается практически неизменной. Это означает, что для обеспечения нормального рабочего процесса в цилиндре,

смесь необходимо поджигать чуть раньше. Для этого искра между электродами свечи должна проскочить раньше, а это возможно лишь в том случае, если контакты прерывателя разомкнутся тоже раньше. Вот это и должен обеспечить центробежный регулятор опережения зажигания (рис. 5).



**Рисунок 5 - Конструкция центробежного регулятора угла опережения зажигания:** 1 - кулачок прерывателя; 2 - втулка кулачков; 3 - подвижная пластина; 4 - грузики; 5 - шипы грузиков; 6 - опорная пластина; 7 - приводной вал; 8 – стяжные пружины



**Рисунок 6. - Схема работы центробежного регулятора угла опережения зажигания:** а) грузики вместе б) грузики разошлись

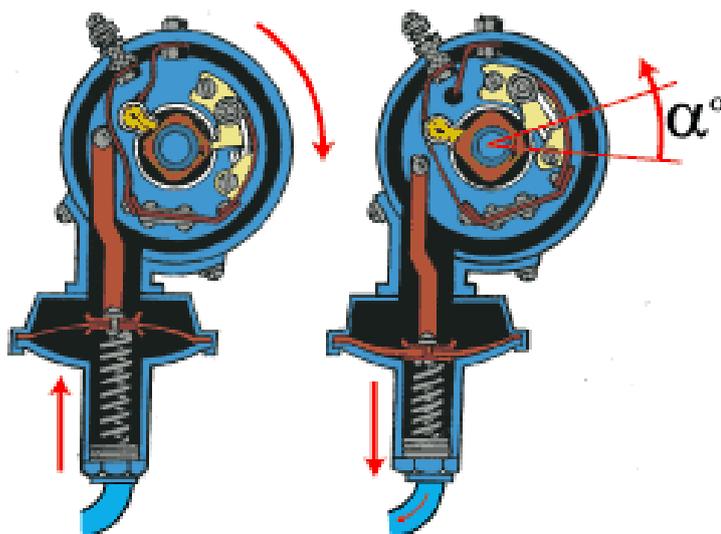
Центробежный регулятор опережения зажигания находится в корпусе прерывателя–распределителя. Он состоит из двух плоских металлических грузиков, каждый из которых одним из своих концов закреплен на опорной пластине, жестко соединенной с приводным валиком. Шипы грузиков 5 (рис. 5) входят в прорези подвижной пластины 4, на которой закреплена втулка 2 кулачков 1 прерывателя. Пластина с втулкой имеют возможность проворачиваться на небольшой угол относительно приводного валика прерывателя–распределителя. По мере увеличения числа оборотов коленчатого вала двигателя, увеличивается и частота вращения валика прерывателя–распределителя. Грузики, подчиняясь центробежной силе, расходятся в стороны, и сдвигают втулку кулачков прерывателя «в отрыв» от приводного валика. То есть набегающий кулачок поворачивается на некоторый угол по ходу вращения навстречу молоточку контактов. Соответственно контакты размыкаются раньше, угол опережения зажигания увеличивается.

При уменьшении скорости вращения приводного валика, центробежная сила уменьшаются и, под воздействием пружин, грузики возвращаются на место – угол опережения зажигания уменьшается.

**Вакуумный регулятор опережения зажигания предназначен** для изменения момента возникновения искры между электродами свечей зажигания, в зависимости от нагрузки на двигатель.

На одной и той же частоте вращения коленчатого вала двигателя, положение дроссельной заслонки (педали газа) может быть различным. Это означает, что в цилиндрах будет образовываться смесь различного состава. А скорость сгорания рабочей смеси как раз и зависит от ее состава.

При полностью открытой дроссельной заслонке (педаль газа «в пол») смесь сгорает быстрее, и поджигать ее можно и нужно попозже. То есть угол опережения зажигания надо уменьшать. И наоборот, когда дроссельная заслонка прикрыта, скорость сгорания рабочей смеси падает, поэтому угол опережения зажигания должен быть увеличен.



**Рисунок 7. - Вакуумный регулятор угла опережения зажигания:**

- а) угол опережения зажигания - уменьшен
- б) угол опережения зажигания - увеличен

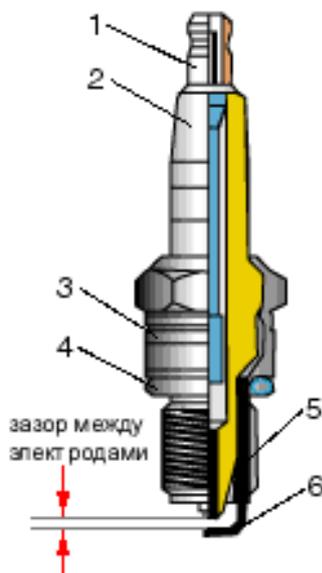
Вакуумный регулятор (рис. 7) крепится к корпусу прерывателя – распределителя. Корпус регулятора разделен диафрагмой на два объема. Один из них связан с атмосферой, а другой, через соединительную трубку, с полостью под дроссельной заслонкой. С помощью тяги, диафрагма регулятора соединена с подвижной пластиной, на которой располагаются контакты прерывателя.

При увеличении угла открытия дроссельной заслонки (увеличение нагрузки на двигатель) разрежение под ней уменьшается. Тогда, под воздействием пружины, диафрагма через тягу сдвигает на небольшой угол пластину вместе с контактами в сторону от набегающего кулачка прерывателя. Контакты будут размыкаться позже - угол опережения зажигания уменьшится.

И наоборот – угол увеличивается, когда вы уменьшаете газ, то есть, прикрываете дроссельную заслонку. Разрежение под ней увеличивается, передается к диафрагме и она, преодолевая сопротивление пружины, тянет на себя пластину с контактами. Это означает, что кулачок прерывателя раньше встретится с молоточком контактов и разомкнет их. Тем самым мы увеличили угол опережения зажигания для плохо горящей рабочей смеси.

**Свеча зажигания** (рис. 8) необходима для образования искрового разря-

да и зажигания рабочей смеси в камере сгорания двигателя. Свеча устанавливается в головке цилиндра.



**Рисунок 8. - Свеча зажигания**

1 - контактная гайка; 2 - изолятор; 3 - корпус; 4 - уплотнительное кольцо; 5 - центральный электрод; 6 - боковой электрод

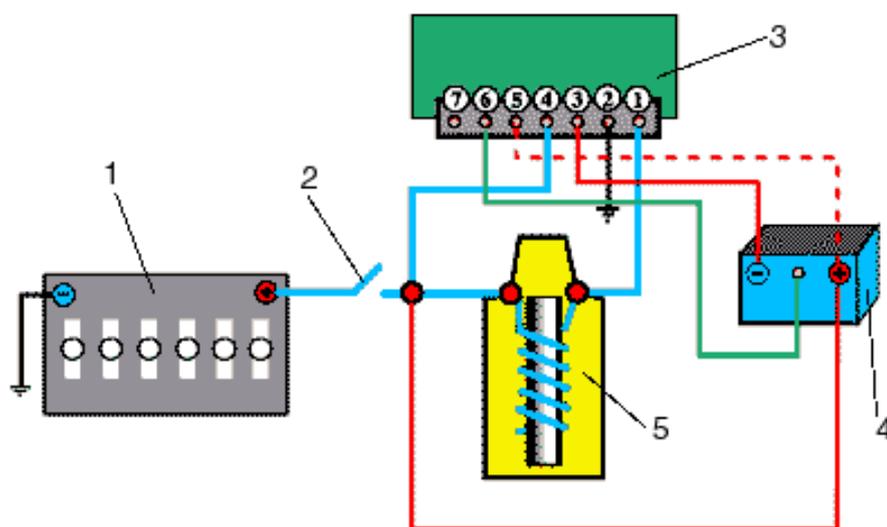
Когда импульс тока высокого напряжения от распределителя попадает на свечу зажигания, между ее электродами проскакивает искра. Именно эта «искорка» воспламеняет рабочую смесь и обеспечивает нормальное прохождение рабочего цикла двигателя.

**Высоковольтные провода** служат для подачи тока высокого напряжения от катушки зажигания к распределителю и от него на свечи зажигания.

### **Электронная бесконтактная система зажигания**

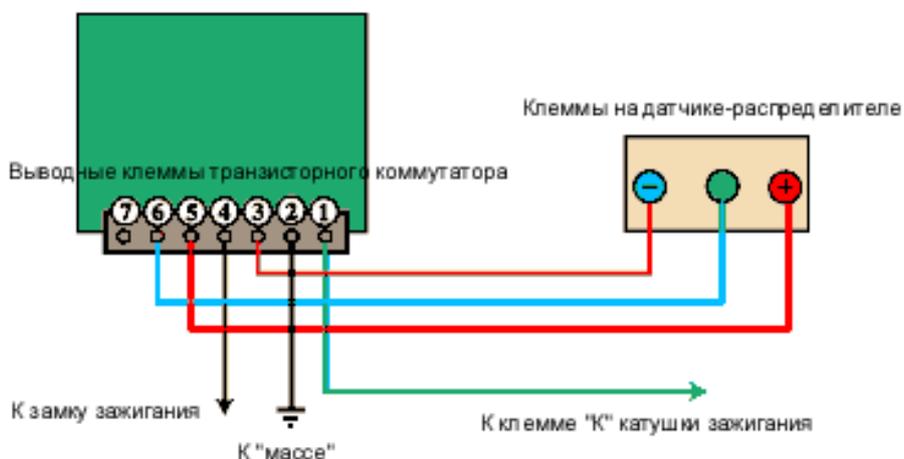
Преимущество электронной бесконтактной системы зажигания заключается в возможности увеличения подаваемого напряжения на электроды свечи. Это позволяет добиться увеличения «мощности» искры. Тем самым облегчается запуск холодного двигателя, повышается устойчивость его работы на всех режимах. И это имеет особое значение для наших суровых зимних месяцев. Как

и у контактной, у бесконтактной системы есть цепи низкого и высокого напряжения. Цепи высокого напряжения у них практически ничем не отличаются. А вот в цепи низкого напряжения, бесконтактная система в отличие от своего контактного предшественника, использует электронные устройства – коммутатор и датчик-распределитель (датчик Холла) (рис. 9).



**Рисунок 9 - Схема электрической цепи низкого напряжения бесконтактной системы зажигания**

1 - аккумуляторная батарея; 2 - контакты замка зажигания; 3 - транзисторный коммутатор; 4 - датчик распределитель (датчик Холла); 5 - катушка зажигания

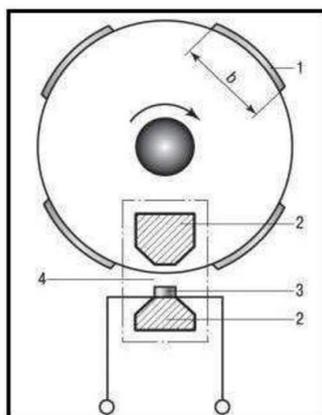


**Рисунок 10 - Схема электрических соединений коммутатора и датчика-распределителя бесконтактной системы зажигания**

**Электронная бесконтактная система зажигания** включает в себя следующие узлы:

- источники электрического тока,
- катушку зажигания,
- датчик - распределитель,
- коммутатор,
- свечи зажигания,
- провода высокого и низкого напряжения,
- выключатель зажигания.

В электронной системе зажигания отсутствуют контакты прерывателя, а, значит, нечему подгорать и нечего регулировать. Функцию контактов в этом случае выполняет бесконтактный датчик Холла, который посылает управляющие импульсы в электронный коммутатор. А коммутатор, в свою очередь, управляет катушкой зажигания, которая преобразует ток низкого напряжения в ток высокого напряжения. Наибольшее применение в бесконтактной системе зажигания нашел датчик импульсов использующий эффект Холла (возникновение поперечного напряжения в пластине проводника с током под действием магнитного поля). **Датчик Холла** состоит из постоянного магнита, полупроводниковой пластины с микросхемой и стального экрана с прорезями (обтюратора) (рис. 11).



**Рисунок 11 – Схема работы датчика Холла:**

1 – стальной экран с прорезями; 2 – постоянный магнит; 3 – пластина полупроводника и микросхема; 4 – зазор.

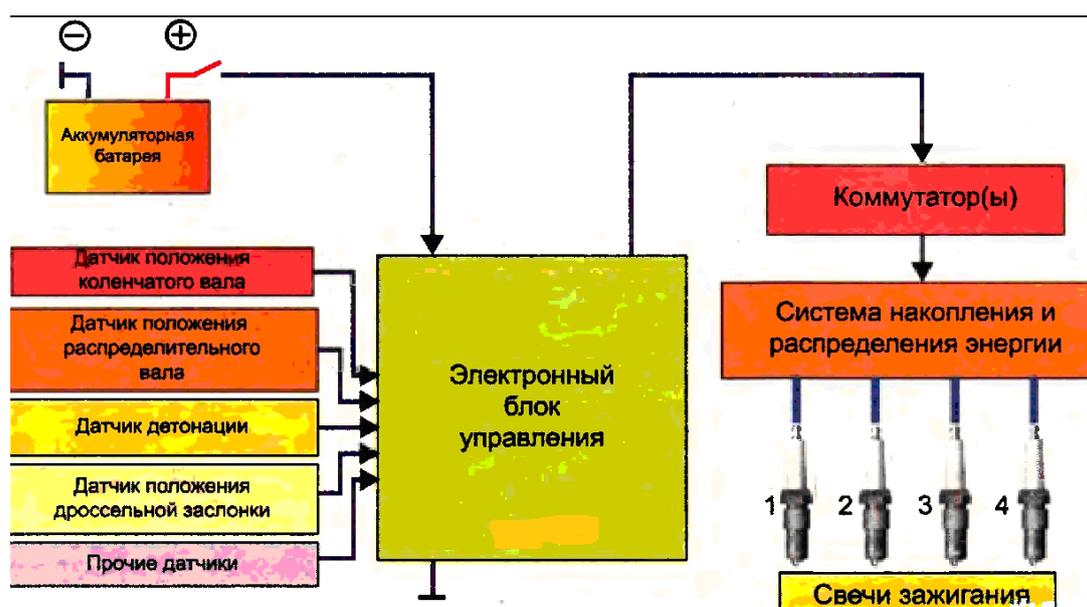
Прорезь в стальном экране пропускает магнитное поле и в полупроводниковой пластине возникает напряжение. Стальной экран не пропускает магнитное поле, и напряжение на полупроводниковой пластине не возникает. Чередование прорезей в стальном экране создает импульсы низкого напряжения.

Датчик импульсов конструктивно объединен с распределителем и образуют одно устройство – **датчик-распределитель**. Датчик-распределитель внешне подобен прерывателю-распределителю и имеет аналогичный привод от коленчатого вала двигателя.

**Транзисторный коммутатор** служит для прерывания тока в цепи первичной обмотки катушки зажигания в соответствии с сигналами датчика импульсов. Прерывание тока осуществляется за счет отпириания и запириания выходного транзистора.

### Микропроцессорная система зажигания

Микропроцессорная система зажигания, (далее МПСЗ) предназначена для формирования значения зависимости угла опережения зажигания бензинового двигателя как функции частоты вращения коленчатого вала и давления воздуха во впускном коллекторе (рис. 12).



**Рисунок 12 – Схема взаимодействия элементов микропроцессорной системы зажигания**

Основным преимуществом этой системы является регулировка угла опережения зажигания по множеству параметров и отсутствие необходимости её регулировки в эксплуатации. В состав микропроцессорной системы зажигания входит блок управления, коммутатор, катушка зажигания, высоковольтные провода и свечи.

Основная роль в управлении зажиганием возлагается на микропроцессор, который получает данные в виде сигналов определённого напряжения с датчиков, установленных на двигателе и, согласно установленной в нём программе, даёт сигнал на коммутатор который в свою очередь управляет работой катушек зажигания. Основным параметром, которым руководствуется контроллер при расчёте момента искрообразования, является частота коленчатого вала. Данные об изменении этого параметра он получает с датчика угловых импульсов расположенном в корпусе картера маховика, считывая импульсы с зубчатого венца, либо над шкивом коленвала, который в этом случае имеет специальный диск с зубьями. Если датчик угловых импульсов находится со стороны маховика, то там же устанавливается датчик начала отчета, для которого в этом случае устанавливается штифт в маховике. При установке датчика над шкивом коленвала, датчик начала отчёта не применяется, а синхронизация происходит по промежутку синхронизации по одному отсутствующему зубу. Эти датчики являются основными при работе микропроцессорной системы зажигания. По их показаниям контроллер определяет, вращается коленвал двигателя или нет и с какой скоростью.

При выходе из строя этих датчиков двигатель не заведётся. Остальные датчики необходимы для коррекции зажигания при разных параметрах работы двигателя. На разных автомобилях может применяться различный набор датчиков. В основном используются датчики температуры охлаждающей жидкости и воздуха, положения дроссельной заслонки, разряжения во впускном коллекторе и датчик детонации. При выходе из строя этих датчиков расчёт угла опережения зажигания осуществляется по запасному алгоритму на основании остальных датчиков. Коммутатор в микропроцессорной системе зажигания двух

контурный и управляет работой двух катушек. В четырёхцилиндровом двигателе, катушки генерируют искру попарно на две свечи зажигания. Кроме того, может применяться и одноконтурный коммутатор, который управляет одной катушкой зажигания, но в этом случае для распределения напряжения по свечам применяется «трамблёр», в котором так же устанавливается датчик угловых импульсов. В этом случае существует некоторая сложность в [установке зажигания](#). Для компактности оборудования коммутатор не редко выполняется совместно с микропроцессором.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение системы зажигания?
2. Перечислите известные Вам системы зажигания. Дайте им сравнительную характеристику.
3. Поясните общее устройство контактной системы и принцип ее работы.
4. Каково назначение цепи низкого и высокого напряжения?
5. Расскажите о назначении катушки зажигания и о принципе возникновения в ней тока высокого напряжения?
6. Каким образом ток высокого напряжения попадает к свече зажигания?
7. Что называют «углом опережения зажигания»?
8. С помощью каких регуляторов изменяют угол опережения зажигания?
9. В чем принципиальное отличие бесконтактной системы зажигания от контактной?
10. В чем заключается эффект Холла и как он применяется в бесконтактной системе зажигания?
11. Для чего нужен коммутатор?
12. Каково преимущество микропроцессорной системы зажигания в сравнении с контактной и бесконтактной?
13. По какому датчику микропроцессор определяет факт работы ДВС?
14. Как корректируется угол опережения зажигания в микропроцессорной системе зажигания?

## 6. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВС

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия систем питания бензиновых двигателей, деталей из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить вышеуказанные системы питания двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

### ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали системы питания, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

### НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМ ПИТАНИЯ ДВС

Системы питания двигателей предназначены для очистки топлива и воздуха, приготовления горючей смеси требуемого качества, подачи ее в цилиндры в необходимом количестве и отвода из цилиндров отработавших газов.

### УСЛОВИЯ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ТОПЛИВО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ.

Эффективность работы двигателя существенно зависит не только от количественного, но и от качественного состава горючей смеси. В ней топливо должно быть хорошо распылено и равномерно перемешано с воздухом. Топливо и воздух должны содержаться в строго определенных соотношениях.

Состав топливно-воздушной смеси определяется *коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$* , который представляет собой отношение действительного количества воздуха  $L$ , участвующего в сгорании 1 кг топлива к теоретически необходимому  $L_0$ , т.е.:

$$\alpha = L/L_0.$$

При  $\alpha = 1$  горючую смесь называют *нормальной*. В этой смеси на 1 кг бензина приходится 14,7 кг воздуха. Двигатель, работающий на нормальной смеси, развивает мощность, близкую к максимальной.

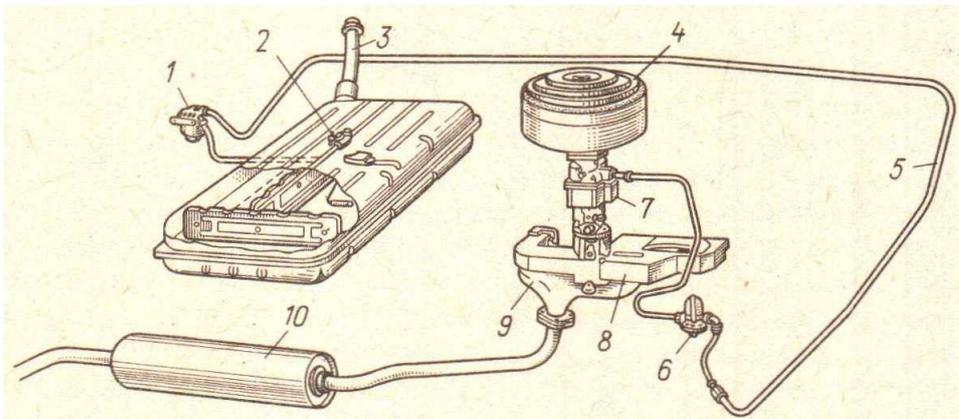
При  $\alpha = 0,85 \dots 0,9$  горючую смесь называют *обогащенной*, а при  $\alpha < 0,85$  – *богатой*. Двигатель при работе на обогащенной смеси развивает максимальную мощность вследствие наибольшей скорости сгорания и несколько большем расходе бензина. Работа двигателя на богатой смеси сопровождается уменьшением мощности, ухудшением экономичности из-за неполноты сгорания и уменьшения скорости сгорания.

При  $\alpha = 1,05 \dots 1,1$  горючую смесь называют *обедненной*, а при  $\alpha > 1,1$  – *бедной*. При работе на обедненной смеси мощность двигателя снижается из-за уменьшения скорости сгорания, расход топлива минимален. Работа двигателя на бедной смеси сопровождается снижением мощности и ухудшением экономичности из-за очень малой скорости сгорания смеси.

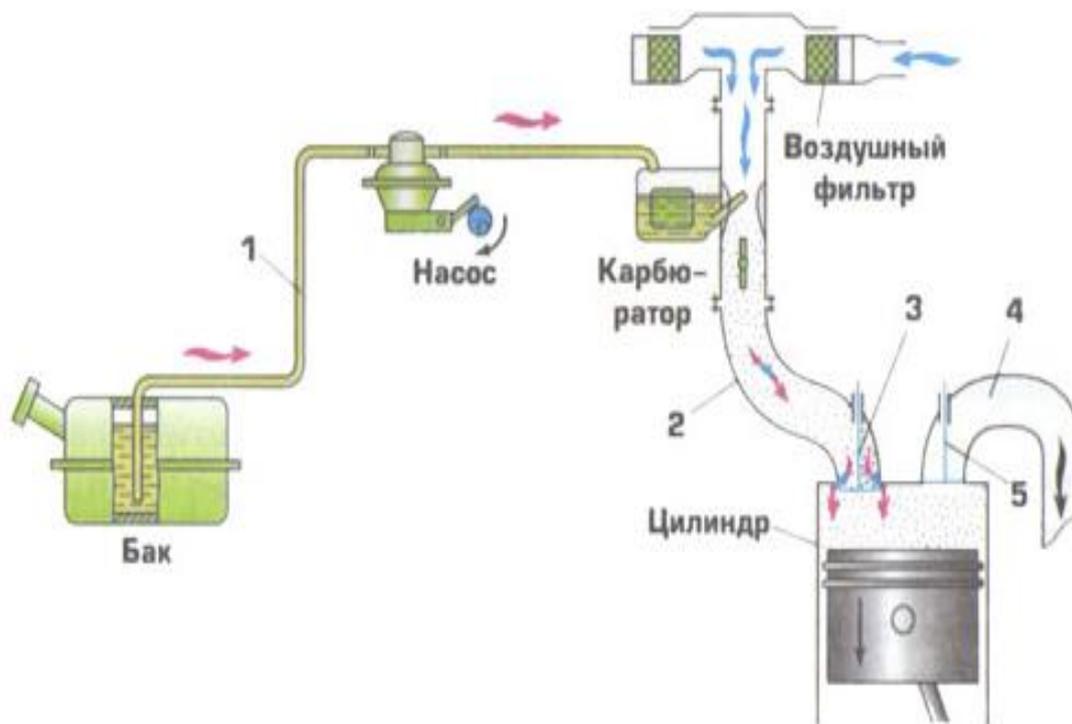
**Горючие смеси, у которых коэффициент избытка воздуха меньше 0,4 и больше 1,35 не воспламеняется.**

## Системы питания карбюраторных двигателей

Система питания (рис. 1) состоит из топливного бака 2, топливного фильтра 1, топливного насоса 6, воздухоочистителя 4, карбюратора 7, глушителя отработавших газов 10, топливопроводов 5.



**Рисунок 1 – Система питания карбюраторного двигателя.**



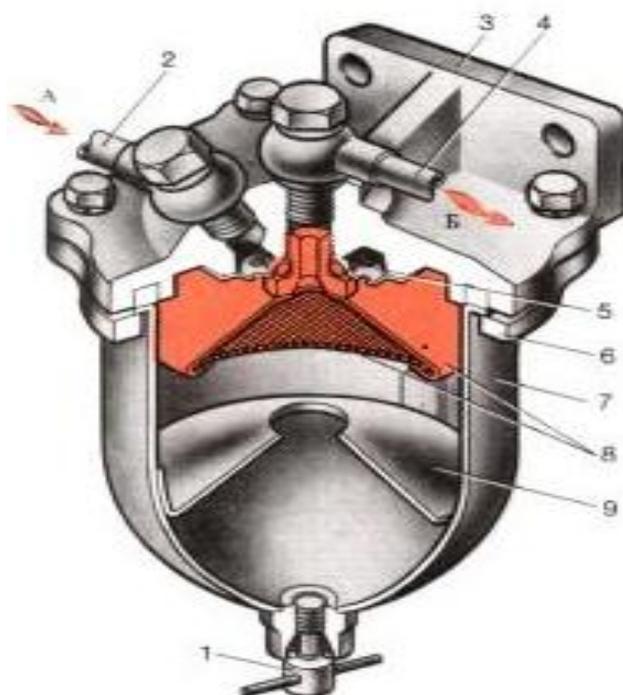
**Рисунок 2 – Схема работы системы питания**

Бензин из бака через фильтр (рис.2) подается топливным насосом по топливопроводу в карбюратор. В карбюраторе бензин распыливается на мельчайшие капли, смешивается с воздухом, поступившим из атмосферы через воздухоочиститель, и частично испаряется. В результате этого в карбюраторе образуется горючая смесь, которая через впускной трубопровод поступает в цилиндр. Отработавшие газы через выпускной трубопровод и глушитель отводятся в атмосферу.

**Топливные баки** служат для хранения бензина, их емкость обеспечивает работу двигателя с нагрузкой в течение 10 – 12 часов. Внутренние перегородки уменьшают плескание бензина во время движения.

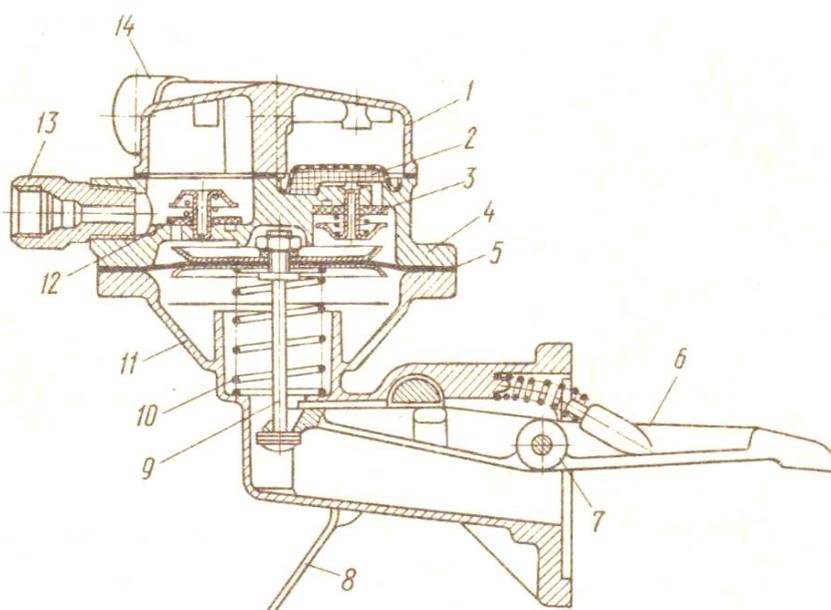
В качестве **топливного фильтра** в карбюраторных двигателях используются фильтры-отстойники (рис. 3).

**Топливопроводы** обеспечивают герметичность топливной системы при всех рабочих давлениях. Их изготавливают из стальных, медных или латунных трубок.



**Рисунок 3 – Фильтр – отстойник**

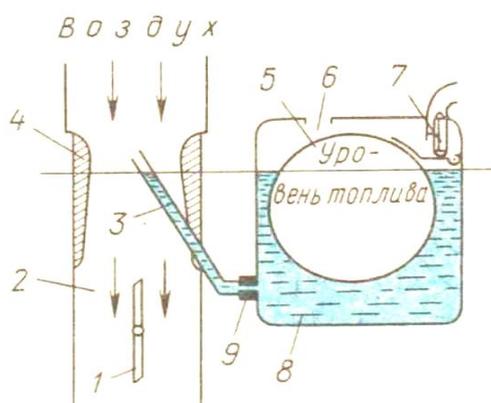
*Топливный насос* предназначен для подачи бензина в поплавковую камеру карбюратора из топливного бака. Топливные насосы обычно выполняют диафрагменного типа (рис. 4).



**Рисунок 4 – Топливный насос мембранного типа**

Во время работы двигателя эксцентрик распределительного вала набегаёт на рычаг 6, который, поворачиваясь относительно оси 7, действует на толкатель 9. Толкатель вместе с диафрагмой 5 перемещается вниз, сжимая пружину 10. При перемещении диафрагмы вниз над ней образуется разрежение, под действием которого бензин через впускное отверстие 14, сетчатый фильтр 2 и впускные клапаны 3 поступает в полость над диафрагмой. Во время дальнейшего вращения эксцентрика рычаг 6 освобождается от его действия и пружина 10 перемещает диафрагму вверх. Впускные клапаны 3 под действием бензина закрываются, а выпускной клапан 12 открывается и бензин поступает в поплавковую камеру карбюратора.

Процесс приготовления горючей смеси называется *карбюрацией*. Значительное время в качестве основного устройства для приготовления смеси бензина и воздуха и подачи ее в цилиндры двигателя использовался агрегат, называемый *карбюратором*.



**Рисунок 5 – Схема простейшего карбюратора**

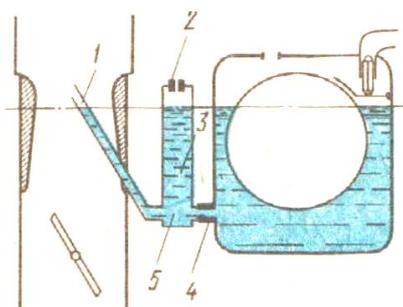
Простейший карбюратор (рис. 5) состоит из поплавковой камеры 8 с поплавком 5, игольчатого клапана 7, распылителя 3, жиклера 9, диффузора 4, смешительной камеры 2 и дроссельной заслонки 1.

Поплавковая камера с полым поплавком и игольчатым клапаном предназначена для поддержания постоянного уровня бензина в распылителе. Жиклер (калиброванное отверстие) служит для дозировки бензина в распылитель. Выходное отверстие распылителя расположено на 1...2 мм выше уровня бензина в

поплавковой камере, что предотвращает утечку бензина из распылителя при неработающем двигателе. Диффузор 4 представляет собой вставной патрубком с суженным сечением. Он предназначен для увеличения скорости воздуха и повышения разрежения над распылителем. Дроссельная заслонка служит для изменения количества горючей смеси, поступающей из карбюратора в цилиндры.

Бензин поступает в поплавковую камеру. При ее заполнении поплавков всплывая, перемещает в сторону закрытия игольчатый клапан. Во время такта впуска в смесительной камере создается разрежение. Под его влиянием воздух через воздухоочиститель воздушный патрубок поступает к диффузору. При движении через диффузор скорость воздуха увеличивается (до 100 м/с), а давление падает. Благодаря разности давлений в диффузоре происходит истечение бензина из поплавковой камеры через жиклер в распылитель. Вытекающий бензин подхватывается потоком воздуха, распыливается на мелкие частички, испаряется и перемешивается с воздухом.

Недостаток простейшего карбюратора: не обеспечивает требуемого изменения состава горючей смеси на различных режимах работы двигателя. Для этих целей в современных карбюраторах предусмотрены дополнительные устройства: главная дозирующая система и вспомогательные устройства и системы (система холостого хода, пусковое устройство, экономайзер, ускорительный насос).

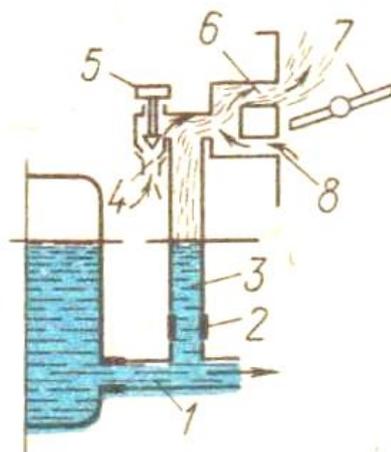


**Рисунок 6 – Схема работы главной дозирующей системы**

Главная дозирующая система (рис. 6) предназначена для поддержания необходимого состава горючей смеси на большинстве режимов малых и средних нагрузок работы двигателя. Главные дозирующие системы бывают с регу-

лированием разрежения жиклера, с регулированием разрежения в диффузоре, с компенсационным жиклером, с регулируемым сечением жиклера.

Главная дозирующая система с регулированием разрежения у жиклера состоит из главного топливного жиклера 4, распылителя 1, и воздушного жиклера 2. Бензин из поплавковой камеры через главный жиклер 4 попадает в камеру 5, а из нее в распылитель 1. С камерой 5 соединен колодец 3, который сообщается с атмосферой через воздушный жиклер 2. При работе двигателя с малым открытием дроссельной заслонки разрежение в диффузоре незначительное и из распылителя вытекает почти один бензин. При большем открывании заслонки возрастает разрежение и расход бензина через главный жиклер. Т.к. сечение жиклера меньше сечения распылителя, то уровень бензина в распылителе и камере уменьшается и через воздушный жиклер поступает воздух. Чем больше разрежение в диффузоре, тем воздуха поступает больше, что обеспечивает получение обедненной экономичной бензиново-воздушной эмульсии.



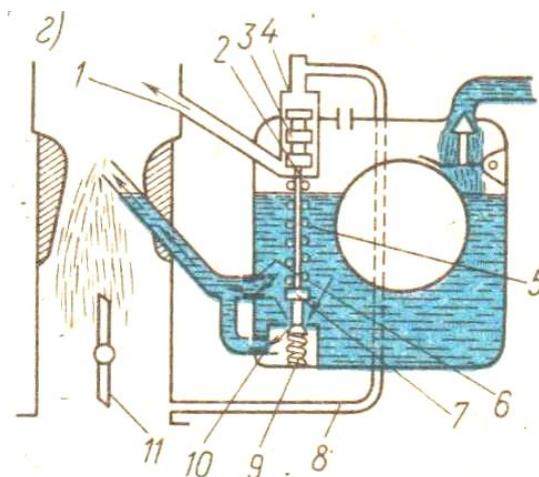
**Рисунок 7 – Схема работы системы холостого хода карбюратора**

Для приготовления горючей смеси на режиме холостого хода служит система *холостого хода* (рис.7). При большом прикрытии дроссельной заслонки 7 вследствие высокого разрежения в задрозельном пространстве бензин вытекает из жиклера холостого хода 2, поднимается вверх по каналу 3 и, смешиваясь с воздухом, поступающим через отверстия 4 и 8, вытекает в виде эмульсии в задрозельное пространство через отверстие 6. Состав горючей смеси зависит

от положения регулировочной иглы 5 относительно отверстия 4. При незначительном открытии дроссельной заслонки разрежение у отверстия 6 снижается, но одновременно образуется разрежение у отверстия 8. Дальнейшее открытие дроссельной заслонки приводит к падению разрежения у отверстий 6 и 8 и работа системы холостого хода прекращается, но при том включается в работу главное дозирующее устройство.

**Пусковое устройство** служит для обогащения горючей смеси при пуске и прогреве холодного двигателя. Самое распространенное пусковое устройство – воздушная заслонка, расположенная в воздушном патрубке карбюратора. При пуске воздушную заслонку прикрывают, вследствие чего в диффузоре образуется высокое разрежение и бензин вытекает как из распылителей, так и из отверстий системы холостого хода.

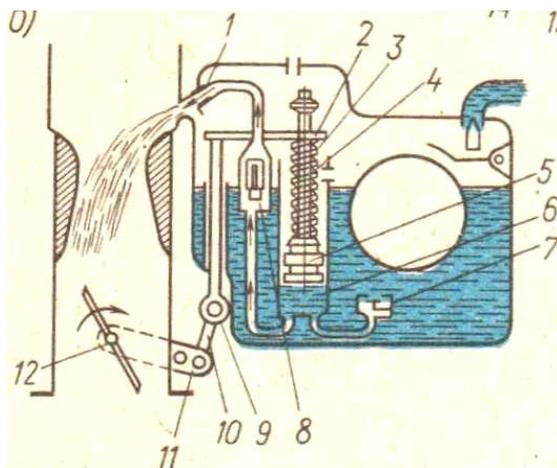
**Экономайзер** служит для обогащения горючей смеси с целью получения максимальной мощности при больших нагрузках (рис.8).



**Рисунок 8 – Схема работы экономайзера**

На малых и средних нагрузках, когда дроссельная заслонка 11 прикрыта, разрежение, создаваемое в задрозельном пространстве, передается по каналу 8 в камеру 4 и удерживает поршень 3 в верхнем положении. Клапан 7 остается закрытым, а жиклер мощности 10 выключенным. При переходе на большие нагрузки, когда дроссельная заслонка 11 почти полностью открыта, разрежение

в задрессельном пространстве уменьшаются и шток 2 опускается под действием пружины 3, открывая клапан 7. В смесительную камеру кроме бензина, поступающего через жиклер 6, начинает поступать дополнительное количество бензина через жиклер мощности 10. В результате горючая смесь обогащается и двигатель может развивать максимальную мощность с достаточной экономичностью.

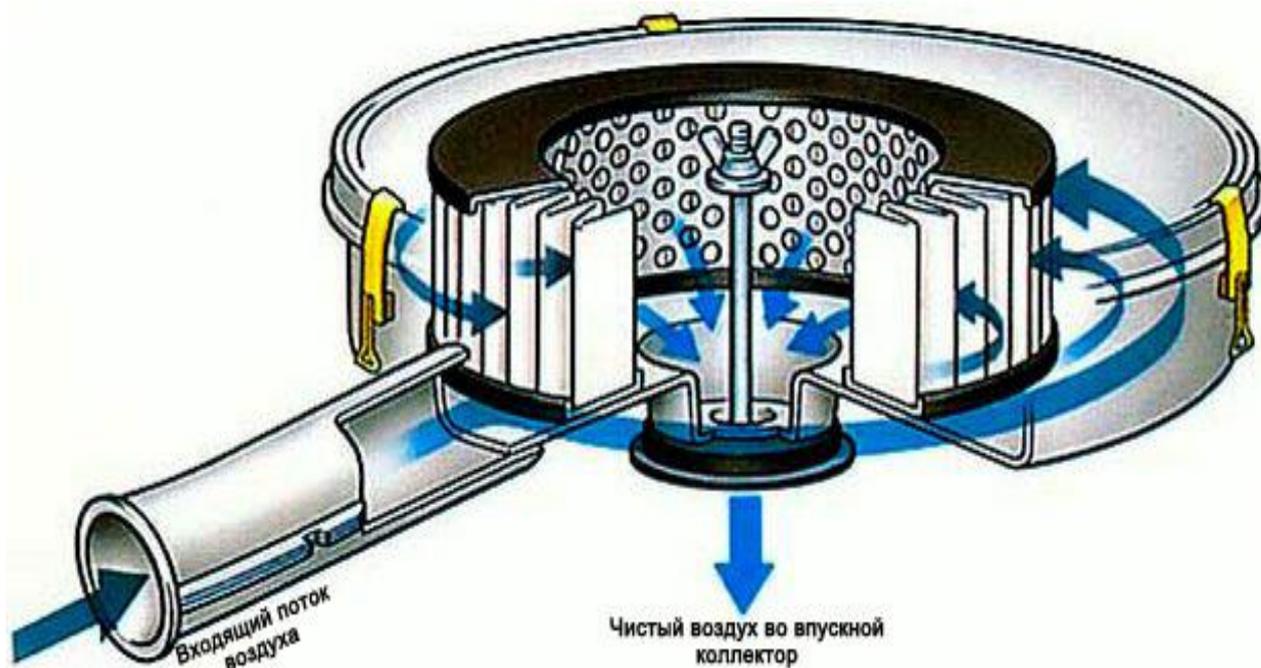


**Рисунок 9 – Схема работы ускорительного насоса**

*Ускорительный насос* (рис. 9) служит для обогащения горючей смеси при резком открытии дроссельной заслонки и улучшения приемистости. При резком открытии дроссельной заслонки 12 ее рычаг 11, поворачиваясь, увлекает за собой серьгу 10 и через тягу 9 перемещает соединительную пластину 2 вдоль штока 4, сжимая пружину 3, которая перемещает поршень 5 вниз. Под действием давления бензина впускной клапан 7 закрывается, а выпускной 8 открывается и бензин через жиклер 1 впрыскивается в смесительную камеру, обогащая горючую смесь. В случае плавного открытия дроссельной заслонки бензин из колодца перетекает через впускной клапан 7 в поплавковую камеру и впрыска бензина не происходит.

*Воздухоочиститель* (рис. 10) предназначен для очистки воздуха от пыли. Очистка воздуха состоит из инерционной и фильтрующей частей. При резком изменении направления движения от потока воздуха отделяются частицы

пыли более тяжелые чем воздух. В фильтрующей части воздухоочистки поток воздуха проходит через съемную кассету фильтра.



**Рисунок 10 – Воздухоочиститель.**

**Глушитель** – изделие определенного объема с внутренними перегородками, имеющими большое количество отверстий. Его действие основано на уменьшении скорости и давления выхлопных газов.

Первоначально глушители выполняли не много функций и считались больше вспомогательной составляющей, нежели важной, как другие агрегаты. Однако с течением времени выхлопные системы начали играть более значительную роль. Сегодня благодаря глушителям удастся не только значительно снизить уровень шума от работающего мотора, но и уменьшать температуру выхлопных газов, выводить отработанные газы за пределы авто и уменьшать уровень вредных выбросов в окружающую среду.

Конструкция выхлопной системы становится более сложной, но с каждой новой моделью машины она включает в себя все те же элементы.

**Коллектор.** Приемная труба является промежуточным звеном между двигателем машины и нейтрализатором (катализатором). Коллектор отвечает за вывод газов. Так как в этом случае идет очень сильная механическая и темпера-

турная нагрузка, которая может достигать до 1000 градусов, то к этой части глушителя предъявляются довольно строгие требования. Поэтому при изготовлении приемной трубы используют только самые лучшие сплавы чугуна и стали. Также на этой детали иногда устанавливают вибро-компенсатор (гофру), благодаря которому вибрация двигателя гасится и не переходит дальше по выхлопной системе.

**Нейтрализатор.** В каталитическом нейтрализаторе (или катализаторе) (рис. 11) происходит «дожиг» несгоревших остатков топлива и переработка окиси углерода. Этот элемент выхлопной системы представляет собой специальную камеру или бачок, в котором расположен керамический или металлический элемент в виде сот. Благодаря этим сотам газовые смеси очищаются за счет химических реакций.

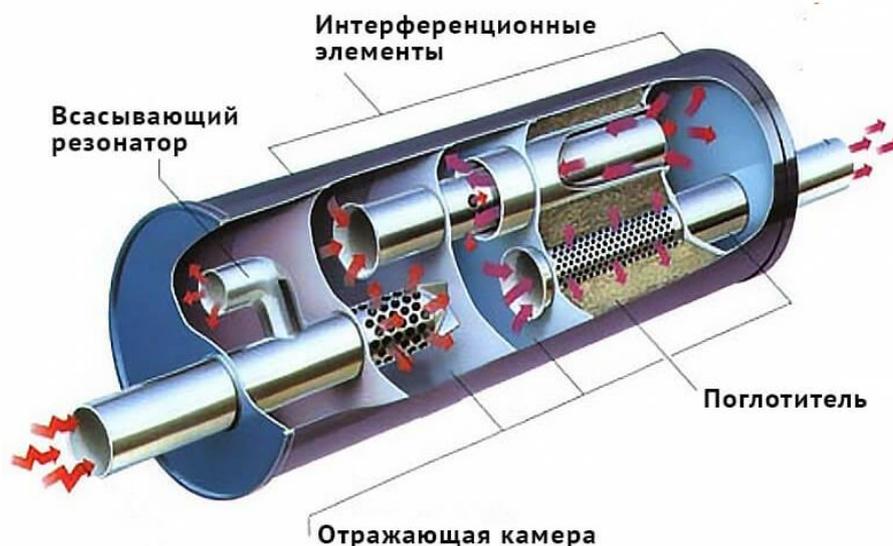


Рисунок 11 – Каталитический нейтрализатор

Сейчас производители начали изготавливать многосекционные нейтрализаторы, отвечающие всем международным стандартам, которые производят обработку большего спектра вредных веществ.

**Передний глушитель (резонатор).** Резонатор – по сути, является одной из тех деталей, которые принято называть глушителями (рис.12). Этот элемент выпол-

няет функцию снижения шума, но никак не очистки выхлопных газов. Когда газы проходят через резонатор, создается много шума. Поэтому внутренняя «начинка» переднего глушителя представляет собой многочисленные решетки и отверстия, которые позволяют снизить скорость вырывающихся газов, а также вибрацию. По большому счету резонатор – это бак с перфорированной трубой.



**Рисунок 12 – Передний глушитель (резонатор)**

Передние глушители бывают:

- Активными. Такие глушители изготавливаются из специальных звукопоглощающих материалов, а их конструкция отличается простотой.
- Реактивными. В глушителях этого типа используются комбинации из расширительных, а также резонаторных камер.

Не стоит путать резонатор с задним глушителем, так как их конструкция сильно отличается.

**Задний глушитель.** Когда мы говорим «глушитель» то чаще всего в виду имеется именно задняя часть выхлопной системы. Этот элемент производит окончательное поглощение шума, а также осуществляет завершающий вывод газов (рис. 13).



**Рисунок 13 – Задний глушитель**

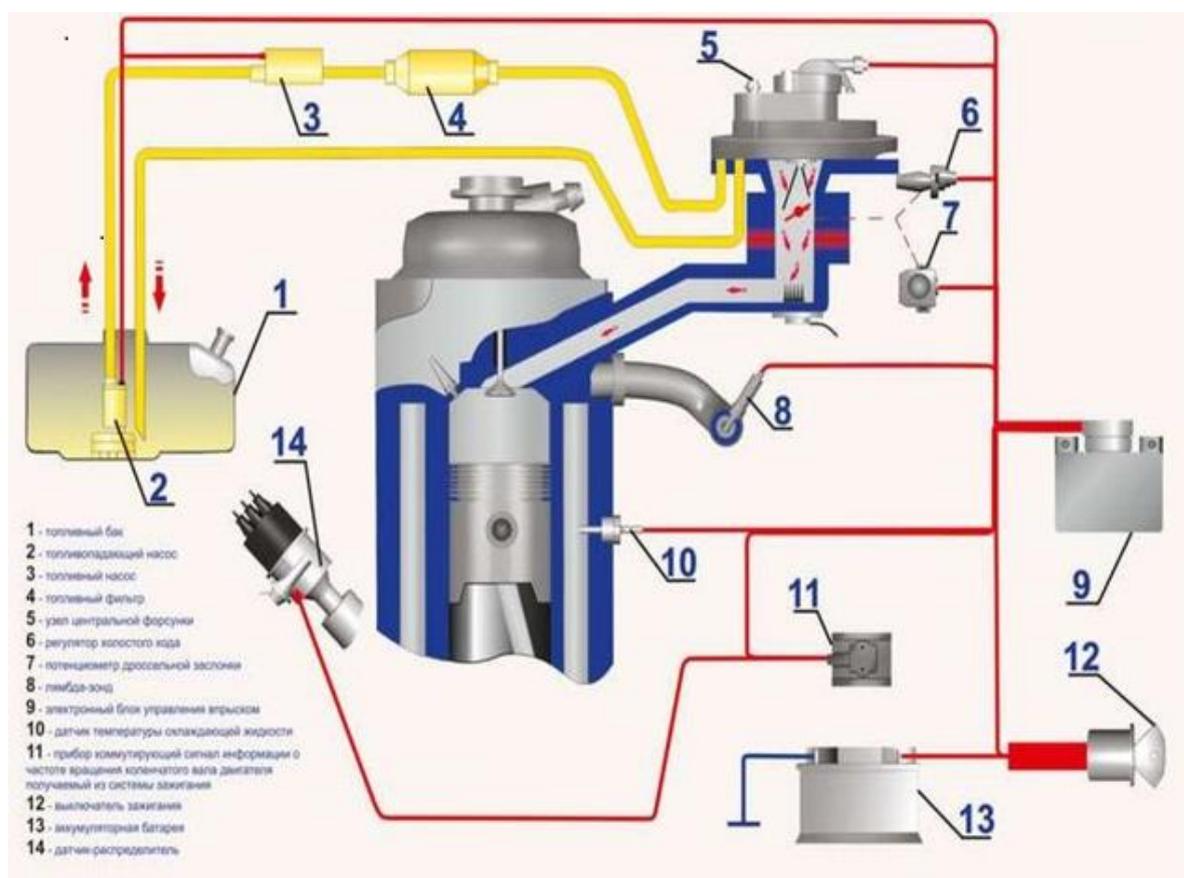
В отличие от резонатора, внутренняя «начинка» заднего глушителя неоднородна. Внутри него установлено несколько камер со специальными наполнителями. Благодаря пористой структуре, системе перегородок и воздуховодам удастся не только избавиться от сильного шума, но снизить температуру в системе.

### **Системы питания двигателей с впрыском бензина**

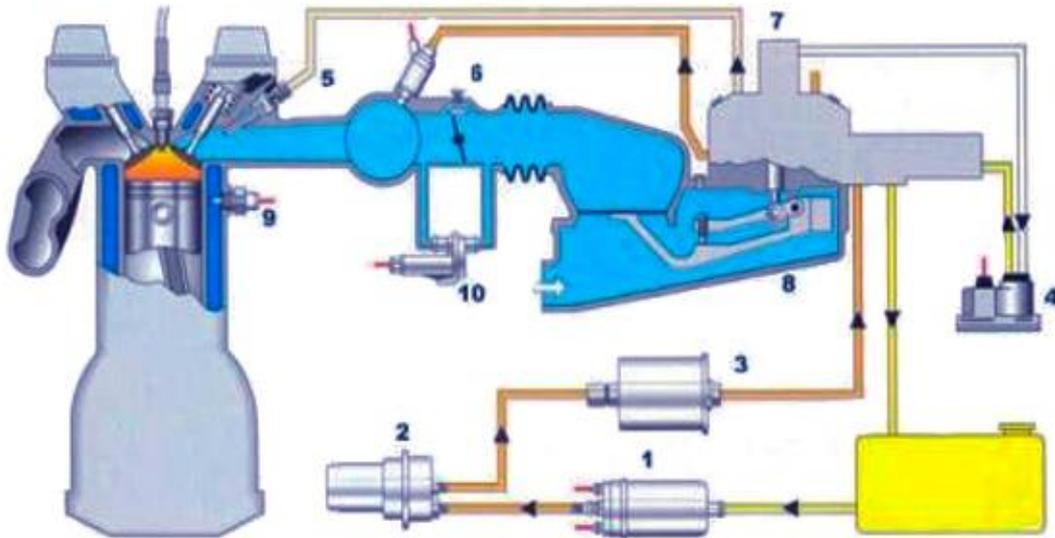
Системы питания с впрыском бензина имеют существенные преимущества перед карбюраторными системами: высокая степень оптимизации на всех режимах работы двигателя состава горючей смеси, более точное дозирование топлива по отдельным цилиндрам, высокая топливная экономичность и низкая токсичность отработавших газов, отсутствие добавочного сопротивления потоку воздуха на впуске в виде карбюратора и диффузора и из-за этого более высокий коэффициент наполнения цилиндров.

Наряду с преимуществами системы впрыска имеют и недостатки: необходимость создания специального оборудования для диагностики этой системы и выявления неисправностей и его высокая стоимость, потребность наличия высококвалифицированного персонала, также повышенные требования к качеству бензина.

Системы питания двигателей с впрыском бензина классифицируют по различным признакам: по месту подвода топлива (центральный одноточечный впрыск (моновпрыск) (рис.14), распределенный впрыск (рис.15), непосредственный впрыск (рис.16)); по способу подачи топлива (непрерывный и прерывистый впрыск); по типу узлов дозирующих топливо (плунжерные насосы, распределители, форсунки, регуляторы давления); по способу регулирования количества смеси (пневматическое, механическое, электронное); по основным параметрам регулирования состава смеси (разрежению во впускной системе, углу поворота дроссельной заслонки, расходу воздуха).



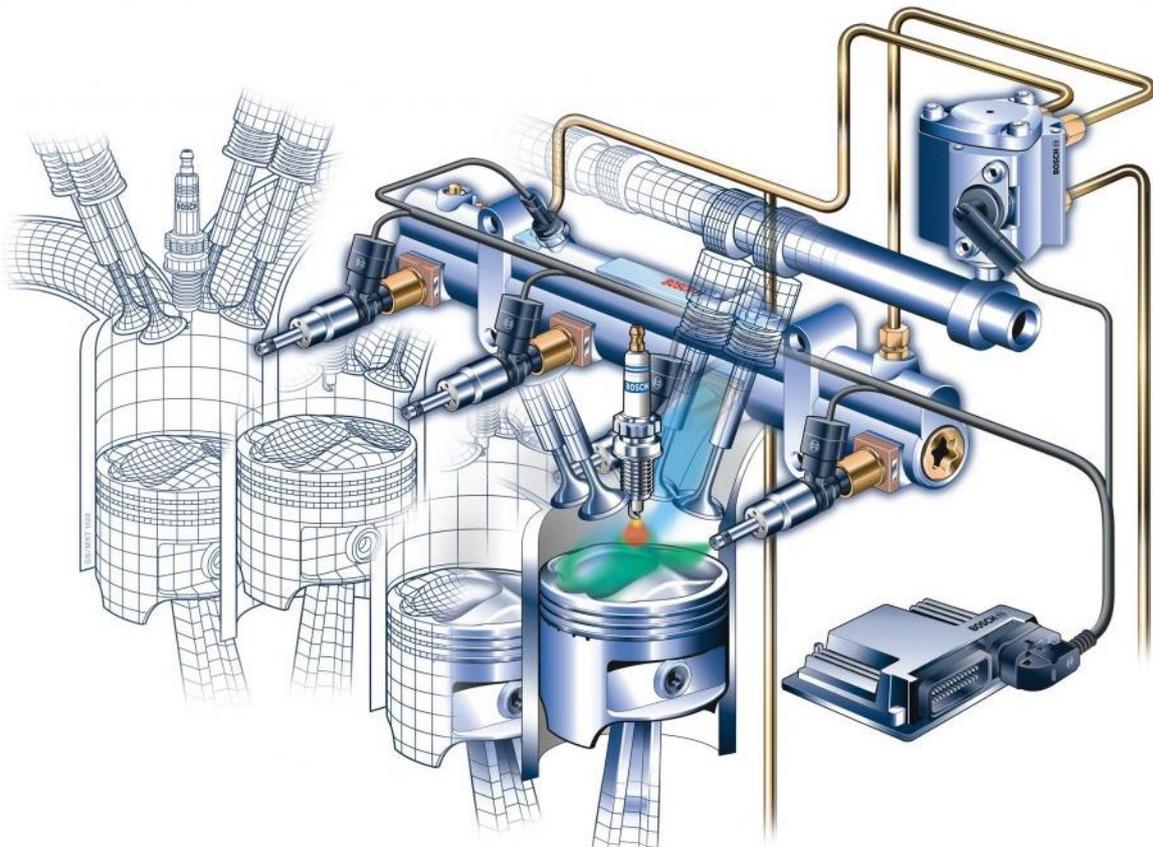
**Рисунок 14 – Схема одноточечного впрыска (моновпрыск)**



1. топливный насос
2. аккумулятор топлива
3. топливный фильтр
4. регулятор управляющего давления
5. форсунка впрыска

6. пусковая форсунка
7. дозатор-распределитель топлива
8. расходомер воздуха
9. термореле
10. клапан добавочного воздуха

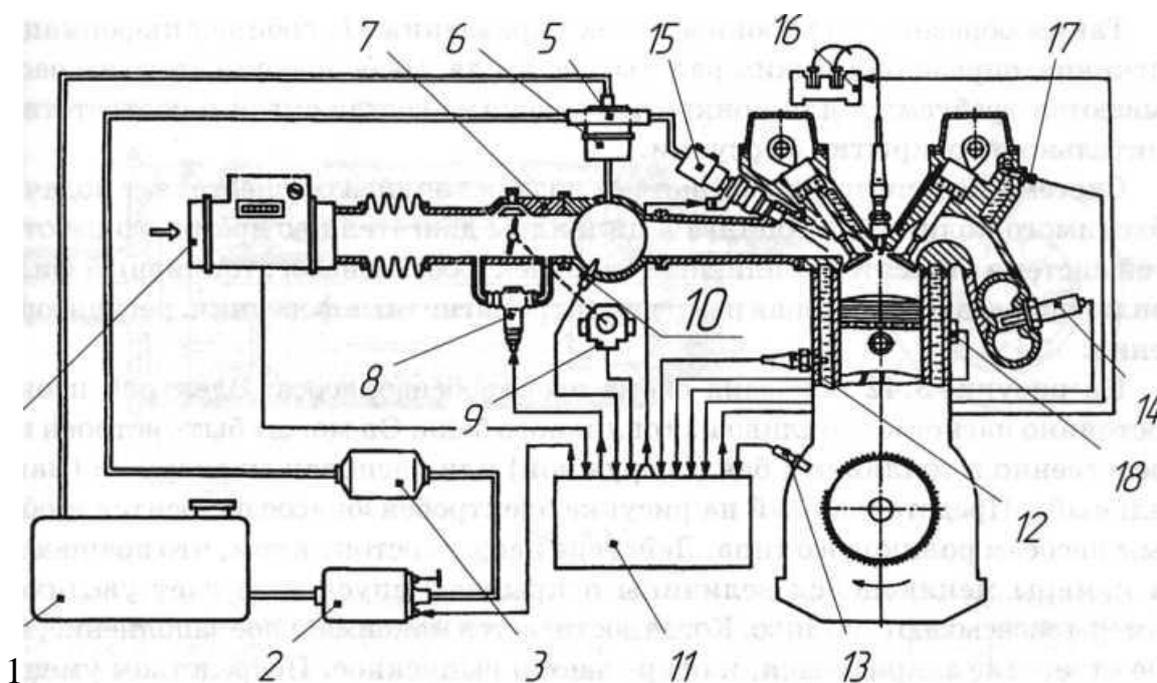
**Рисунок 15 – Схема распределенной системы впрыска**



**Рисунок 16 – Схема непосредственной системы впрыска**

**Общая схема, принцип работы системы питания двигателя с впрыском бензина и ее элементов**

Известны впрысковые системы бензиновых ДВС с механическим, электромеханическим и электронным регулированием. В настоящее время наибольшее распространение получила электронная система управления двигателем с распределенным последовательным впрыском бензина. Такая система состоит из микропроцессорного электронного блока управления, комплекта датчиков, исполнительных устройств и соединительных проводов (рис. 17).



**Рисунок 17 - Схема системы питания двигателя с впрыском бензина:**

1 – топливный бак; 2 – электробензонасос; 3 – топливный фильтр; 4 – датчик массового расхода воздуха; 5 – топливная рампа; 6 – регулятор давления; 7 – дроссельный патрубок;

8 – регулятор холостого хода; 9 – датчик положения дроссельной заслонки; 10 – датчик температуры воздуха; 11 – электронный блок управления; 12 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 13 – датчик положения коленчатого вала; 14 – датчик кислорода; 15 – форсунка; 16 – катушка зажигания; 17 – датчик положения распределительного вала; 18 – датчик детонации.

Контроллер (электронный блок управления) 11 - центральное устройство электронной системы управления двигателем, изготовлен на базе микропроцессора. Он представляет собой управляющий компьютер. Контроллер получает информацию в виде электрических сигналов различного напряжения от датчиков и управляет исполнительными механизмами, обеспечивая оптимальную работу двигателя при определенном уровне показателей автомобиля.

Система питания с распределенным впрыском состоит из: системы подачи и очистки топлива; системы подачи и очистки воздуха; системы улавливания и сжигания паров бензина; электронной части с набором датчиков; системы выпуска и дожигания отработавших газов.

Система подачи топлива состоит (рис. 17) из топливного бака 1, электрического бензонасоса 2, топливного фильтра 3, трубопроводов и топливной рампы, на которой установлен регулятор давления топлива 6 и которая связана с форсунками 15.

Поступающее от бензонасоса топливо под давлением не менее 0,28 МПа проходит через топливный фильтр 3 тонкой очистки к топливной рампе 5 (аккумулятору топлива под давлением), от которой затем подается к форсункам, управляемым электромагнитными катушками. Регулировка количества топлива, впрыскиваемого форсункой, осуществляется изменением времени прохождения электрического импульса, подаваемого на контакты катушки форсунки. Давление в топливной рампе поддерживается регулятором давления 6.

В систему подачи и очистки воздуха входят: воздушный фильтр со сменным фильтрующим элементом, дроссельный патрубок 7 с заслонкой и регулятором холостого хода 8, датчик положения дроссельной заслонки 9 и датчик массового расхода воздуха 4. Эта система обеспечивает изменение притока воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.

Для корректного управления работой системы распределенного впрыска электронному блоку требуются сигналы и от других датчиков. К ним относятся: датчик температуры охлаждающей жидкости 12, датчик положения и частоты вращения коленчатого вала 13, датчик детонации 18, датчик концентра-

ции кислорода 14. В разных двигателях комплекты устанавливаемых датчиков могут значительно отличаться.

Таким образом, электронный блок управления, получая информацию от датчиков, определяет режим работы двигателя «on-line», рассчитывая состав смеси путем продолжительности открывания форсунки.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение системы питания ДВС?
2. Перечислите известные Вам системы питания бензиновых двигателей. Дайте им сравнительную характеристику.
3. Поясните общее устройство карбюраторной системы и принцип ее работы.
4. Каково назначение карбюратора?
5. Расскажите о принципе работы насоса диафрагменного типа.
6. Какой тип фильтра устанавливается в карбюраторной системе для очистки бензина?
7. Опишите принцип карбюрации.
8. Как происходит процесс очистки приточного воздуха?
9. Как устроена система отвода отработанных газов?
10. Каким образом происходит поглощение шума в резонаторе и глушителе?
11. Для чего нужен каталитический нейтрализатор?
12. Каковы отличия технологических процессов работы карбюраторной и впрысковых систем питания?
13. Какие типы впрысковых систем вам известны?
14. Для чего нужны датчики параметров различных механизмов и систем в системах впрыска, управляемых микропроцессором?
15. Каким образом микропроцессор производит изменение количества впрыскиваемого топлива?

## 7. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВС

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия систем питания газовых двигателей, деталей из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить вышеуказанные системы питания двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

### **ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:**

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали системы питания, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

*Газовыми* называются двигатели, работающие на газообразном топливе – сжатых и сжиженных газах. Кроме того, такие двигатели способны работать и на бензине.

### **Газообразное топливо**

В качестве газообразного топлива в двигателях внутреннего сгорания применяются природные газы, попутные газы, выделяющиеся при добыче и переработке нефти, попутные промышленные газы, а также газы, получаемые из твердых топлив путем их газификации.

Газообразное топливо является механической смесью различных горючих и инертных газов. В общем случае химическую формулу любого содержащего углерод С, водород Н и кислород О горючего или негорючего компонента, входящего в состав газообразного топлива, можно представить в виде  $C_nH_mO_r$ .

Наибольшее применение в качестве топлива получили природные газы и газы, сопутствующие добыче и переработке нефти. Основным компонентом природных газов является метан  $CH_4$ , содержание которого достигает 98 %. Нефтяные попутные газы состоят главным образом из пропана и бутана.

Газообразные топлива обладают такими же эксплуатационными свойства-

ми, что и бензины. По сравнению с бензином процесс образования горючей смеси из газа и воздуха более совершенен, так как оба компонента находятся в одинаковом агрегатном состоянии. Это обеспечивает устойчивое более полное сгорание газозудушной смеси, меньшее в 3...5 раз содержание токсичных веществ в выпускных газах двигателя, а также уменьшение нагара на его деталях.

Газообразные топлива обладают высокой детонационной стойкостью (октановым числом, определяемым по моторному методу, равным 80...110), что позволяет использовать их в двигателях с более высокой степенью сжатия. Поэтому показатели мощности и экономичности двигателей, работающих на газообразном топливе, могут быть выше, чем у двигателей, работающих на бензине.

Газообразное топливо имеет более низкую объемную теплоту сгорания, чем жидкое нефтяное топливо. В связи с этим на транспортных средствах, работающих с газовыми двигателями для обеспечения их достаточного пробега необходимый запас газообразного топлива хранят в сжатом или сжиженном состоянии. Сжатый природный газ находится в баллонах под давлением до 20 МПа, а сжиженный – в криогенных сосудах при  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; при этом значении температуры он занимает в 640 раз меньший объем, чем в газообразном состоянии. Сжиженный нефтяной попутный газ (пропан-бутановая фракция) содержат в баллонах под давлением до 1,6 МПа.

Газообразное топливо используют в двигателях с принудительным зажиганием и в дизелях при газожидкостном цикле или при непосредственном впрыскивании сжиженного газа в цилиндр и воспламенением от сжатия.

Сжатый природный газ получил широкое применение в автомобильном транспорте, сжиженный природный газ – в мощных дизелях судов, а в перспективе – в дизелях большегрузных автомобилей и тепловозов.

Одним из перспективных видов топлива для транспортных двигателей является жидкий водород, который можно получать из воды с использованием ядерной энергии.

Ресурсы водорода практически неограниченны, а продукты его сгорания безвредны. В настоящее время водород используют как добавку в небольшом

количестве в углеводородных топливах для интенсифицирования процессов его горения.

## **Система с внешним смесеобразованием на сжиженной смеси пропана-бутана**

Системы питания газовых двигателей с внешним смесеобразованием, работающих как на сжиженном, так и на сжатом газе предназначена для очистки газа и воздуха, приготовления газозвушной смеси требуемого качества, подачи ее в цилиндры двигателя в необходимо количестве и отвода из цилиндров отработавших газов.

При работе двигателя сжиженный газ в жидком виде из баллона 10 (рис.1) через жидкостный 11 и магистральный вентиль 7 поступает в испаритель 1, обогреваемый горячей жидкостью системы охлаждения. Из испарителя 1 газ в парообразном виде поступает в фильтры 3 и 4, а затем в газовый редуктор 2, в котором давление газа снижается до атмосферного. Из редуктора газ поступает в смеситель 15, где смешивается с воздухом, поступающим через воздухоочиститель. Образовавшаяся газозвушная смесь поступает в цилиндры.

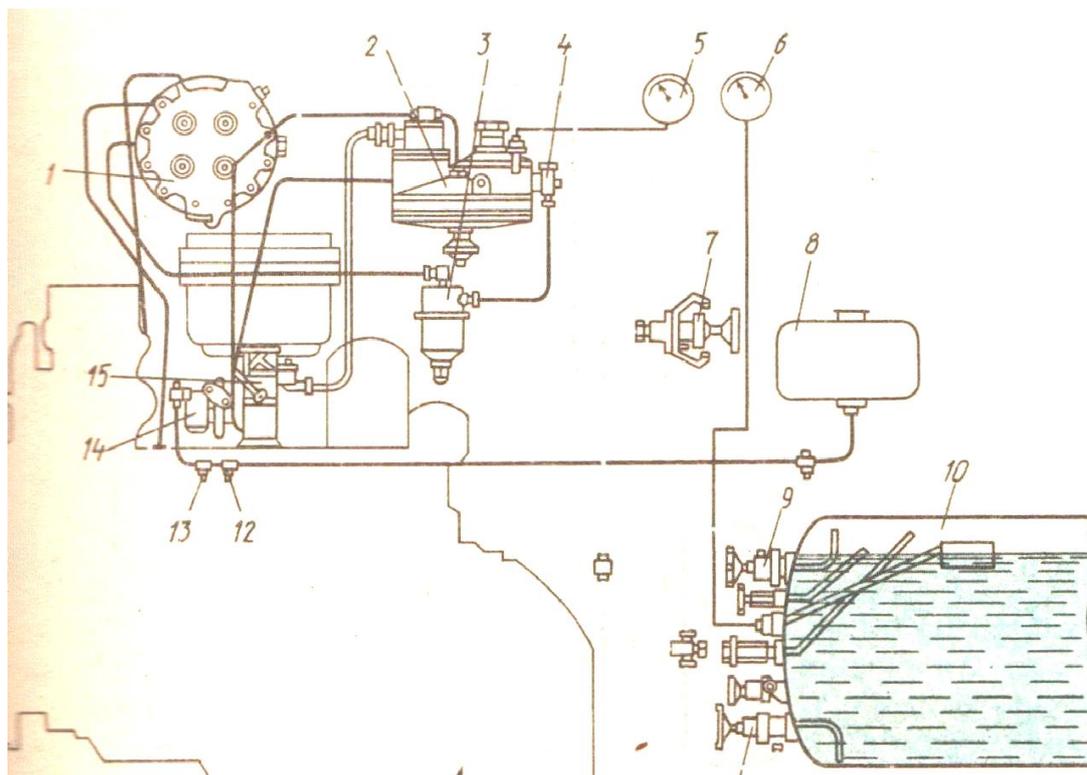


Рисунок 1 – Система питания двигателя сжиженным газом

Баллон предназначен для хранения сжиженного газа под давлением 1,6 МПа.



а

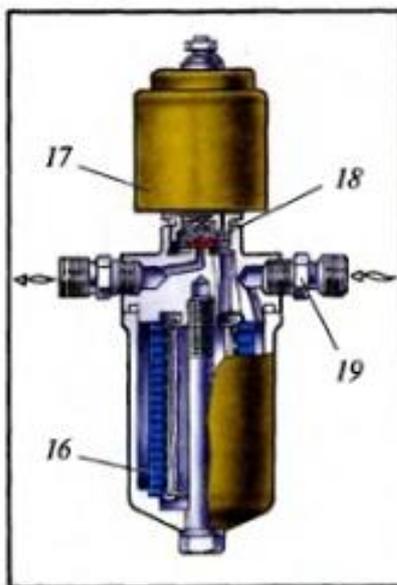


б

Рисунок 2 – Резервуары для хранения газа

На рисунке 2 представлены цилиндрический (а) и тороидальные (б) газовые баллоны. Ёмкости производятся в соответствии с ГОСТ 33986–2016. Толщина стенки варьируется от 2.5 до 3.5 мм. Эти виды используются для пропан-бутановой топливной смеси. Размеры этих баллонов для ГБО почти не ограничены. Тороидальные баллоны хорошо подходят для легковых автомобилей. Их размещают в нишах запасных колес. Цилиндрические чаще устанавливают на автобусы и грузовики. У производителей можно найти надежные конструкции объемом до 200 литров. Устанавливать можно как внутри авто, так и снаружи. Последний вариант встречается чаще на больших транспортных средствах.

**Электромагнитный клапан с фильтрующим элементом.** К этому элементу газ поступает по топливопроводу (19) от резервуара при открытом магистральном вентиле баллона. При включении зажигания напряжение подается на электромагнитный клапан 17 (рис. 3). Клапан открывает впускное отверстие 18 и газ через фильтрующий элемент 16 продолжает двигаться к испарителю.

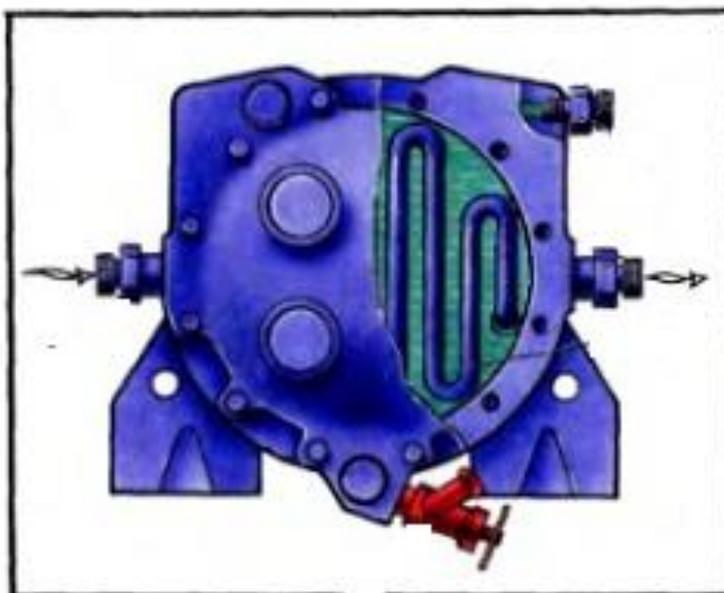


**Рисунок 3 – Газовый клапан с фильтром**

При выключении зажигания напряжение перестаёт поступать на катушку и клапан под действием пружины закрывает канал поступления газа в систему.

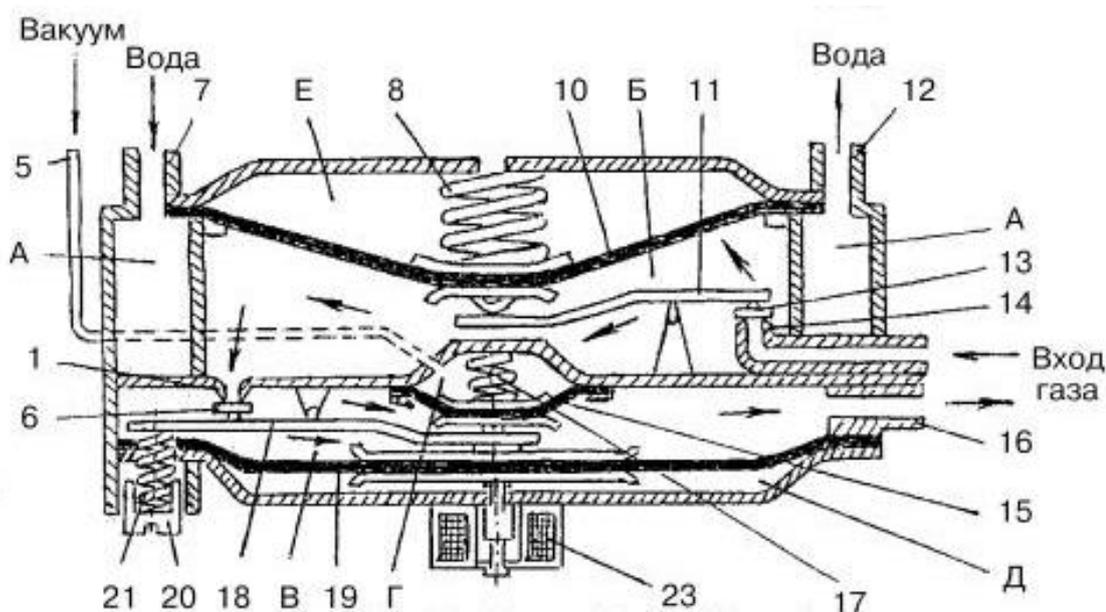
**Испаритель** предназначен для превращения сжиженных газов в газообразное состояние перед поступлением их в редуктор. Испаритель (рис. 4) со-

стоит из металлического корпуса, связанного с системой охлаждения двигателя внутри которого проходит трубчатый змеевик. Сжиженный газ, проходя по змеевику, испаряется в нем. Полученный газ поступает через фильтры к разовому редуктору.



**Рисунок 4 - Испаритель**

**Газовый редуктор** предназначен для снижения давления газа, поступающего из баллона, для автоматического изменения количества и состава газа, подаваемого в смеситель и для мгновенного прекращения подачи газа при остановке двигателя. В большинстве случаев устанавливают двухступенчатые редукторы мембранно-рычажного типа (рис.5). Чаще всего в современном ГБО применяются редукторы – испарители в которых два элемента размещают в одном корпусе.



**Рисунок 5 – Двухступенчатый газовый редуктор – испаритель.**

1 – седло клапана второй ступени; 2 – регулировочный винт системы холостого хода; 3 – клапан холостого хода в сборе с диафрагмой; 4 – пружина клапана холостого хода; 5 – штуцер вакуумного канала; 6 – клапан второй ступени; 7, 12 – патрубки ввода и вывода охлаждающей жидкости; 8 – пружина первой ступени; 9 – регулировочная шайба; 10 – диафрагма первой ступени; 11 – рычаг клапана первой ступени; 13 – клапан первой ступени; 14 – седло клапана; 15 – диафрагма разгрузочного устройства; 16 – канал выхода газа; 17 – пружина разгрузочного устройства; 18 – рычаг клапана второй ступени; 19 – диафрагма второй ступени; 20 – винт регулировки давления во второй ступени; 21 – регулировочная пружина второй ступени; 22 – клапан; 23 – электромагнитное пусковое устройство; А – полость для теплоносителя в испарителе; Б – полость первой ступени; В – полость второй ступени; Г – полость разгрузочного устройства; Д, Е – полости атмосферного давления.

Работает редуктор следующим образом:

*1. Двигатель еще не работает, зажигание включено, электромагнитный клапан газа открыт.*

Газ, поступающий в редуктор по магистрали через открытый клапан (13), заполняет полость (Б) первой ступени, в которой создается избыточное давле-

ние. В результате перепада давлений в полостях (Б) и (Е) (полость (Е) всегда сообщается с атмосферой) на диафрагме (10) возникает усилие, уравнивающее усилие пружины (8) и давление газа, поступившего через клапан (13) со стороны магистрали. Диафрагма (10) начинает перемещаться вверх, преодолевая усилие пружины (8), и закрывает связанный с ней через рычажную передачу клапан (13), герметично прижимая его к седлу. Герметичность обеспечивается кольцевым выступом седла и резиновым уплотнителем клапана. Дальнейшее поступление газа в полость (Б) прекращается. Диафрагма в этом случае выполняет функцию автоматического вентиля.

При снижении давления в полости (Б) до определенного значения давление газа на диафрагму (10) становится недостаточным для удержания клапана (13) в закрытом положении. Под действием суммарного усилия от пружины (8) и давления газа во входной газовой магистрали клапан (13) открывается, и давление в полости (Б) возрастает. Вновь поднимается вверх диафрагма (10), преодолевая усилие сжимающейся пружины (8), и клапан (13) закрывается – в полости (Б) устанавливается постоянное избыточное давление.

Давление в первой ступени редуктора можно отрегулировать с помощью регулировочной прокладки под пружиной (8), изменяющей её усилие.

Разгрузочное устройство удерживает клапан второй ступени (6) под действием пружины (17) в закрытом положении, и клапан оказывается плотно прижатым к седлу (1) дополнительной пружиной (21) регулировочного винта (20).

## *2. Перед пуском двигателя.*

Клапан (6) открывается под действием электромагнитного пускового устройства (23), управляемого переключателем вида топлива. После этого газ поступает в полость В второй ступени и через выходной патрубок (16) подается в смеситель.

## *3. При пуске двигателя.*

Во впускной системе двигателя увеличивается разрежение, которое пере-

дается через вакуумный штуцер (5) в полость (Г) разгрузочного устройства. Увлекаемый упорным диском рычаг (18) приподнимается, частично открывая клапан (6) второй ступени, вследствие чего газ начинает понемногу поступать через полость (В) на выход к смесителю.

#### *4. Двигатель работает на холостом ходу.*

Через патрубок (16) отвода газа и тройник-дозатор, установленный за пределами редуктора, газ подается в смеситель, где формируется газоздушная смесь, которая проходит по впускному трубопроводу в двигатель.

#### *5. Двигатель работает с малой и средней нагрузкой.*

По мере открытия дроссельной заслонки первой камеры карбюратора и при относительно небольшой частоте вращения коленчатого вала двигателя расход воздуха, поступающего через всасывающий коллектор, возрастает, разрежение в диффузоре карбюратора усиливается и, как следствие, в полости В понижается давление газа и увеличивается разрежение, которое воздействует на диафрагму (19). Диафрагма прогибается вверх и открывает клапан (6), увеличивая расход газа.

В то же время вследствие разрежения в полости (Г) происходит изгиб диафрагмы (15), поднятие рычага (18), а также открытие клапана (6) на величину, необходимую для впуска небольшого количества газа. Одновременно клапан (13) первой ступени все больше открывается под действием пружины (8), и через него пропускается необходимое количество газа.

Диафрагмы (19) и, частично, (15) автоматически регулируют подачу газа в соответствии с разрежением во впускном коллекторе. Из редуктора через патрубок (16) газ поступает в двигатель.

#### *6. Двигатель работает при полной нагрузке.*

Дроссельная заслонка приближается к положению полного открытия. Разрежение в полости (В) возрастает. Это увеличивает перепад давлений в по-

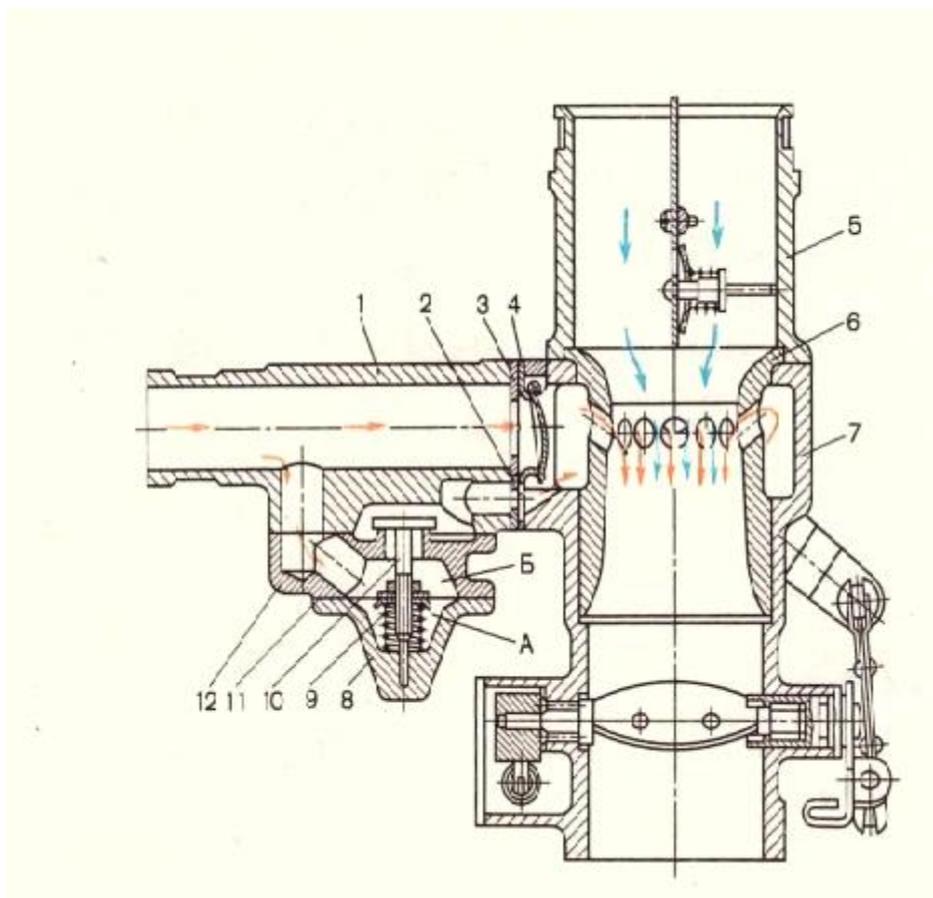
лостях (В) и (Д), (В) и (Б), что в свою очередь приводит к возникновению дополнительных усилий, действующих на диафрагму (19) и клапан (6). По мере открытия клапана (6) увеличивается расход поступающего через него газа.

Разрежение в полости (Б) первой ступени редуктора также возрастает, растет перепад давлений в полостях (Б) и (Е). Под влиянием усилий, действующих на диафрагму (10), открывается клапан (13), через который устремляется газ. Чем больше становится нагрузка на двигатель, тем шире открываются клапаны (6) и (13), увеличивая подачу газа, что приводит к обогащению газозоудушной смеси, обеспечивая работу двигателя на полную мощность.

Смеситель предназначен для приготовления необходимого количества газозоудушной смеси требуемого качества. На современных газовых двигателях применяют смесители двухкамерные, с одновременным открытием дроссельных заслонок, с системой холостого хода и с экономайзерным устройством.

Основным показателем совершенства работы газового смесителя является обеспечение необходимого коэффициента избытка воздуха в зависимости от режима работы двигателя. Законы приготовления газозоудушной и бензовоздушной горючей смеси аналогичны.

Для лучшего перемешивания газа с воздухом и получения более равномерного состава смеси в цилиндрах в некоторых конструкциях газосмесительных устройств газовый поток разделяют на отдельные струи с помощью отверстий в диффузоре б (рис. 6).



**Рисунок 6 - Газовоздушный смеситель автомобильного типа:**

А – вакуумная полость экономайзера; Б – газовая полость экономайзера;

1 – входной патрубок для газа; 2 – дозирующая шайба; 3 – дозирующая шайба для режимов частичных нагрузок; 4 – обратный клапан; 5 – корпус воздушной горловины; 6 – диффузор с отверстиями для выхода газа; 7 – корпус смесительной камеры; 8 – крышка экономайзера; 9 – пружины; 10 - клапан экономайзера; 11 – мембрана; 12 – корпус экономайзера.

Качественное и количественное регулирование горючей смеси в газовоздушном смесителе осуществляется воздушной и газовоздушной заслонками.

Для обогащения горючей смеси, необходимого при работе двигателя с полной (номинальной) нагрузкой, в конструкции смесителя имеется дозирующее обогатительное устройство. Вакуумная полость А экономайзера соединена с впускным трубопроводом двигателя за газовоздушной заслонкой (на рис. 6 не показано). При работе на частичных нагрузках, когда при закрытой газовоздушной заслонке создается относительно высокий вакуум во впускном трубо-

проводе, мембрана *11* вследствие разности давлений в полостях *A* и *B* сжимает пружину *9* и удерживает клапан *10* экономайзера в закрытом положении. Газ поступает в диффузор смесителя через отверстие, соответствующее экономичной регулировке шайбы *3*. При полном открытии газовой заслонки, когда вакуум во впускном трубопроводе относительно низкий, пружина *9* отжимает мембрану *11* вверх и открывает клапан *10* экономайзера. В диффузор поступает дополнительное количество газа через отверстие, соответствующее мощностной регулировке шайбы *2*.

### **Система с внешним смесеобразованием на сжатом метане**

Принцип работы газобаллонного оборудования на природном газе (метане) очень схож с работой на сжиженной смеси пропана-бутана.

Метан – это природный газ, который не имеет запаха и является одним из простейших углеводородов. ГБО метан – одним из первых получило широкое распространение в нашей стране. Объяснялось это относительной простотой и дешевой заправкой автомобилей этим типом топлива, а также его доступностью. Метан, в отличие от бензина, не нужно подвергать дополнительной обработке после выработки. Достаточно компрессорной установки, которая способна сжать газ до уровня в 210 Па. После сжатия, с будущим топливом проводят подготовительные действия:

- Проводят очистку от примесей,
- Добавляют одорант для получения запаха,
- Немного высушивают.

Чтобы утечка газа была вовремя обнаружена, в него добавляют специальную присадку (одорант) этилмеркаптан. Именно благодаря ему, в случае утечки, мы чувствуем знакомый всем «запах газа».

К плюсам этого топлива относят:

1. Высокое октановое число (от 108 до 120). Это положительно влияет на динамику автомобиля и увеличивает срок эксплуатации двигателя.
2. Метан легче воздуха. Это значит, что при утечке газ будет испаряться в атмосферу, а не собираться под автомобилем, как пропанобутановая смесь.
3. Газ имеет постоянный и качественный состав, в отличие от пропанобутановой смеси, которая может быть летняя или зимняя, с большим либо меньшим преобладанием компонентов смеси.
4. Метан не подвержен влиянию температуры окружающей среды. Автомобиль работает стабильно и при температуре  $-30$ , и при температуре  $+40$  градусов.
5. Считается, что взрывоопасная концентрация этого газа в воздухе достигается при величине более 5%, что вдвое больше, чем у пропана. Поэтому принято говорить о том, что метан более безопасное топливо в сравнении с пропаном.

Одним из минусов считается КПД такого вида топлива. В среднем двигатель автомобиля сжигает на 10-20% газа больше, нежели бензина, при этом потеря мощности автомобиля может составлять от 5 до 25-30 процентов. Связано это с тем, что метан имеет меньшую теплоотдачу, нежели бензин, а при попадании в цилиндры двигателя занимает там больший объем. Из первого минуса вытекает второй. В баллон помещается в среднем, около 15 кубометров газа, а по расходу топлива 1 кубометр газа примерно равен 1 литру бензина. В итоге получаем либо малый запас хода, либо громоздкую конструкцию из баллонов с газом. И заключительный минус выплывает из первых двух. С увеличением количество баллонов возрастает и масса автомобиля, а следовательно, увеличивается и средний расход топлива авто. Баллоны для метана должны иметь более прочные стенки, нежели для пропановых резервуаров. Связано это с высоким давлением, под которым содержится природный газ. Давление в баллоне достигает порядка 220 атмосфер. Стенки баллона ГБО для метана должны иметь

толщину 6 мм и выше. Коррозия и следы механического воздействия недопустимы!

Чтобы максимально увеличить прочность такого баллона используют бесшовную конструкцию. Зачастую вес баллона ГБО для метана начинается от 60 кг, а объем газа, который может быть размещен в резервуаре, находится в пределах от 11 до 15 кубометров. Еще одним отличием от привычного пропана является форма баллона – для метана баллон должен быть исключительно цилиндрический. Использование тороидальных баллоном в этом случае недопустимо.

### **Классификация газовых систем питания**

По принципу работы, применяемые в настоящее время газовые системы, можно разделить на четыре поколения:

#### *ГБО 1 поколения.*

Механические системы с вакуумным управлением, которые устанавливаются на бензиновые карбюраторные автомобили.

#### *ГБО 2 поколения*

Механические системы, дополненные электронным дозирующим устройством, работающим по принципу обратной связи с датчиком содержания кислорода (лямбда-зонд). Они устанавливаются на автомобили, оснащенные инжекторным двигателем и каталитическим нейтрализатором отработавших газов.

#### *ГБО 3 поколения*

Системы, обеспечивающие распределенный синхронный впрыск газа с дозатором-распределителем, который управляется электронным блоком. Газ подается во впускной коллектор с помощью механических форсунок, которые открываются за счет избыточного давления в магистрали подачи газа.

#### *ГБО 4 поколения*

Системы распределенного последовательного впрыска газа с электромагнитными форсунками, которые управляются более совершенным электронным

блоком. Как и в системе предыдущего поколения, газовые форсунки устанавливаются на коллекторе непосредственно у впускного клапана каждого цилиндра.

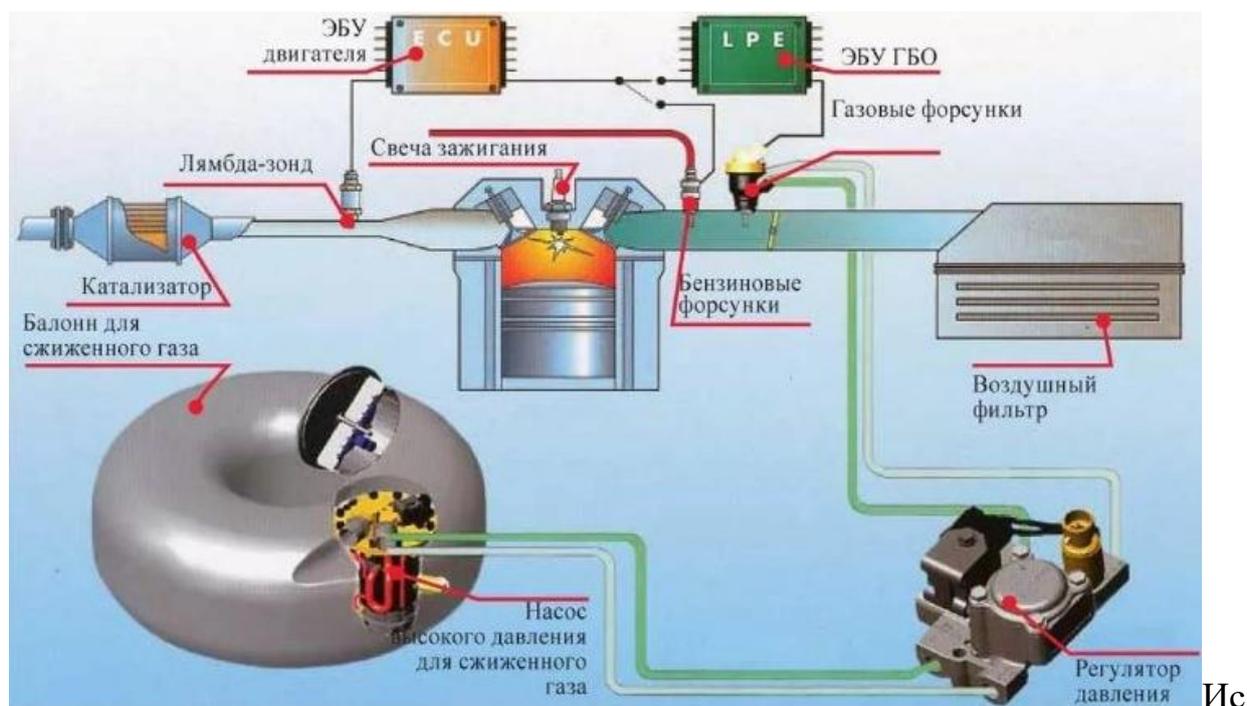
#### *ГБО 5 поколения*

Особенность в том, что горючка подается в жидком виде. Специально установлен газовый насос, нагнетающий и циркулирующий топливо по трубопроводу к форсункам под давлением. Отпала необходимость в охлаждении, а соответственно в редукторе-испарителе, так как были созданы специальные форсунки, позволяющие подавать жидкий газ в коллектор. То есть теперь, возможно запускать ДВС в любую погоду, непосредственно с газа.

#### *ГБО 6 поколения*

Последняя ныне версия (рис. 7) подойдет не для каждого ДВС, а только для тех, где инжектор оснащается насосом высокого давления (ТНВД), то есть это ДВС с непосредственным впрыском.

Из баллона газ под давлением насоса движется к регулятору давления, далее к фильтру первой очистки (грубой). Дальше топливо проходит через второй фильтр и попадает на рампу форсунок. Какую именно порцию газа подать на форсунки, определяет ЭБУ ГБО согласно полученным данным с датчиков. Для принятия «решений», принимаются к сведению показания датчиков и лямбда-зондов. Газовый блок управления направляет импульсы, по которым форсунки открываются в определенной последовательности или по времени. Таким образом, фазируя впрыск и порции газа. Из форсунок газ попадает во впускной коллектор.



**Рисунок 7 – ГБО 6-го поколения.**

Системы первого и второго поколений имеют ряд недостатков, и не отвечают действующим в настоящее время стандартам ЕЭК ООН. Токсичность отработавших газов (ОГ) автомобилей, оснащенных такими системами, как правило, находится на уровне норм ЕВРО-1, которые действовали в Европе до 1996 года, и лишь в отдельных случаях приближаются к нормам ЕВРО-2. В связи с этим производители газового оборудования разработали системы третьего и четвертого поколений, которые находят все большее распространение.

Системы с распределенным впрыском газа конструктивно сложнее, а значит дороже. Вместе с этим, по сравнению с механическими системами они имеют ряд преимуществ:

- точное дозирование подачи газа;
- меньший расход топлива;
- снижение мощности двигателя только на 2-3% (у систем 1-2 поколений – 5-7%);
- снижение токсичности отработавших газов до норм ЕВРО-4 и ЕВРО-5;
- отсутствие режимов обеднения смеси, которые приводят к резкому повышению температуры впускных и выпускных клапанов и выходу их из строя;

– исключение «хлопков» – эффект возникающий при воспламенении топливной смеси во впускном коллекторе, разрушающий датчики массового расхода воздуха, корпуса воздушных фильтров и другие элементы.

## Газовые установки на дизельных ДВС

В случае с дизелем за основу выбирается схема 4 или 5 поколений ГБО, позволяя современному [турбодизелю](#) работать на сжиженном газе. В результате такой мотор часто называют *газодизелем* благодаря установленному ГБО. При этом важно понимать, что сам процесс установки и настройки сильно отличается от аналогичной процедуры на бензиновых моторах. Другими словами, поставить ГБО на дизель является более сложной задачей, которая требует значительных доработок.

На сегодняшний день существует два принципиальных способа установки газового оборудования (ГБО) на дизель.

Первый – полное переоборудование на стопроцентное питание газом, для чего двигатель подвергается основательной модернизации. Так как октановое число метана, к примеру, достигает 120, то штатная степень сжатия дизельного двигателя для него слишком высока, и чтобы избежать детонации и, как следствие, быстрого разрушения агрегата, ее необходимо снизить до 12:1-14:1. Кроме того, температура самовоспламенения газа составляет около 700°C против 320-380°C у дизтоплива, потому воспламениться от сжатия он не может и для его поджига цилиндры необходимо оснастить системой искрового зажигания, как на бензиновых моторах.

Разумеется, обратной переделке под дизтопливо такой агрегат не подлежит.

Но есть и более простой и дешевый вариант установки ГБО на дизель, основанный на комбинированном режиме питания, собственно газодизель. Основным топливом здесь по-прежнему является дизельное, однако часть его замещается газом – метаном или пропаном. Дизельное топливо при этом выполняет запальную функцию топливовоздушной смеси – ведь для воспламенения газа необходим искровой или запальный разряд. Степень же замещения основ-

ного топлива дополнительным зависит от нагрузки на двигатель и, собственно, самой топливной аппаратуры – оригинальной дизельной и устанавливаемой газовой. В настоящее время системы ведущих мировых производителей позволяют замещать до 50% дизтоплива в случае с метаном и до 30% – в случае с пропаном. В остальном газодизельные системы мало отличаются от ГБО 4 поколения для бензиновых моторов. Отсюда и их основные преимущества.

#### Преимущества газодизельных систем

1) Простота монтажа: комплекты оборудования универсальны, подходят для всех типов дизельных двигателей с электрооборудованием как 12V, так и 24V, включая самые современные, и не требуют разборки и модификации силового агрегата, а переход на исходный дизельный режим возможен в любой момент времени простым нажатием на кнопку переключателя в кабине водителя.

2) Увеличение КПД и ресурса. Добавка дозы газа повышает мощность и крутящий момент двигателя – с турбонаддувом рост показателей может достигать 30%. При этом двигатель работает заметно тише и эластичнее, а благодаря снижению нагрузки на систему подачи дизельного топлива увеличивается срок службы ее элементов, особенно в случае с непосредственным впрыском Common Rail, работающим с переменным высоким давлением в зависимости как раз от нагрузки.

3) Экономика и экология. Замещение части дизтоплива газом позволяет до 20% снизить стоимость эксплуатации автомобиля по отношению к стоимости эксплуатации его только на дизельном топливе. А изменение состава и существенное снижение объема отработавших газов улучшает экологические показатели двигателей, уменьшает токсичность и дымность выхлопа и содержание в нем твердых частиц (сажи) настолько, что позволяет отказаться от использования раствора мочевины на агрегатах, отвечающих нормам Евро-4 и Евро-5.

Таким образом, модификация дизельного двигателя в газодизель позволяет одновременно решить следующие задачи:

1. Снизить расходы на 10-30%;
2. Увеличить мощность и крутящий момент на 20-30%;

3. Увеличить срок службы элементов системы подачи топлива (прежде всего систем Common Rail) и ресурс двигателя в целом;

4. Снизить содержание CO, CH и твердых частиц в выхлопе.

И если для легковых дизелей с их небольшим расходом топлива и умеренными суточными и годовыми пробегами тема газодизеля – это скорее чисто академический интерес, то для интенсивно эксплуатирующихся грузовых автомобилей и магистральных тягачей, ежедневно покрывающих внушительные расстояния, установка газодизельного ГБО более чем оправдана с любой точки зрения. И с ростом цен на дизтопливо будет лишь прибавлять в актуальности.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение системы питания ДВС?
2. Перечислите известные Вам системы питания двигателей работающих на газе. Дайте им сравнительную характеристику.
3. Поясните общее устройство системы на сжиженном газе и принцип ее работы.
4. Поясните общее устройство системы на сжатом газе и принцип ее работы.
5. Каково назначение электрического газового клапана?
6. Расскажите о принципе работы двухступенчатого газового редуктора диафрагменного типа.
7. С какой целью в ГБО устанавливают испаритель?
8. Каково назначение и принцип действия смесителя?
9. Чем отличаются резервуары хранения сжиженного и сжатого газа?
10. Приведите классификацию газовых систем различных поколений. Чем они отличаются друг от друга?
11. Расскажите принцип действия ГБО 5 и 6-го поколений.
12. Что вам известно про ГБО дизельных ДВС?
13. Какой модернизации может быть подвергнут дизельный двигатель для монтажа на нем газодизельной установки?

## 8. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВС

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия систем питания дизельных ДВС, деталей из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить вышеуказанные системы питания двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

### **ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:**

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали системы питания, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

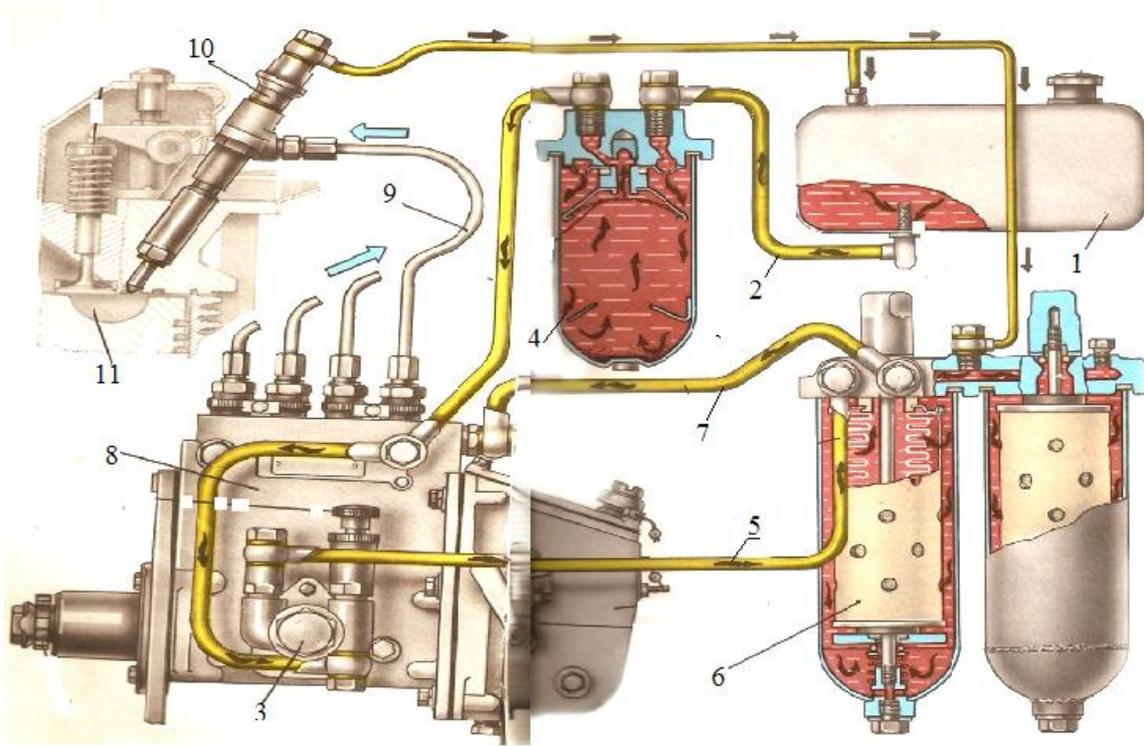
Система питания дизельного двигателя предназначена: для подачи под давлением в каждый цилиндр одинаковой, точно отмеренной порции топлива, соответствующей режиму работы дизеля; для очистки подаваемого топлива от механических примесей и воды; для подачи и очистки воздуха и для отвода из цилиндров отработавших газов.

Классифицируя дизельные топливные системы, их можно разделить на пять основных типов: системы с рядными насосами высокого давления; системы с насосами высокого давления распределительного типа; системы с насосами-форсунками; системы с индивидуальными насосами; топливные системы Common Rail.

### **СИСТЕМЫ С РЯДНЫМИ НАСОСАМИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Топливо из бака 1 (рисунок 1) по топливопроводу 2 засасывается топливоподкачивающим насосом 3 в фильтр грубой очистки 4, где очищается от крупных механических примесей. Очищенное топливо подается топливоподка-

чивающим насосом 3 под небольшим давлением по топливопроводу 5 к фильтру тонкой очистки 6.



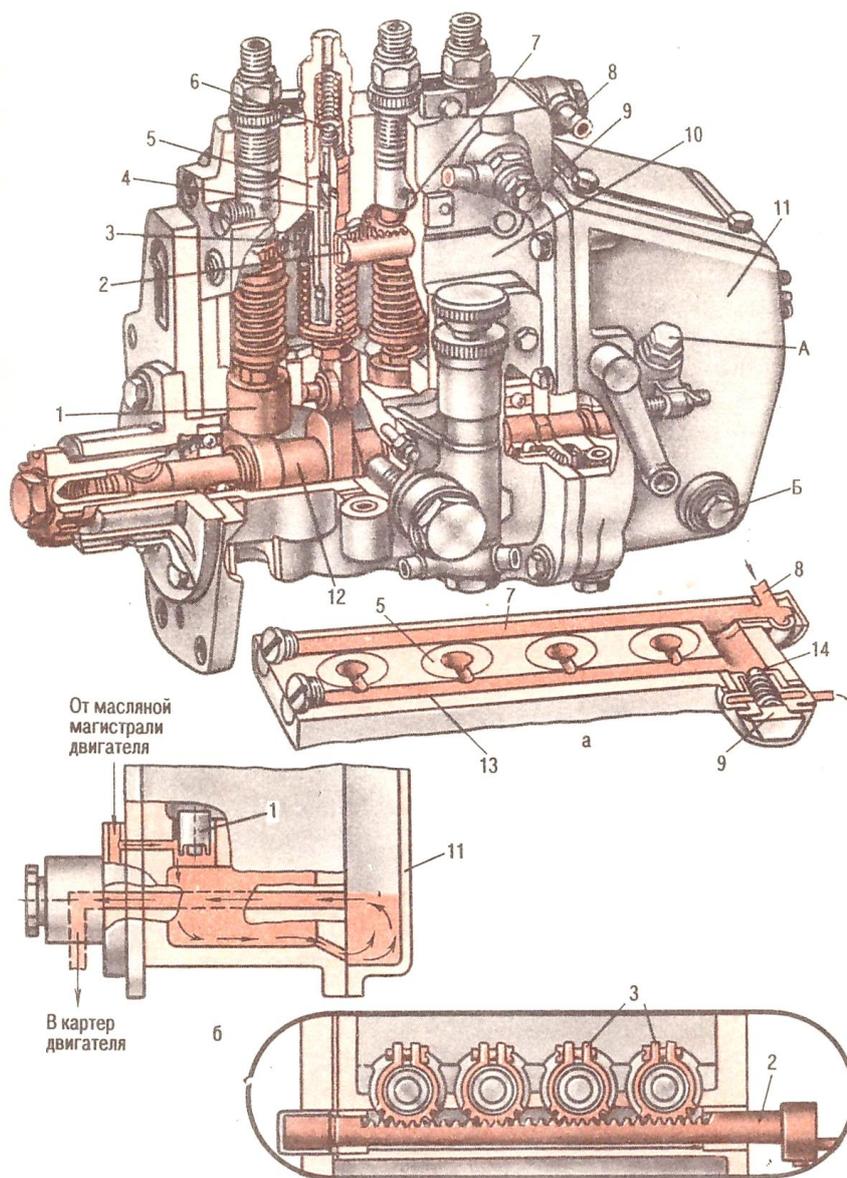
**Рисунок 1 – Топливная система дизеля с рядным насосом**

1 – топливный бак; 2, 5,7 – топливопроводы низкого давления; 3 - топливopодкачивающий насос; 4 – фильтр грубой очистки; 6 – фильтр тонкой очистки; 8 – ТНВД; 9 – топливопровод высокого давления; 10 – топливная форсунка; 11 – камера сгорания.

В фильтре 6 топливо очищается от оставшихся примесей и по топливопроводу 7 поступает в насос высокого давления 8. Из насоса топливо под большим давлением подается по топливопроводам высокого давления 9 к форсункам 10, из которых в распыленном виде впрыскивается в камеру сгорания 11. Излишки топлива, поданного в насос, отводятся из него через перепускной клапан по топливопроводу обратно в бак.

**Топливный насос высокого давления (ТНВД)** (рисунок 2) является основным прибором системы питания. Он предназначен для равномерной подачи

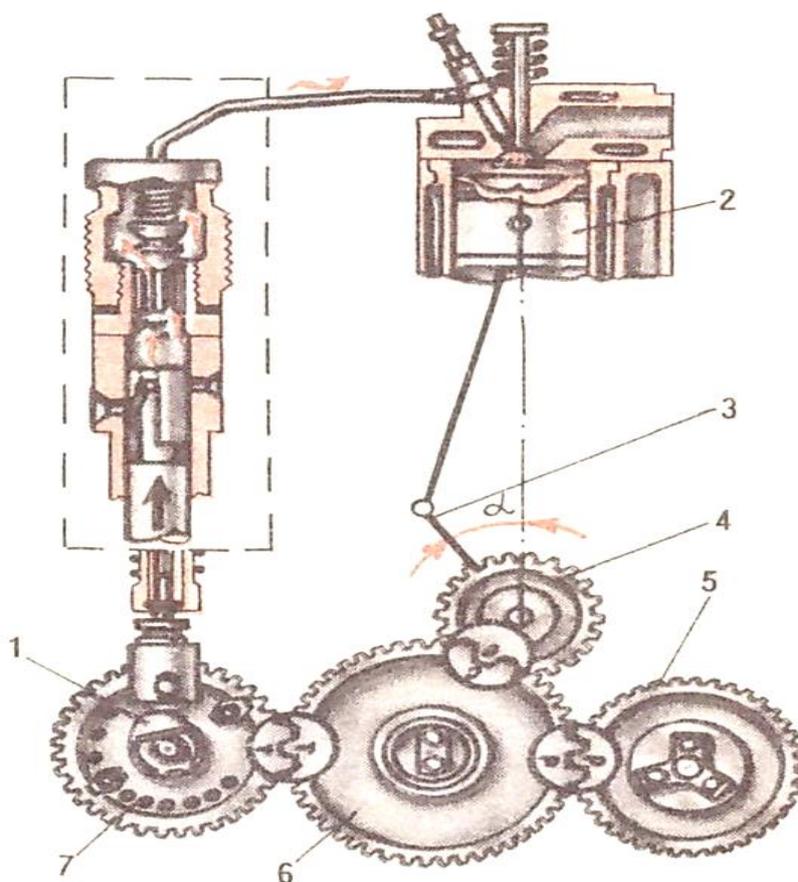
строго определенной дозы топлива к форсункам двигателя под высоким давлением в течение определенного промежутка времени согласно порядку работы цилиндров двигателя. Состоит он из корпуса 10, в нижней части которого на подшипниковых опорах вращается приводной кулачковый вал 12.



**Рисунок 2 – Рядный топливный насос высокого давления**

а – общий вид, б – схема смазки насоса; 1-толкатель; 2-рейка; 3-поворотная зубчатая втулка; 4-плунжер; 5-гильза; 6-нагнетательный клапан; 7,13-каналы; 8-трубка; 9-полый болт; 10-корпус; 11-регулятор; 12-кулачковый вал; 14-перепускной клапан; А,Б-пробки.

Вращение вала передаётся от коленчатого вала через промежуточную шестерню 6 (рисунок 3). Положение кулачкового вала насоса и коленчатого вала двигателя должны находиться в строгом соответствии, т.к. определяют момент впрыска относительно положения поршня в цилиндре. Для этого на соответствующих шестернях имеются метки (О-О; Т-Т; Р-Р).

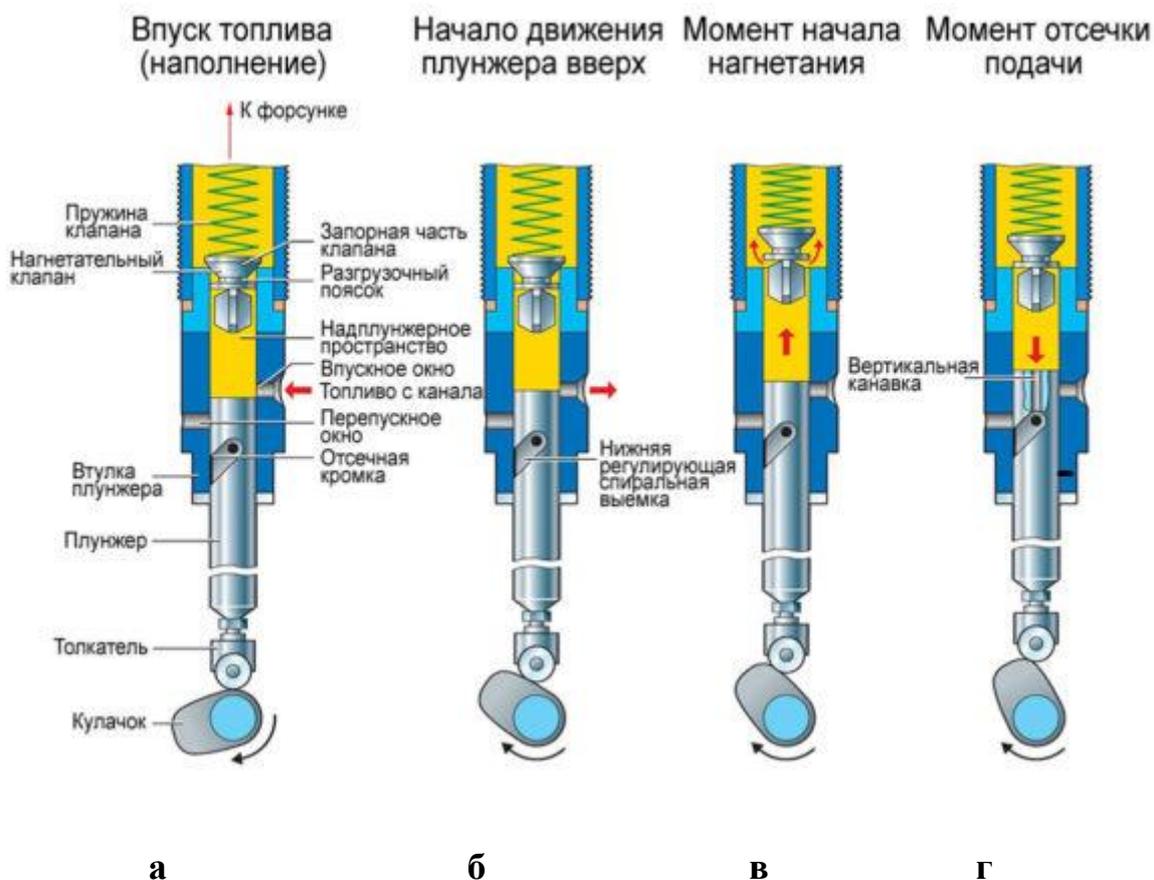


**Рисунок 3 – Момент начала подачи топлива насосом высокого давления.**

1-кулачковый вал ТНВД; 2-поршень; 3-коленчатый вал; 4,5,6,7-шестерни.

На кулачковом валу имеются кулачки, приводящие в действие **топливные секции** насоса. Количество секций соответствует количеству цилиндров двигателя, и каждая секция обеспечивает подачу топлива в определенный цилиндр. Секция включает в себя **втулку плунжера (гильзу) 5** (рисунок 2),

плунжер 4, поворотную втулку 3, нагнетательный клапан 6, который прижат штуцером к гильзе плунжера через прокладку.



**Рисунок 4 – Схема работы топливной секции**

Принцип работы топливной секции ТНВД состоит в следующем. Под действием кулачка вала и пружины плунжер совершает возвратно-поступательное движение. При движении плунжера вниз (рисунок 4а) внутреннее пространство гильзы наполняется топливом, и топливо подается насосом низкого давления в подводящий канал корпуса насоса. При этом открывается впускное отверстие, и топливо поступает в надплунжерное пространство. Далее под действием кулачка плунжер начинает подниматься вверх (рисунок 4б), перепуская топливо обратно в подводящий канал, до тех пор, пока верхняя кромка плунжера не перекроет впускное отверстие гильзы. После перекрытия этого отверстия (рисунок 4в) давление топлива резко возрастает и топливо через за-

зор между втулкой и плунжером, преодолевая усилие пружины, поднимает нагнетательный клапан и поступает в топливопровод высокого давления.

Подача топлива продолжается до тех пор, пока винтовая кромка плунжера (рисунок 4г) не откроет выпускное отверстие в гильзе. В результате давление над плунжером резко падает, нагнетательный клапан под действием пружины закрывается, и пространство над плунжером разъединяется с топливопроводом высокого давления. Далее плунжер перемещается вверх, топливо перетекает в сливной канал через винтовую кромку плунжера и продольный паз.

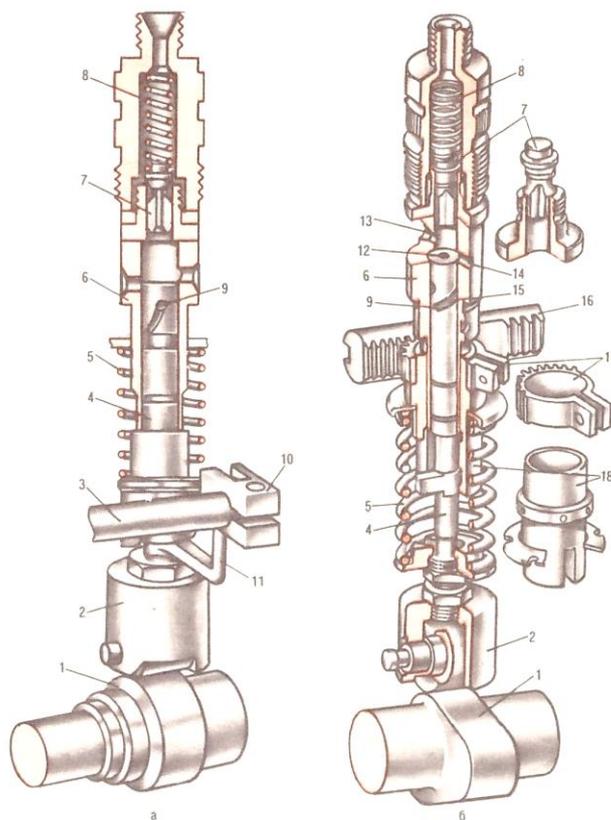
Количество топлива подается в форсунку с помощью зубчатой рейки, втулки и связывающего поводка. Продолжительность впрыскивания соответствующих порций топлива, подаваемых в цилиндры двигателя, зависит от угла поворота плунжера, так как изменяется расстояние, проходимое плунжером от момента перекрытия впускного отверстия до момента открытия выпускного отверстия винтовой кромкой.

Для создания давления плунжер совершает возвратно-поступательные движения, а для изменения количества впрыскиваемого в цилиндр топлива плунжер поворачивается на определенный угол относительно своей оси. При этом изменяется момент соединения винтовой канавки с выпускным отверстием. Чем раньше они соединятся, тем меньшее количество топлива подается в цилиндр. И, наоборот.... Для того, чтобы осуществлять поворот плунжера, на нем установлена или поворотная зубчатая втулка 17 (рисунок 5) или поворотный поводок 11.

С целью одинаковой цикловой подачи топлива все поворотные элементы (втулки или поводки) присоединяются к топливной рейке насоса 10,16. При нажатии на педаль газа рейка перемещается вдоль внутри насоса, вовлекая за собой поворотные элементы и обеспечивая поворот всех плунжеров насоса на одинаковый угол.

Чтобы остановить двигатель автомобиля, необходимо прекратить подачу топлива. В этом случае рейкой устанавливают плунжер в такое положение, чтобы винтовая канавка оказалась обращенной к выпускному отверстию, и при

перемещении плунжера вверх все топливо над ним по канавке через выпускное отверстие и топливопроводы попадает в бак.

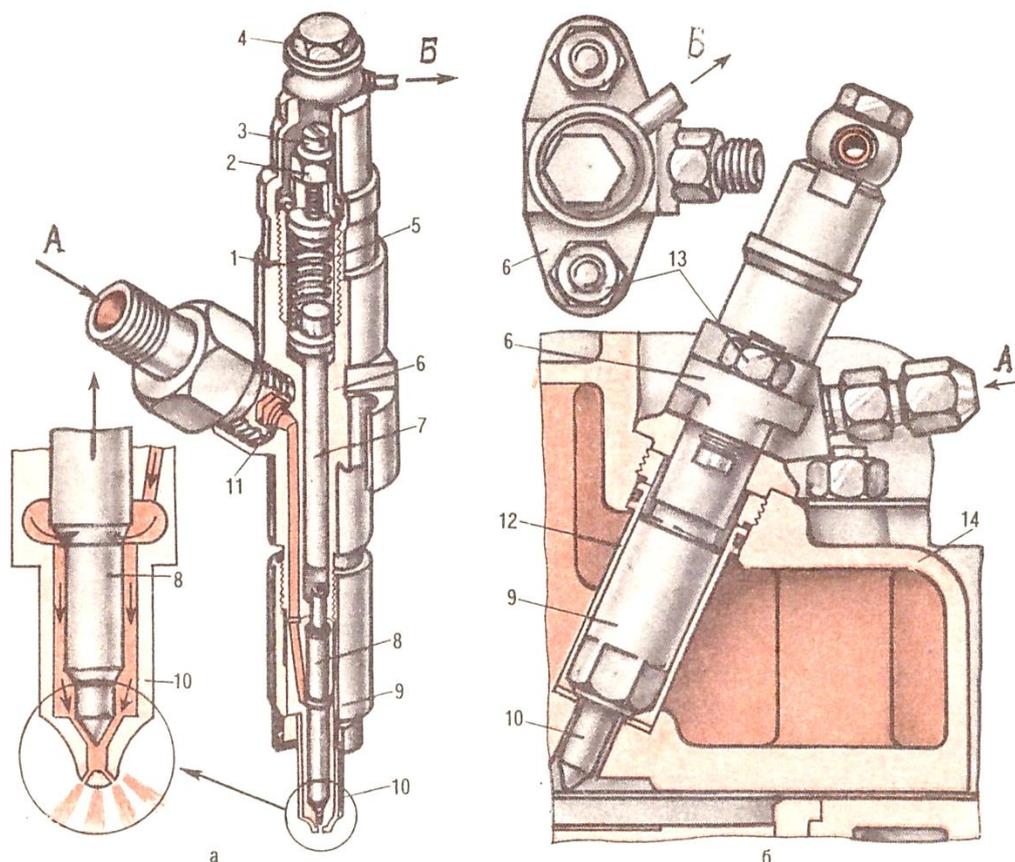


**Рисунок 5 – Секция топливного насоса**

а, б - варианты конструкции; 1-кулачек; 2-толкатель; 3,16-рейки; 4-плунжер; 5,8-пружины; 6-гильза; 7-нагнетательный клапан; 9-радиальный клапан; 10-хомутик; 11-поводок; 12-осевой канал; 13-впускное отверстие; 14-перепускное отверстие; 15-винтовая канавка; 17-зубчатый венец; 18-штулка

Для впрыскивания, распыления топлива и распределения его частиц по объему камеры сгорания служат форсунки. Главным элементом форсунки является распылитель, имеющий одно или несколько сопловых отверстий, которые формируют факел впрыскиваемого топлива. Форсунки могут быть открытого и закрытого типа. В четырехтактных дизелях применяют форсунки закрытого типа, сопловые отверстия которых закрываются запорной иглой, поэтому внутренняя полость в корпусе распылителей форсунок сообщается с камерой сгорания только в период впрыскивания топлива.

После того как нагнетательный клапан открывается, топливо по трубопроводу высокого давления поступает в полость А *механической форсунки* (рисунок 6) и далее по топливному каналу в распылитель. В результате этого игла распылителя 8 форсунки приподнимается, преодолевая жесткость пружины 5, и происходит впрыскивание топлива через калиброванные отверстия определенной геометрии в камеру сгорания.



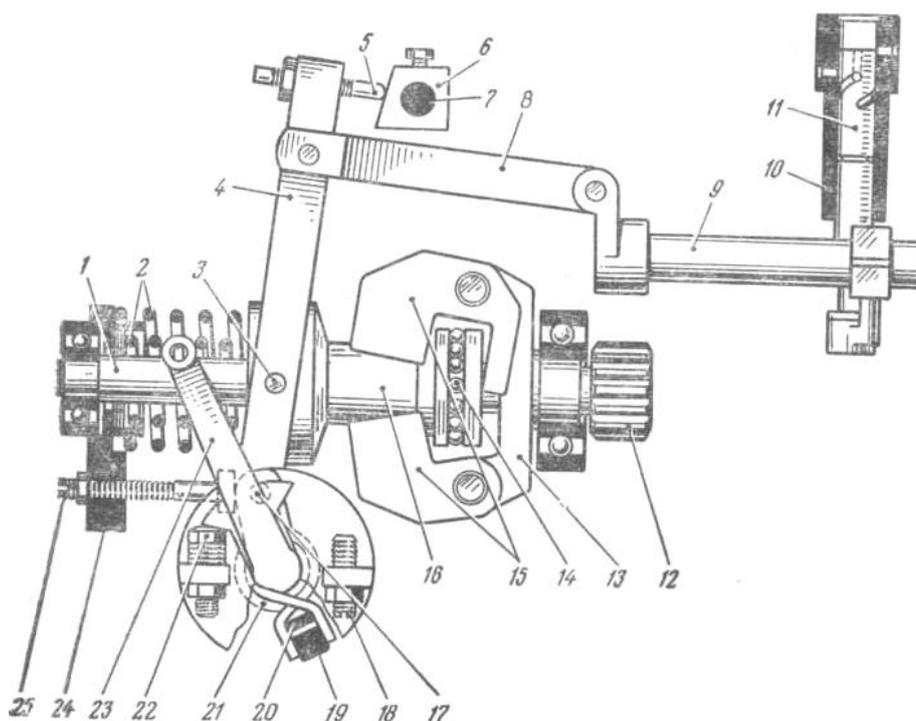
**Рисунок 6 – Механическая форсунка.**

а – устройство; б - установка на двигателе; 1- стакан пружины; 2 – контргайка; 3- регулировочный винт; 4 – полый болт; 5 – пружина; 6 – корпус; 7- штанга; 8 – игла распылителя; 9 – гайка форсунки; 10 – корпус распылителя; 11- фильтр; 12 – латунный стакан; 13 – гайки крепления; 14 – головка блока цилиндров.

Впрыскивание под высоким давлением топлива через отверстия малого диаметра позволяет подать его в цилиндр в виде мелкодисперсного тумана. Это

позволяет мгновенно получить качественную равномерно смешанную топливо-воздушную смесь, которая полностью сгорает, максимально отдавая тепловую мощность от взрыва и снижая до незначительного значения вредные выбросы в атмосферу.

Заданную частоту вращения коленчатого вала автоматически поддерживает *всережимный регулятор частоты вращения* (рисунок 7). Он находится в корпусе топливного насоса высокого давления и приводится в движение от его кулачкового вала. Во время работы двигателя с частотой

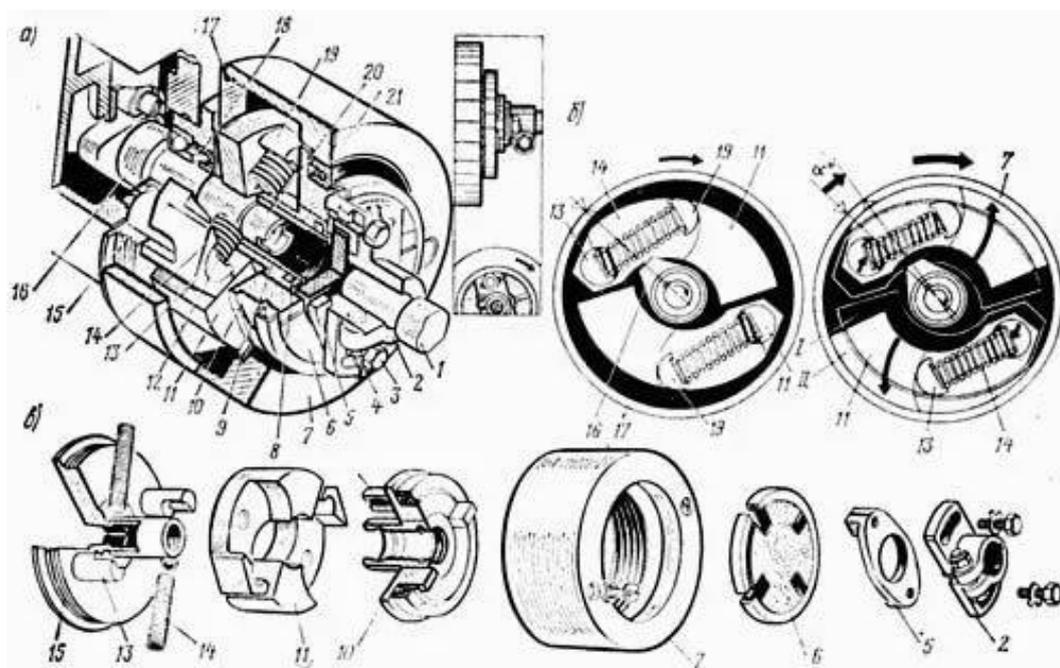


**Рисунок 7 – Всережимный регулятор частоты вращения коленвала**

вращения коленчатого вала, соответствующей определенному положению педали управления подачи топлива, центробежные силы грузиков регулятора 15 уравновешены усилием пружин 2. Если нагрузка на спуске уменьшится, то частота вращения коленчатого вала начнет возрастать и грузы регулятора, преодолевая сопротивление пружины, немного разойдутся и переместят рейку топливного насоса 9 высокого давления в положение, уменьшающее подачу топлива. Если частота вращения уменьшается, то центробежная сила грузов

также уменьшается и регулятор под действием силы пружины переместит рейку в обратном направлении, что приведет к увеличению подачи топлива.

Для изменения момента начала впрыскивания топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала предназначена автоматическая муфта опережения впрыскивания топлива (рисунок 8).



**Рисунок 8 – Автоматическая муфта опережения впрыскивания топлива**

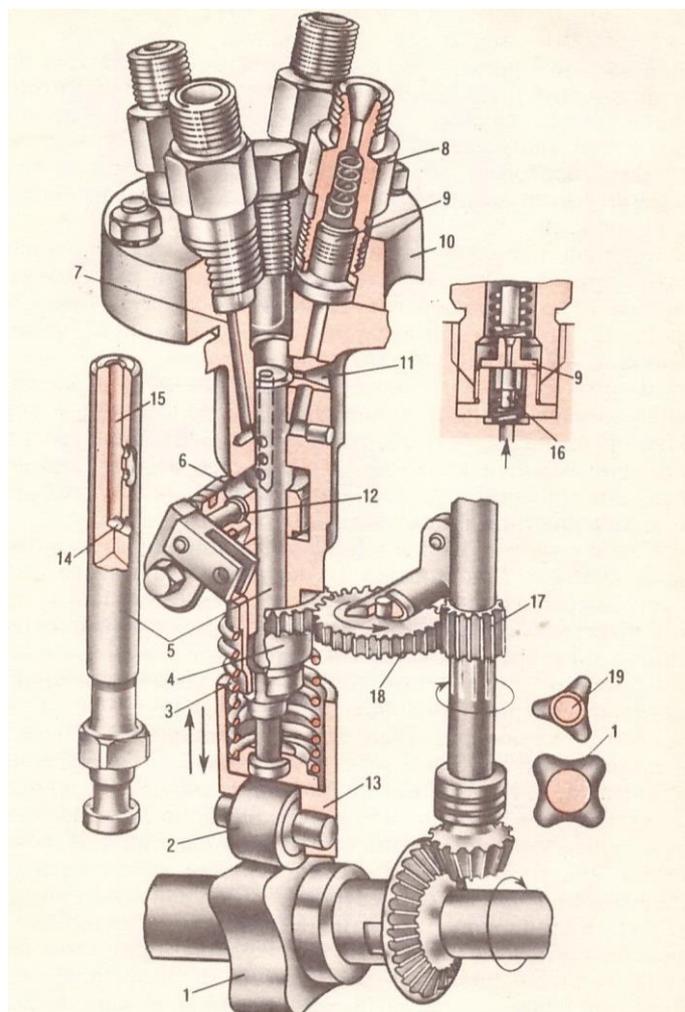
Изменяя момент впрыскивания топлива, автоматическая муфта улучшает экономичность двигателя и его пусковые качества. На конической поверхности переднего конца кулачкового валика топливного насоса высокого давления крепится шпонкой и фиксируется гайкой ведомая полумуфта. Ведущая полумуфта крепится на ступице ведомой и может на ней поворачиваться. Между ступицей и полумуфтой установлена втулка. Ведущая полумуфта приводится в действие распределительной промежуточной шестерней через вал с гибкими соединительными муфтами. На ведомую полумуфту вращение передается двумя грузами. Они качаются в плоскости, перпендикулярной к оси муфт на полуосях, запрессованных в ведомую полумуфту. Одним концом приставка ведущей полумуфты упирается в палец груза, а другим - в профильный выступ. Пружи-

ны стремятся удержать грузы на упоре во втулке ведущей полумуфты. Если частота вращения коленчатого вала двигателя увеличивается, под действием центробежных сил грузы расходятся, и в результате ведомая полумуфта поворачивается относительно ведущей в направлении вращения кулачкового валика, что увеличивает угол опережения впрыска топлива. При уменьшении частоты вращения грузы под действием пружин сходятся. Ведомая полумуфта поворачивается вместе с валиком топливного насоса в противоположную сторону вращения, что уменьшает угол опережения впрыска топлива.

## **СИСТЕМЫ С НАСОСАМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА**

Общая технологическая схема подачи топлива в системе аналогична схеме системы с рядным насосом. Основное принципиальное отличие заключается в особенности конструкции топливной секции и приводного вала.

Топливная секция насоса распределительного типа (рисунок 9) обеспечивает подачу топлива под высоким давлением в несколько цилиндров (от 2 до 4). Если подобный тип насосов устанавливают на двигатель с большим количеством цилиндров чем 4, то конструкция насоса имеет две топливные секции. В головке секции 10 имеются несколько штуцеров 8 нагнетательными клапанами 9. Количество кулачков на приводном валу соответствует количеству цилиндров, обслуживаемых топливной секцией: если цилиндров два, то кулачков два и расположены они через  $180^\circ$ ; если цилиндров три, то кулачков тоже три 19 и располагаются они через  $120^\circ$ ; если цилиндров четыре, то на валу кулачков четыре 1 через  $90^\circ$ . Таким образом, при одном обороте приводного вала плунжер совершает несколько возвратно-поступательных движений, сжимая топливо, открывая нагнетательные клапаны и затем направляя топливо в обратную магистраль через разгрузочный канал.



**Рисунок 9 – Топливная секция насоса распределительного типа.**

1,19-кулачки приводного вала; 2-ролик толкателя; 3-пружина; 4-зубчатая втулка; 5-плунжер; 6-дозатор; 7,11,14,15-каналы; 8-штуцер; 9-нагнетательный клапан; 10 – головка; 12- привод дозатора; 13-толкатель; 16- обратный клапан; 17,18-шестерни.

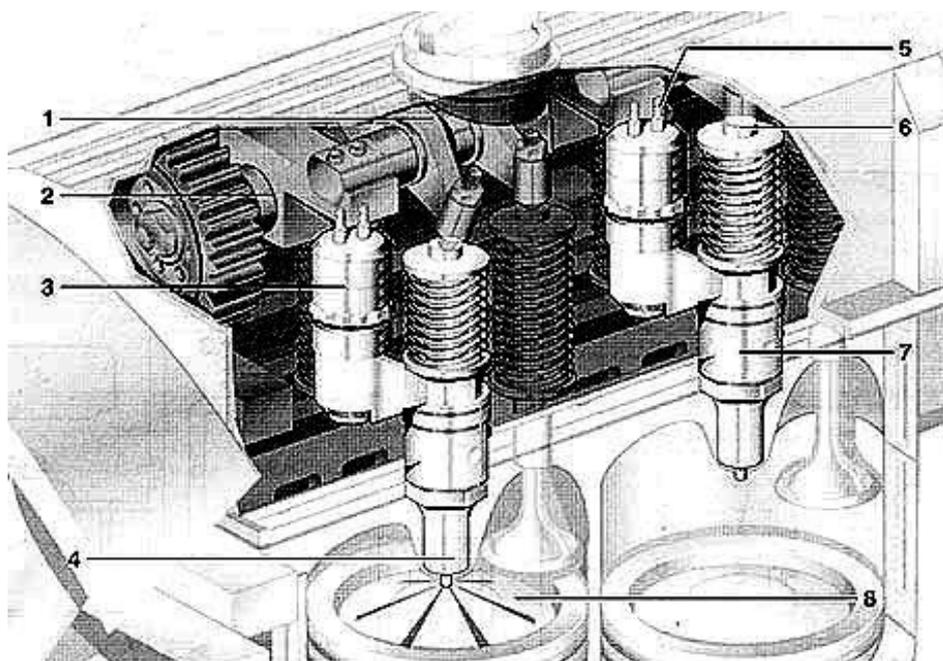
Для поочередного направления топлива в разные цилиндры плунжер за один оборот приводного вала также совершает полный оборот относительно своей оси. При этом плунжер поочередно соединяет нагнетательные и разгрузочные каналы разных цилиндров, обеспечивая поочередный впрыск. Вращение плунжера относительно своей оси совершается благодаря конической зубчатой передаче. Коническая шестерня установлена на приводном валу. Она вступает в зацепление с шестерней вертикального вала, перенаправляя враще-

ние на угол  $90^\circ$ . Вертикальный вал через шестерни 17,18 цилиндрической зубчатой передачи передает вращение зубчатому венцу плунжера.

Требования к дизельным двигателям постоянно ужесточаются. Чтобы достигнуть требуемых показателей экологичности, мощности, экономичности и их баланса, система подачи топлива должна обеспечивать впрыск под высоким давлением в сочетании с его исключительной точностью. Вновь Разработанные системы на базе индивидуальных ТНВД и насос-форсунок позволяют выполнять поставленные условия.

### СИСТЕМЫ С НАСОСАМИ-ФОРСУНКАМИ

В топливных системах с насосами – форсунками отсутствует громоздкий главный механизм – топливный насос, объединяющий все топливные секции в одном сложном, громоздком и дорогостоящем корпусе.



**Рисунок 10 - Насос-форсунка дизельного двигателя.**

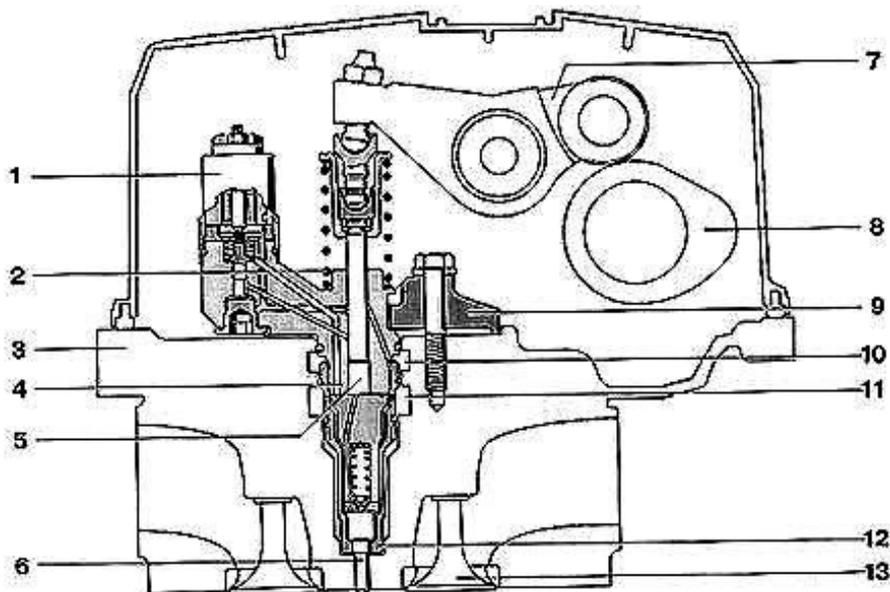
1 – коромысло; 2 –вал распределительный; 3 –клапан электромагнитный; 4 – распылитель с иглой в сборе; 5 –выводы клапана электрические; 6 – плунжер; 7 – корпус форсунки; 8 – камера сгорания.

Кроме того, другой отличительной конструктивной особенностью является отсутствие топливопроводов высокого давления. Отсутствие топливопроводов позволяет значительно увеличить давление впрыска, что повышает эффективность работы двигателя.

Главным элементом системы является насос-форсунка - агрегат, в котором объединены насос высокого давления и форсунка. Насос-форсунка устанавливается в каждый цилиндр двигателя, располагаясь прямо в головке блока под клапанной крышкой. Она приводится в действие от кулачка распределительного вала двигателя непосредственно толкателем или через коромысло. Распределительный вал двигателя имеет для каждой насос-форсунки индивидуальный кулачек.

### *Конструкция насоса-форсунки.*

Корпус форсунки 4 (рисунок 11) является заодно и гильзой плунжера.



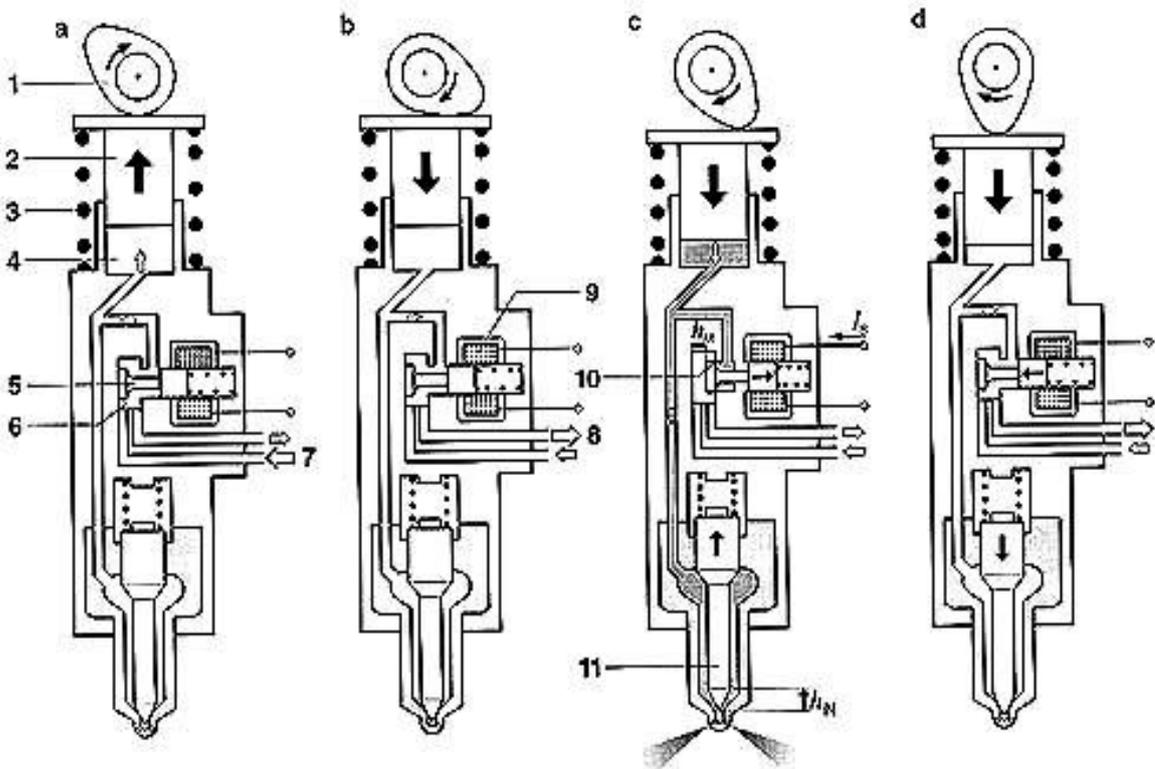
**Рисунок 11 - Схема размещения насос-форсунки в ГБЦ**

1 – клапан электромагнитный высокого давления; 2 – пружина возвратная; 3 – головка блока цилиндров; 4 – корпус форсунки; 5 – КВД; 6 – распылитель с иглой; 7 – коромысло привода; 8 – кулачок; 9 – прижимная скоба; 10 – канал

слива топлива; 11 – канал подачи топлива; 12 – гайка распылителя; 13 – клапан двигателя.

К удлиненной части корпуса насоса крепится электромагнитный клапан 1. Каналы подачи и возврата предназначены для перемещения топлива внутри камеры высокого давления (КВД), когда она перекрывается электромагнитным клапаном, а также для подачи горючего из камеры в распылитель. В головке блока цилиндров насос-форсунку держит специальный прижим 9. Непрерывный механический контакт между движущимися частями насоса: кулачком распредвала 8, коромыслом 7 и плунжером обеспечивается за счет последовательного их прижима друг другу под действием возвратной пружины 2.

Процесс работы систем впрыска на базе насос-форсунок с одним плунжером можно разделить на четыре основных фазы (рисунок 12).



**Рисунок 12 - Рабочие фазы насоса-форсунки.**

а – впуск; б – предварительный ход; с – рабочий ход и впрыск; д – завершающий ход; 1 – кулачок привода; 2 – плунжер насоса; 3 – пружина возврат-

ная; 4 – камера высокого давления; 5 – игла электромагнитного клапана; 6 – камера клапана; 7 – канал подачи топлива; 8 – канал выпуска топлива; 9 – катушка электромагнитного клапана; 10 – седло; 11 – распылитель с иглой.

*Фаза впуска топлива (а).* Пружина 3 толкает плунжер насоса 2 вверх. Топливо, которое находится под давлением, создаваемым топливopодкачивающим насосом, обеспечивающим перекачивание топлива из топливного резервуара к насосам-форсункам постоянно, перетекает из области низкого давления в камеру электромагнитного клапана 6 через технологические топливные каналы в блоке цилиндров двигателя и впускной канал 7.

*Фаза предварительного хода (b).* Кулачок привода 1, продолжая вращение, толкает плунжер вниз. Электромагнитный клапан при этом находится в открытом состоянии, так что плунжер выталкивает избыток топлива через канал выпуска 8 в “обратку”.

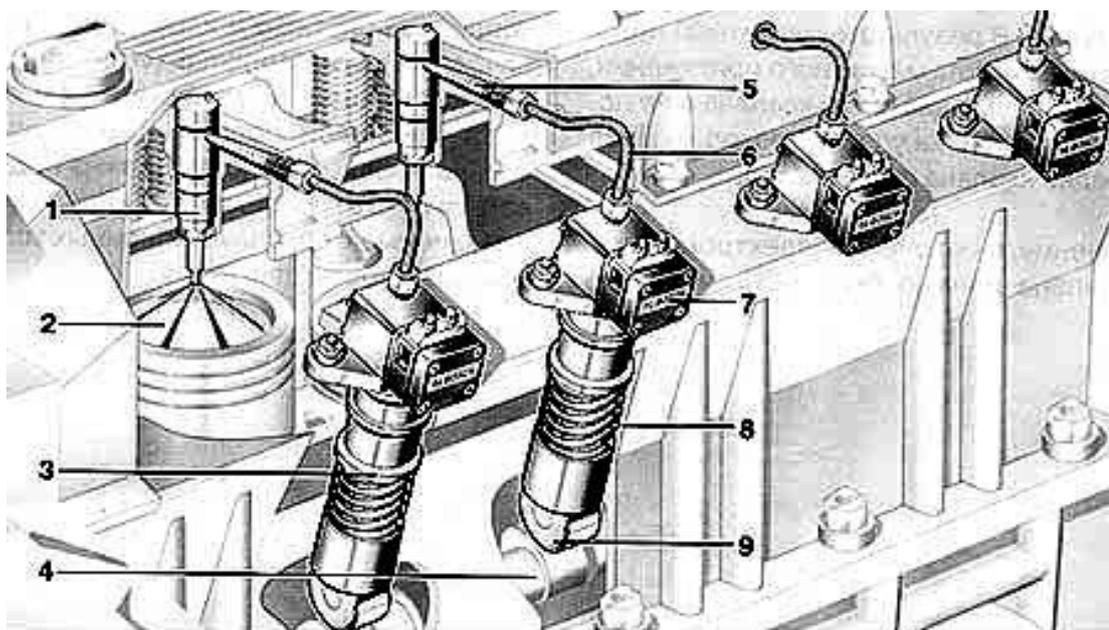
*Фаза рабочего хода (с).* Электронный блок управления двигателем (ЭБУ) подает сигнал пуска на электромагнитный клапан 9, который перекрывает выпускной канал. После этого давление топлива в насосе-форсунке значительно возрастает. Эта часть фазы называется геометрическим началом впрыска, что является сигналом реального начала впрыска для управляющего блока, который начинает рассчитывать дальнейший процесс подачи топлива.

*Фаза впрыска (с).* Плунжер продолжает опускаться вниз, создавая повышенное давление в камере 4 и распылителе. Когда значение давления топлива в распылителе становится равным примерно 300 бар, то есть достаточным для подъема иглы форсунки 11, она выходит из седла и происходит действительное начало впрыска – топливо подается в камеру сгорания. Все время, пока топливо впрыскивается в камеру, давление продолжает нарастать, достигая максимального значения в переходной фазе между впрыском и завершением цикла. Максимум зависит от конкретного типа насос-форсунки и обычно лежит в диапазоне 1800-2500 бар.

*Фаза завершающего хода (d).* После того, как подача тока на катушку электромагнитного клапана прекращается, он открывает канал между областями низкого и высокого давлений, что приводит к падению давления и прекращению подачи топлива в цилиндр, избыток которого уходит через канал выпуска в «обратку».

## СИСТЕМЫ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ТНВД

Принцип действия индивидуального топливного насоса подобен работе насос-форсунки, с тем лишь отличием, что в нем разделены функции впрыска и управления создающим высокое давление электромагнитным клапаном, а непосредственно насос и форсунку соединяет выдерживающий избыточное давление короткий трубопровод.



**Рисунок 13 - Размещение индивидуальных ТНВД:**

1 – форсунка; 2 – камера сгорания мотора; 3 – ТНВД; 4 – распредвал двигателя; 5 – штуцеры трубопровода высокого давления (ТВД); 6 – ТВД; 7 – клапан электромагнитный; 8 – пружина возвратная; 9 – толкатель роликовый.

Конструктивно индивидуальный ТНВД выполняется в виде модулей, и крепится сбоку блока цилиндров (рисунок 13). Такое размещение дает следующие преимущества:

- отсутствие необходимости внесения конструктивных изменений в имеющуюся головку блока;
- повышение жесткости привода за счет исключения из конструкции коромысел;
- возможность простого демонтажа элементов системы впрыска.

Трубопроводы высокого давления 6 имеют очень малую длину, одинаковую для всей насосной группы, и обладают способностью выдерживать непрерывно создаваемое ТНВД максимальное давление. Параметры трубок, обычно используемых в трубопроводах ТНВД, таковы: диаметр наружный - 6 мм, диаметр внутренний – 1,8 мм.

Каждый установленный в составе насосной группы ТНВД приводится в движение отдельным кулачком распредвала двигателя 4. Передачу движения от распредвала к плунжеру обеспечивают возвратная пружина 8 и роликовый толкатель 9. Как и у насос - форсунок, начало и продолжительность впрыскивания регулируются электроникой через быстродействующий электромагнитный клапан высокого давления.

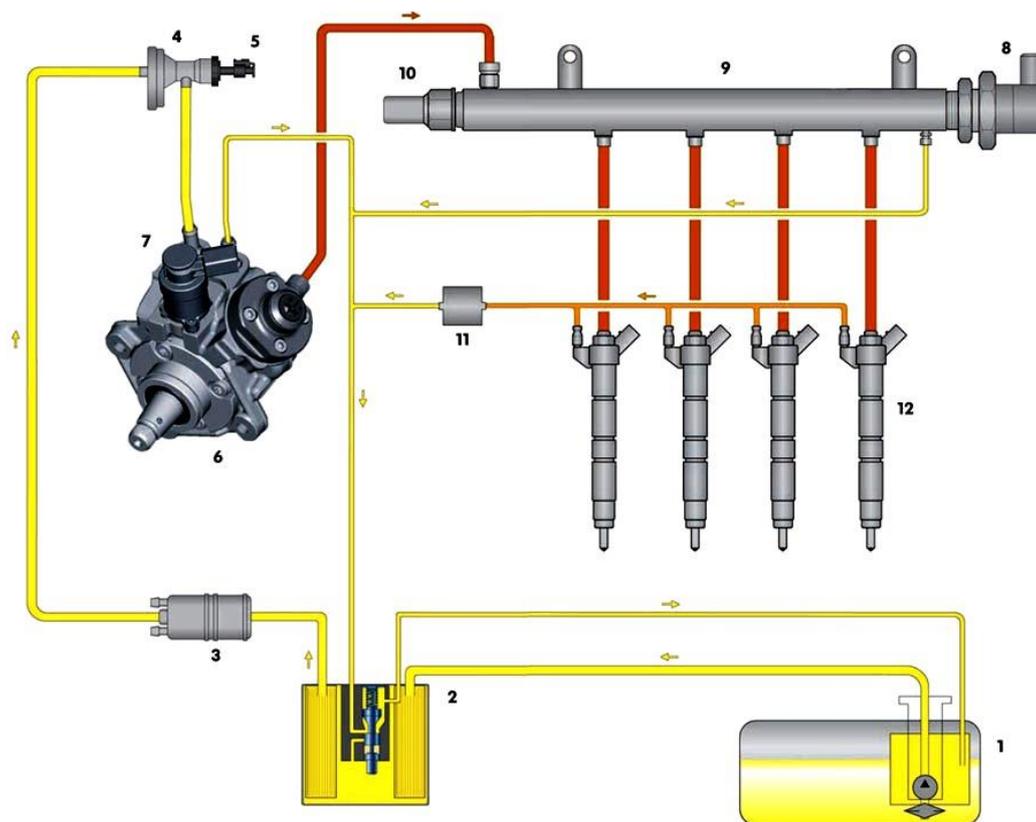
Конкуренцию этим системам в настоящий момент может составить технология Common Rail, современные экземпляры которой обеспечивают высокое давление впрыска горючего, достигающее 1600 бар, и при этом являются более технологически простыми.

## ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ COMMON RAIL

**Common Rail** (в переводе с английского – общая магистраль), даже своим названием указывает на различие способов подачи топлива в старых и новых конструкциях дизельных двигателей. Ее появление было вызвано ужесточением законодательных экологических требований, предъявляемых к дизельным дви-

гателям. Применение системы в среднем уменьшило потребление топлива на 10-15 %, а мощность увеличило до 40%.

В отличие от ранее рассмотренных дизельных систем, здесь топливо подается при помощи ТНВД в общую топливную рампу, а впрыскивается в цилиндры через форсунки с электронным управлением, напоминающие форсунки бензинового двигателя. Одно из основных отличий - существенно выросшее давление топлива (вместо ~200 атмосфер в обычном двигателе - здесь 1600).



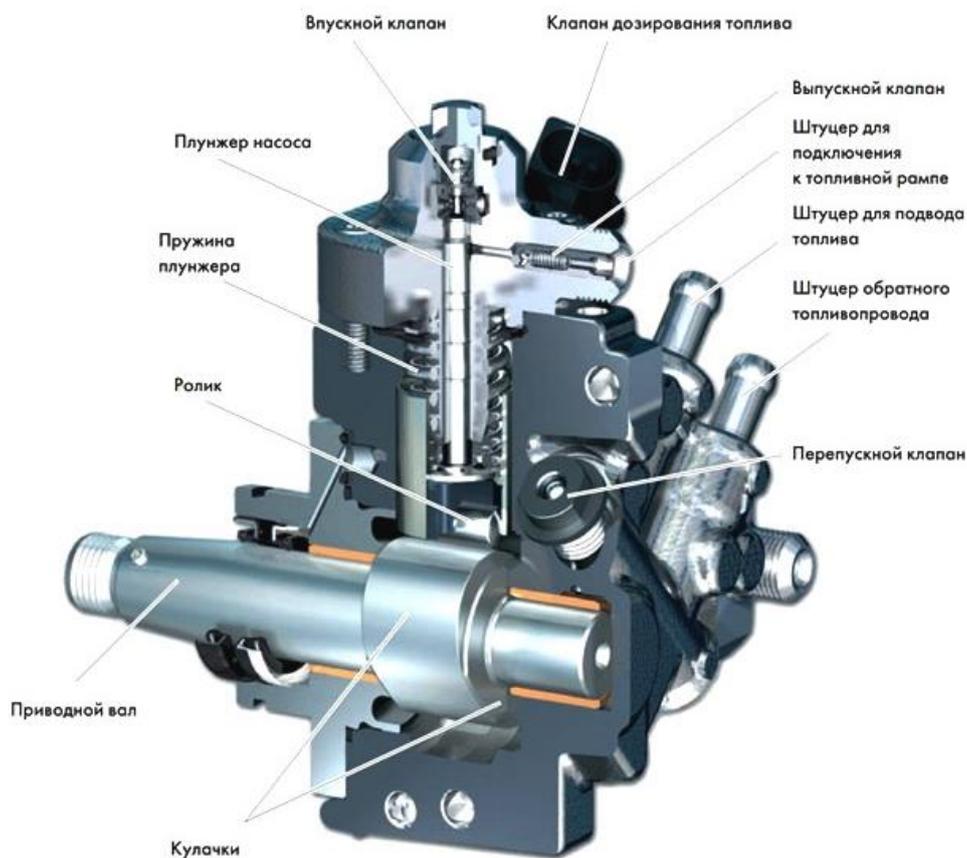
**Рисунок 14 – Схема и детали системы Common Rail**

1- подкачивающий топливный насос (Осуществляет постоянную подкачку топлива в напорную магистраль); 2 - топливный фильтр с клапаном предварительного подогрева (клапан предварительного подогрева препятствует при низких температурах окружающей среды засорению фильтра кристаллизующимися парафинами); 3- дополнительный топливный насос (подаёт топливо из напорной магистрали к топливному насосу); 4 - сетчатый фильтр (предохраняет насос высокого давления от попадания инородных частиц); 5 - датчик температуры топлива (измеряет текущую температуру топлива); 6 - насос высокого давления, ТНВД (создаёт давление, необходимое для работы системы впрыска);

7 - клапан дозирования топлива (регулирует количество топлива, которое необходимо подать в аккумулятор высокого давления); 8 - регулятор давления топлива (регулирует давление топлива в магистрали высокого давления); 9 - аккумулятор давления (топливная рампа) (накапливает под высоким давлением топливо, необходимое для впрыска во все цилиндры); 10 - датчик давления топлива (измеряет текущее давление топлива в магистрали высокого давления); 11 - редукционный клапан (поддерживает давление в обратной магистрали форсунок системы впрыска на уровне 10 бар. Такое давление необходимо для работы форсунок); 12 – форсунки.

### ***ТНВД***

Насос высокого давления представляет собой одноплунжерный насос. Привод насоса осуществляется от коленвала с частотой, равной частоте оборотов двигателя. ТНВД предназначен для создания в топливной магистрали давления до 1800 бар, необходимого для работы системы впрыска.



**Рисунок 15 – Устройство ТНВД**

С помощью двух кулачков, развёрнутых на приводном вале на  $180^\circ$ , скачок давления формируется синхронно с впрыском во время рабочего такта конкретного цилиндра. Это обеспечивает равномерную нагрузку привода насоса и снижает колебания давления в области высокого давления. Для снижения трения при передаче усилия от приводных кулачков к плунжеру насоса, между ними установлен ролик (рисунок 15).

Общая магистраль (рампа) снабжена датчиком давления и обратным клапаном, перепускающим топливо обратно в бак.

### ***Форсунки***

В данной системе впрыска Common Rail используются *пьезоэлектрические* форсунки. Управление форсунками осуществляется исполнительным механизмом, основанном на использовании пьезоэлемента. Скорость переключения такого механизма во много раз выше, чем у форсунки с электромагнитным клапаном.

Кроме того, масса подвижной иглы у распылителя пьезоэлектрической форсунки примерно на 75 % меньше, чем у форсунки с электромагнитным приводом. Это обеспечивает пьезоэлектрическим форсункам следующие преимущества:

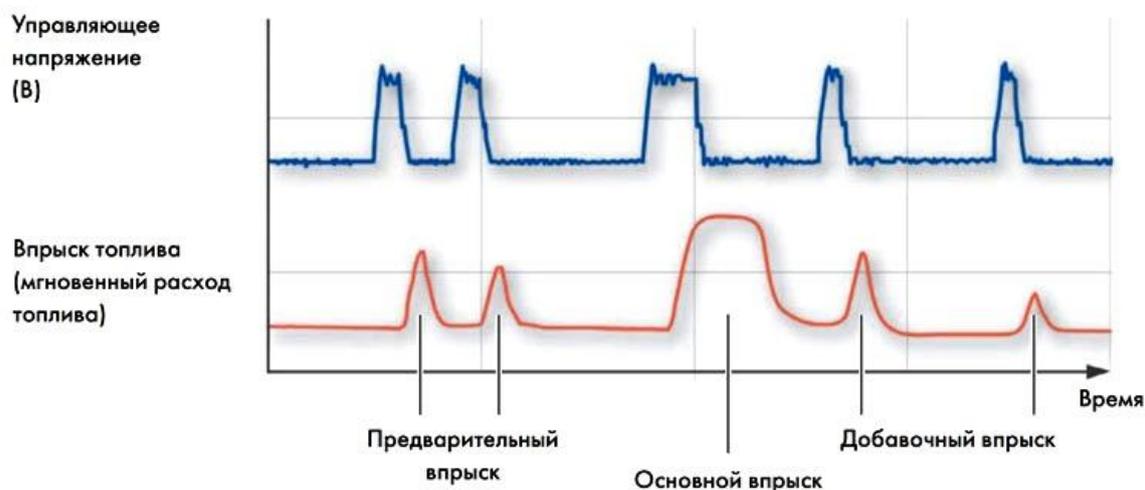
- короткое время переключения,
- возможность произвести несколько впрысков в течение рабочего такта,
- точность дозировки впрыска.

### ***Процесс впрыска***

Высокая скорость переключения пьезоэлектрической форсунки позволяет гибко и с высокой точностью управлять фазами впрыска и дозировать подачу топлива.

Благодаря этому управление процессом впрыска топлива может быть осуществлено в точном соответствии с потребностью двигателя в определённом

ный момент времени. За время такта может быть произведено до пяти отдельных впрысков.



**Рисунок 16 – Электронное управление процессом впрыска.**

Высокое давление и электронное управление процессом впрыска позволяют лучше подготовить смесь в цилиндрах, из-за чего происходит уменьшение расхода топлива и снижение токсичности выхлопа. Оптимальные результаты на каждом конкретном режиме работы дизельного двигателя достигаются благодаря тому, что электроника регулирует момент и количество впрыскиваемого топлива.

Common Rail обладает значительным потенциалом с точки зрения развития технологий дизельных двигателей. С каждым годом все более ужесточаются требования к выбросам вредных веществ в окружающую среду. Также происходит рост цен на топливо. Все эти глобальные проблемы будут способствовать дальнейшему распространению дизельных двигателей с системами Common Rail.

На сегодняшний день все ведущие автопроизводители используют преимущества данной технологии, и поэтому практически все новые дизельные двигатели оснащены системой Common Rail.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение системы питания ДВС?
2. Перечислите известные Вам системы питания двигателей работающих на дизельном топливе. Дайте им сравнительную характеристику.
3. Поясните общее устройство системы с рядным ТНВД и принцип ее работы.
4. Поясните общее устройство системы с ТНВД распределительного типа и принцип ее работы.
5. Поясните общее устройство систем с насосами-форсунками и индивидуальными насосами. Опишите принцип их работы. Каковы конструктивные и технологические отличия этих систем?
6. Общее устройство системы Common Rail. Опишите принцип работы.
7. Принцип работы плунжерной пары ТНВД?
8. Назначение, устройство и принцип работы механической форсунки?
9. Для чего нужны всережимный регулятор и муфта опережения впрыска? Каков принцип их работы?
10. Конструктивные особенности ТНВД распределительного типа?
11. Особенности конструкции топливных систем с насосами-форсунками и индивидуальными насосами? Как осуществляется управление дозированием цикловой подачей топлива и моментом опережения зажигания?
12. Из каких элементов состоит топливная система Common Rail ?
13. Для чего нужен топливный аккумулятор с Common Rail ?
14. Особенности устройства форсунок системы Common Rail ?
15. Каким образом происходит управление впрыском в системе Common Rail и чем он отличается от других систем?
16. Преимущества и недостатки рассмотренных в настоящем пособии систем питания дизельных ДВС.

## 9. СИСТЕМЫ ПУСКА ДВС

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия систем пуска, деталей из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить системы пуска двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающего видеофильма, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

### ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали систем пуска, видеослайды, видеофильмы, плакаты.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПУСКЕ ДВС

Для того чтобы двигатель внутреннего сгорания начал работать, необходимо сначала заставить вращаться его коленчатый вал от постороннего источника энергии с так называемой *пусковой частотой* (минимальная частота вращения коленчатого вала, при которой происходит пуск двигателя).

Пусковая частота вращения коленчатого вала для разных типов двигателей различна по следующим причинам.

**Бензиновые и газовые двигатели.** При пуске этих двигателей во время вращения коленчатого вала в цилиндры приготовленная топливовоздушная смесь засасывается либо из карбюратора, либо из газового смесителя, а также впрыскивается во впускной коллектор топливными форсунками. Она, будучи сжата во время такта сжатия, легко воспламеняется поданной в определенный момент в камеру сгорания электрической искрой. Чтобы обеспечить заполнение цилиндров свежим зарядом смеси и сжать ее с достаточным усилием, коленчатый вал следует вращать с частотой 30...60 мин<sup>-1</sup>.

Момент, необходимый для проворачивания коленчатого вала у этих двигателей, вследствие небольшой степени сжатия ( $\epsilon = 5... 10$ ) таков, что пуск можно осуществить вручную при помощи пусковой ручки или пускового шнура.

**Дизели.** У дизелей при вращении коленчатого вала цилиндры заполняются чистым «холодным» воздухом, который нужно сжать с такой силой, чтобы он нагрелся до *температуры самовоспламенения* топлива. Однако надо иметь в виду, что температура самовоспламенения топлива не является постоянной: она зависит от условий, в которых топливо находится. Например, если давление воздуха в цилиндре дизеля во время пуска равно 0,3 МПа, то температура самовоспламенения топлива составляет 400 °С, при повышении давления до 1,1 МПа температура снижается до 257 °С, а при 3 МПа – до 200 °С.

Таким образом, чтобы обеспечить в цилиндре температуру хорошего воспламенения топлива, нужно создать достаточное давление, которое можно получить при частоте вращения коленчатого вала от 150 до 350 мин<sup>-1</sup>. Такую частоту вращения и значительный при этом момент, необходимый для прокручивания коленчатого вала, в связи с большой степенью сжатия дизелей ( $\varepsilon = 15..22$ ) не позволяют осуществить пуск его мускульной силой человека. Для этой цели применяют электрические двигатели – стартеры или вспомогательные карбюраторные пусковые двигатели.

## ПУСК ДВИГАТЕЛЯ ВРУЧНУЮ

Вручную пускают карбюраторные двигатели малой мощности, установленные на мотоблоках и пусковых двигателях дизелей.

Пуск при этом осуществляют различными способами. Наибольшее распространение получили рычажные пусковые механизмы и пуск с помощью шнура.

Рычажное приспособление, применяемое на мотоблоках, состоит из рычага – педали, соединенной с зубчатым сектором, который может входить в зацепление с шестерней, сидящей на коленчатом валу. При нажатии на рычаг сектор вращает коленчатый вал.

Пуск одноцилиндровых двигателей с помощью шнура осуществляют только в тех случаях, когда неисправен стартер.

Для пуска пускового двигателя на его маховике по окружности сделан паз. В этот паз перед пуском наматывают пусковой шнур. Один конец шнура зацепляется узлом за специально сделанный на маховике вырез. После намотки шнура на маховик необходимо резко потянуть его за ручку, которая имеется на другом конце шнура. При этом коленчатый вал пускового двигателя начнет вращаться и осуществляет запуск двигателя.

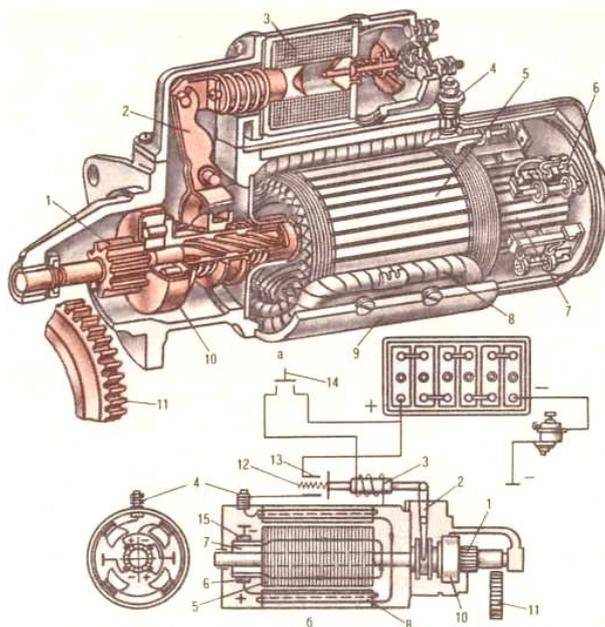
## ПУСК ДВС ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТАРТЕРОМ

Электрические стартеры применяют для пуска не только дизелей, но и карбюраторных двигателей.

Электрический стартер представляет собой электрический двигатель постоянного тока. Он устанавливается в задней части двигателя, в непосредственной близости от маховика так, чтобы шестерня стартера расположилась против зубчатого венца, напрессованного на маховик.

Мощность стартеров, применяемых на автотракторных двигателях, находится в пределах от 0,44 до 7,7 кВт, а частота вращения якоря при холостом ходе – от 3500 до 5500 мин<sup>-1</sup>.

**Устройство.** Стартер состоит из корпуса 9 (рис. 1, а) – статора, на котором укреплены четыре сердечника – полюса с катушками обмотки возбуждения 8 и якоря 5 с обмотками, концы их присоединены к пластинкам коллектора 7. К поверхности коллектора пружинами прижаты четыре щетки 6, из которых две соединены с обмотками возбуждения, а две – с «массой» (корпусом стартера) (рис. 1, б). Другие концы обмоток возбуждения присоединены к клемме 4, установленной на корпусе в изоляционной втулке.



**Рисунок 1 - Электрический стартер:**

а – общий вид; б – схема действия; 1 – шестерня; 2 – рычаг; 3 – тяговое реле; 4 – клемма; 5 – якорь; 6, 15 – щетки; 7 – коллектор; 8 обмотка возбуждения; 9 – корпус; 10 – муфта свободного хода; 11 – венец маховика; 12 – пружина; 13 – контакты; 14 – кнопка.

Крутящий момент от вала якоря на коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания передается через шестерню, соединенную с валом якоря роликовой муфтой 10 свободного хода.

На корпусе стартера укреплено тяговое реле 3, которое через рычаг 2 передвигает шестерню 1 с муфтой 10 свободного хода для соединения с венцом 11 маховика.

**Действие.** При нажатии на кнопку 14 (или при повороте ключа) электрический ток из аккумуляторной батареи поступает в обмотки тягового реле 3, в результате чего образовавшееся магнитное поле втягивает в катушку якорек, который, перемещаясь влево, сжимает пружину 12, через тягу поворачивает рычаг 2 и вводит в зацепление шестерню 1 стартера с венцом 11 маховика.

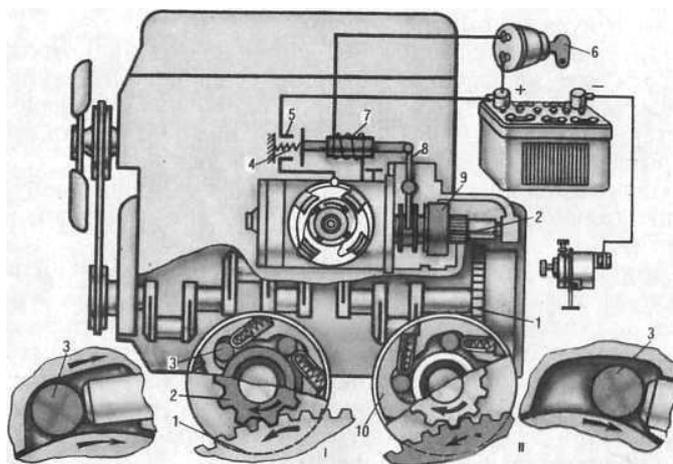
В конце своего движения сердечник при помощи контактного диска замыкает контакты 13 и направляет ток в обмотку возбуждения 8 стартера через клемму 4. Электрический ток, поступивший в обмотку возбуждения, проходит дальше

через положительные щетки 6, коллектор 7, обмотки якоря 5, отрицательные щетки 15, «массу» и через клемму «←» обратно в аккумуляторную батарею.

При прохождении электрического тока по катушкам обмотки возбуждения и якоря вокруг якоря и полюсов создаются магнитные поля, которые, взаимодействуя между собой, заставляют якорь вместе с шестерней 1 привода вращаться с большой частотой, обеспечивая вращение коленвала с необходимой для пуска частотой.

Если двигатель уже завелся, а водитель не повернул ключ 6 в исходное положение «Выключено», тогда венец маховика, имеющий к этому времени большую окружную скорость, чем скорость у шестерни 2, начнет вращать ее с очень большой частотой. Если бы между шестерней 2 и валом якоря стартера не была установлена муфта свободного хода 9, то стартер бы вышел из строя.

Действует муфта свободного хода следующим образом. Когда стартер включен и вращает коленчатый вал основного двигателя, крутящий момент от вала якоря передается на наружную обойму 10 муфты свободного хода (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Схема работы обгонной муфты:**

*I* – венец маховика; *2* – шестерня; *3* – ролик; *4* – пружина; *5* – контакты. *6* – ключ; *7* – обмотка; *8* – рычаг; *9* – муфта свободного хода; *10* – наружная обойма; *I* – стартер вращает двигатель; *II* – двигатель вращает стартер

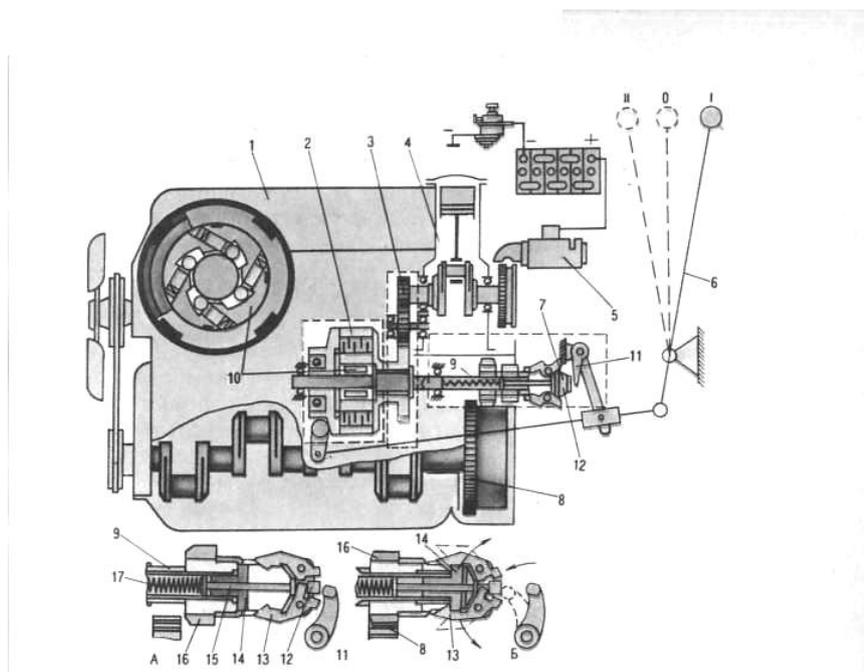
Вращаясь по часовой стрелке, обойма заклинивается роликами 3 со ступицей шестерни 2 и, вращаясь вместе с ней, передает это вращение на венец 1 маховика.

После того как двигатель заведется, окружная скорость венца резко возрастает и он начнет вращать шестерню 2 с частотой, превышающей частоту вращения обоймы. При этом ролики 3, захваченные ступицей шестерни 2, сжав пружины, переместятся в более широкую часть фасонных пазов обоймы и разъединят обойму от шестерни 2. Таким образом, крутящий момент от работающего двигателя к якорю стартера передаваться не будет и аварии не произойдет.

### **ПУСК ДИЗЕЛЯ ПРИ ПОМОЩИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ПУСКОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.**

Для провертывания коленчатого вала дизеля на тракторах, помимо электрических стартеров, применяют карбюраторные пусковые двигатели внутреннего сгорания. Использование пусковых двигателей, несмотря на сложность их устройства и применения, по сравнению со стартерами имеет преимущество. Для того чтобы запустить дизель в холодную погоду (ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ ), приходится вращать коленчатый вал сравнительно долго (5... 10 мин). Электрическим стартером это сделать трудно, так как аккумуляторная батарея не может иметь такого большого запаса электрической энергии. При пуске же дизеля карбюраторным пусковым двигателем время прокручивания можно увеличить до 10...15 мин. Кроме того, работающий пусковой двигатель своей теплотой обогревает пускаемый дизель, что значительно ускоряет процесс пуска.

В качестве пусковых двигателей наибольшее распространение получили одноцилиндровые двухтактные карбюраторные двигатели мощностью 3,5...9,9 кВт, частотой вращения коленчатого вала 3500...4000  $\text{мин}^{-1}$ .



**Рисунок 3 – Схема пуска дизеля пусковым двигателем:**

1-дизель, 2- сцепление, 3-редуктор, 4-пусковой двигатель, 5 – стартер, 6,11 – рычаги, 7 – автомат включения, 8 – венец маховика, 9 – вал, 10 - обгонная муфта, 12 – держатель, 13 – грузы, 14 – втулка, 15 – толкатель, 16 – шестерня, 17 – пружины; А – пусковой двигатель отключен от дизеля, Б – пусковой двигатель соединен с дизелем.

Пусковой двигатель 4 (рис. 3) снабжен электрическим стартером 5 и установлен в задней части дизеля 1. Крутящий момент от коленчатого вала пускового двигателя к коленчатому валу дизеля передается при помощи трансмиссии, включающей в себя одноступенчатый или двухступенчатый редуктор 3, сцепление 2, обгонную муфту 10 и автомат выключения 7.

Пуск дизеля с помощью пускового двигателя осуществляется следующим образом. Тракторист должен поставить рычаг 6 в положение I, при этом рычаг 11 нажмет на торец держателя 12 и передвинет его по валу 9 вместе с шестерней 16 влево. Шестерня 16 при этом войдет в зацепление с венцом 8 маховика (схема Б), а грузы 13 своими выступами захватят втулку 14 и будут удерживать шестерню 16 в зацеплении с венцом маховика. Одновременно с этим будет выключено сцепление 2.

После этого при помощи стартера 5 следует завести пусковой двигатель

4. Когда пусковой двигатель начнет работать и достаточно прогреется, рычаг 6 надо плавно перевести в положение II и тем самым включить сцепление 2. Коленчатый вал дизеля начнет вращаться и дизель заведется. У работающего дизеля частота вращения венца маховика увеличится, увеличится и частота вращения шестерни 16 и грузов 13. Грузы под действием центробежных сил разойдутся в стороны (показано пунктиром на схеме Б), выйдут из зацепления со втулкой 14, и пружины 17 через толкатель 15 передвинут грузы, держатель и шестерню 16 вправо – в исходное положение (схема А), пусковое устройство отключится от дизеля.

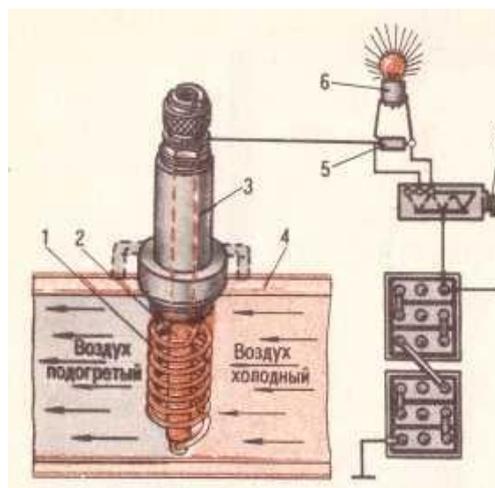
Если по каким-либо причинам шестерня 16 не разъединится с венцом маховика дизеля, все равно большая частота вращения не будет передана на пусковой двигатель, так как при этом вступит в действие обгонная муфта 10, принцип действия которой аналогичен принципу действия обгонной муфты электрического стартера.

## СРЕДСТВА ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ДИЗЕЛЯ

Как известно, воспламенение топлива в цилиндрах дизелей происходит за счет теплоты, которая образуется в результате большого сжатия воздуха в цилиндрах двигателя движущимися поршнями. Причем чем ниже температура окружающего воздуха, тем дольше нужно вращать коленчатый вал дизеля, что сопряжено с повышенным износом пусковых устройств.

Чтобы сократить время пуска дизеля и тем самым облегчить работу пускового устройства, применяют легковоспламеняющиеся пусковые жидкости, свечи подогрева, электрофакельные подогреватели, жидкостные подогреватели и др.

**Свеча накаливания** состоит из корпуса 3 (рис.4), на котором укреплены стержень 2 и спираль накаливания 1. Свеча однопроводного исполнения устанавливается во впускной трубе 4 дизеля. Последовательно со свечой в цепь аккумуляторной батареи включается дополнительное сопротивление 5 и параллельно ему контрольная лампочка 6.



**Рисунок 4 – Схема подогрева воздуха свечой накаливания:**

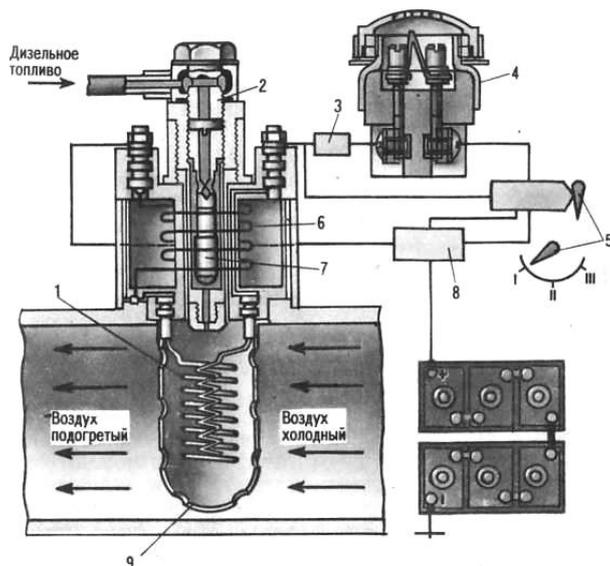
1 – спираль; 2 – стержень; 3 – корпус; 4 – впускная труба; 5 – дополнительное сопротивление; 6 – лампочка; 7 – ключ / – спираль; 2 – стержень; 3 – корпус; 4 – впускная труба; 5 – дополнительное сопротивление; 6 – лампочка; 7 – ключ

Действует это устройство следующим образом. При повороте ключа 7 на  $45^\circ$  по часовой стрелке спираль 1 начнет нагреваться, а контрольная лампочка 6 загорится. Через 40...60 с ключ следует повернуть в ту же сторону еще на  $45^\circ$ , при этом включится стартер. При включении стартера для сохранения постоянной силы тока в цепи и соответственно температуры нагрева спирали автоматически выключатся дополнительное сопротивление и контрольная лампочка. После того как дизель заведется, ключ нужно повернуть в обратную сторону на  $90^\circ$ , т. е. выключить свечу и стартер. Свеча накаливания повышает температуру воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, на  $25...35^\circ\text{C}$ . Обычно такое устройство используют на тракторах и автомобилях, работающих при температурах воздуха не ниже  $-15^\circ\text{C}$ .

**Электрофакельный подогреватель** (рисунок 5) размещается также во впускной трубе дизелей, работающих при температуре воздуха до  $-20^\circ\text{C}$ .

**Устройство.** Подогреватель состоит из корпуса, внутри которого расположены клапан 7 и обмотка 6 электромагнита. В верхней части подогревателя имеется полый болт 2, через который подается дизельное топливо, идущее от

фильтра тонкой очистки или из специального бачка, а в нижней укреплена спираль накаливания *1*, закрытая кожухом *9* с отверстиями.



**Рисунок 5 - Электрофакельный подогреватель:**

*1* – спираль накаливания; *2* – полый болт; *3* – добавочное сопротивление; *4* – контрольный элемент; *5* – ключ; *6* – обмотка; *7* – клапан; *8* – реле; *9* – кожух.

**Действие.** При повороте ключа *5* в положение *II* ток из аккумуляторной батареи поступит в цепь спирали накаливания, предварительно пройдя через контрольный элемент *4* и добавочное сопротивление *3*. Напряжение в цепи упадет до 10 В (на это и рассчитана спираль накаливания). Через 30...35 с спираль разогреется до +950 °С.

Затем ключ нужно поставить в положение *III*. В этом случае ток направится в реле *8* (включающему стартер), а от него в обмотку *6* электромагнита подогревателя. Спираль *1* при этом останется включенной, а контрольный элемент и добавочное сопротивление будут выключены. Так как для работающего стартера требуется большой ток, то напряжение в цепи не повысится.

При прохождении тока по обмоткам *6* электромагнит втянет клапан *7* (поднимет вверх), и через открывшееся отверстие дизельное топливо будет вытекать на раскаленную спираль *1*, испаряться, воспламеняться и нагревать тем самым проходящий по трубе воздух. Температура воздуха на входе в цилиндры дизеля достигнет 300...350 °С.

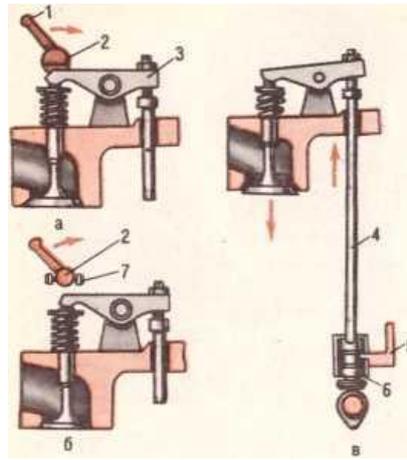
После пуска дизеля включатель стартера прекратит подачу тока в обмотку подогревателя и клапан закроет отверстие, по которому топливо вытекало. Ключ 5 при этом будет находиться в положении *I*.

**Жидкостные подогреватели** применяются на тракторах и автомобилях, работающих при температуре окружающего воздуха до - 40 °С.

Пусковой жидкостный подогреватель представляет собой котел для подогрева охлаждающей жидкости с заливной горловиной. Жидкость в котле нагревается горелкой, в которую из бака через электромагнитный клапан по трубке поступает бензин. Бензин воспламеняется при помощи свечи накаливания. Во время горения бензина в котел вентилятором подается воздух. Горячие газы, образовавшиеся в результате сгорания бензина, по патрубку направляются в кожух, закрывающий картер двигателя, где и нагревают масло.

Холодная охлаждающая жидкость из рубашки двигателя поступает в котел через трубку, соединенную с нижним патрубком радиатора, а нагретая в котле вода возвращается в рубашку и обогревает цилиндры и головку блока. Управляют подогревателем при помощи переключателя и включателя свечи накаливания.

**Декомпрессионный механизм.** У дизелей давление воздуха в цилиндрах в конце такта сжатия большое. Поэтому даже мощные стартеры и пусковые двигатели не всегда могут преодолеть это давление и заставить поршни проходить в.м.т. в начале вращения коленчатого вала. Для облегчения первоначальной раскрутки коленчатого вала на некоторых дизелях устанавливают специальные устройства – декомпрессионные механизмы, т. е. механизмы, которые нарушают компрессию (сжатие) в цилиндрах.



**Рисунок 6 - Декомпрессионный механизм:**

а, б, в – варианты; 1, 5 – рычаги; 2 – валик; 3 – коромысло; 4 – штанга; 6 – толкатель; 7 – болт.

**Устройство.** Декомпрессионный механизм состоит из валика 2 (рис. 6, а), размещенного в подшипниках над клапанными коромыслами 3 механизма газораспределения, и рычага 1 управления. На валике сделаны выточки, расположенные над коромыслами, или в эти валики ввернуты болты 7 (рис. 6, б) с круглыми головками. У некоторых дизелей применена иная конструкция: на толкателях 6 (рис. 6, в) делают выточки, а рядом располагают валики 2 с рычагом. Валики также на своих концах имеют выточки, которые входят в выточки толкателей.

**Действие.** У первых двух конструкций перед началом раскручивания коленчатого вала поворотом рычага 1 нажимают на коромысла, клапаны при этом открывают каналы, по которым поступает чистый воздух и выходят отработавшие газы. У конструкции, показанной на рисунке 6, в, при повороте рычага валика 2 валик приподнимает штангу 4 толкателя и клапаны также при этом открывают соответствующие клапаны.

Так как в цилиндрах не будет происходить сжатия воздуха, стартер (или пусковой двигатель) легко и быстро раскрутит коленчатый вал дизеля, в результате чего маховик и другие вращающиеся детали накопят достаточное количество кинетической энергии.

Как только коленчатый вал начнет быстро вращаться, рычаги 1 и 5 пере-

водят в исходное положение и включают подачу топлива. Кинетическая энергия, накопленная маховиком и другими вращающимися деталями, помогает стартеру преодолевать мертвые точки кривошипно-шатунного механизма, и дизель легко запускается.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение системы пуска ДВС?
2. Перечислите известные Вам способы пуска двигателя.
3. Что такое «пусковая частота» вращения коленвала?
4. В чем принципиальное отличие пуска дизельных ДВС от бензиновых и газовых?
5. Какие двигатели пускают вручную? Как это происходит?
6. Каким образом производят пуск двигателей электрическим стартером?
7. Общее устройство и принцип работы стартера.
8. Для чего на стартере имеется пусковая катушка? Как она работает?
9. Для чего нужна обгонная муфта? Принцип её действия.
10. В каких случаях для пуска двигателя применяют вспомогательный пусковой двигатель?
11. Каким образом производится пуск основного ДВС вспомогательным пусковым ДВС?
12. Какие устройства для облегчения пуска дизеля вам известны?
13. Что такое свеча накаливания, и каким образом она работает?
14. Каким образом работает электрофакельный подогреватель дизеля?
15. Каков принцип работы жидкостных подогревателей?
16. Что такое декомпрессионный механизм? Где и для каких целей он применяется?

## 10. СИСТЕМА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЧАСТЬ 1

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия системы электрооборудования, деталей, механизмов и устройств из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить элементы системы электрооборудования с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

**ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:** Разрезные макеты, натуральные детали систем пуска, видеослайды, видеофильмы, плакаты.

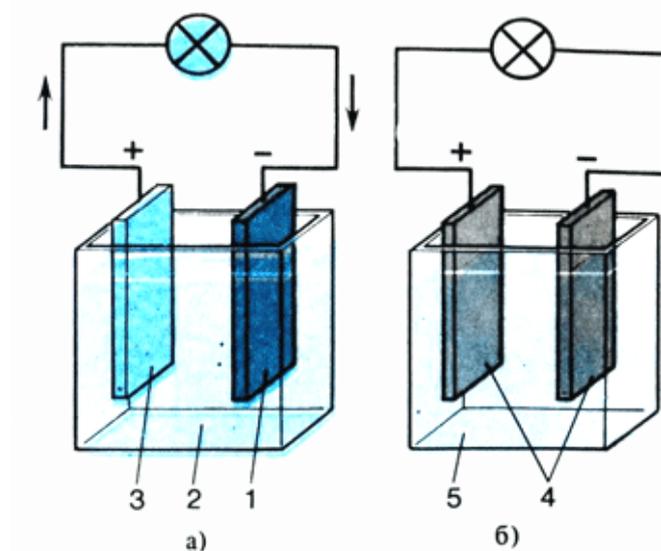
### ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

#### Аккумуляторные батареи

Аккумуляторная батарея служит для питания током потребителей, когда двигатель не работает или работает на малой частоте вращения коленчатого вала. Аккумуляторная батарея состоит из нескольких одинаковых по устройству аккумуляторов, соединенных между собой последовательно.

Действие аккумулятора основано на последовательном превращении электрической энергии в химическую (зарядка) и, наоборот, химической энергии в электрическую (разрядка). На изучаемых тракторах и автомобилях устанавливают свинцовые кислотные аккумуляторные батареи.

Простейший свинцовый аккумулятор (рис. 1) состоит из пластмассовой банки, в которую залит электролит (раствор серной кислоты в дистиллированной воде) и двух свинцовых пластин.



**Рисунок 1 - Схема простейшего аккумулятора:**

а - в начале разрядки, б - в конце разрядки; 1 - губчатый свинец, 2 - раствор серной кислоты, 3 - перекись свинца, 4 - сернокислый свинец, 5 - слабый раствор серной кислоты.

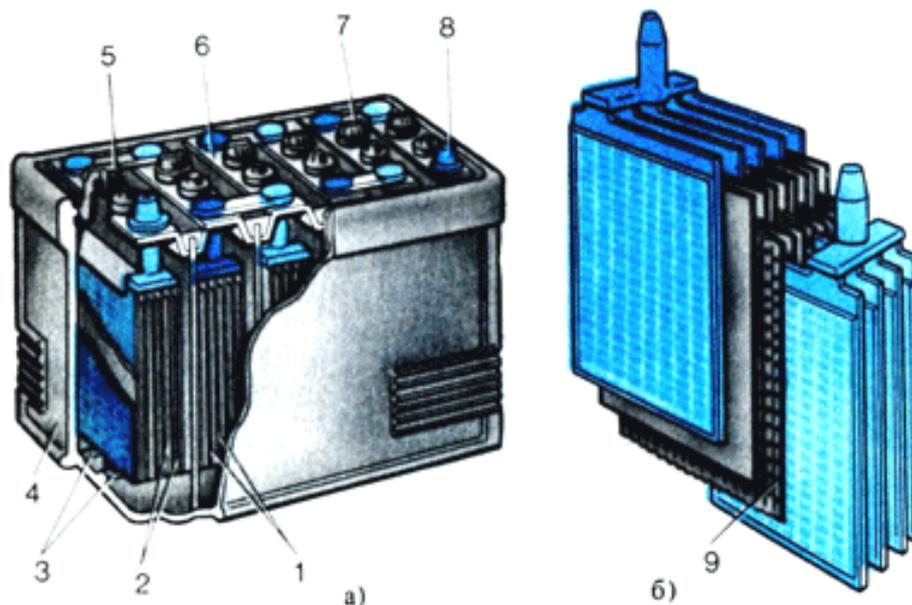
Поверхности пластин, находящиеся в электролите, покрываются тонким слоем сернокислого свинца, иначе называемым сульфатом свинца.

Обязательное условие для работы аккумулятора - зарядка, т. е. через него пропускают электрический ток. При прохождении постоянного электрического тока от постороннего источника через аккумулятор в результате химической реакции на положительной пластине образуется перекись свинца 3, а на пластине, соединенной с отрицательным полюсом источника тока - металлический свинец в виде рыхлой губчатой массы. При этом в электролит выделяется серная кислота, которая увеличивает его плотность. Лампочка, присоединенная к пластинам, после зарядки загорается. Следовательно, накопившаяся в аккумуляторе при зарядке химическая энергия при разрядке превращается в электрическую.

Пластины аккумулятора изготавливают в виде решеток, заполненных активной массой - порошкообразным свинцом. Для увеличения запаса энергии число парных пластин увеличивают. Количество электричества которое отдает полностью заряженный аккумулятор при непрерывном разряде постоянной си-

лой тока до определенного конечного напряжения, называют *ёмкостью* аккумулятора. Емкость аккумулятора измеряется в ампер-часах.

Аккумуляторная батарея (рис. 2) состоит из бака 4, разделенного внутри перегородками на отделения. В каждом отделении (банке) помещается один аккумулятор. Бак изготовляют из кислотостойкой пластмассы или эбонита. Он имеет на дне ребра на которые опираются пластины. В каждую банку помещен набор положительных 2 и отрицательных 1 пластин. Положительные пластины соединяют, с полюсным штырем, имеющим знак плюс, а отрицательные соединяют с полюсным штырем со знаком минус.



**Рисунок 2 - Аккумуляторная батарея:**

а - общий вид, б - блок пластин; 1 – отрицательные пластины, 2 – положительные пластины, 3 - ребра, 4 - бак, 5 – пробка, 6 – крышка, 7 – соединительная перемычка, 8 - полюсный штырь, 9 – сепараторы.

Положительная пластина расположена между отрицательными, поэтому отрицательных пластин на одну больше, чем положительных. Пластины отделены друг от друга пористыми перегородками - сепараторами 9. Они изготовлены из специально обработанного дерева микропористой пластмассы или

стекловолокна Сепараторы предупреждают короткое замыкание пластин и свободно пропускают через себя электролит. Банку закрывают крышкой б, в которой предусмотрено отверстие для заполнения банки электролитом. Заливное отверстие закрывается пробкой 5. В пробке имеется вентиляционное отверстие, сообщающее полость аккумулятора с атмосферой, что необходимо для выхода газов, выделяющихся при химических реакциях. После сборки батареи края крышек аккумуляторов заливают специальной кислотостойкой мастикой.

На перемычках, соединяющих отдельные аккумуляторы, указываются дата изготовления и марка батареи, например 6 ТСТ-50 ЭМС. Марка батареи расшифровывается следующим образом. Первая цифра (6) указывает на число последовательно соединенных аккумуляторов, определяющее номинальное напряжение батареи (12 В). Буквы, следующие за первой цифрой, означают, что батарея «тяжелая» стартерная. Такая батарея отличается особой прочностью.

Ее применяют для тракторов, комбайнов и автомобилей. Цифра 50 указывает на номинальную емкость батареи в ампер-часах при двадцатичасовой разрядке. Первая буква (Э) после цифр характеризует материал бака - эбонит, вторая - материал сепараторов: микропористая пластмасса (М) со стекловолокном (С). Сухозаряженные батареи в конце марки имеют букву З.

**Электролит** готовят из химически чистой серной кислоты и дистиллированной воды. Кислоту и воду смешивают в кислотоупорных сосудах, **приливая кислоту тонкой струйкой в воду**. Если же вливать воду в кислоту, произойдет бурная реакция; кислота разбрызгивается и выплескивается из сосуда, а попав на тело, может вызвать ожоги. Соотношение кислоты и воды в электролите определяют по его плотности.

Электролит составляют с учетом климатических условий. Для центральных районов с зимней температурой до  $-30^{\circ}\text{C}$  плотность электролита у полностью заряженного аккумулятора должна быть круглый год 1,27. В условиях низких температур плотность электролита должна быть выше, а при высокой температуре - ниже.

Проверяют плотность электролита ареометром. По мере разрядки аккумулятора плотность электролита уменьшается.

Уровень и плотность электролита проверяют в каждом элементе батареи. Уровень электролита должен быть на 12- 14 мм выше верхнего края пластин.

При испарении электролита нужно доливать дистиллированную воду, так как испаряется только вода, а при утечке электролита в аккумулятор добавляют раствор серной кислоты. По плотности электролита определяют степень заряженности аккумуляторной батареи. С большей точностью степень заряженности батареи под нагрузкой определяют нагрузочной вилкой с включенным сопротивлением. Наконечники нагрузочной вилки поочередно плотно прижимают к зажимам аккумулятора на 5 с и смотрят показания вольтметра. Напряжение полностью заряженного аккумулятора не должно падать ниже 1,7 В.

Разность напряжения отдельных аккумуляторов батареи не должна превышать 0,1 В. Если разность больше этого значения или батарея разряжена более чем на 50% летом и более чем на 25% зимой, ее необходимо отправить на зарядку. Нельзя допускать длительного пребывания батареи в полужаряженном состоянии во избежание ее порчи. Чтобы не допускать разрушения пластин, запрещается на продолжительное время и несколько раз подряд включать стартер.

При установке на автомобиль выводной штырь батареи со знаком минус присоединяется к «массе» через выключатель «массы». Выключатель «массы» служит для отключения аккумуляторной батареи при неработающем двигателе и во время стоянки в целях уменьшения саморазрядки батареи, возможного замыкания электропроводки и противопожарной безопасности.

### ***Неисправности аккумуляторных батарей***

Основные неисправности кислотных аккумуляторных батарей: повышенный саморазряд, преждевременная разрядка, короткое замыкание внутри аккумулятора, сульфатация пластин. Эти неисправности возникают в результате плохого технического обслуживания.

Саморазряд считается повышенным, если потери превышают 1% емкости в сутки. Повышенный саморазряд возникает при попадании грязи в электролит

и вследствие утечки тока по влажной поверхности мастики и бака. Во избежание повышенного саморазряда следует регулярно протирать насухо поверхность мастики и крышек чистой тряпкой.

Преждевременная разрядка одного из аккумуляторов определяет работоспособность всей батареи. Такой аккумулятор называют отстающим. Если продолжать разрядку аккумуляторной батареи после полной разрядки отстающего аккумулятора то он переполюсуется, и батарея быстро выйдет из строя. И Короткое замыкание внутри аккумулятора возникает в результате разрушения сепаратора. Аккумуляторная батарея, имеющая хотя бы один короткозамкнутый аккумулятор, к дальнейшей эксплуатации непригодна.

У разряженного аккумулятора, а также при пониженном уровне электролита свинцовые пластины сульфатируются: на них откладывается слой кристаллов сернокислого свинца (сульфата). Этот слой не растворяется в электролите и преграждает его доступ внутрь активной массы пластин, что уменьшает напряжение, увеличивает сопротивление пластин и уменьшает емкость аккумулятора. Длительное пользование стартером сильно разряжает аккумулятор и также увеличивает сульфатацию. При большой сульфатации пластины разрушаются. Сильно сульфатированные пластины не восстанавливаются. Зарядка и хранение аккумуляторов проводятся лицами, имеющими специальную подготовку. Для предохранения от ожогов кислотой, вредного влияния свинца и газов работы по зарядке аккумуляторных батарей выполняют в защитной одежде (резиновый фартук, перчатки, сапоги), используя очки и респиратор. В помещении зарядки запрещается курить.

При попадании кислоты на кожу место поражения необходимо промыть сначала водой, а потом 10%-ным раствором нашатырного спирта.

### Генератор

При пуске двигателя основным потребителем электроэнергии является стартер. При этом сила тока достигает сотен ампер, что вызывает значительное падение напряжения аккумуляторной батареи. В этом режиме потребители питаются только от АКБ, которая интенсивно разряжается. *Сразу после пуска двигателя генератор становится основным источником электроснабжения.*

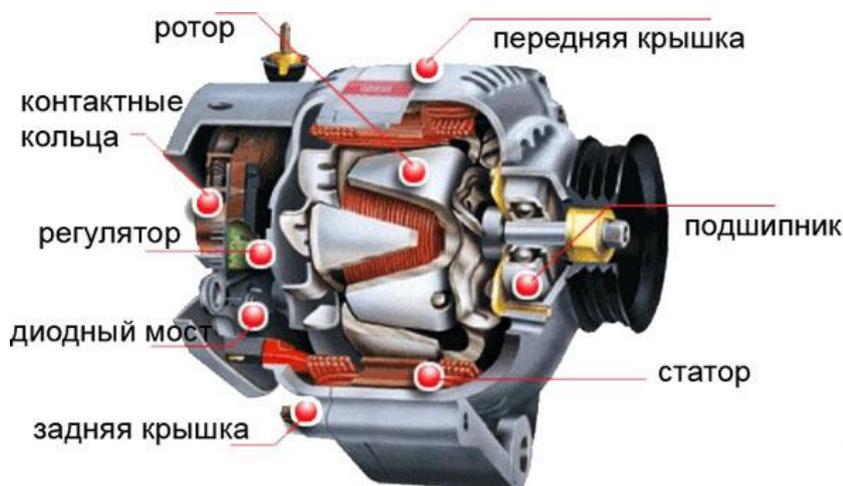
Генератор является источником постоянной подзарядки аккумуляторной батареи во время работы двигателя. Если генератор не будет работать, АКБ быстро разрядится. Генератор обеспечивает требуемый ток для заряда батареи аккумуляторов и работы электроприборов. После подзарядки АКБ разность его напряжения и генератора становится небольшой, что приводит к снижению зарядного тока.

При включении мощных потребителей (например, обогревателя заднего стекла, фар) при малых оборотах двигателя суммарный потребляемый ток может быть больше, чем способен произвести генератор. В этом случае нагрузка ляжет на аккумуляторную батарею и она начнет разряжаться.

**Привод генераторов осуществляется от шкива коленчатого вала ременной передачей.** Чем больше диаметр шкива на коленчатом валу и меньше диаметр шкива генератора, тем выше обороты генератора, и, соответственно, он способен отдать потребителям больший ток.

На современных машинах привод осуществляется поликлиновым ремнем. Благодаря большей гибкости он позволяет устанавливать на генераторе шкив малого диаметра и, следовательно, получать высокие передаточные отношения, то есть использовать высокооборотные генераторы. **Натяжение поликлинового ремня** осуществляется натяжными роликами при неподвижном генераторе.

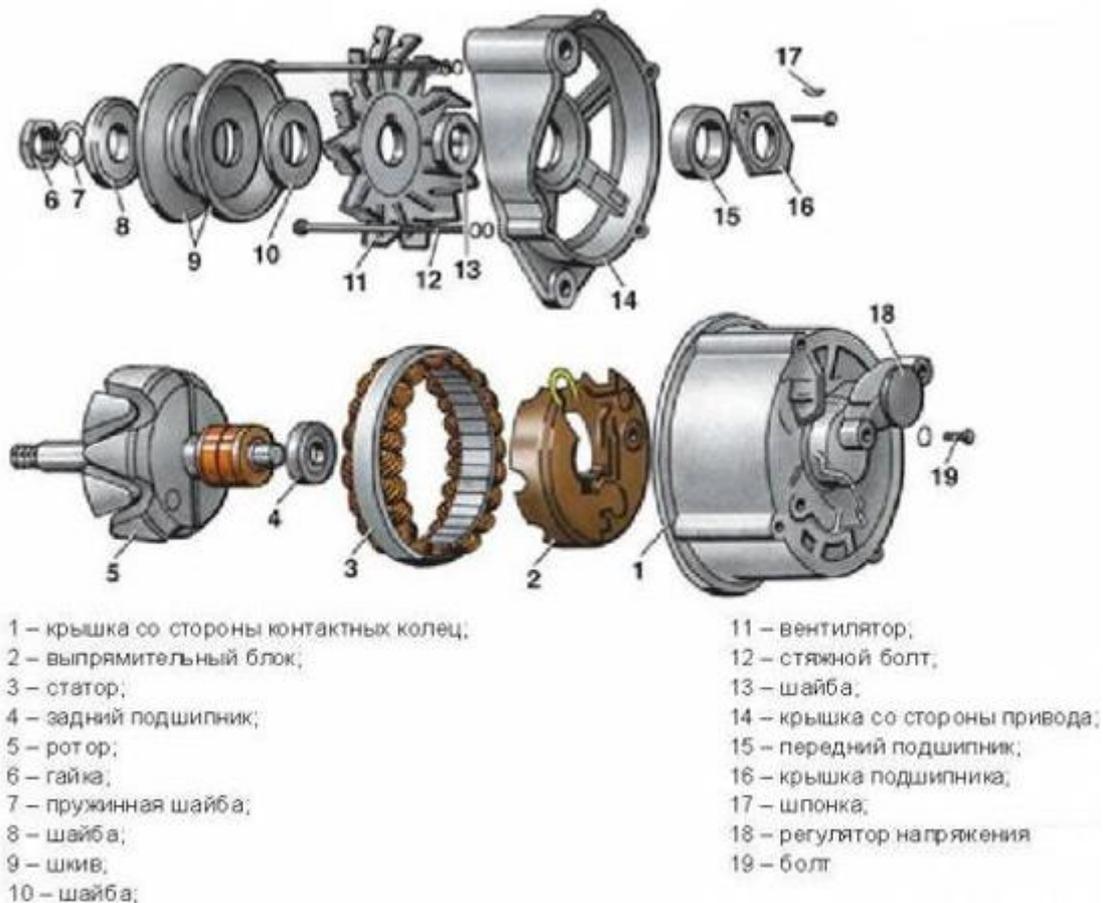
### *Устройство автомобильного генератора*



**Рисунок 3 - Генератор**

На современных тракторах и автомобилях устанавливают трёхфазные генераторы переменного тока с выпрямительным блоком. В связи с тем, что АКБ вырабатывает постоянный ток и для его подзарядки требуется также постоянный ток обратного направления, в бортовой сети мобильных энергетических средств используется постоянный электрический ток. Получают такой ток путем выпрямления полупроводниковыми приборами переменного тока, вырабатываемого генератором (рис. 3).

Любой генератор содержит статор с обмоткой, зажатый между двумя крышками – передней, со стороны привода, и задней, со стороны контактных колец. Генераторы крепятся в передней части двигателя болтами на специальных кронштейнах. Крепежные лапы и натяжная проушина генератора находятся на крышках.

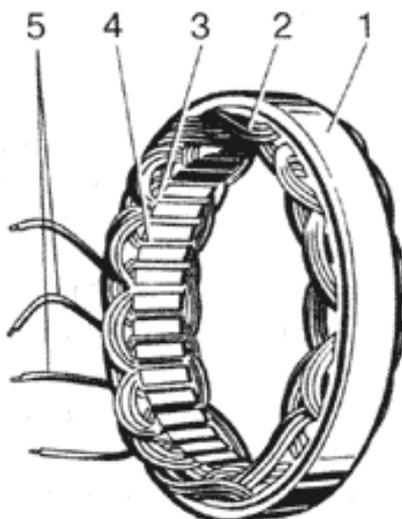


**Рисунок 4 – Устройство генератора**

Крышки 1 и 14 (рис. 4), отлитые из алюминиевых сплавов, имеют вентиляционные окна, через которые воздух продувается вентилятором сквозь генератор. Генераторы традиционной конструкции снабжены вентиляционными окнами только в торцевой части, генераторы "компактной" конструкции еще и на цилиндрической части над лобовыми сторонами обмотки статора.

На крышке со стороны контактных колец крепятся щеточный узел 18, который объединен с регулятором напряжения, и выпрямительный узел 2.

Крышки обычно стянуты между собой тремя или четырьмя винтами 12, причем статор 3 оказывается зажат между крышками, посадочные поверхности которых охватывают статор по наружной поверхности.

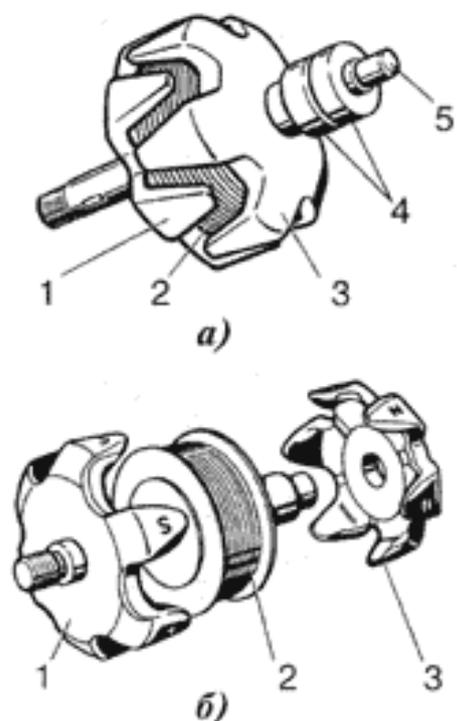


**Рисунок 5 - Статор генератора:**

1 - сердечник, 2 - обмотка, 3 - пазовый клин, 4 - паз, 5 - вывод для соединения с выпрямителем

Статор генератора (рис. 5) набирается из стальных листов толщиной 0.8...1 мм, но чаще выполняется навивкой "на ребро". При выполнении пакета статора навивкой ярмо статора над пазами обычно имеет выступы, по которым при навивке фиксируется положение слоев друг относительно друга. Эти выступы улучшают охлаждение статора за счет более развитой наружной поверхности.

Необходимость экономии металла привела к созданию конструкции пакета статора, набранного из отдельных подковообразных сегментов. Скрепление между собой отдельных листов пакета статора в монолитную конструкцию осуществляется сваркой или заклепками. Практически все генераторы автомобилей массовых выпусков имеют 36 пазов, в которых располагается обмотка статора. Паза изолированы пленочной изоляцией или напылением эпоксидного компаунда.



**Рисунок 6 - Ротор автомобильного генератора:**

*а - в сборе; б - полюсная система в разобранном виде;*

*1,3- полюсные половины; 2 - обмотка возбуждения; 4 - контактные кольца; 5 – вал*

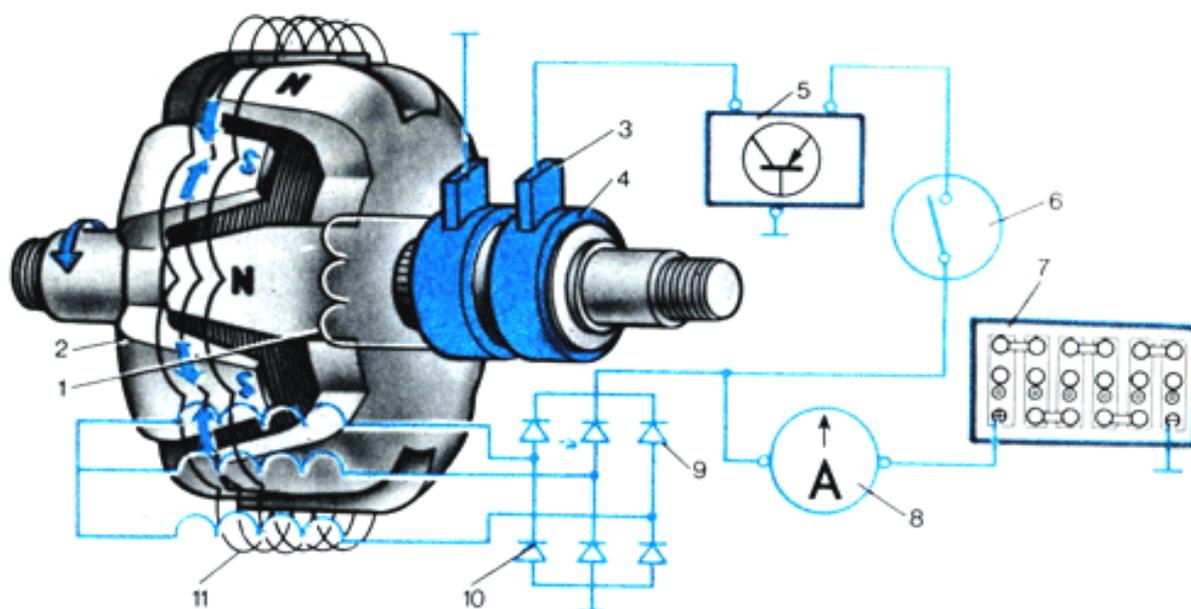
Особенностью автомобильных генераторов является вид полюсной системы ротора. Она содержит две полюсные половины с выступами – полюсами клювообразной формы по шесть на каждой половине. Эти выступы при сборке электромагнита являются его северными и южными полюсами, которые при

вращении ротора создают в обмотке статора попеременно ток разного направления (переменный ток). Между полюсными половинами устанавливается втулка с обмоткой возбуждения, намотанной на каркас, при этом намотка осуществляется после установки втулки внутрь каркаса. Концы катушки возбуждения через отверстия внутри вала подводятся и припаиваются к токосъёмным контактными кольцам. При движении меднографитовых скользящих контактов (щеток) по поверхности токосъёмных медных колец ток, вырабатываемый генератором, проходит через обмотку возбуждения электромагнита. При этом электромагнит, состоящий из катушки возбуждения и полюсных половин, создаёт значительное магнитное поле. Чем больше значение магнитного поля электромагнита, тем больший ток индуцируется в обмотках статора. Величина вырабатываемого тока определяет возможность обеспечения им всех потребителей при одновременной подзарядке АКБ.

Валы роторов выполняются из мягкой автоматной стали. Однако, при применении роликового подшипника, ролики которого работают непосредственно по концу вала со стороны контактных колец, вал выполняется из легированной стали, а цапфа вала закаливается. На конце вала, снабженном резьбой, прорезается паз под шпонку для крепления шкива.

Во многих современных конструкциях шпонка отсутствует. В этом случае торцевая часть вала имеет углубление или выступ под ключ в виде шестигранника. Это позволяет удерживать вал от поворота при затяжке гайки крепления шкива, или при [разборке генератора](#), когда необходимо снять шкив 9 и вентилятор 11 (рис. 4).

При вращении ротора генератора магнитное поле ротора пересекает силовыми линиями проводники обмотки 11 (рис.7) статора и в них индуцируется переменный электрический ток. Переменный ток поступает в кремниевый трехфазный выпрямительный блок. В выпрямительном блоке происходит выпрямление электрического тока и во внешнюю цепь подается постоянный электрический ток. Контроль за работой генератора осуществляется с помощью амперметра 8, установленного на щитке приборов.



**Рисунок 7 - Схемы генераторной установки:**

1 - обмотка возбуждения ротора, 2 - магнитопровод ротора, 3 - щетка, 4 - контактное кольцо, 5 - реле-регулятор, 6 - выключатель зажигания, 7 - аккумуляторная батарея, 8 - амперметр, 9 - диод с положительной полярностью, 10 - диод с отрицательной полярностью, 11 - обмотка статора.

**Щеточный узел** - это конструкция, в которой размещаются щетки т.е. скользящие контакты. В автомобильных генераторах применяются щетки двух типов – меднографитные и электрографитные. Последние имеют повышенное падение напряжения в контакте с кольцом по сравнению с меднографитными, что неблагоприятно сказывается на выходных характеристиках генератора, однако они обеспечивают значительно меньший износ контактных колец. Щетки прижимаются к кольцам усилием пружин.

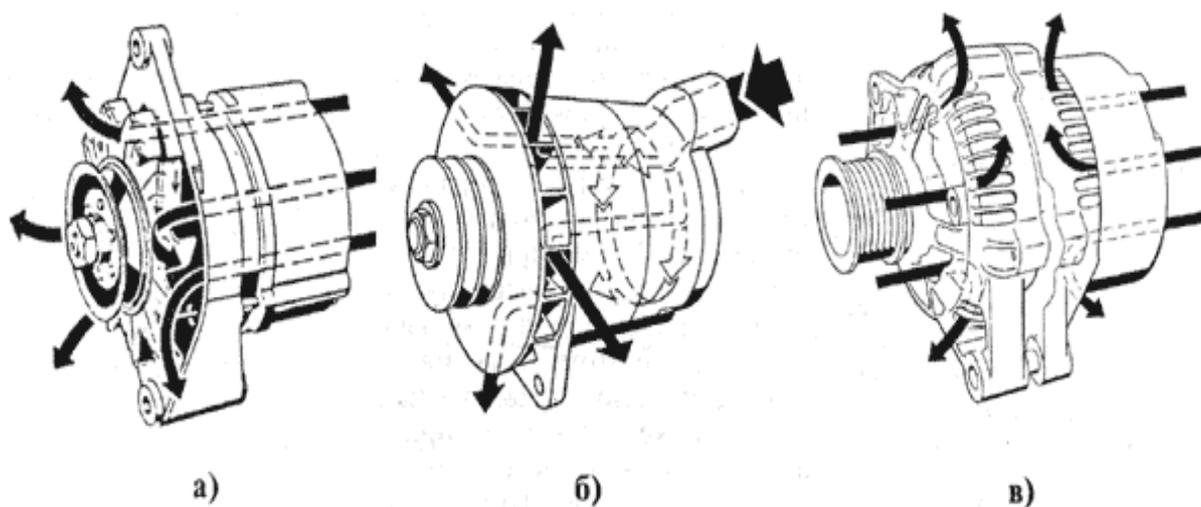
**Выпрямительные узлы** применяются двух типов - либо это пластины-теплоотводы, в которые запрессовываются диоды силового выпрямителя или на которых расплавляются и герметизируются кремниевые переходы этих диодов, либо это конструкции с сильно развитым оребрением, в которых диоды, обычно таблеточного типа, припаиваются к теплоотводам. Диоды дополнительного выпрямителя имеют обычно пластмассовый корпус цилиндрической формы

или в виде горошины или выполняются в виде отдельного герметизированного блока, включение в схему которого осуществляется шинками.

**Наиболее опасным для генератора является замыкание** пластин теплоотводов, соединенных с "массой" и выводом "+" генератора случайно попавшими между ними металлическими предметами или проводящими мостиками, образованными загрязнением, т.к. при этом происходит короткое замыкание по цепи аккумуляторной батареи и возможен пожар. Во избежание этого пластины и другие части выпрямителя генераторов частично или полностью покрывают изоляционным слоем. В монолитную конструкцию выпрямительного блока теплоотводы объединяются в основном монтажными платами из изоляционного материала, армированными соединительными шинками.

**Подшипниковые узлы генераторов** это, как правило, радиальные шариковые подшипники с одноразовой закладкой пластичной смазки на весь срок службы и одно или двухсторонними уплотнениями, встроенными в подшипник. Роликовые подшипники применяются только со стороны контактных колец и достаточно редко, в основном, американскими фирмами. Посадка шариковых подшипников на вал со стороны контактных колец – обычно плотная (с натягом), со стороны привода – скользящая (переходная), в посадочное место крышки наоборот - со стороны контактных колец - скользящая, со стороны привода - плотная.

**Охлаждение генератора осуществляется** одним или двумя вентиляторами, закрепленными на его валу. При этом у традиционной конструкции генераторов воздух засасывается центробежным вентилятором в крышку со стороны контактных колец. У генераторов, имеющих щеточный узел, регулятор напряжения и выпрямитель вне внутренней полости и защищенных кожухом, воздух засасывается через прорези этого кожуха, направляющие воздух в наиболее нагретые места - к выпрямителю и регулятору напряжения.



**Рисунок 7 - Система охлаждения генераторов:**

*а - генераторы обычной конструкции; б - генераторы для повышенной температуры в подкапотном пространстве; в - генераторы компактной конструкции. Стрелками показано направление воздушных потоков*

На автомобилях с плотной компоновкой подкапотного пространства, в котором температура воздуха слишком велика, применяют генераторы со специальным кожухом, через который в генератор поступает холодный и чистый забортный воздух. У генераторов "компактной" конструкции охлаждающий воздух забирается со стороны как задней, так и передней крышек.

Частота вращения коленчатого вала двигателя, а следовательно, и ротора генератора во время работы непостоянна. В результате этого непостоянно и напряжение тока, вырабатываемого генератором. Чем больше частота, тем напряжение выше, и наоборот, чем меньше частота, тем напряжение ниже. Такие колебания не создают нормальных условий для работы потребителей тока.

Щеточный узел объединён с реле-регулятором в один корпус (рис.8). Регуляторы поддерживают напряжение генератора в определенных пределах для оптимальной работы электроприборов, включенных в бортовую сеть автомобиля. Генераторы оснащаются полупроводниковыми электронными регуляторами напряжения, как правило, встроенными внутрь генератора. Схемы их исполнения и конструктивное оформление могут различаться, но принцип работы одинаков.



Рисунок 8 – Реле-регулятор генератора.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите источники электрического тока тракторов и автомобилей.
2. Опишите принцип работы аккумулятора.
3. Аккумуляторная батарея: особенности конструкции и технические характеристики?
4. Что такое электролит? Правила его приготовления.
5. Что характеризует плотность электролита? Какова допустимая разница плотности в аккумуляторах АКБ?
6. Критерии оценки технического состояния аккумуляторной батареи?
7. Какова роль генератора?
8. Какой тип генератора устанавливается на тракторах и автомобилях?
9. Для чего нужен и как устроен статор генератора?
10. Почему в конструкции генератора используется не постоянный магнит, а электромагнит?
11. Как устроен электромагнит генератора?
12. Для чего нужны токосъемные кольца на роторе?
13. Как происходит возбуждение электромагнита?
14. Опишите принцип выработки тока в генераторе.
15. Почему в бортовой сети мобильных транспортных средств используется постоянный ток?

16. Как в генераторе преобразуется ток переменный в постоянный?
17. Для чего и каким образом производится охлаждение генератора?
18. Каково назначение реле-регулятора в генераторе?

## **11. СИСТЕМА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЧАСТЬ 2**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия потребителей электрического тока, деталей из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить систему электрооборудования тракторов и автомобилей с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов.

### **ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:**

Разрезные макеты, натуральные детали системы электрооборудования, видеослайды, видеофильмы, плакаты.

### **Приборы освещения и сигнализации**

Безопасная работа на автотранспорте, будь это трактор, автомобиль или комбайн невозможна без приборов освещения и сигнализации. В ночное время и в темное время суток необходимо освещать путь движения, кабину, щиток приборов, обозначать габаритные размеры машины.

Системы освещения и световой сигнализации предназначены для освещения дороги, машин и орудий, агрегатируемых с трактором, для передачи информации о тракторе или автомобиле (о его присутствии, габаритных размерах, предполагаемом маневре), а также для освещения кабины, щитка приборов, номерного знака и т.д.

Для обеспечения этих целей в соответствии с требованиями ЕЭК ООН и Правилами дорожного движения колесные тракторы и автомобили оборудуются следующими обязательными осветительными и светосигнальными приборами:

- фарами головного освещения с дальним и ближним светом;
- габаритными огнями (передними - белого света, задними - красного света);
- фонарями указателей поворота оранжевого света (могут дополняться боковыми повторителями);
- сигналами торможения красного света;
- фонарями освещения номерного знака;
- световозвращателями (катафотами): задними - красного света, передними (только для прицепов и полуприцепов) - белого света, боковыми (для транспортных средств, имеющих длину более 6 метров) - оранжевого света;
- опознавательным знаком автопоезда - тремя фонарями оранжевого света, установленными над кабиной в линию.

Гусеничные машины могут не оснащаться фарами с дальним светом, указателями поворота, сигналами торможения.

Кроме указанных обязательных осветительных приборов могут применяться следующие дополнительные приборы:

- противотуманные фары (желтого или белого света) и противотуманные задние фонари (красного света);
- стояночные фонари (впереди белого, сзади красного света);
- контурные огни (для крупногабаритных транспортных средств);
- сигналы аварийного состояния транспортного средства;
- фонари заднего хода (белого света);
- прожекторы-искатели;
- фары рабочего освещения на тракторах и комбайнах, предназначенные для освещения рабочих органов сельскохозяйственных машин и обрабатываемых участков поля, а на автомобилях специального назначения - для освещения зон работы персонала.

Для управления работой систем освещения и световой сигнализации служит коммутационная аппаратура, которая включает в себя следующие устройства:

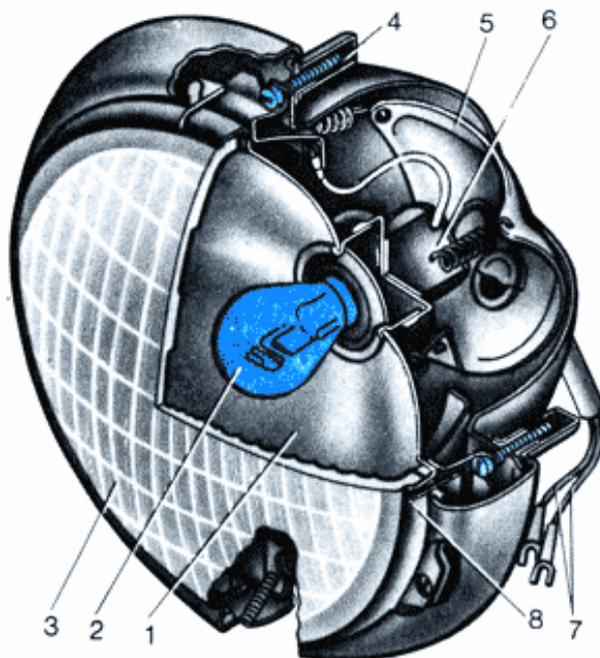
- главный (центральный) переключатель света;
- комбинированный переключатель света;
- различные реле, разгружающие переключатели от токов большой силы в цепи фар;
- выключатель сигналов торможения;
- переключатель сигналов поворота;
- прерыватель указателей поворота (может входить составной частью в контактно-транзисторный прерыватель, который обеспечивает также работу аварийной сигнализации);
- выключатель фонарей заднего хода;
- выключатели фар рабочего освещения, противотуманных фар, прожектора-искателя, плафонов освещения кабины, фонарей освещения подкапотного пространства и багажного отделения, контурных и стояночных огней, аварийной сигнализации и т.д.

Фара служит для освещения участка пути, находящегося впереди движущейся машины.

**Фара** (рис. 1) состоит из корпуса 5, отражателя 1, рассеивающего стекла 3, ободка 8, токоподводящих проводов 7 и патрона 6 с лампой 2. Рассеивающее стекло, отражатель и лампа образуют оптический элемент, который соединен с ободком пружинными защелками, а ободок - с корпусом соединительным винтом. Оптический элемент, кроме того, прикреплен к основному корпусу фары пружинами и регулировочными винтами 4.

Отражатель направляет световой пучок и отражает свет. Внутренняя поверхность отражателя отполирована, покрыта лаком и тонким слоем алюминия или хрома. Рассеивающее стекло необходимо для уменьшения ослепляющего действия светового пучка, поэтому оно имеет снаружи выпуклую форму, а с внутренней стороны - светопреломляющие выступы. Выступы расположены так,

чтобы получающееся световое пятно было эллипсовидной формы и направлено вниз. Для правильной установки на стекле отлито обозначение «Верх».



**Рисунок 1 - Фара:**

1 - отражатель, 2 - лампа, 3 - стекло, 4-регулирующий винт, 5 - корпус, 6 - патрон, 7- провода, 8 - ободок

К отражателю приклепан патрон лампы с тремя Г-образными вырезами, в которые входят выступы карболитовой крышки. Внутри крышки предусмотрено отверстие для токоподводящего провода. Пучок света в фарах можно регулировать винтом 4, изменяющим положение оптического элемента, или поворотом фары на сферическом шарнире.

В фарах современных транспортных средств рассеивающее стекло всё чаще заменяется прозрачным. В этом случае за формирование правильного светового пятна отвечает особая геометрия отражателя фары и определённый тип ламп накаливания.

В качестве источников света в автотракторных световых приборах в настоящее время используются автомобильные лампы. Они отличаются по типу освещения.

### ***Обычные лампы накаливания.***

Такие лампочки широко применяются в быту. В качестве тела накала используется вольфрамовая или угольная нить. Чтобы вольфрам не окислялся, из колбы откачен воздух. При подаче электроэнергии нить разогревается до 2000К и обеспечивает свечение.

Выгоревший вольфрам может оседать на стенках колбы, снижая прозрачность. Нередко нить просто перегорает. КПД таких изделий на уровне 6-8%. Также из-за длины тела накала свет получается рассеянным и не дает нужной фокусировки. Ввиду этих и других недостатков обычные лампы накаливания в настоящее время уже практически не применяются в качестве основного источника света в автомобилях.

### ***Галогенные.***

Галогенная лампа также работает по принципу накаливания, только в колбе находятся пары галогенов (буферный газ) – йод или бром. Это повышает температуру спирали до 3000К, а также увеличивает срок службы от 2000 до 4000 часов. Светоотдача составляет от 15 до 22 лм/Вт.



**Рисунок 2 -Галогенные лампы**

Такие лампочки широко применяются в быту. В качестве тела накала используется вольфрамовая или угольная нить. Чтобы вольфрам не окислялся, из

колбы откачен воздух. При подаче электроэнергии нить разогревается до 2000К и обеспечивает свечение.

Атомы вольфрама, выделяющиеся при работе, вступают в реакцию с остаточным кислородом и буферными газами, что исключает появления осадка на колбе. Цилиндрическая форма колбы и короткая спираль обеспечивает отличную фокусировку, поэтому такие изделия достаточно часто применяются для головного света в автомобилях.

### ***Ксеноновые (газоразрядные).***

Это современный тип осветительных приборов. Источником света является электрическая дуга, образующаяся между двух вольфрамовых электродов, которые находятся в колбе, заполненной ксеноном. Чтобы повысить светоотдачу ксенон находится под давлением до 30 атмосфер. Цветовая температура излучения достигает 6200-8000К, поэтому для таких ламп нужны особые условия эксплуатации и обслуживания. Спектр ближе к дневному свету, но существуют также ртутно-ксеноновые световые приборы, которые дают голубоватый оттенок. Световой пучок не сфокусирован. Для этого применяются специальные отражатели, которые фокусируют свет в нужном направлении.

Такие приборы дают прекрасное свечение, но есть и свои недостатки в использовании. Прежде всего, автомобиль должен быть оборудован системой авторегулировки наклона пучка света и фароомывателями, чтобы не допустить ослепления встречных автомобилей. Также необходим блок розжига, чтобы обеспечить напряжение для появления дуги.

### ***Светодиодные (LED-лампы)/***

Светодиодные элементы сейчас набирают все большую популярность. Изначально LED-лампы применялись в основном для стоп-сигналов, задних габаритов и т.д. В перспективе автопроизводители могут полностью перейти на светодиодные осветительные приборы.



**Рисунок 3 - Светодиодные лампы**

Свечение в таких лампах образуется в результате высвобождения фотонов из полупроводников при подаче электричества. Спектр может быть разным в зависимости от химического состава. Мощность автомобильных LED-ламп может достигать 70-100 лм/Вт, что в несколько раз выше, чем у галогеновых.

К преимуществам LED-технологии можно отнести:

- устойчивость к вибрации и ударам;
- высокий КПД;
- низкое энергопотребление;
- высокую световую температуру;
- экологичность.

Кроме того лампы различаются по типу применяемого соединения с патроном (цоколя). Тип соединения с патроном обычно указывается на корпусе. Существуют следующие виды цоколей, применяемых на автомобилях.

### ***Софитный (S)***

Софитные лампочки преимущественно используются для подсветки салона, номерных знаков, багажника или перчаточного ящика. Они расположены между подпружиненными контактами, что делает их похожими на предохранители. В маркировке обозначаются буквой S.

### ***Фланцевый (Р)***

Цоколи данного типа обозначаются буквой Р и применяются, главным образом, в фарах дальнего и ближнего света, где необходимо четкое положение спирали относительно корпуса. Также такие лампы называют фокусирующими.

### ***Бесцокольный (W)***

Лампы этого типа обозначаются буквой W. На приливах колбы формируются проволочные петельки и крепятся за счет упругости контактов, которые обхватывают эти петли. Такие лампочки вынимаются и монтируются без поворота. Как правило, это миниатюрный стандарт (Т). Широко применяются в автомобилях и в гирляндах.

### ***Штифтовой (В)***

Лампы со штифтовым цоколем наиболее широко применяются в автомобилях. Такое соединение также называют байонетным, когда цоколь фиксируется в патроне через поворот.

Габаритные фонари служат для светового обозначения габаритных размеров машины в условиях плохой видимости и для подачи светового сигнала перед поворотом. Свет габаритных фонарей должен быть виден на расстоянии не менее 100 м.

Задний габаритный фонарь используют как задний указатель поворота. Он состоит из корпуса, рассеивателя, ободка и двух патронов с лампами. Корпус фонаря разделен перегородкой на две части. В нижней части фонаря установлена лампа силой света 3 Вт. Она служит для обозначения габаритов машины ночью при стоянках и движении, а также для освещения номерного знака. В верхней части фонаря установлена лампа силой света 21 кд. Она загорается при нажатии на педаль тормоза и служит для предупреждения водителей сзади идущего транспорта о торможении (свет «Стоп»), а также используется для указания направления поворота машины. Фонари имеют рассеиватель рубинового цвета, который одновременно служит отражателем света.

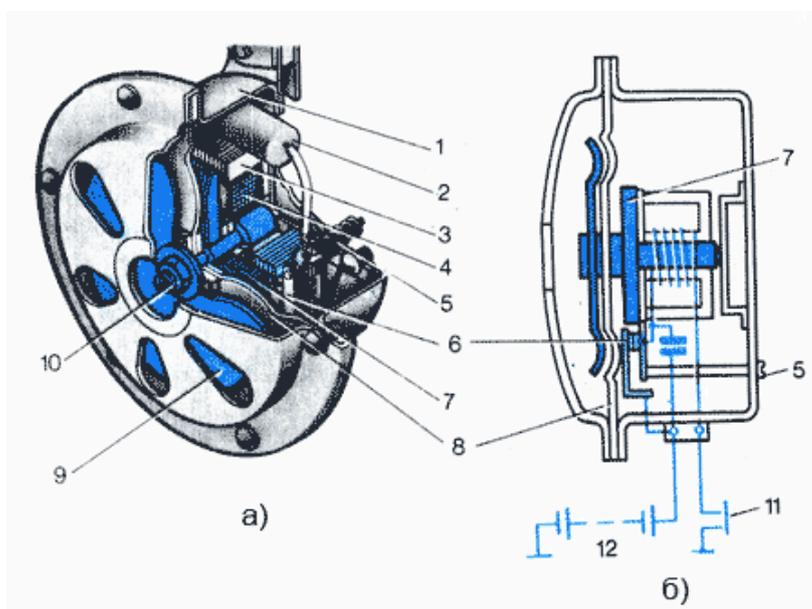
Указатель поворотов предназначен для предупреждения о предстоящем маневре трактора или автомобиля. В него входят сигнальные лампочки, пере-

ключатель и прерыватель (реле). Наибольшее распространение получил электромагнитный прерыватель тока.

### Вспомогательное электрооборудование

К вспомогательному электрооборудованию относятся электрические звуковые сигналы, электрические стекло- и фароочистители, электродвигатели отопителей, вентиляторов и других механизмов.

**Звуковой сигнал** (рис. 45) - электромагнитный, вибрационного типа. Он состоит из корпуса Ш-образного сердечника с обмоткой 4 (электромагнита), стальной мембраны 8, якоря 7 и прерывателя 6. Обмотка электромагнита соединена в электрическую цепь с аккумуляторной батареей через кнопку, расположенную на рулевом колесе. В неработающем сигнале контакты прерывателя сомкнуты. Параллельно контактам прерывателя установлен конденсатор 2, предупреждающий их подгорание.



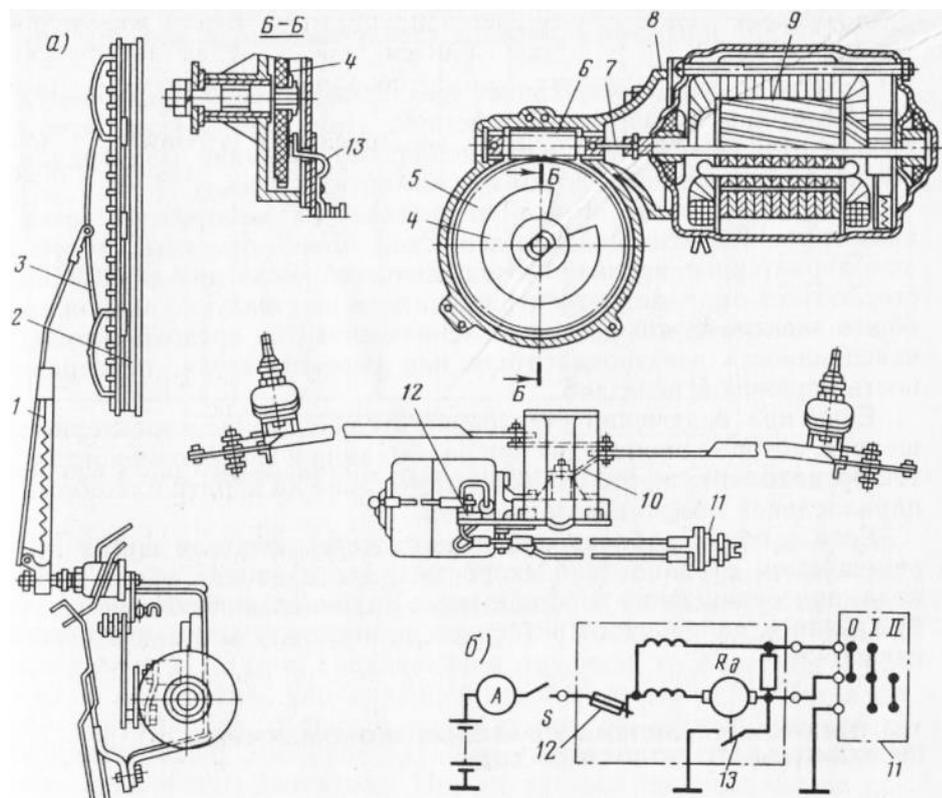
**Рисунок 4 - Звуковой сигнал:**

а - устройство, б - схема работы;

1 - корпус, 2 - конденсатор, 3 - сердечник электромагнита, 4 - обмотка электромагнита, 5-регулирующий винт, 6 - прерыватель, 7 - якорь, 8 - мембрана, 9 -резонатор, 10 - центральный винт, 11-кнопка сигнала.

Нажимая на кнопку 11 сигнала, замыкают цепь. Электрический ток, проходя по обмотке, намагничивает сердечник 3, который притягивает якорь 7. Перемещение якоря вызывает размыкание контактов прерывателя. Ток перестает поступать в обмотку сердечника. Сердечник размагничивается, а якорь под действием упругой мембраны 8 занимает прежнее положение. Затем контакты снова смыкаются, и ток идет по обмотке сердечника. Пока нажата кнопка сигнала, контакты размыкаются и замыкаются, а мембрана колеблется, издавая звук. Тон звука изменяют регулировочным винтом 5, расположенным на корпусе сигнала.

Стекло- и фарочистители совместно с омывателями предназначены для очистки от атмосферных осадков и грязи ветрового и заднего стекла, а также наружных стекол фар головного освещения. Электрический стеклоочиститель состоит из электродвигателя 9, червячного или цилиндрического редуктора 6, кривошипно-рычажного механизма 10, щеток 3 и переключателя 13 (рис. 5).



**Рисунок 5 – Устройство механизма стеклоочистителя**

В качестве электродвигателей применяют двигатели постоянного тока параллельным или смешанным возбуждением, а также с возбуждением от постоянных магнитов. Используют одно- или двухскоростные электродвигатели.

Эффективность действия стеклоочистителей повышается при использовании омывателя, состоящего из резервуара для жидкости, насоса с электроприводом и жиклеров. По способу удаления грязи со стёкол фар электрические фароочистители разделяют на механические и струйные. Механический фароочиститель состоит из электродвигателя, механической передачи, щеток, а также омывателя стекла. На некоторых автомобилях применяются струйные фароочистители, жиклеры которых, установленные перед фарами, направляют жидкость с большой скоростью на внешнее стекло фары.

Привод в действие вентиляторов обдува ветрового и заднего стекол, системы обогрева кузова и приточной вентиляции кабины осуществляется в основном двухполюсными электродвигателями постоянного тока с последовательным или параллельным возбуждением. В последнее время все шире стали применяться двигатели с возбуждением от постоянных магнитов.

На некоторых легковых автомобилях применяются в системе охлаждения двигателя вентиляторы с электроприводом. Вентиляторы включаются автоматически термодатчиком. При этом обеспечивается экономия топлива и более быстрый прогрев двигателя. Электродвигатели используются также для подъема и опускания антенны радиоприемника, стекол дверей и т.д.

Современная техника постоянно совершенствуется. Многие системы для оптимизации их работы управляются электронными блоками с определённым набором датчиков. Поэтому кроме перечисленных выше потребителей электрического тока электроэнергия расходуется и на питание так называемых «интеллектуальных» систем.

### **Контрольно-измерительные приборы**

Контрольно-измерительные приборы служат для контроля за работой смазочной системы и охлаждения двигателя, наличия топлива в баке и заряда

аккумуляторной батареи. К ним относятся указатели давления масла, температуры охлаждающей жидкости, уровня топлива в баке, амперметр и аварийные сигнализаторы пониженного давления масла и перегрева двигателя. Все указатели смонтированы на щитке приборов. Их датчики расположены в зоне измеряемых показателей.

**Указатель давления масла** - манометр служит для определения давления масла в смазочной системе двигателя. Он состоит из датчика и указателя.

В датчик входит корпус с диафрагмой и ползунковый реостат. Подвижный контакт реостата соединен с диафрагмой. Когда давление в магистрали смазочной системы двигателя увеличивается, диафрагма прогибается и перемещает подвижный контакт реостата, изменяя его сопротивление.

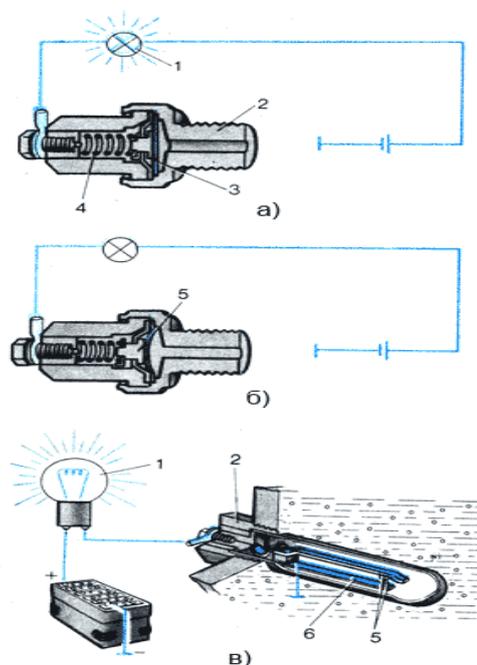
Электромагнитный указатель состоит из корпуса с экраном, предотвращающим влияние посторонних магнитных полей, трех катушек, подвижного постоянного магнита со стрелкой, укрепленной подвижно на оси, и неподвижного постоянного магнита для установки стрелки на нулевое деление шкалы.

При протекании тока по катушкам создается результирующее магнитное поле. Взаимодействуя с этим магнитным полем, стрелка с подвижным постоянным магнитом устанавливается в определенное положение, соответствующее подвижному контакту реостата датчика или давлению масла в магистрали смазочной системы двигателя.

Устройство указателя температуры охлаждающей жидкости аналогично устройству указателя давления масла.

Датчик указателя температуры представляет собой терморезистор - полупроводниковую шайбу, установленную в металлическом корпусе. Сопротивление шайбы меняется в зависимости от изменения ее температуры. Изменение температуры охлаждающей жидкости вызывает резкое изменение сопротивления датчика, что вызывает изменение тока в катушках указателя, и результирующее магнитное поле поворачивает постоянный магнит со стрелкой на деление шкалы, соответствующее температуре охлаждающей жидкости.

**Аварийные сигнализаторы** предупреждают водителей о недопустимом повышении температуры жидкости в системе охлаждения и падения давления масла в смазочной системе двигателя. В них входят датчик и сигнальная лампа на щитке приборов.



### Рисунок 6 - Аварийный сигнализатор:

а, б - давления масла, в - температуры охлаждающей жидкости;  
 1 - сигнальная лампа, 2 - датчик, 3 - диафрагма, 4 - пружина, 5 - контактное устройство, 6 - биметаллическая

Датчик сигнализатора аварийного давления масла (рис. 2, а, б) состоит из корпуса, диафрагмы 3, пружины 4 и контактного устройства 5. При отсутствии давления в магистрали смазочной системы двигателя диафрагма выгибается под действием пружины в сторону от контактов и лампа загорается (рис. 2, а). При нормальном давлении масла диафрагма выгибается в противоположную сторону, замыкает контакты и сигнальная лампа гаснет (рис. 2, б).

Датчик аварийного сигнализатора перегрева двигателя (рис. 2, в) установлен в верхней бачке радиатора. Он состоит из корпуса с латунной гильзой, в которой находятся два контакта 5. Неподвижный контакт соединен с «массой»,

а подвижный контакт закреплен на упругой биметаллической пластине 6, изолированной от «массы». Снаружи биметаллическая пластина соединена через зажим с сигнальной лампой 1.

При нормальной температуре охлаждающей жидкости контакты датчика разомкнуты. Если температура жидкости выше расчетной, биметаллическая пластина изогнется настолько, что контакты замкнутся и включают в электрическую цепь сигнальную лампочку.

**Устройство указателя уровня топлива** аналогично устройству описанных выше указателей давления масла и температуры охлаждающей жидкости. Датчик указателя представляет собой реостат, смонтированный в металлическом корпусе. Реостат изменяет сопротивление в зависимости от уровня топлива в баке, поскольку его подвижный контакт (ползунок) соединен с рычагом, на конце которого установлен поплавок. Сила тока и магнитное поле левой катушки зависят от положения ползунка 9 реостата. При полном баке обмотка реостата включена полностью, а сила тока в левой катушке незначительна. В этом случае результирующее магнитное поле всех катушек повернет стрелку с магнитом на отметку «П» (полный бак).

По мере уменьшения уровня топлива в баке сила тока левой катушки увеличивается, так как сопротивление реостата уменьшается и результирующее магнитное поле катушек перемещает стрелку указателя в сторону нулевой отметки. Резистор включен в цепь катушек как тепловой компенсатор.

**Амперметр** служит контролёром заряда аккумуляторной батареи и работы генератора. Амперметр включают в электрическую цепь последовательно. Он состоит из корпуса, латунной шины, постоянного магнита, якоря с осью, стрелки и шкалы. Стрелка закреплена с якорем на оси.

Когда ток в латунной шине отсутствует, якорь расположен вдоль постоянного магнита и удерживает стрелку у нулевого деления шкалы. При протекании электрического тока по латунной шине якорь устанавливается вдоль созданных магнитных силовых линий вокруг шины, поворачиваясь вместе со стрелкой на определенный угол.

Величина направления угла поворота стрелки с якорем зависит от силы направления тока в шине. Если стрелка отклоняется к знаку «+», значит - батарея заряжается, а если к знаку «-» - разряжается.

**Электродвигатели постоянного тока** применяют в автотракторном электрооборудовании для привода вентиляторов, устанавливаемых в кабине и подающих теплый воздух в кабину, а также для привода электрического стеклоочистителя.

Наибольшее распространение получили двухполюсные электродвигатели с последовательным включением обмотки возбуждения. Основные составные части электродвигателя - электромагнит и якорь. Электромагнит представляет собой полюсные башмаки с обмотками возбуждения, смонтированные в корпусе электродвигателя. Якорь состоит из вала, сердечника, обмотки и коллектора.

Электродвигатель отопителя включен в цепь через переменный резистор, с помощью которого можно изменять частоту вращения вала вентилятора.

### **Устройства защиты электрических цепей**

**Предохранители** применяют в автотракторном электрооборудовании для защиты потребителей, источников тока и проводов от тока короткого замыкания и перегрузок. Предохранители объединены в блок, который установлен недалеко от щитка приборов.

Вставки предохранителей пронумерованы. Каждая вставка защищает свою электрическую цепь. Предохранители бывают одноразовыми (плавкими) и многоразовыми (термобиметаллическими).

Основная задача плавких предохранителей – защита электрической цепи и электрооборудования от сверхтоков, возникающих при коротком замыкании или в результате критических перегрузок. При этом они обеспечивают бесперебойную работу защищаемых цепей в номинальном режиме. При прохождении номинальных токов через проволоку вставки, она незначительно нагревается, не достигая температуры плавления. Но в режиме короткого замыкания резко возрастает величина тока, что приводит к плавлению вставок. Это приводит к

разрыву цепи. Благодаря доступности блока предохранителей разрушенный элемент легко заменить. Но прежде необходимо устранить причину возникновения нештатной ситуации. Таким образом, предохранители «вызывают огонь на себя» не позволяя разрушаться проводам в трудно доступных местах, что нередко может привести к возгоранию электропроводки.

Термобиметаллический предохранитель многократного действия применяют в основном для защиты цепей осветительных приборов. Он состоит из корпуса и биметаллической пластины с контактом на конце. Предохранитель рассчитан на ток не более 20 А. Контакт биметаллической пластины прижимается к неподвижному контакту, закрепленному на корпусе, замыкая этим цепь.

Если по биметаллической пластине пройдет ток, превышающий по силе расчетный, то вследствие нагрева биметаллическая пластина выгибается, что приводит к размыканию контактов и разрыву цепи. После охлаждения пластина выпрямляется и вновь замыкает цепь. Если перегрузка в цепи не устранена, то контакты замыкаются и размыкаются многократно, что сопровождается хорошо слышимым щелканьем.

Термобиметаллический предохранитель однократного действия кнопочного типа состоит из корпуса, вмонтированных в него контактов и биметаллической пластины. При перегрузках пластина, выгибаясь, размыкает цепь. Для возвращения пластины предохранителя в первоначальное положение после устранения неисправности в цепи нужно нажать на кнопку.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие элементы и системы относят к потребителям электрической энергии?
2. Какие приборы относят к приборам освещения и сигнализации?
3. Как устроена фара?
4. Какие типы ламп используют в качестве источников света в автотракторных световых приборах?

5. Перечислите вспомогательные электроприборы, устанавливаемые на тракторах и автомобилях.
6. Опишите принцип действия звукового сигнала.
7. Как работает стеклоочиститель?
8. Какие контрольно-измерительные приборы вам известны?
9. Опишите принцип действия измерительных приборов.
10. Опишите принцип действия приборов сигнализации.
11. Как работают и для чего применяются электродвигатели постоянного тока?
12. Какие детали и приспособления применяют для защиты электрических цепей?
13. Чем отличаются друг от друга плавкие и термобиметаллические предохранители?
14. Расскажите о принципе работы одноразового предохранителя.
15. Расскажите о принципе работы многоразового предохранителя.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Болотов А.К., Лопарев А.А., Судницин В.И. Конструкция тракторов и автомобилей. М.: КолосС, 2007.
2. Конструкция тракторов и автомобилей / О.И. Поливаев, О.М. Костиков, А.В. Ворохобин, О.С. Ведринский. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 288 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
4. Семенов В.М., Власенко В.Н. Трактор. М.: Агропромиздат, 1989. 352 с.

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ.....	3
2. МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	16
3. СИСТЕМА СМАЗКИ ДВС.....	24
4. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС.....	35
5. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ДВС.....	45
6. СИСТЕМА ПИТАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВС.....	60
7. СИСТЕМА ПИТАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВС.....	78
8. СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВС.....	97
9. СИСТЕМЫ ПУСКА ДВС.....	120
10. СИСТЕМА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЧАСТЬ 1.....	133
11. СИСТЕМА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЧАСТЬ 2.....	148
ЛИТЕРАТУРА.....	165
СОДЕРЖАНИЕ.....	166

Учебное издание

Кузьменко Игорь Владимирович

# **МЕХАНИЗМЫ И СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Учебное пособие для выполнения курса лабораторных работ  
по дисциплине «Тракторы и автомобили»  
для студентов инженерно-технологического института  
по направлению подготовки:  
35.03.06 Агроинженерия  
профиль: Технические системы в агробизнесе  
профиль: Технический сервис в АПК

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 24.01.2022 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 9,70. Тираж 25 экз. Изд. № 7187.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ