

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВС

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-37 01 02 «Автомобилестроение (по направлениям)»  
очной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 621.43  
ББК 39.35  
О89

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «19» января 2022 г., протокол № 6

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. В. Кузнецов

Рецензент канд. техн. наук В. В. Кутузов

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение (по направлениям)» очной формы обучения.

Учебно-методическое издание

## ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВС

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

Введение .....	4
1 Лабораторная работа № 1. Исследование конструкций КШМ автотракторных ДВС .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Исследование конструкций ГРМ четырехтактных ДВС .....	11
3 Лабораторная работа № 3. Исследование особенностей двухтактных ДВС .....	15
4 Лабораторная работа № 4. Исследование конструкций систем впуска и выпуска ДВС .....	18
5 Лабораторная работа № 5. Исследование конструкций систем подачи топлива дизелей .....	22
6 Лабораторная работа № 6. Исследование конструкций систем подачи топлива ДВС с принудительным воспламенением .....	30
7 Лабораторная работа № 7. Исследование конструкций систем охлаждения ДВС .....	35
8 Лабораторная работа № 8. Исследование конструкций систем смазки ДВС .....	38
Список литературы.....	43

## Введение

С помощью самоходной техники (автомобилей, тракторов, строительно-дорожных машин и т. п.) выполняется большой объём транспортных работ, связанных с перемещением грузов и пассажиров. Характеристики и параметры двигателя любой самоходной машины определяют её важнейшие эксплуатационные свойства – производительность, экономичность, эргономичность, экологичность, надёжность и др. Поэтому будущим специалистам необходимо знать основы теории и проектирования двигателей внутреннего сгорания (ДВС), которые используют на указанных машинах.

Целью учебной дисциплины «Основы теории и проектирования ДВС» является формирование у студентов комплекса знаний по конструкции, теории и методам проектирования ДВС, применяемых на самоходных машинах.

Целью лабораторных работ является изучение назначения, структуры и взаимодействия элементов механизмов и систем ДВС автотракторного типа.

Подготовка к лабораторным занятиям заключается в изучении материалов по теме лабораторной работы (учебников, специальной литературы, конспектов лекций, методических пособий и т. п.).

Организация лабораторных работ предполагает самостоятельное проведение исследований по заданной теме и анализ конструкций с помощью наглядных пособий, стендов и плакатов в присутствии преподавателя-консультанта.

Отчёт по каждой лабораторной работе оформляется в тетради по общепринятым правилам вузов и во время защиты представляется преподавателю.

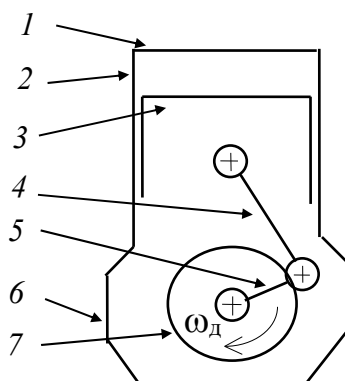
Отчёт содержит следующие разделы:

- назначение изучаемого механизма или системы;
- типовые принципиальные схемы механизмов (систем);
- обозначение основных частей механизма (системы);
- графики, таблицы и т. п. в соответствии с лабораторной работой.

В отчёте на схемах необходимо давать обозначения основных элементов, а в текстовой части – их наименование.

## 1 Лабораторная работа № 1. Исследование конструкций КШМ автотракторных ДВС

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) поршневого ДВС предназначен для преобразования поступательного движения поршня во вращательное движение маховика и наоборот. Схема КШМ показана на рисунке 1.1.



1 – головка; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – шатун; 5 – коленчатый вал; 6 – картер; 7 – маховик

Рисунок 1.1 – Схема КШМ

КШМ состоит из неподвижных и подвижных деталей.

К основным неподвижным элементам КШМ относят цилиндр, головку, картер (рисунок 1.2). Внутренняя поверхность цилиндра является направляющей для поршня. Головка служит крышкой для рабочей полости цилиндра. Картер используется в качестве опор для коленчатого вала и совместно с масляным картером (поддоном) является резервуаром для смазочного материала. К неподвижным деталям двигателя также относятся различные крышки, прокладки, картер маховика и др.

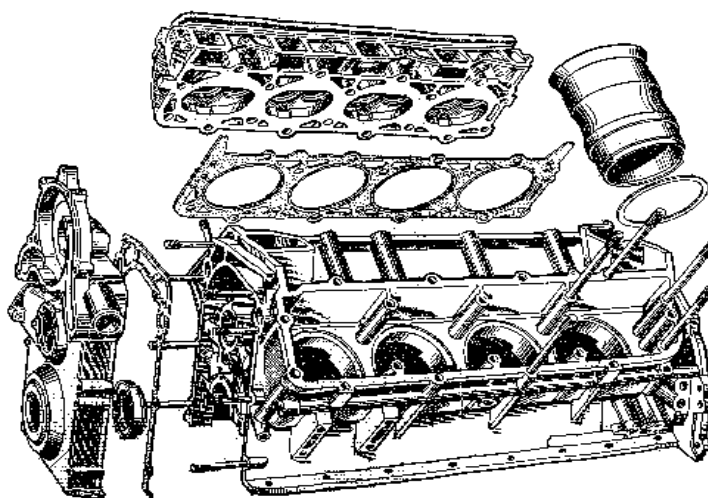


Рисунок 1.2 – Неподвижные детали ДВС

Базовой, наиболее сложной и дорогостоящей деталью многоцилиндрового двигателя является блок цилиндров. Это отливка, объединяющая несколько цилиндров. Для увеличения жёсткости корпусных частей мотора, уменьшения массы и себестоимости часто в одной отливке объединяют блок цилиндров и картер. В этом случае такая деталь называется блок-картер и выполняет функции несущей системы двигателя, т. е. воспринимает все нагрузки, действующие в моторе: тепловые, силы давления газов, силы инерции поступательно движущихся и вращающихся масс. Часто из компоновочных соображений и для уменьшения боковых сил поршня делают некоторое смещение оси цилиндра относительно вертикальной оси коленчатого вала (дезаксиальный КШМ).

Принятая компоновочная схема двигателя (расположение цилиндров) определяет конструкцию блок-картера. Для самоходных машин применяются следующие ДВС (рисунок 1.3):

- однорядные с положением цилиндров:
  - а) вертикально (см. рисунок 1.3, а);
  - б) горизонтально (см. рисунок 1.3, б);
  - в) наклонно (см. рисунок 1.3, в);
- двухрядные:
  - а) V-образные (см. рисунок 1.3, г);
  - б) оппозитные (см. рисунок 1.3, д).

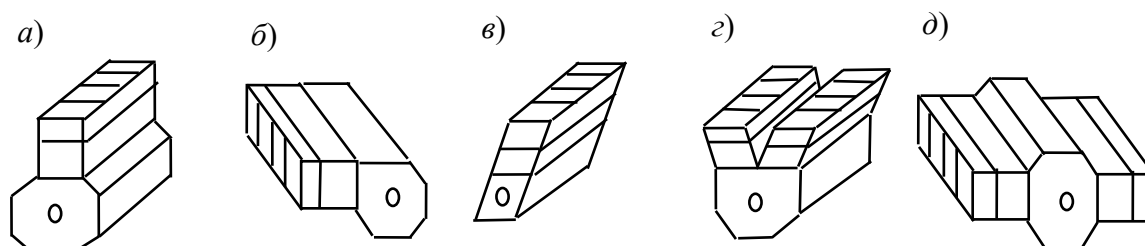


Рисунок 1.3 – Компоновочные схемы ДВС самоходных машин

Например, на современных легковых автомобилях наибольшее применение находят рядные наклонные ДВС, что обеспечивает снижение высоты капота. На автобусах для понижения уровня пола салона предпочтительны горизонтальные и оппозитные моторы. На тракторах, строительно-дорожных машинах и грузовиках чаще применяют рядные вертикальные или V-образные двигатели.

По конструктивному исполнению различают три типа несущих систем моторов:

- 1) с несущим блоком цилиндров (ВАЗ, VW, ...);
- 2) с несущими рубашками (ММЗ, ЯМЗ, ...);
- 3) с несущими шпильками (В-2, Д-144, ...).

В конструкциях несущих систем двигателей первого типа отсутствуют вставные «мокрые» гильзы, хотя для увеличения износостойкости цилиндров могут применяться короткие «сухие» гильзы (ВАЗ-2101). Такие блок-картеры имеют наибольшую жёсткость и наименьшую массу при прочих равных условиях. Однако для их производства нужна сложная литейная оснастка.

Для упрощения отливки блок-картера двигателя с жидкостным охлаждением часто используют вставные «мокрые» гильзы. Такие гильзы уплотняются кольцами. В этом случае пространство между гильзами цилиндров и стенками блок-картера образует рубашку охлаждения и заполняется циркулирующей охлаждающей жидкостью.

Несущие системы двигателей третьего типа имеют блок цилиндров и картер в виде отдельных деталей, которые соединяются вместе с головкой с помощью длинных (анкерных) шпилек, ввёрнутых в картер. Такую конструкцию используют на крупногабаритных моторах, например, В-2 и ДВС с воздушным охлаждением. Жёсткость такой конструкции наименьшая.

На двигателях самоходных машин применяют два типа картеров:

- с разъёмными крышками коренных подшипников коленчатого вала;
- без разъёмных коренных подшипников коленчатого вала (тоннельный тип).

Тоннельный картер используется довольно редко. Однако жёсткость такой конструкции наибольшая, материалоемкость наименьшая, но сложность отливки несколько выше в сравнении с первыми указанными типами.

Основными подвижными деталями КШМ являются поршни с кольцами и поршневыми пальцами, шатуны, коленчатый вал с подшипниками, маховик. Эти детали образуют так называемый КШМ тронкового типа (рисунок 1.4).

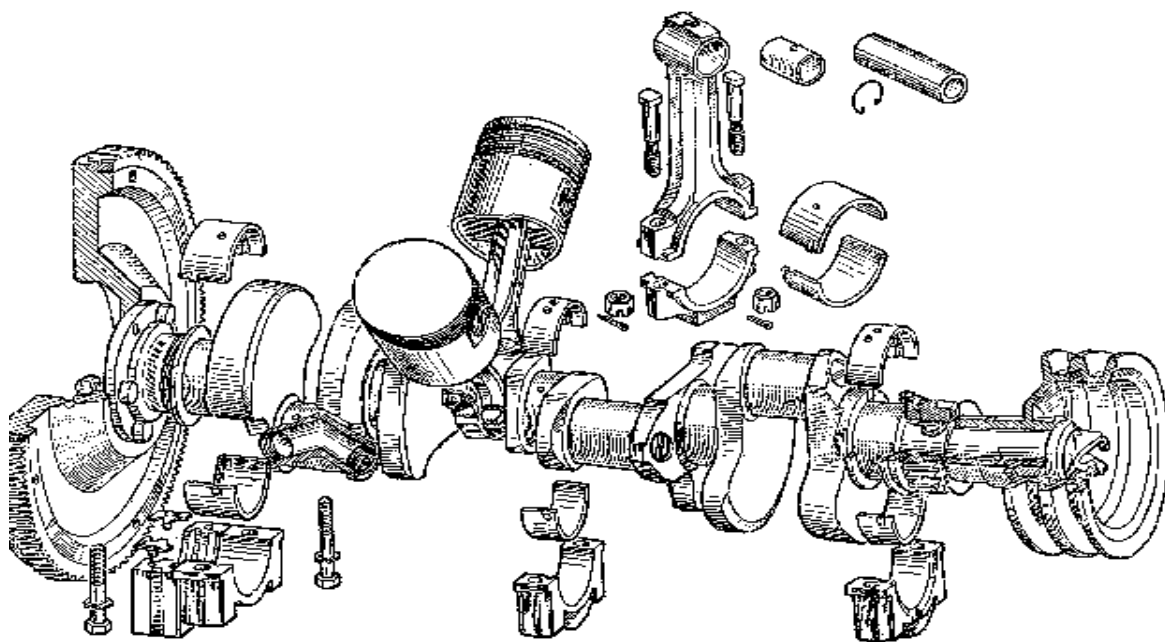


Рисунок 1.4 – Подвижные детали КШМ V-образного двигателя

Одной из наиболее сложных подвижных деталей КШМ является коленчатый вал. Он состоит из коренных (опорных) и шатунных шеек, которые соединяются щёками. Для разгрузки коренных опор от сил инерции на продолжении щёк часто делают противовесы, которые могут отливаться (штамповаться) вместе с щёками или быть прицепными, т. е. присоединяться к щёкам болтами или шпильками с гайками. В задней части коленчатого вала имеется фланец для

крепления маховика, а в передней части – носок (хвостовик) для установки ведущей шестерни (звёздочки или зубчатого шкива) привода газораспределительного механизма, шкива привода генератора, компрессора, насоса гидросилителя и других систем. Коленчатые валы некоторых моделей моторов имеют шестерни привода механизмов в средней или задней своей части.

Внутри коленчатого вала выполняют сверления для подвода масла к подшипникам скольжения, а также для улавливания продуктов износа.

Если применяется картер с разъёмными коренными опорами, то коленчатый вал называется подвесным. В этом случае используются подшипники скольжения в качестве шатунных и коренных, их выполняют в виде стальных вкладышей (полуколец) с антифрикционным покрытием на внутренней стороне и специальными отгибами (выступами) для предотвращения проворота. При тоннельном картере коленчатый вал вставляется спереди или сзади, а его коренные подшипники могут быть неразъёмными (рисунок 1.5), например, подшипниками качения (шариковыми или роликовыми), которые используют как на малогабаритных двухтактных карбюраторных моторах, так и на мощных четырёхтактных дизелях, например, ЯМЗ-240.

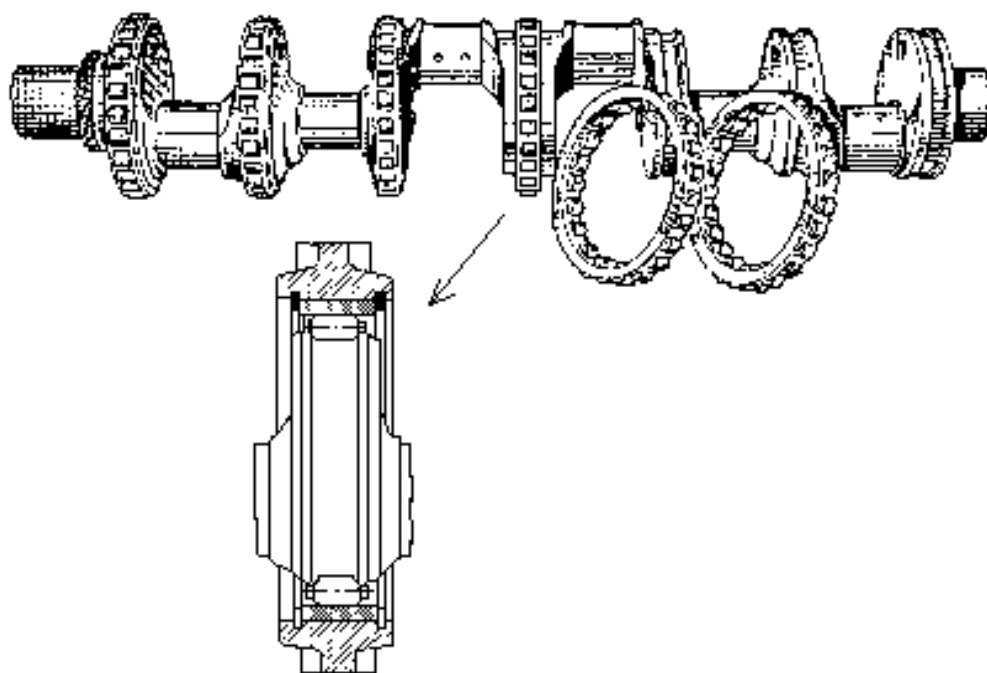


Рисунок 1.5 – Коленчатый вал дизеля ЯМЗ-240

На коленчатый вал воздействуют, помимо радиальных, значительные осевые силы, например, при выключении сцепления или экстренном торможении. Для восприятия этих сил предусматриваются упорные подшипники, часто выполняемые в виде полушайб, устанавливаемых на одной из коренных опор.

Маховик является элементом КШМ, системы запуска и трансмиссии. В кривошипно-шатунном механизме он выполняет функции аккумулятора кинетической энергии, которая накапливается маховиком во время рабочего хода и отдаётся им при других тактах. Момент инерции маховика  $J_M$  составляет



примерно 90 % от приведенного к оси коленчатого вала суммарного момента инерции всех подвижных деталей поршневого двигателя. На маховике имеется зубчатый венец, с которым входит в зацепление во время запуска шестерня привода стартера или пускового двигателя. В трансмиссии машины маховик ДВС выполняет функции ведущего элемента. Он сглаживает колебания крутящего момента и угловой скорости. К торцовой поверхности маховика прижимается ведомый диск сцепления.

Шатун предназначен для шарнирной связи поршня с коленчатым валом. Основными элементами шатуна являются нижняя (кривошипная), верхняя (поршневая) головки и стержень. Ввиду того, что шатун находится в сложном напряжённом состоянии от сжатия, растяжения и изгиба, стержень его имеет двутавровое поперечное сечение. Нижнюю головку, которая взаимодействует с коленчатым валом, как правило, делают разъёмной для обеспечения сборки с неразборным коленчатым валом. При этом плоскость разъёма может находиться не под прямым углом к оси стержня шатуна, что довольно часто делается на V-образных моторах для обеспечения установки в цилиндр поршня с шатуном со стороны головки блока цилиндров. В верхнюю головку шатуна часто запрессовывают втулку из антифрикционного материала, к которой может подводится смазка по каналу в стержне шатуна. В некоторых конструкциях (ВАЗ-2108) в верхнюю головку непосредственно запрессовывается поршневой палец при сборке поршня с шатуном. В этом случае нет необходимости в антифрикционной втулке и в стопорных кольцах пальца.

Поршневой палец выполняют в виде толстостенной трубки. Он является элементом верхнего (поршневого) шарнира КШМ, обеспечивающего связь шатуна с поршнем. Если палец имеет возможность проворачиваться и в верхней головке шатуна, и в поршне, то такой палец называется плавающим. От осевого смещения он фиксируется в поршне стопорными кольцами.

Одной из наиболее сильно нагруженных деталей КШМ является поршень, который выполняет функции подвижной стенки камеры сгорания. Днище поршня совместно с цилиндром и головкой образует поверхность, отделяющую газ (рабочее тело) от внешней среды.

Конструктивно поршень выполняется в виде перевёрнутого стакана, в средней части которого имеются утолщения (рисунок 1.6), называемые бобышками. Они служат для шарнирного соединения с шатуном посредством поршневого пальца, т. е. являются подшипниками скольжения. Часть поршня, расположенная выше бобышек, называется головкой, а ниже – юбкой. Головка поршня является его уплотняющей частью, а юбка – направляющей. В головке поршня имеются кольцевые канавки для установки в них поршневых колец. Вверху размещаются компрессионные (уплотнительные) кольца, а внизу маслосъёмные. На поршне двигателя самоходной машины обычно устанавливается от двух до четырёх компрессионных колец и одно или два маслосъёмных, которых часто делают составными, т. е. имеющими по два тонких кольца-сегмента с осевыми и радиальными расширителями (пружинами). В канавке под маслосъёмное кольцо выполняют радиальные отверстия для отвода излиш-

ков масла. В малоразмерных двухтактных моторах, например мотоциклетных, маслосъёмные кольца часто не предусматривают.

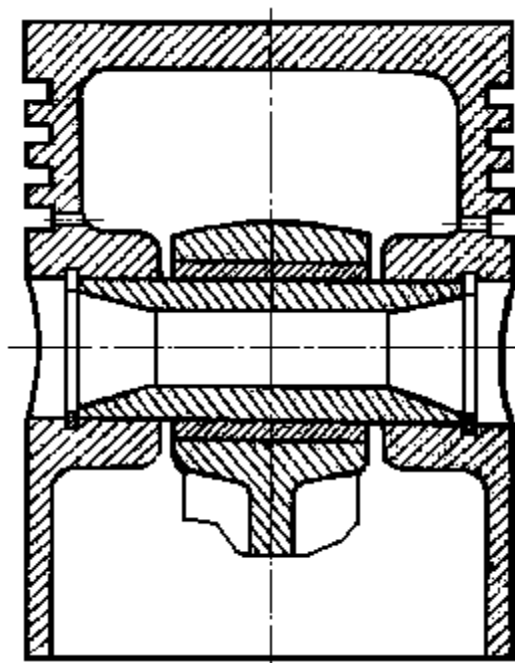


Рисунок 1.6 – Поршень с плавающим пальцем и верхней головкой шатуна

В днище поршня дизеля с непосредственным впрыском топлива выполняется камера сгорания. У двигателя с принудительным воспламенением днище поршня, как правило, плоское (см. рисунок 1.6), иногда с фрезеровками для исключения касания его тарелками клапанов. В юбке поршня делают вырезы (осевые, наклонные, Т-образные) для исключения заклинивания поршня в цилиндре при нагреве. Иногда с этой целью в юбку вплавляют кольцевые или сегментные вставки из сплава с малым коэффициентом расширения. Также для лучшего уплотнения и исключения заклинивания поршень часто имеет эллиптические поперечное и продольное сечения. Для облегчения поршня иногда его юбку делают не в виде правильного цилиндра, а неправильной формы, имеющей большую длину в плоскости качания шатуна. На некоторых моделях двигателей юбка поршня вообще отсутствует.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение кривошипно-шатунного механизма.
- 2 Классификация поршневых двигателей внутреннего сгорания.
- 3 Структура КШМ.
- 4 Конструкция неподвижных деталей КШМ.
- 5 Конструкция коленчатого вала.
- 6 Конструкция поршня и поршневых колец.
- 7 Конструкция шатуна.
- 8 Конструкция маховика.

## 2 Лабораторная работа № 2. Исследование конструкций ГРМ четырехтактных ДВС

Газораспределительный механизм (ГРМ) предназначен для своевременного сообщения полости цилиндра со средой, т. е. с впускными и выпускными каналами (трубопроводами) двигателя.

В ДВС применяют клапанные, золотниковые или комбинированные ГРМ. Причём четырёхтактные моторы имеют исключительно клапанные газораспределительные механизмы (рисунок 2.1).

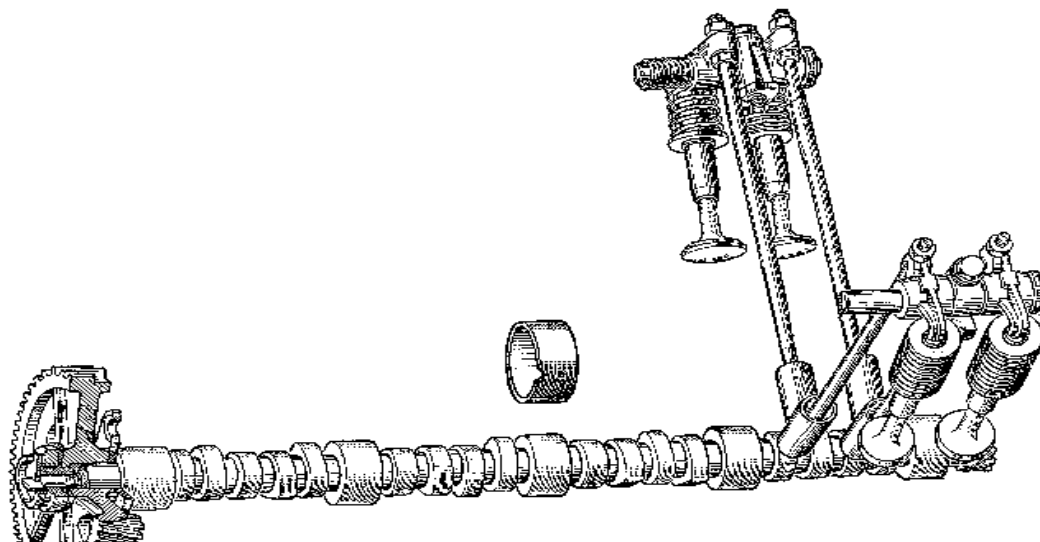


Рисунок 2.1 – ГРМ с верхним расположением клапанов

Основные элементы клапанного ГРМ:

- клапаны с сёдлами, возвратными пружинами, упорными тарелками пружин и сухарями;
- распределительный (кулачковый) вал с ведомой шестерней (звёздочкой или зубчатым шкивом);
- механизм привода распределительного вала (шестерённый, цепной или зубчатым ремнём);
- детали привода от распределительного вала к клапанам (толкатели, штанги, одно- или двуплечие рычаги с их валиками и др.).

Различают ГРМ:

- с нижним расположением клапанов, если стержень клапана расположен ниже тарелки, а сами клапаны устанавливаются в направляющих втулках блока цилиндров (рисунок 2.2);
- с верхним расположением клапанов, если стержень клапана находится выше тарелки и клапаны устанавливаются в направляющих втулках головки блока цилиндров.

Работа ГРМ и КШМ строго синхронизирована посредством механизма привода, т. е. положению поршней в цилиндрах должно соответствовать строго определённое положение клапанов. Эту связь показывает диаграмма фаз газо-

распределения (рисунок 2.3). Если ДВС четырёхтактный, то распределительный вал имеет угловую скорость в 2 раза меньше по сравнению с коленчатым. Это связано с тем, что за полный рабочий цикл (два оборота коленчатого вала) распределительный вал делает только один оборот, т. е. он один раз открывает и закрывает каждый клапан.

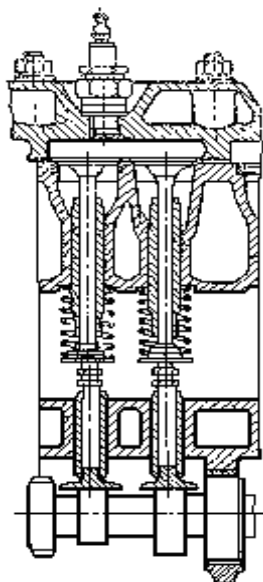


Рисунок 2.2 – ГРМ с нижним расположением клапанов

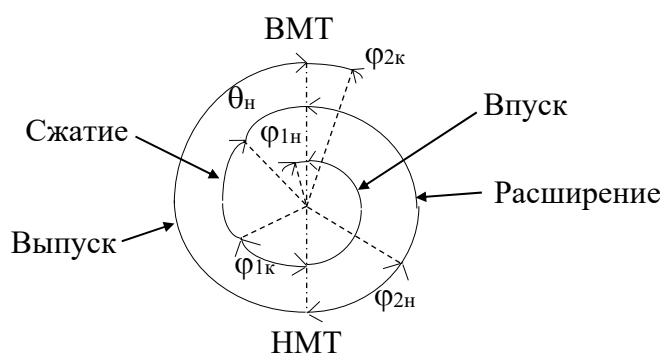


Рисунок 2.3 – Диаграмма фаз газораспределения четырёхтактного ДВС

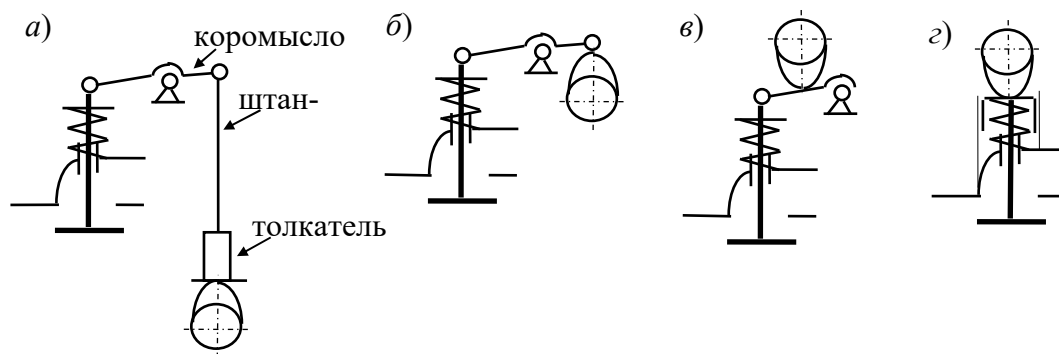
Впускной клапан открывается с некоторым опережением (то есть до прихода поршня в ВМТ), характеризуемым углом поворота коленчатого вала (ПКВ)  $\varphi_{1н}$  (см. рисунок 2.3). Это объясняется необходимостью, с одной стороны, иметь достаточно большой проход между клапаном и седлом в начале такта впуска, с другой – иметь перекрытие клапанов, т. е. совместное открытие впускного и выпускного ( $\varphi_{1н} + \varphi_{2к}$ ) для лучшего охлаждения свечи или форсунки свежим зарядом. Закрытие впускного клапана в современных автотракторных моторах производится значительно позже НМТ (угол  $\varphi_{1к}$ ), что связано с необходимостью увеличить наполнение цилиндра за счёт сил инерции входящего воздуха. Выпускной клапан начинает открываться до прихода поршня в НМТ (угол  $\varphi_{2н}$ ), а закрывается уже на такте впуска следующего цикла (угол

( $\varphi_{2к}$ ). В период от начала открытия выпускного клапана до НМТ из цилиндра выходит более половины газов за счёт избыточного их давления.

Клапан является финишным элементом ГРМ и предназначен для сообщения полости цилиндра согласно фазам газораспределения с соответствующим каналом, т. е. с одноимённым данному клапану. В остальное время рабочего цикла клапан должен надёжно изолировать полость цилиндра от соответствующего канала. Часто применяют две пружины на клапан, причём с навивкой в разные стороны. Это необходимо для обеспечения работоспособности клапанного механизма и мотора в целом в случае поломки пружины.

Распределительный вал служит для преобразования вращательного движения в поступательное. При набегании кулачка распределительного вала на толкатель возникают значительные боковые нагрузки, которые толкатель передаёт корпусным деталям. Осевые усилия передаются следующим за толкателем подвижным деталям ГРМ, которые, преодолевая силу пружины, открывают клапан. Стержень клапана и толкатель находятся в направляющих антифрикционных втулках.

Распределительный вал может располагаться как в блок-картере (см. рисунок 2.4, *а*), так и в головке блока (см. рисунки 2.4, *б–г*). В последнем случае упрощается привод от распределительного вала к клапанам, уменьшаются силы инерции, но увеличивается расстояние от оси вращения коленчатого вала до оси распределительного, что увеличивает высоту мотора и усложняет привод распределительного вала. Последний вариант, как правило, используют на высокоскоростных двигателях, хотя иногда применяют и на других.

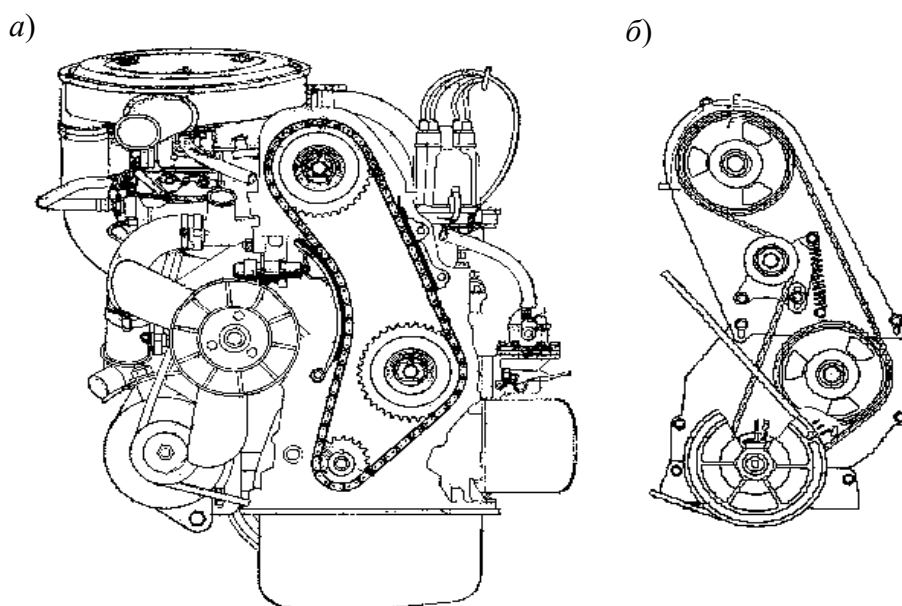


*а* – с нижним расположением распределительного вала; *б–г* – с верхним расположением распределительного вала

Рисунок 2.4 – Схемы ГРМ

При верхнем расположении распределительного вала его привод может осуществляться с помощью шестерённой передачи (двигатель В-2), цепной передачи (ВАЗ-2101...) или зубчатым ремнём (ВАЗ-2105...). В последних двух случаях этот привод имеет два специальных устройства (рисунок 2.5):

- 1) в свободной ветви цепи или зубчатого ремня – натяжитель;
- 2) в рабочей (натянутой) ветви – успокоитель.



*a* – цепная передача ВАЗ-2101; *б* – передача зубчатым ремнём ВАЗ-2105

Рисунок 2.5 – Привод распределительного вала, расположенного в головке

Так как детали ГРМ и корпусные детали двигателя выполняются из различных материалов, имеют различные размеры и массу, то по мере прогрева работающего двигателя они расширяются в разной степени. Чтобы обеспечить плотную посадку клапана в седле при любых режимах работы и в то же время минимизировать шум в работе ГРМ предусматривается нормированный тепловой зазор в приводе каждого клапана. Обычно он составляет десятые доли миллиметра и регулируется в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Существуют моторы, где данный зазор регулируется автоматически с помощью так называемых гидрокompенсаторов (рисунок 2.6).

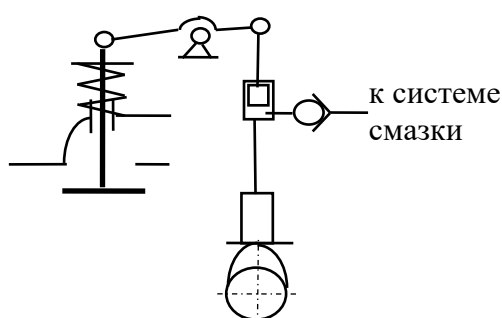


Рисунок 2.6 – Схема ГРМ с гидрокompенсатором теплового зазора

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение газораспределительного механизма.
- 2 Классификация ГРМ.
- 3 Структура ГРМ.
- 4 Конструкция распределительного вала.

- 5 Конструкция клапана.
- 6 Конструкция и назначение толкателя.
- 7 Конструкция механизма привода распределительного вала.
- 8 Диаграмма фаз газораспределения четырёхтактного ДВС.

### 3 Лабораторная работа № 3. Исследование особенностей двухтактных ДВС

На малогабаритной самоходной технике (мопеды, мотоциклы, мотороллеры и т. п.) часто применяют двухтактные двигатели с принудительным воспламенением, основным преимуществом которых перед четырёхтактными является более простая конструкция и большая на 50 %...70 % литровая мощность, что позволяет их сделать более компактными. Однако такие моторы имеют повышенную тепловую напряжённость деталей цилиндропоршневой группы за счёт в 2 раза более частых рабочих ходов по сравнению с четырёхтактными.

Основная проблема в двухтактных двигателях – невозможность обеспечения хорошей очистки цилиндра от отработавших газов. В четырёхтактных ДВС эта задача решается за счёт принудительного выталкивания газов поршнем на такте «Выпуск». Так, степень очистки цилиндра, оцениваемая коэффициентом остаточных газов,

$$\gamma_r = m_r / m_1, \quad (3.1)$$

где  $m_r$  – масса остаточных газов от предыдущего цикла;

$m_1$  – масса свежего заряда, для четырёхтактных ДВС 0,5 %...5 %, а для двухтактных – 10 %...70 %.

Часто в двухтактных ДВС применяют золотниковые ГРМ, обеспечивающие одну из трёх схем газообмена:

- кривошипно-камерную прямоточную продувку (рисунок 3.1);
- кривошипно-камерную петлевую продувку;
- клапанно-оконную прямоточную продувку.

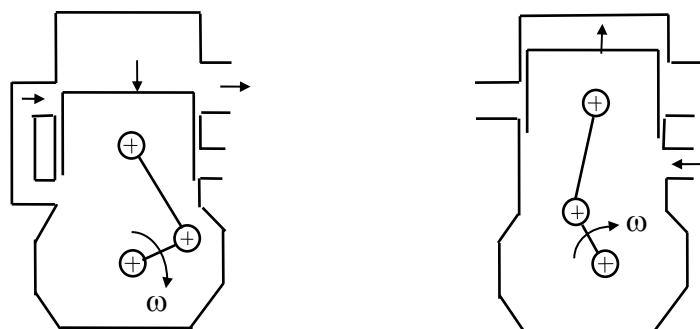


Рисунок 3.1 – Фазы рабочего цикла двухтактного ДВС с прямоточной кривошипно-камерной продувкой

Конструкция ДВС с кривошипно-камерной прямоточной продувкой самая простая. В цилиндре имеется одно выпускное окно и напротив него одно продувочное. Поршень КШМ одновременно выполняет функции золотника ГРМ. К тому же он на такте «Сжатия» засасывает в картер свежий заряд, а на такте «Расширения» вытесняет этот заряд в цилиндр. Эффективность очистки цилиндра от отработавших газов при этой схеме не очень высока.

Двигатель с кривошипно-камерной петлевой продувкой (рисунок 3.2) отличается от предыдущего наличием двух продувочных окон, расположенных напротив друг друга, в результате в цилиндре при продувке имеет место вертикальная петля свежего заряда, которая обеспечивает удовлетворительную очистку цилиндра.

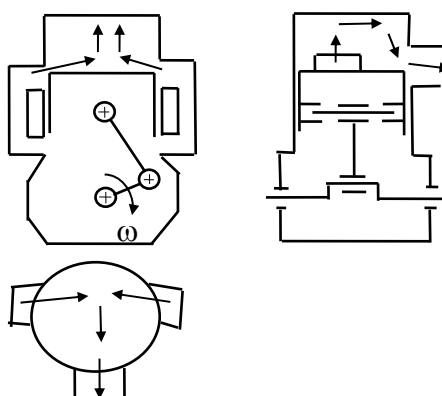


Рисунок 3.2 – Схема газообмена ДВС с петлевой кривошипно-камерной продувкой

При прямоточной клапанно-оконной продувке (рисунок 3.3) степень очистки цилиндра наилучшая. В головке цилиндра такого ДВС имеется выпускной клапан, а в нижней части цилиндра – продувочные окна. В таком моторе необходим компрессор для обеспечения продувки.

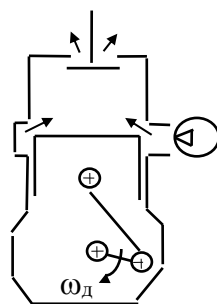


Рисунок 3.3 – Схема газообмена ДВС с прямоточной клапанно-оконной продувкой

На большинстве двухтактных малогабаритных двигателей используется воздушное охлаждение, причём часто без вентиляторов (если ДВС на машине не закрыт какими-либо панелями, как на мотороллерах), что также способствует уменьшению массы и упрощению обслуживания. Однако при этом значителен внешний шум и возможен перегрев при длительной работе с малой скоростью и большими нагрузками.



На указанных моторах в качестве системы зажигания используют как магнето, так и классическую батарейную систему (с генератором, аккумулятором, прерывателем, катушкой зажигания и свечой).

Большинство моделей малогабаритных двухтактных двигателей являются карбюраторными с кривошипно-камерной петлевой продувкой. И, как следствие этого, они чрезвычайно неэкономичны. Например, их минимальные удельные расходы топлива  $g_e^{\min} = 450...550$  г/(кВт·ч), что связано с большими потерями топливо-масло-воздушной смеси при продувке цилиндра. Для сравнения – у лучших автотракторных четырёхтактных дизелей  $g_e^{\min} \approx 180$  г/(кВт·ч).

Коленчатые валы большинства двухтактных малогабаритных ДВС являются составными с шариковыми и (или) роликовыми подшипниками качения (рисунок 3.4).

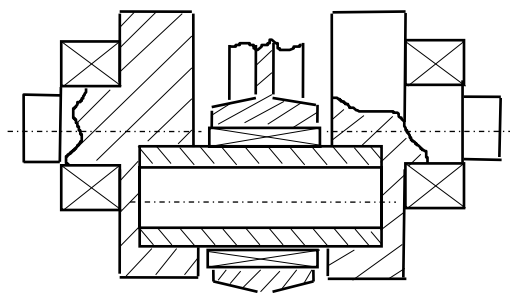


Рисунок 3.4 – Коленчатый вал двухтактного малогабаритного ДВС

Часто на двухтактных моторах малой мощности используют примитивные карбюраторы (рисунок 3.5), топливные и воздушные фильтры сетчатой конструкции, что не способствует долговечности ДВС, поэтому ресурс указанных моторов не превышает 500 моточасов, что связано с быстрым износом деталей цилиндропоршневой группы.

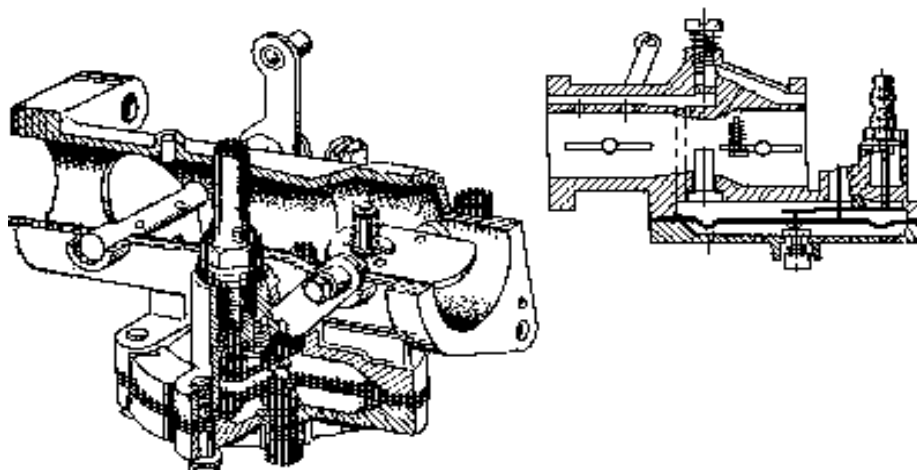


Рисунок 3.5 – Карбюратор К-06 двухтактного пускового двигателя ПД-10У

Смазка деталей двухтактных двигателей осуществляется маслом, добавляемым в топливо в соотношениях от 1/25 до 1/250 в зависимости от модели мотора, что, безусловно, повышает токсичность отработавших газов.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Особенности КШМ двухтактных ДВС.
- 2 Особенности ГРМ двухтактных ДВС.
- 3 Особенности систем питания двухтактных ДВС.
- 4 Особенности систем охлаждения двухтактных ДВС.
- 5 Особенности систем смазки двухтактных ДВС.
- 6 Диаграмма фаз газораспределения двухтактного ДВС.

## **4 Лабораторная работа № 4. Исследование конструкций систем впуска и выпуска ДВС**

Система подачи воздуха (система впуска) и система выпуска отработавших газов вместе с системой подачи топлива образуют систему питания ДВС, которая весьма существенно влияет на большинство показателей мотора. Регулирование мощности ДВС в эксплуатации осуществляется именно за счёт изменения параметров системы питания – цикловых подач топлива и воздуха, подаваемых в цилиндры.

Система подачи воздуха предназначена для соответствующей подготовки воздуха перед подачей его в цилиндры двигателя, т. е. очистки воздуха от твёрдых частиц, при наличии компрессора – сжатия воздуха и, возможно, его охлаждения, глушения шума на впуске, обеспечения инерционного наддува.

Система выпуска обработанных отработавших газов предназначена для соответствующей их обработки перед выпуском в атмосферу, т. е. относительно плавного уменьшения давления газов для снижения их шума, уменьшения концентрации вредных компонентов, при наличии турбокомпрессора – раскручивания его турбины.

Основными элементами системы подачи воздуха являются:

- воздухозаборник с глушителем шума на впуске (конфузор);
- воздушный фильтр;
- впускные трубопроводы, составляющие впускной коллектор;
- у двигателей с наддувом – компрессор и может быть радиатор (охладитель наддувочного воздуха).
- устройства облегчения запуска (свечи накаливания).

Для обеспечения ресурса 10...12 тыс. моточасов (0,5...1 млн км пробега) на современных машинах стремятся отбор воздуха осуществлять из наименее запылённых мест, что приводит к значительному усложнению воздухозаборника и системы очистки воздуха.

На самоходных машинах применяют воздушные фильтры с бумажными фильтрующими элементами, инерционные и комбинированные.

Принцип работы инерционного воздушного фильтра основан на резком изменении направления (на 180°) движения рабочего тела (воздуха) при обтекании специальных препятствий в фильтре, а также задание интенсивного вра-

щательного движения осуществляется с помощью специальных завихрителей (циклонов). При этом твёрдые частицы за счёт сил инерции отходят к периферии фильтра, а более лёгкие молекулы воздуха направляются к выпускному патрубку фильтра.

Наиболее качественная очистка (до 99,9 %) воздуха осуществляется в фильтре с бумажным фильтрующим элементом (в инерционных фильтрах степень очистки не превышает 98 %), но при этом сопротивление воздушному потоку больше, чем в инерционных. Для увеличения площади бумажного фильтроэлемента его складывают в гофру, что уменьшает сопротивление и увеличивает срок службы.

На самоходных машинах, работающих в сильно запылённых условиях (тракторы, комбайны, строительно-дорожные машины и т. п.) в качестве воздушных фильтров применяют комплексные, где очистка воздуха осуществляется как инерционным способом, так и с помощью бумажных фильтрующих элементов.

Для увеличения массы воздуха, входящей в цилиндры двигателя при впуске, применяют наддув, для чего используют специальные компрессоры. Если в цилиндре будет больше воздуха, то, соответственно, туда можно подать больше топлива, которое полностью сгорит. В результате получается больше давление газов в цилиндре, а значит, большие крутящий момент и мощность при тех же основных размерах мотора.

На двигателях самоходных машин применяют коловратные и лопастные компрессоры.

Если привод компрессора осуществляется от коленчатого вала с помощью ременной передачи, как правило, повышающей (дизель В-46), то часть мощности двигателя теряется на привод компрессора. Но при этом инерционность двигателя (манёвренность) не ухудшается. В двигателях современных самоходных машин чаще используется турбонаддув. В этом случае отработавшие газы, вырываясь из цилиндра в процессе выпуска со значительными скоростями, давлением и температурой, заставляют вращаться центробежную турбину, на одном валу с которой закреплено лопастное колесо компрессора. В данном случае имеет место одноступенчатый газотурбинный двигатель (ГТД), который не отбирает энергию у поршневой части мотора (рисунок 4.1).

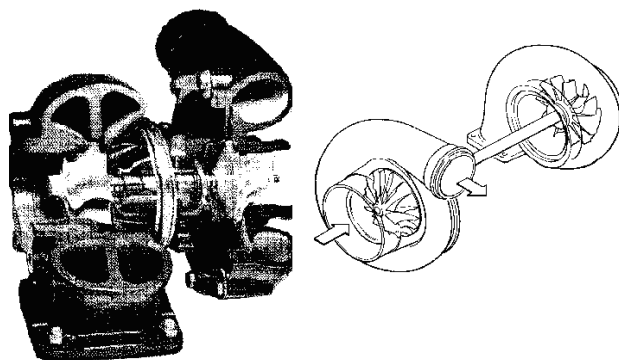


Рисунок 4.1 – Турбокомпрессор и его схема

Различают объёмные и импульсные турбокомпрессоры. Если раскручивание турбины осуществляется только за счёт избыточного давления отработавших газов (пьезометрического напора), то имеет место объёмный турбокомпрессор. Если же используется как пьезометрический, так и скоростной напор газов, то такой турбокомпрессор импульсный. В последнем случае удаётся раскрутить ротор до существенно больших скоростей по сравнению с объёмным наддувом, а значит, получить выше давление на впуске и мощность двигателя. Однако при этом необходим довольно сложный выпускной коллектор с весьма короткими каналами, что конструктивно затруднительно. Поэтому в большинстве моторов применяют объёмные турбокомпрессоры.

Частота вращения ротора турбокомпрессора существенно превышает номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя и составляет от 10 до 300 тыс. об/мин и более (в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов), что сильно нагружает подшипники ротора гироскопическим моментом при манёврах и вертикальных колебаниях машины.

В крупноразмерных моторах с турбонаддувом для перехода с одного режима на другой уходит значительное время из-за необходимости раскрутки/замедления турбины. Ещё один недостаток этого устройства – повышенная теплонапряжённость турбины, т. к. температура газов, выходящих из цилиндров часто превышает 1000 °С.

Турбокомпрессор является элементом сразу двух систем – системы подачи воздуха и системы выпуска отработавших газов.

При сжатии в компрессоре воздух нагревается, что уменьшает его плотность. Поэтому для большего наполнения цилиндров наддувочным воздухом между турбокомпрессором и впускным коллектором на некоторых моделях моторов устанавливают воздухо-воздушные радиаторы.

Радиатор состоит из двух бачков (ёмкостей), соединённых трубками, которые обдуваются атмосферным воздухом и охлаждают рабочее тело внутри них. Для увеличения жёсткости и поверхности охлаждения радиатора между трубками располагают металлические вставки различной конфигурации. Обычно разность температур между выходным и входным патрубками радиатора не превышает 30°.

По направлению потока рабочего тела радиаторы бывают вертикальные и горизонтальные. Последние более компактны, поэтому всё шире применяются на самоходных машинах. Ранее радиаторы изготавливали из латуни, а соединение трубок с бачками осуществляли пайкой (довольно трудоёмкий и вредный процесс). В настоящее время чаще используют алюминиевые радиаторы с пластмассовыми бачками.

Основные элементы системы выпуска отработавших газов:

- выпускные трубопроводы, составляющие выпускной коллектор;
- глушители шума;
- у двигателей с газотурбинным наддувом – турбина с регулятором потока отработавших газов (рисунок 4.2);
- нейтрализатор отработавших газов.

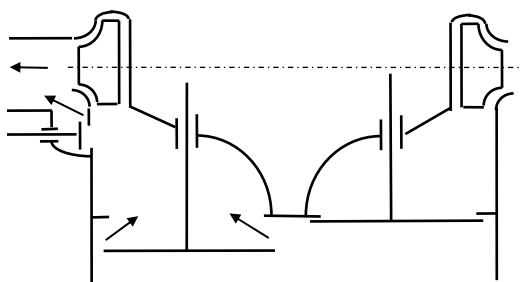


Рисунок 4.2 – Схема турбокомпрессора с регулятором расхода отработавших газов

Глушитель шума отработавших газов представляет собой ёмкость с перегородками, имеющими множество отверстий. Газы, проходя через глушитель, многократно изменяют своё направление, относительно плавно расширяются и за счёт этих местных сопротивлений уменьшают свою скорость, температуру и давление (около выпускного клапана скорость газов превышает скорость звука). Иногда на самоходных машинах, например, на легковых автомобилях, применяют два последовательно установленных глушителя – предварительный (резонатор) и основной (задний).

На современных машинах в системах выпуска применяют каталитические нейтрализаторы отработавших газов. Такой аппарат состоит из металлического корпуса с входным и выходным патрубками. Внутри расположен керамический элемент с множеством отверстий, вся поверхность которого покрыта платиной, палладием или родием. После прохода через такой нейтрализатор при температурах выше  $400^{\circ}$  в отработавших газах уменьшаются концентрации вредных веществ:

- монооксида углерода (угарного газа), который окисляется до диоксида углерода (углекислого газа  $\text{CO}_2$ ) и паров воды;
- окислов азота  $\text{NO}_x$ , которые разлагаются на кислород  $\text{O}_2$  и азот  $\text{N}_2$ ;
- несгоревших углеводородов  $\text{CH}$  и сажи, которые дожигаются до диоксида углерода  $\text{CO}_2$  и воду  $\text{H}_2\text{O}$ .

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Структура и схема системы впуска ДВС.
- 2 Структура и схема системы выпуска ДВС.
- 3 Конструкция турбокомпрессора.
- 4 Конструкция комплексного воздушного фильтра.
- 5 Конструкция каталитического нейтрализатора отработавших газов.

## 5 Лабораторная работа № 5. Исследование конструкций систем подачи топлива дизелей

Система подачи топлива дизеля предназначена для своевременной (в конце такта «Сжатия») подачи в цилиндр дизеля определённой порции топлива, очищенного от воды и твёрдых частиц, а также сжатого до высоких давлений с целью тонкого распыления в цилиндре.

Системы подачи топлива дизелей существенно отличаются от одноимённых систем двигателей с принудительным воспламенением. Это связано с тем, что впрыск топлива у дизеля чётко синхронизирован с положением поршня и осуществляется в конце такта сжатия, когда давление в цилиндре значительно (как правило, более 4 МПа). К тому же необходимую порцию топлива следует подать за возможно меньший угол поворота коленчатого вала (не превышающий  $25^\circ \dots 40^\circ$ ). Только в этом случае возможно получение наилучших выходных характеристик мотора. Поэтому давление впрыска в дизелях весьма высоко (от 40 до 250 МПа), что обуславливает повышенную материалоемкость, наличие прецизионных пар, высококачественных сталей, а значит, и высокую стоимость топливной аппаратуры, которая составляет 25 %...40 % от стоимости всего мотора.

В дизелях самоходных машин применяют системы подачи топлива:

- неаккумуляторные, которые, в свою очередь, делят на:
  - а) разделённого типа (рисунок 5.1);
  - б) неразделённого типа, т. е. с насос-форсунками;
- аккумуляторные.

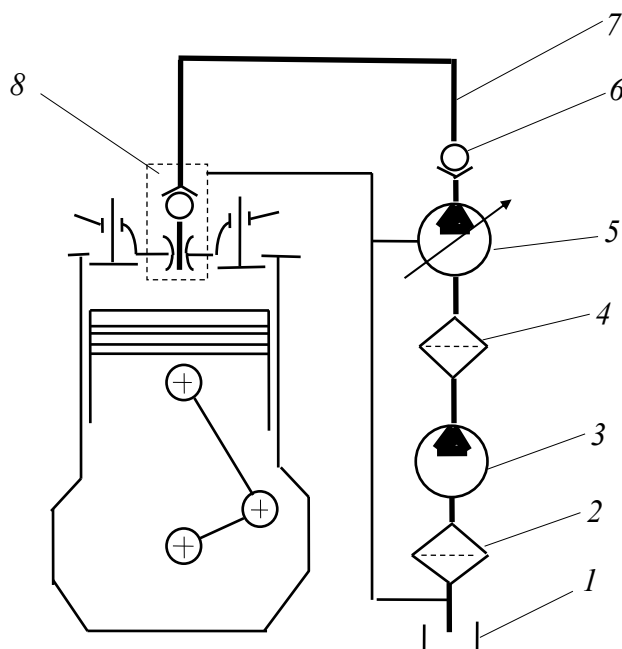


Рисунок 5.1 – Схема разделённой системы подачи топлива дизеля

Основными элементами разделённой системы подачи топлива автотракторного дизеля (см. рисунок 5.1) являются: топливный бак 1; подкачивающий

насос 3; фильтры грубой 2 и тонкой 4 очистки; регулируемый топливный насос высокого давления (ТНВД) 5 с нагнетательным клапаном 6 для каждого цилиндра; трубопровод высокого давления 7; гидроуправляемая форсунка 8.

Основная функция подкачивающего насоса, как правило, поршневого типа (рисунок 5.2), – прокачка топлива через фильтры и подача его в ТНВД. Принцип работы подкачивающего насоса системы питания дизеля следующий – от эксцентрика, расположенного на распределительном или ином валу через шток, приводится поршень, который, преодолевая усилие возвратной пружины, выталкивает порцию топлива через выпускной клапан далее в систему. При обратном ходе под действием пружины поршень создаёт разрежение в корпусе насоса, и через впускной клапан топливо заполняет его полость.

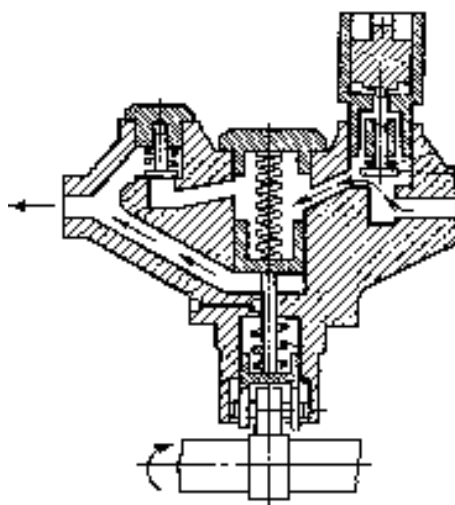


Рисунок 5.2 – Подкачивающий насос

В разделённой системе ТНВД и форсунки соединены довольно длинными трубопроводами. При этом топливный насос высокого давления выполняет две функции, во-первых, создаёт избыточное давление (40...80 МПа), во-вторых, регулирует цикловую подачу топлива  $g_t$ .

В системах питания дизелей используют плунжерные ТНВД либо секционного типа (рисунок 5.3), когда каждая секция насоса подаёт топливо в отдельный цилиндр, либо ТНВД распределительного типа, когда одна секция насоса подаёт топливо последовательно в разные цилиндры. В последнем случае обеспечиваются одинаковые цикловые подачи по цилиндрам, что приводит к меньшим крутильным колебаниям в КШМ и трансмиссии и, как следствие, меньшей их материалоемкости, более высокой надёжности и долговечности. Однако нагруженность плунжерных пар таких насосов выше.

Основными элементами секционного ТНВД являются:

- плунжерные секции, каждая из которых, в свою очередь, состоит из:
  - а) втулки (гильзы), запрессованной в картер ТНВД или его головку;
  - б) плунжера с роликовым толкателем и возвратной пружиной;
  - в) нагнетательного клапана;

– кулачкового вала, имеющего привод от коленчатого вала ДВС в виде шестерённой, цепной или зубчато-ременной передачи и часто через муфту опере-

жения подачи топлива;

– регулятора цикловой подачи топлива.

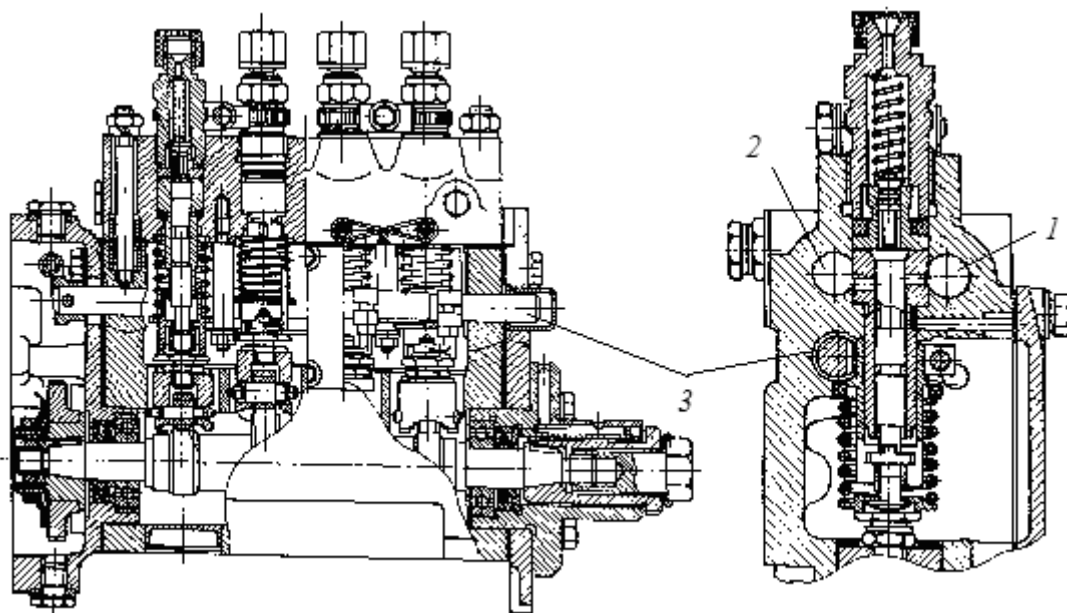


Рисунок 5.3 – Секционный ТНВД

Втулка и плунжер составляют прецизионную (особо точную) пару. Диаметральный зазор между этими деталями около 1 мкм, что достигается высококачественной обработкой и селективной сборкой.

В ТНВД секционного типа каждый плунжер в своей верхней части имеет наклонную фрезеровку, которая образует полость между плунжером и втулкой. Этот объем с помощью канала в плунжере сообщается с нагнетательной полостью. Когда плунжер находится внизу, т. е. кулачок не воздействует на толкатель, надплунжерная (нагнетательная) полость через впускной канал 1 (см. рисунок 5.3) заполняется топливом. При подъеме плунжера его верхняя кромка перекрывает впускное отверстие 1, топливо сжимается и начинает вытесняться через нагнетательный клапан в трубопровод высокого давления к форсунке. При дальнейшем движении вверх наклонная фрезеровка плунжера открывает для нагнетательной полости перепускной канал 2 и этим прекращает подачу топлива. Регулировка цикловой подачи  $g_t$  осуществляется с помощью зубчатой рейки или поводковой штанги 3, которая производит осевой поворот всех плунжеров.

В насосах распределительного типа (рисунок 5.4) регулирование  $g_t$  осуществляется иным способом. Здесь плунжер, помимо поступательного движения, совершает вращение, чем и обеспечивается распределение топлива по цилиндрам. Из надплунжерной полости топливо вытесняется к каждому нагнетательному клапану через верхнее радиальное отверстие в плунжере. За один свой оборот плунжер осуществляет столько возвратно-поступательных движений, сколько обслуживает цилиндров (обычно 2, 3 или 4), соответственно, и кулачок имеет две, три или четыре вершины. Цикловая подача топлива регулируется



ется с помощью специальной втулки *1* (см. рисунок 5.4), надетой на плунжер и называемой дозатором. В зависимости от того выше или ниже расположен дозатор, соответственно, позже или раньше прекращается подача топлива в цилиндры.

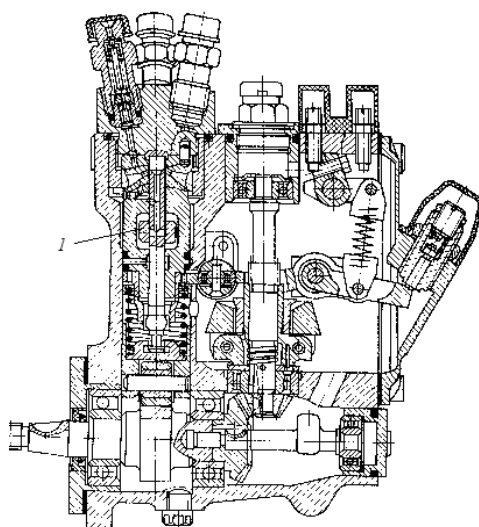


Рисунок 5.4 – Распределительный ТНВД

Нагнетательный клапан служит для запираания топлива в трубопроводе высокого давления. Дело в том, что при давлениях впрыска, имеющих место в дизелях, топливо существенно деформируется. Поэтому трубопровод высокого давления значительной длины является своеобразной пружиной. Чтобы обеспечить требуемую цикловую подачу за короткий промежуток времени, необходимо не сжимать топливо на каждом цикле от атмосферного давления до максимальной величины впрыска  $p_b^{\max}$ , а поддерживать в трубопроводе между форсункой и ТНВД значительное избыточное давление. К тому же нагнетательный клапан призван гасить волновые процессы в трубопроводе, чтобы не допускать подвпрысков топлива.

Привод рейки или дозатора производится регулятором цикловой подачи топлива в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы дизеля. Часто применяют механические регуляторы на основе центробежного датчика, но также пневматические, гидравлические и электрические. В большинстве автотракторных дизелей регуляторы являются всережимными, иногда двухрежимными или многорежимными. Упрощённая схема механического всережимного регулятора цикловой подачи топлива приведена на рисунок 5.5, где показаны его основные элементы: вращающиеся на кулачковом или ином валу ТНВД грузы *3*, муфта центробежного датчика *4*, суммирующий усилия рычаг *5*, пружина и рычаг (педаль) управления подачей топлива *1*, зубчатая рейка *2* или штанга.

При нажатии на рычаг (педаль) управления подачей топлива *1* (см. рисунок 5.5) рейка *2* под действием силы пружины  $F_{\text{пр}}$  перемещается влево, и цикловая подача топлива  $g_t$  увеличивается. При неизменной нагрузке на коленча-

том валу последний разгоняется. Грузы 3 центробежного датчика расходятся под действием увеличивающихся центробежных сил  $F_{ц}$  и через муфту 4 посредством силы  $F_M$  воздействуют на суммирующий рычаг 5, заставляя рейку несколько уменьшить  $g_T$ . При этом новому (заданному водителем) скоростному режиму двигателя соответствует новая подача топлива.

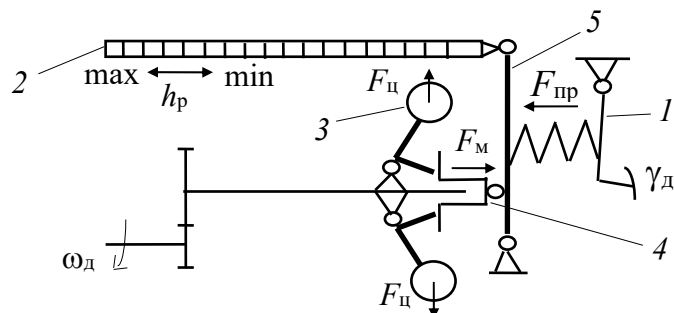


Рисунок 5.5 – Схема всережимного регулятора цикловой подачи топлива

Если же водитель не меняет положение рычага управления подачей топлива, но нагрузка, например, увеличится, то угловая скорость коленчатого вала  $\omega_d$  будет уменьшаться. Грузы центробежного датчика приблизятся к оси вращения (за счёт уменьшения  $F_{ц}$ ), суммирующий рычаг повернётся против часовой стрелки, рейка переместится влево, и  $g_T$  увеличится. При этом увеличивается максимальное давление в цилиндрах двигателя, а значит, и крутящий момент на коленчатом валу  $M_d$ .

Ряд моделей дизелей в приводе ТНВД имеют муфту опережения подачи топлива, как правило, центробежного типа. Один из вариантов такой муфты представлен на рисунке 5.6. Она состоит из ведущей и ведомой полумуфт. Крутящий момент от одной к другой передаётся через грузы 1, имеющие фасонные боковые поверхности, в которые упираются наконечники разжимных пружин, заставляя центры масс грузов приблизиться к оси вращения. Оси поворота грузов находятся на одной полумуфте, а на другой – упоры разжимных пружин. Каждой угловой скорости коленчатого вала  $\omega_d$  соответствует определённое положение грузов, а значит, и определённый угол ведущей полумуфты относительно ведомой.

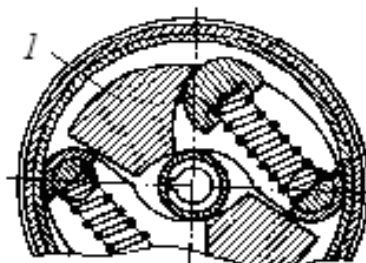


Рисунок 5.6 – Центробежная муфта опережения подачи топлива

Финишными элементами системы подачи топлива дизеля являются форсунки. На большинстве моделей современных дизелей используются закрытые

бесштифтовые форсунки (рисунок 5.7). Основные элементы такой форсунки – корпус с входным штуцером, регулировочный пружинный механизм со штангой и штуцером утечек, корпус распылителя с иглой и гайкой.

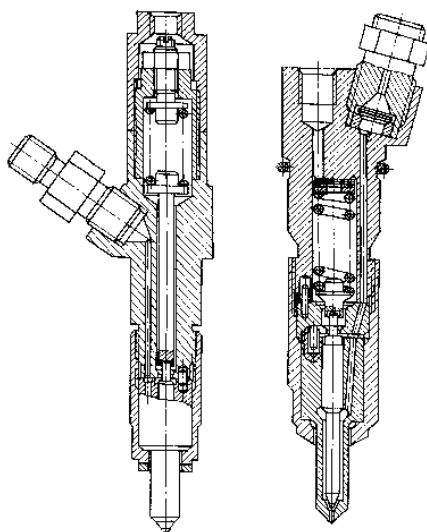


Рисунок 5.7 – Форсунки дизелей разделённых систем подачи топлива

Давление начала подачи топлива регулируется затяжкой пружины форсунки и составляет 11...20 МПа. Преднатяг пружины задаётся либо винтом (см. рисунок 5.7 слева), либо набором шайб между пружиной и корпусом.

Игла и корпус распылителя составляют прецизионную пару, так же как в ТНВД плунжер с втулкой.

Если сила от давления топлива, действующая на иглу распылителя, превысит усилие пружины, которое передаётся на ту же иглу через штангу, то игла поднимется, откроет распылительные отверстия и топливо будет впрыскиваться в цилиндр двигателя. Ход иглы весьма небольшой – около 0,5 мм.

Размер капель топлива, вылетающих из распылительных отверстий, зависит как от диаметра последних, так и от разности давлений топлива и воздуха в цилиндре  $\Delta p = p_v^{\max} - p_c$ . Чем меньше размер капель, тем быстрее и полнее произойдёт их сгорание, а значит, будут лучше выходные характеристики мотора. В существующих системах подачи топлива дизелей диаметр капель, вылетающих из форсунки, составляет от 10 до 30 мкм, но иногда, например, при работе на низкоскоростных режимах холостого хода в начале впрыска размер капель может достигать до 0,2 мм.

В рассмотренной разделённой системе подачи топлива начало впрыска регулируется муфтой опережения, а окончание – регулятором цикловой подачи.

Иногда применяют насос-форсунки, что способствует интенсификации подачи топлива за счёт снижения гидравлических потерь. Насос-форсунка сочетает в одном агрегате форсунку и секцию ТНВД. Привод её осуществляется чаще всего от распределительного вала ГРМ. Основное достоинство систем с насос-форсунками – малое расстояние между вытеснительным элементом насоса (плунжером) и распылительными отверстиями форсунки. Поэтому гидравлические потери невелики в сравнении с другими системами подачи топлива, а зна-

чит, и максимальное давление впрыска может составлять значительную величину (200 МПа и более). На рисунке 5.8 изображена одна из моделей насос-форсунок.

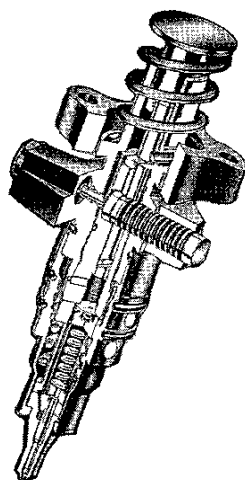


Рисунок 5.8 – Насос-форсунка с механическим регулятором

На современных дизелях часто устанавливают аккумуляторные системы подачи топлива с электроуправляемыми форсунками (система *Common Rail*). ТНВД в такой системе (рисунок 5.9) выполняет только функцию источника избыточного давления, а регулирование цикловой подачи осуществляется с помощью электронного блока управления (ЭБУ), изменяющего длительность электрического импульса включения каждой электромагнитной форсунки. В результате ТНВД этой системы оказывается проще по сравнению с традиционной (разделённой) и – самое главное – появляется возможность иметь большое разнообразие характеристик (любого вида внешние скоростные, регуляторные и др.), что имеет первостепенное значение для любой самоходной машины и определяет структуру, нагруженность и характеристики трансмиссии и ходовой части, тягово-скоростные и топливно-экономические характеристики машины.

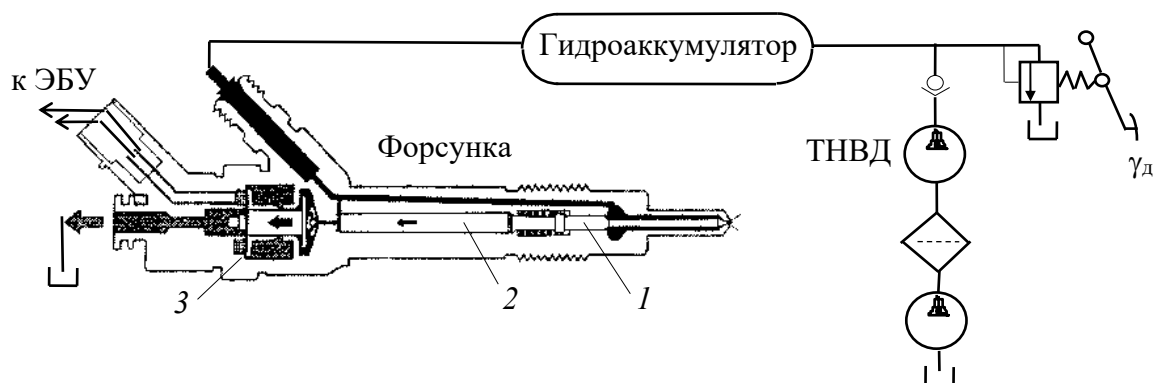


Рисунок 5.9 – Схема аккумуляторной системы подачи топлива *Common Rail*

После подачи напряжения от электронного блока управления на катушку 3 электроклапана форсунки (см. рисунок 5.9) открывается сливной клапан, и дав-

ление слева от плунжера 2 уменьшается, т. к. эта полость связана с впускным штуцером через дроссель. Сила от плунжера серводвигателя 2, которая воздействует на иглу 1 распылителя, уменьшается. Под действием сил давления топлива от гидроаккумулятора  $p_A$  игла перемещается и открывает распылительные отверстия, осуществляя подачу топлива в цилиндр. Хода якоря электроклапана, плунжера серводвигателя и иглы распылителя, весьма небольшие – десятые доли миллиметра.

ЭБУ системы *Common Rail* получает сигналы от датчиков положения педали акселератора, угловой скорости коленчатого вала, положения поршня, температуры охлаждающей жидкости и др.

Каждая форсунка система подачи топлива *Common Rail* имеет две прецизионные пары, во-первых, игла 1 с корпусом распылителя, во-вторых, плунжер серводвигателя 2 с корпусом форсунки. Это, безусловно, увеличивает её стоимость. К тому же потери топлива на слив уменьшают КПД системы питания.

Используют топливные фильтры: инерционные (рисунок 5.10, а), сетчатые, щелевые, бумажные (рисунок 5.10, б), фетровые (рисунок 5.10, в) и керамические (рисунок 5.10, г). Наиболее компактны и эффективны керамические, т. к. они обеспечивают, во-первых, фильтрацию по всему объёму фильтрующего элемента, а не только по его поверхности, во-вторых, возможно восстановление фильтроэлементов, например, с помощью выжигания грязи.

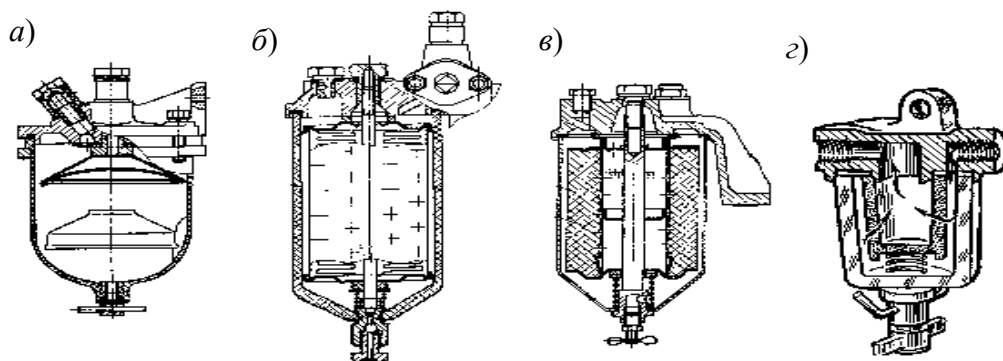


Рисунок 5.10 – Топливные фильтры

### **Контрольные вопросы**

- 1 Назначение и классификация систем подачи топлива дизелей.
- 2 Конструкция ТНВД секционного типа.
- 3 Конструкция ТНВД распределительного типа.
- 4 Конструкция топливных фильтров.
- 5 Конструкция насоса подкачки.
- 6 Конструкция форсунок разделённых систем подачи топлива.
- 7 Конструкция форсунки системы *Common Rail*.
- 8 Конструкция насос-форсунки.
- 9 Конструкция муфты опережения впрыска топлива.

## 6 Лабораторная работа № 6. Исследование конструкций систем подачи топлива ДВС с принудительным воспламенением

Система подачи топлива ДВС с принудительным воспламенением предназначена для приготовления топливовоздушной смеси требуемого состава (качества), подаваемой в цилиндры двигателя.

В моторах с принудительным воспламенением применяют:

– карбюраторные системы подачи топлива;

– системы с впрыском топлива, которые подразделяют на:

а) системы с впрыском во впускной коллектор (распределённый по цилиндрам, т. е. через несколько форсунок, или моновпрыск);

б) системы с непосредственным впрыском в цилиндр на впуске.

Система подачи топлива карбюраторного ДВС имеет следующие основные элементы (рисунок 6.1): 1 – топливный бак с трубопроводами; 2 – бензонасос; 3 – топливные фильтры; 4 – карбюратор.

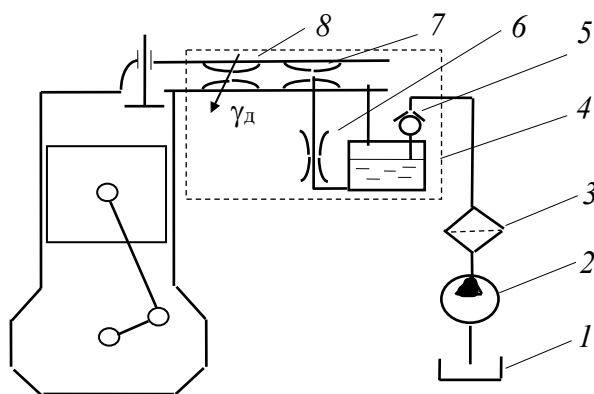


Рисунок 6.1 – Схема системы подачи топлива с простейшим карбюратором

Бензонасос 2, как правило диафрагменного типа, приводится от эксцентрика, расположенного на распределительном или ином валу. Под действием этого насоса бензин или иное лёгкое топливо, например, спирт, засасывается из бака 1 и через фильтр 3 и обратный (игольчатый) клапан 5 подаётся в поплавковую камеру карбюратора, откуда через топливный дроссель 6 попадает в воздушный диффузор 7 за счёт насосного (эжекционного) эффекта проходящего через диффузор воздуха. При этом топливо испаряется и смешивается с воздухом. Поплавковая камера с обратным клапаном необходима для поддержания постоянного расстояния между диффузором и уровнем топлива в данной камере. Этим обеспечивается независимость подачи топлива от производительности бензонасоса. Регулирование цикловых подач топлива и воздуха осуществляется установкой различного положения  $\gamma_d$  дроссельной заслонки 8 карбюратора.

Основные элементы бензонасоса – это шток с диафрагмой и возвратной пружиной, а также два обратных клапана – один впускной, другой выпускной (рисунок 6.2).

Карбюратор – это прибор для смешивания топлива с воздухом. В идеале

на выходе карбюратора стремятся получить гомогенную (равномерно перемешанную) газообразную топливовоздушную смесь. Однако самые совершенные модели поплавковых карбюраторов даже на расчётных (номинальных) установленных режимах работы обеспечивают испарение только 50 %...70 % топлива, поступающего в цилиндры. Остальной бензин попадает туда в виде жидкой фракции, что является одной из причин увеличения токсичности и уменьшения ресурса двигателя.

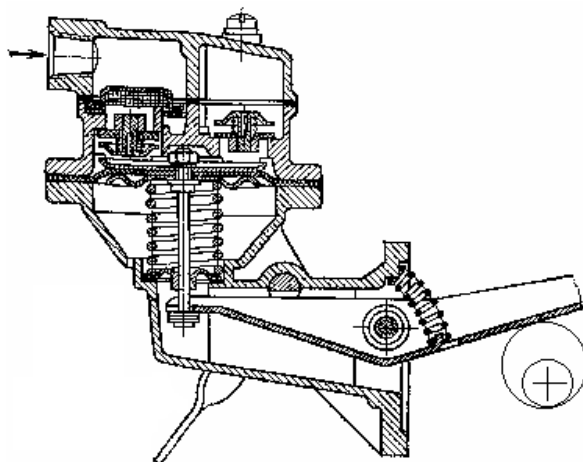


Рисунок 6.2 – Бензонасос Б-10

На рисунке 6.1 представлена схема простейшего поплавкового карбюратора. Это, по сути дела, главная дозирующая система карбюратора реального ДВС – его основа. Кроме главной дозирующей системы, в поплавковом карбюраторе присутствует:

- система холостого хода, предназначенная для обогащения топливовоздушной смеси, подаваемой в цилиндры на режиме холостого хода;
- экономайзер или эконостат, предназначенные для обеднения смеси при работе ДВС на неполных (частичных) нагрузках и обогащения на полных;
- ускорительный насос, предназначенный для обогащения смеси при резких разгонах двигателя;
- пусковое устройство, предназначенное для сильного обогащения смеси при запуске мотора и ряд других устройств.

В настоящее время выпуск карбюраторных моделей ДВС составляет менее 10 % от общей массы новых моторов. Наибольшее применение на двигателях с принудительным воспламенением находят системы впрыска топлива. Их основными достоинствами перед карбюраторными системами являются:

- более точное дозирование топлива на всех режимах работы двигателя, что обуславливает существенное улучшение экономичности, пусковых качеств, приёмистости и снижение токсичности;
- при распределённом впрыске – более равномерное дозирование топлива по цилиндрам, что существенно снижает крутильные колебания коленчатого вала и трансмиссии;
- из-за отсутствия диффузора лучшее наполнение цилиндров, а значит,

выше удельные мощности.

Основной недостаток систем впрыска – повышенная сложность.

Одну из первых систем впрыска бензина во впускной коллектор ДВС самоходной машины *K-Jetronic* (рисунок 6.3) поставила на производство германская фирма *Bosch* в 1967 г. Кроме неё этим занимаются американские фирмы *Bendics*, *Rochester*, *Ford*, английская *Lucas* (ныне *Delphi*), ряд японских фирм и российские ГАЗ и ВАЗ совместно с Санкт-Петербургским карбюраторным заводом.

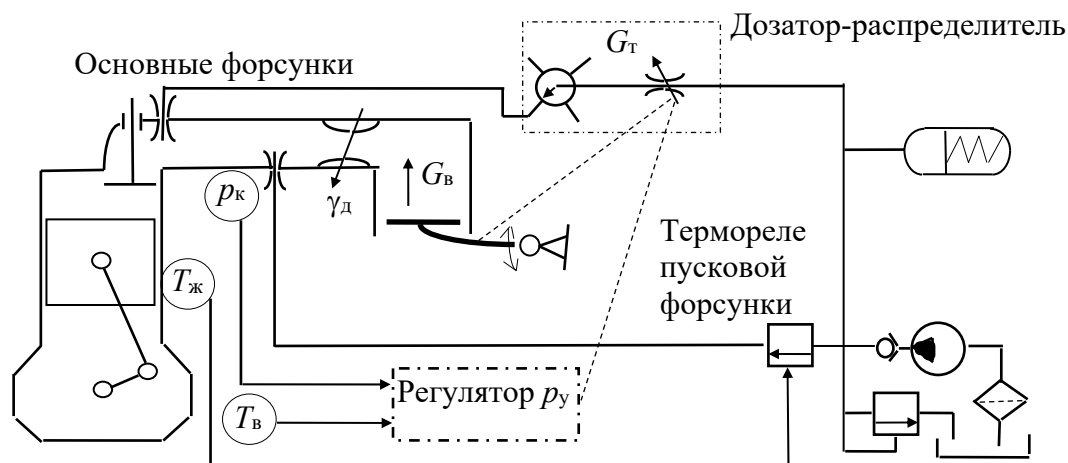


Рисунок 6.3 – Схема системы впрыска бензина *K-Jetronic*

Система *K-Jetronic* обеспечивает непрерывный впрыск топлива (отсюда буква *K* в названии системы, от немецкого *Kontinuierlich*). Регулирование расхода топлива  $G_T$  через форсунки осуществляется гидромеханической системой в зависимости от расхода воздуха  $G_B$  через впускную трубу двигателя, температуры охлаждающей жидкости  $T_{ж}$ , давления во впускном коллекторе  $p_k$ .

В зависимости от расхода воздуха через впускную трубу  $G_B$  напорный диск и рычаг расходомера (трубка Вентури) будет находиться в определённом положении. Сам расход воздуха задаётся (регулируется) дроссельной заслонкой  $\gamma_d$ , как в карбюраторе. Положение рычага расходомера, в свою очередь, определяет положение золотника дозатора-распределителя, который обеспечивает величину расхода топлива  $G_T$  и за счёт своего вращения распределяет топливо по форсункам цилиндров. Корректировка данного положения золотника дозатора-распределителя осуществляется с помощью регулятора управляющего давления  $p_y$ , которое изменяется в диапазоне 0,05...0,2 МПа в зависимости от разрежения во впускном коллекторе  $p_k$  и температуры воздуха  $T_B$ . Для обогащения смеси при запуске холодного мотора предусмотрена специальная пусковая форсунка, которая включается от термореле в зависимости от температуры охлаждающей жидкости  $T_{ж}$ .

Комплектация системы *K-Jetronic* осуществляется различными форсунками в зависимости от модели двигателя. Большинство форсунок данной системы – гидрорегулируемые закрытого типа (штифтовые), у которых давление открытия составляет 0,25 МПа (рисунок 6.4). Бензонасосы применяются



шестерённые или коловратные с электроприводом, часто помещаемые в топливные баки.

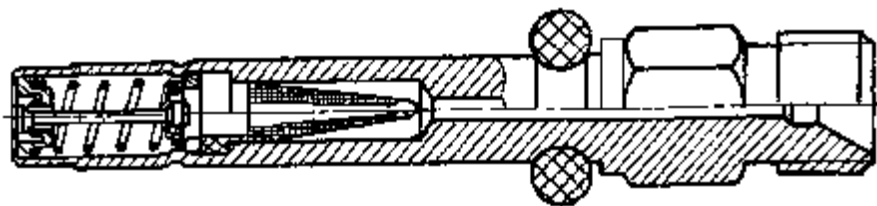


Рисунок 6.4 – Форсунка *Bosch K-Jetronic*

Следующим шагом в развитии систем впрыска бензина является система *KE-Jetronic*. Она так же, как и предыдущая, с механическим регулятором и постоянным впрыском, но имеет электронный блок управления (отсюда индекс *E* в названии системы). С рычагом расходомера кинематически связан реостатный датчик, электрический сигнал от которого поступает в электронный блок. Туда же поступает информация от электрического датчика температуры охлаждающей жидкости. Регулятор управляющего давления  $p_y$  электрогидравлический. Позднее данная система стала комплектоваться ещё одним датчиком  $\lambda$ -зондом, который корректирует расход топлива в зависимости от концентрации кислорода в отработавших газах, чем обеспечивается снижение токсичности. Этот датчик является либо гальваническим элементом из окиси циркония  $ZrO_2$  и платины, либо переменным резистором из окиси титана  $TiO_2$ . Работает он в интервале температур  $350\text{ }^\circ\text{C} \dots 900\text{ }^\circ\text{C}$ .

Взамен ранее выпускавшейся системы *D-Jetronic* фирма *Bosch* начала производить систему *L-Jetronic*, где буква *L* от немецкого *Lade* – порция. Основная задача, которая решалась разработчиками – это удешевление мотора. Упрощённая схема системы *L-Jetronic* изображена на рисунке 6.5.

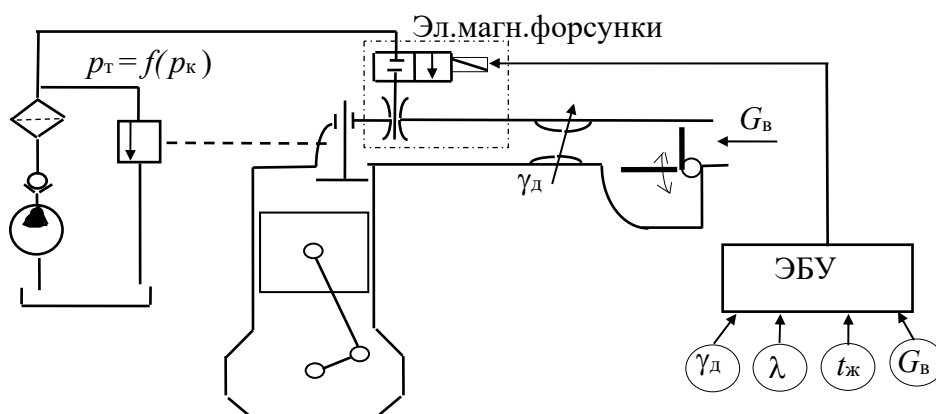


Рисунок 6.5 – Схема системы впрыска бензина *L-Jetronic*

Данная система не имеет дозатора-распределителя. Все форсунки – электромагнитные с управлением от электронного блока. Давление в системе снижено в 2 раза. Впрыск топлива осуществляется во впускной коллектор дву-

мя отдельными порциями за цикл (два оборота коленчатого вала) одновременно всеми форсунками вне зависимости от того, какой такт протекает в том или ином цилиндре. Продолжительность открытого состояния форсунок, т. е. расход топлива  $G_T$ , определяется длительностью электрического импульса, регулируемого электронным блоком управления (ЭБУ) в зависимости от тех же параметров, что и в системе *KE-Jetronic*.

В системе *L-Jetronic* давление топлива перед форсунками непостоянно. Оно зависит от степени разрежения воздуха (давления) во впускном коллекторе  $p_k$ . Расходомер  $G_v$  имеет иную конструкцию. Его напорный диск выполнен в виде уголка, поддерживаемого спиральной пружиной. Нижняя (горизонтальная) его часть перемещается в специальной демпфирующей камере. ЭБУ управляет не только системой подачи топлива, но и системой зажигания. Такую обобщённую систему назвали *Motronic*. Данная система постоянно модернизируется. По мере изменения её отдельных компонентов появились системы *LE-Jetronic*, *LE2-J*, *LE3-J*, *LE4-J*, *LH-J*. Каждая последующая отличается от предыдущих меньшим числом электрических контактов, большей надёжностью, улучшенными характеристиками за счёт совершенствования алгоритмов работы электронного блока управления. Так, в системе *LH-Jetronic* вместо электромеханического расходомера применяется термоанемометрический. Он представляет собой тонкую нить проводника (0,07 мм), изготовленную из платины, по которой протекает стабилизированный электрический ток. В результате эта нить нагревается. Входящий во впускную трубу воздух охлаждает эту нить, и, как следствие, изменяется её электрическое сопротивление, которое анализируется ЭБУ.

Одной из последних разработок фирмы *Bosch* является система *Mono-Jetronic*. Основное её отличие от вышеописанных – наличие только одной электромагнитной форсунки, устанавливаемой на месте карбюратора. Это позволило существенно упростить и удешевить систему питания ДВС. Впрыск в системе *Mono-Jetronic* осуществляется форсункой порциями. Длительность каждой порции задаётся ЭБУ с помощью тех же датчиков, что в *L-J*.

В системах подачи топлива ряда других фирм, например, американской *General Motors*, используется несколько иной набор датчиков, т. е. информационных переменных, которые анализирует электронный блок управления. Например, иногда не применяют расходомер воздуха  $G_v$ , а используют датчики угловой скорости коленчатого вала  $\omega_d$ , положения дроссельной заслонки  $\gamma_d$ , давления во впускном коллекторе  $p_k$ , температуры охлаждающей жидкости  $T_j$  и др.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Назначение и классификация систем подачи топлива двигателей с принудительным воспламенением.
- 2 Конструкция карбюратора.
- 3 Структуры систем впрыска лёгкого топлива.
- 4 Конструкция бензонасоса.

## 7 Лабораторная работа № 7. Исследование конструкций систем охлаждения ДВС

Система охлаждения предназначена для поддержания оптимального теплового режима двигателя.

Оптимальным считается режим (порядок), когда температура наружных стенок блока цилиндров составляет 90 °С...100 °С, средняя температура днища поршня нефорсированного мотора (без наддува) около 300 °С, температуры тарелок выпускных клапанов, электродов свечей зажигания или распылителей форсунок дизелей 800 °С...900 °С. При таком тепловом режиме зазоры в парах трения двигателя соответствуют расчётным и обеспечивают минимальное трение, а на деталях, образующих камеру сгорания, не откладывается большого количества смолы и сажи.

При существенном превышении оптимального температурного режима может произойти прогар или заклинивание поршня, прихват вкладышей коленчатого вала и другие аварийные ситуации.

В случае переохлаждения мотора, например, при длительной работе на режиме холостого хода, в камере сгорания накапливается большое количество сажи, что может приводить к пропуску вспышек в цилиндрах, загрязнению свечей зажигания или закоксовыванию распылительных отверстий форсунок у дизеля и другим негативным явлениям.

Поэтому система охлаждения должна обеспечивать быстрый и равномерный прогрев после запуска холодного двигателя и поддержания указанного теплового режима при дальнейшей работе.

В ДВС применяют два типа систем охлаждения:

- воздушную;
- жидкостную.

Большинство моделей двигателей самоходных машин имеют жидкостное охлаждение. Это связано с большей её эффективностью и меньшей шумностью мотора. Однако часто в обслуживании жидкостная система охлаждения более трудоёмка.

Основными элементами воздушной системы охлаждения являются (рисунок 7.1):

- рёбра охлаждения 1 на головке и цилиндрах;
- кожух 2 с окнами;
- термостаты 4 для регулировки проходного сечения окон;
- вентилятор 3 с приводом от коленчатого вала или иным.

Рёбра необходимы для увеличения площади охлаждения, на которую воздействует охладитель (рабочее тело воздушной системы охлаждения), т. е. воздух. Применение кожуха с вентилятором, окнами и термостатами позволяет, во-первых, более эффективно поддерживать оптимальный тепловой режим мотора за счёт изменения расхода воздуха в межрёберном пространстве и, во-вторых, уменьшать шумность за счёт экранного действия кожуха. Однако при этом очевидно усложнение системы и уменьшение мощности двигателя за счёт

отбора её части на привод вентилятора. Поэтому на многих моделях, например мотоциклов, системы охлаждения состоят только из рёбер на головках и цилиндрах. Охлаждение в этом случае осуществляется за счёт встречного потока воздуха и конвективного теплообмена. Иногда головку и цилиндр объединяют в одной отливке (рисунок 7.2), что упрощает сборку и повышает жёсткость несущей конструкции мотора.

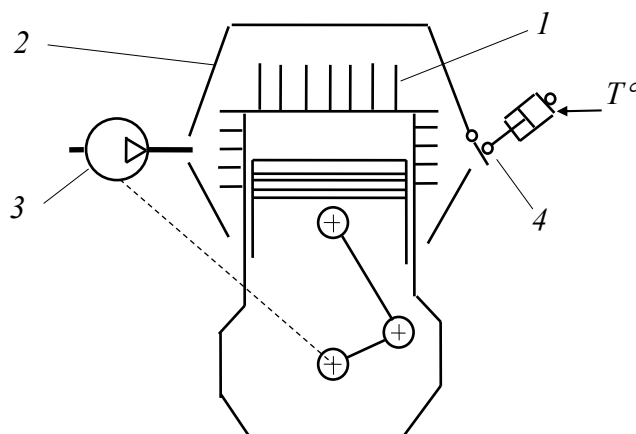


Рисунок 7.1 – Схема воздушной системы охлаждения

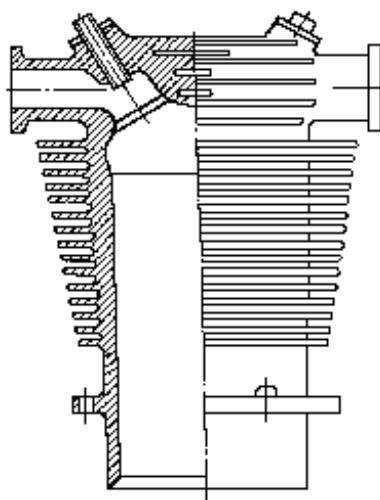


Рисунок 7.2 – Головка и цилиндр ДВС с воздушным охлаждением

Основными элементами жидкостной системы охлаждения (рисунок 7.3) являются рубашка охлаждения *1* с охлаждающей жидкостью, водяной насос *2*, термостат *3*, радиатор *4* с вентилятором, паровой *5* и воздушный *6* клапаны, расширительный бачок *7*.

Жидкостные системы охлаждения современных ДВС являются закрытыми с давлением внутри чуть больше атмосферного. Конструкция жидкостно-воздушного радиатора не отличается от рассмотренного ранее воздушно-воздушного радиатора системы впуска. Паровой клапан необходим для уменьшения давления в системе при нагреве жидкости, а значит, её расширении, во избежание выхода из строя радиатора. Воздушный клапан необходим для

недопущения чрезмерного разряжения в системе при остывании мотора в случае, если сработал паровой клапан.

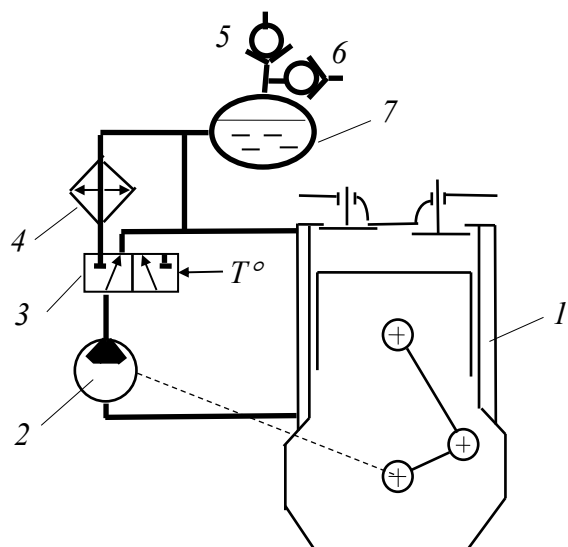


Рисунок 7.3 – Схема жидкостной системы охлаждения ДВС

В качестве охлаждающих жидкостей в настоящее время применяют антифризы. Это растворы этиленгликоля в дистиллированной воде с различными присадками (противокоррозионными, моющими и др.). Число в обозначении антифриза показывает температуру замерзания. При этом он превращается не в монолит, как чистая вода, а в некую кашу, которая не разрушает рубашку охлаждения, радиатор и другие устройства. Одним из свойств антифризов является их малая вязкость, а значит, повышенная текучесть. Это может нарушать герметичность системы в местах соединений.

Также они имеют повышенный коэффициент расширения. Поэтому в такой системе предусматривают специальную ёмкость – расширительный бачок.

Водяной насос – лопастного типа, центробежный – приводится от коленчатого вала клиноременной передачей (рисунок 7.4).

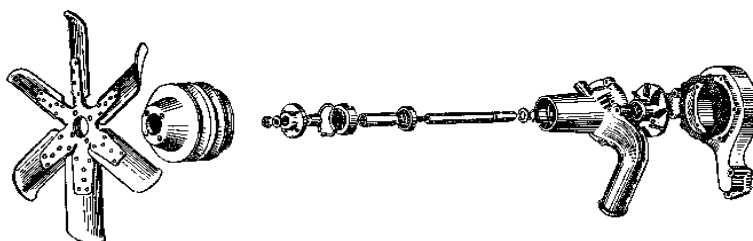


Рисунок 7.4 – Вентилятор с приводным шкивом и водяным насосом

На современных моделях легковых автомобилей привод вентилятора осуществляют с помощью электромотора. Это значительно улучшает компоновочную технологичность двигателя, т. е. радиатор с вентилятором можно располагать как угодно по отношению к мотору без усложнения привода. Если двигатель располагается в передней части машины, то поток воздуха вентилятора направлен по ходу движения машины для совпадения с потоком встречного воздуха. Так как диаметр и частота вращения вентилятора значительны, то он потребляет существенную часть мощности мотора (до 5 %). Поэтому для экономии топлива, например, при движении с большой скоростью, на ряде моделей привод вентилятора делают отключаемым с помощью опорожняемой гидромуфты (КамАЗ-740) или электромагнитной муфты (ВАЗ-2103). В этом случае система управления приводом вентилятора содержит датчик температуры охлаждающей жидкости.

Термостат – это автоматический клапан. Он направляет поток жидкости от водяного насоса либо по малому кругу циркуляции, т. е. только по рубашке охлаждения, либо по большому кругу, т. е. из рубашки в радиатор, либо и по малому, и по большому. Термостат имеет один входной патрубок и два выходных, которые связаны с радиатором и рубашкой (рисунок 7.5).

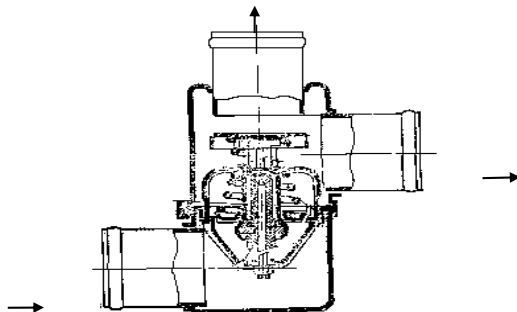


Рисунок 7.5 – Двухклапанный термостат ВАЗ

Термостат имеет один или два клапана с приводом от штока миниатюрного гидроцилиндра, заполненного легкоплавким рабочим телом (парафиновой смесью – церезином). При достижении температуры плавления наполнителя (около 80 °С) его объём увеличивается шток, выходит из гидроцилиндра, преодолевая усилие возвратной пружины, и открывает трубу радиатора.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение и классификация систем охлаждения ДВС.
- 2 Конструкция радиатора.
- 3 Конструкция водяного насоса.
- 4 Конструкция термостата.

## **8 Лабораторная работа № 8. Исследование конструкций систем смазки ДВС**

Система смазки предназначена для уменьшения сил трения и коррозии в механизмах двигателя, а также совместно с системой охлаждения для поддержания оптимального теплового режима.

Пары трения могут смазываться тремя способами:

- под давлением;
- разбрызгиванием;
- самотёком.

Наиболее нагруженные пары смазываются под давлением. Это подшипники коленчатого и распределительного валов, ротора турбокомпрессора и др. Разбрызгиванием смазываются менее нагруженные пары трения, а также те, куда весьма затруднительно подвести под давлением смазку, например, между

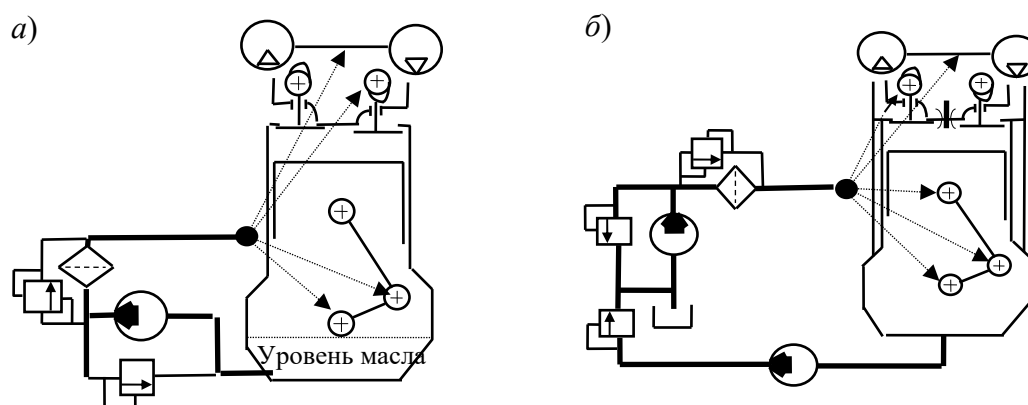
зеркалом цилиндра и поршнем, кулачком распределительного вала и толкателем и т. п. Самоотёком смазываются слабонагруженные пары трения и поверхности внутри мотора для предупреждения коррозии.

Различают три вида трения:

- 1) сухое, когда между трущимися поверхностями нет смазки;
- 2) чисто жидкостное трение, когда детали полностью разделены слоем смазки;
- 3) смешанное или граничное трение, когда часть трущейся поверхности имеет смазку, а часть нет.

Наименьший коэффициент трения имеет место при чисто жидкостном трении и малой скорости одной детали относительно другой. В ДВС применяют все три способа смазывания.

Различают системы смазки с «мокрым» и «сухим» картером (рисунок 8.1).



а – с «мокрым» картером; б – с «сухим» картером

Рисунок 8.1 – Схемы систем смазки

Системы смазки с сухим картером, как правило, применяют на крупно-размерных мощных двигателях, где картеры имеют весьма значительные объёмы, а также на спортивных машинах из-за высоких ускорений. В данной системе используется как минимум два насоса, один из которых откачивает масло из картера, а другой подаёт смазку к трущимся парам, используя при этом дополнительную ёмкость (маслобак).

Основными элементами системы смазки с мокрым картером являются:

- ёмкость со смазочным материалом (масляный картер);
- масляный насос (одно- или двухсекционный);
- масляные фильтры;
- масляные каналы;
- система вентиляции картера.

Основными параметрами, характеризующими моторные масла, являются вязкость (способность сопротивляться сдвигу), температура застывания, температура вспышки, щелочное число, зольность.

В обозначении моторного масла присутствует класс вязкости и индекс его применимости (назначения). На территории стран СНГ в ходу две системы индексации моторных масел – разработанная в СССР по ГОСТ 17479 и разработанная в США по *SAE Y300 APR84*. Отечественная система подразделяет моторные масла на 21 класс вязкости, определяемой при температуре 100 °С. Американская система предусматривает 10 классов вязкости (шесть всесезонных, в обозначении которых присутствует буква *W* от английского *Winter* – зима, и четыре летних). Комплекс свойств, обеспечиваемых различными присадками (вязкостными, моющими, противостарительными, антикоррозионными, противозадирными, противопенными и др.), которые и определяют область применения масла, обозначается в конце индекса.

Например, согласно отечественному стандарту, наиболее широко применяемое моторное масло имеет обозначение:

$$M 6_3/14 \Gamma_1,$$

где *M* – моторное;

6 – вязкость при 100 °С основы масла (масляного дисцилянта нефти), т. е. без специальных присадок, корректирующих вязкость при высокой температуре, но не влияющих при низкой температуре;

3 – индекс, указывающий на наличие загущающей присадки, обеспечивающей достаточно высокую вязкость масла при 100 °С;

14 – действительная вязкость данного масла при 100 °С;

$\Gamma_1$  – для форсированных моторов с принудительным воспламенением (если  $\Gamma_2$ , то для форсированных дизелей).

Индекс вязкости 6 показывает, что при минус 18 °С основа масла имеет кинематическую вязкость 10400 мм<sup>2</sup>/с. Если бы при 100 °С вязкость основы масла была 14 мм<sup>2</sup>/с и отсутствовали присадки, то при минус 18 °С кинематическая вязкость составляла 32000 мм<sup>2</sup>/с, т. е. масло было бы в 3 раза гуще, и запустить такой двигатель было бы затруднительно.

То же масло в американском обозначении: *SAE 20W40 SD*, где 20 – индекс вязкости основы масла; *W* – наличие загущающей присадки; 40 – индекс вязкости с присадкой; *SD* – индекс применимости по *API (American Petroleum Institute)*, эквивалентный  $\Gamma_1$ .

Если общее количество присадок в масле составляет до 20 %, то такое масло называется минеральным, если свыше 20, но менее 40 %, то полусинтетическим, если же более 40 %, то синтетическим.

В случае, когда площади поверхности картера недостаточно для охлаждения масла, то в системе смазки предусматривается масляный радиатор. Его конструкция аналогична рассмотренным ранее радиаторам системы питания и охлаждения, но, как правило, он имеет меньшие размеры.

Масляный насос предназначен для создания избыточного давления рабочего тела и за счёт этого подачи масла ко всем трущимся парам. В системах смазки двигателей самоходных машин в качестве масляных применяют одно-



или двухсекционные шестерённые насосы (рисунок 8.2). В последнем случае большая секция осуществляет подачу масла к трущимся парам, а малая – к радиатору.

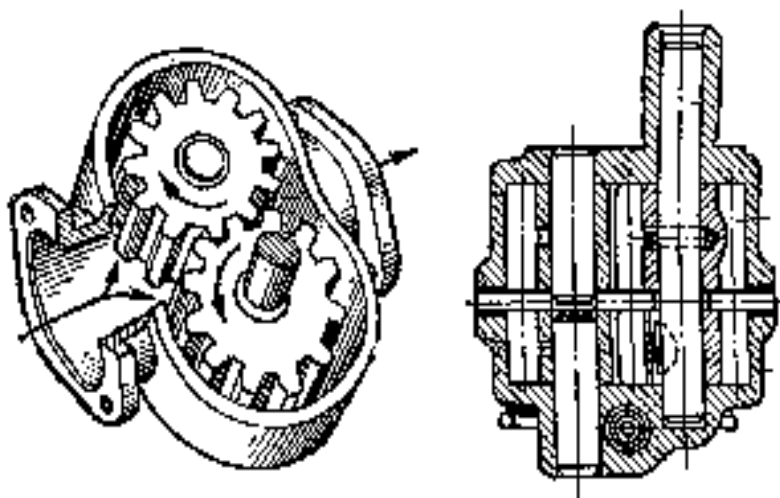


Рисунок 8.2 – Одно- и двухсекционный шестерённые насосы

В масляный насос, как правило, встраивается редукционный клапан (рисунок 8.3), который ограничивает максимальное давление рабочего тела  $p_m^{\max}$ . Обычно в системе смазки поддерживается давление  $0,1 < p_m < 0,8$  МПа.

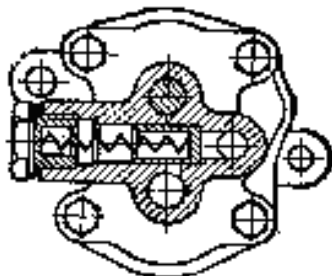


Рисунок 8.3 – Редукционный клапан масляного насоса

Фильтры предназначены для отделения твёрдых частиц (продуктов износа) от рабочего тела (масла). Применяют масляные фильтры тех же типов, что и рассмотренные ранее топливные – инерционные, с бумажным фильтрующим элементом, с керамическим фильтрующим элементом, щелевые (устаревшие).

Масляные инерционные фильтры являются центробежными, где вращение ротора часто осуществляется за счёт реактивных сил истекающего под давлением из сопловых отверстий масла. Так как частота вращения ротора составляет десятки тысяч оборотов в минуту, то за счёт значительных центробежных сил более тяжёлые твёрдые частицы оседают на внутренней поверхности ротора в виде плотного осадка, а более лёгкие молекулы масла движутся дальше по системе смазки.

Если весь поток масла проходит через фильтр, то его называют полнопоточным. В устаревших моделях двигателей применяли неполнопоточные филь-

тры тонкой очистки (бумажные и центробежные) и полнопоточные (щелевые) фильтры грубой очистки. Через первые проходило только 25 %...50 % масла. В современных моделях моторов применяют полнопоточные фильтры тонкой очистки масла, что способствует увеличению ресурса.

В сильно форсированных моторах осуществляют принудительное охлаждение днища каждого поршня струями масла из специальных трубок-форсунок, связанных с центральной масляной магистралью (рисунок 8.4).

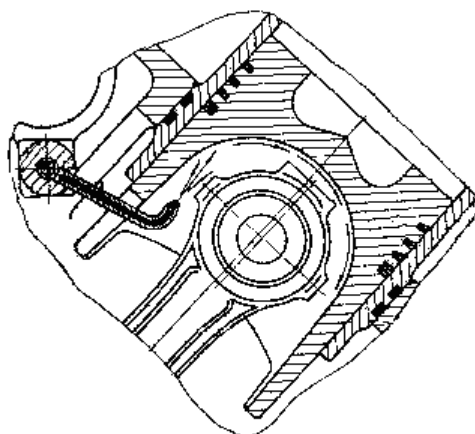


Рисунок 8.4 – Охлаждение поршня маслом форсированного ДВС

Система вентиляции картера предназначена для поддержания давления в картере, близкого к атмосферному. Этим уменьшается, во-первых, противодействие на поршни в тактах расширения и впуска, во-вторых, разжижение масла. Для вентиляции картера от газов, прорвавшихся из камеры сгорания, служит данная система.

В устаревших моделях двигателей картеры сообщались с атмосферой через сапуны или П-образные трубы. По существующим стандартам во избежание загрязнения окружающей среды картер должен сообщаться с впускным коллектором двигателя. Этим исключается попадание картерных газов в атмосферу и обеспечивается частичная рециркуляция отработавших газов. Упрощенная схема системы вентиляции картера ДВС изображена на рисунке 8.5.

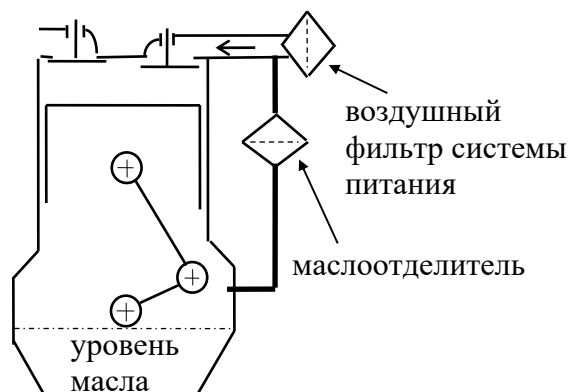


Рисунок 8.5 – Схема системы вентиляции картера

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение и классификация систем смазки ДВС.
- 2 Конструкция масляного насоса.
- 3 Конструкции масляных фильтров.
- 4 структура системы вентиляции картера.
- 5 Обозначение моторного масла.

### **Список литературы**

- 1 Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – Москва: Машиностроение, 1990. – 288 с.: ил.
- 2 Автомобильные и тракторные двигатели (теория, системы питания, конструкции и расчёт): учебник / Под ред. И. М. Ленина. – Москва: Высшая школа, 1969. – 656 с.: ил.
- 3 **Файнлейб, Б. Н.** Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник / Б. Н. Фанлейб. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 352 с.: ил.
- 4 **Кузнецов, Е. В.** Двигатели самоходных машин / Е. В. Кузнецов. – Могилев: МГТУ, 2003. – 320 с.: ил.
- 5 **Кузнецов, Е. В.** Основы теории и проектирования ДВС: учебное пособие / Е. В. Кузнецов. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – 322 с.: ил.
- 6 Тракторы и автомобили. Конструкция: учебное пособие / Под. ред. А. Н. Карташевича. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 312 с.: ил.