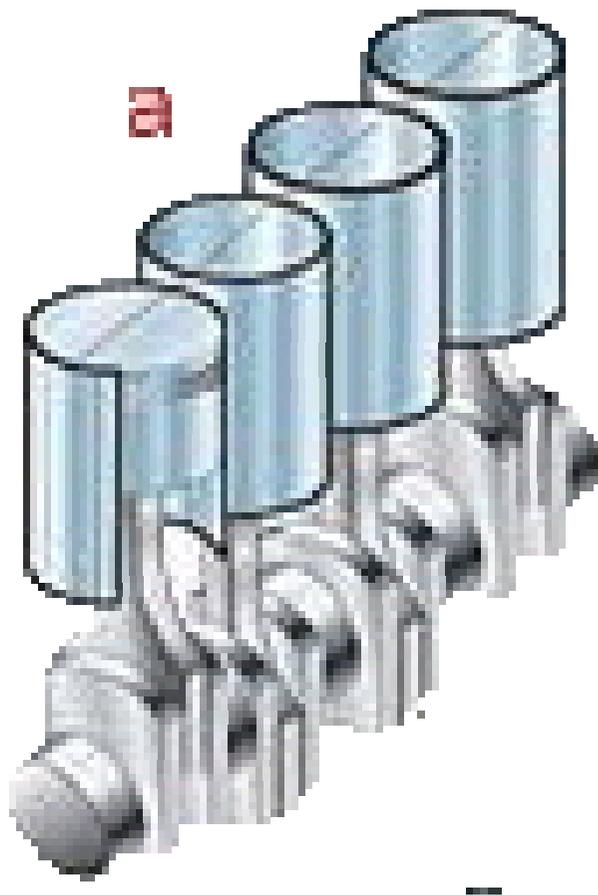


Двигатели внутреннего сгорания

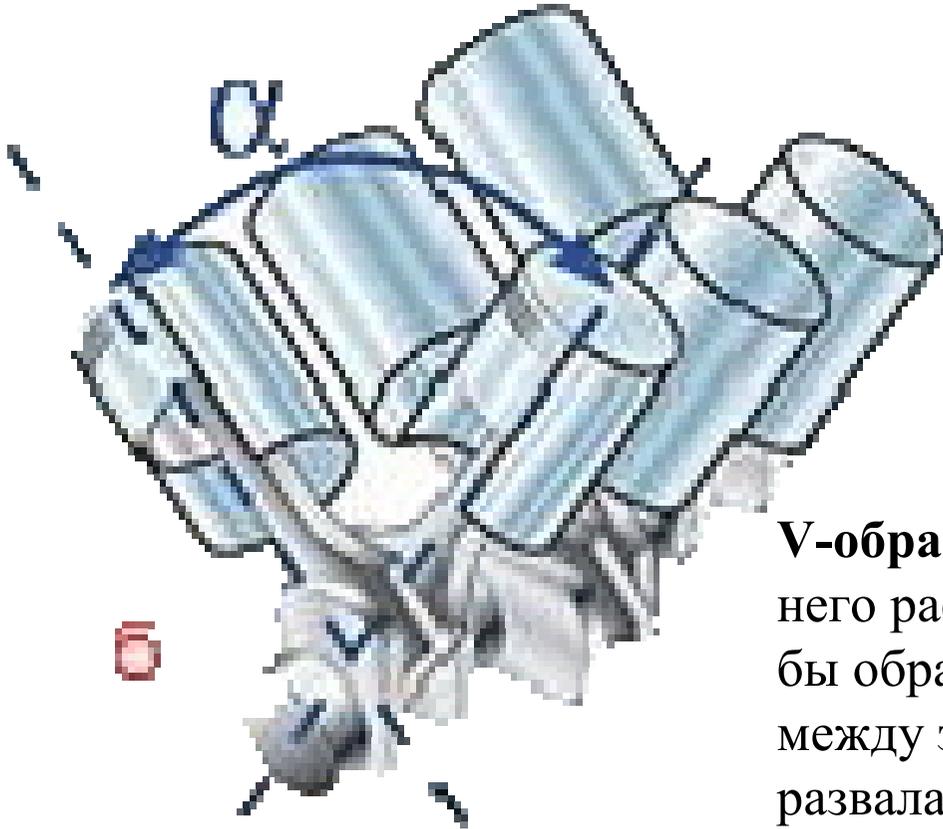
Общее устройство и принцип
работы ДВС

Классификация ДВС.

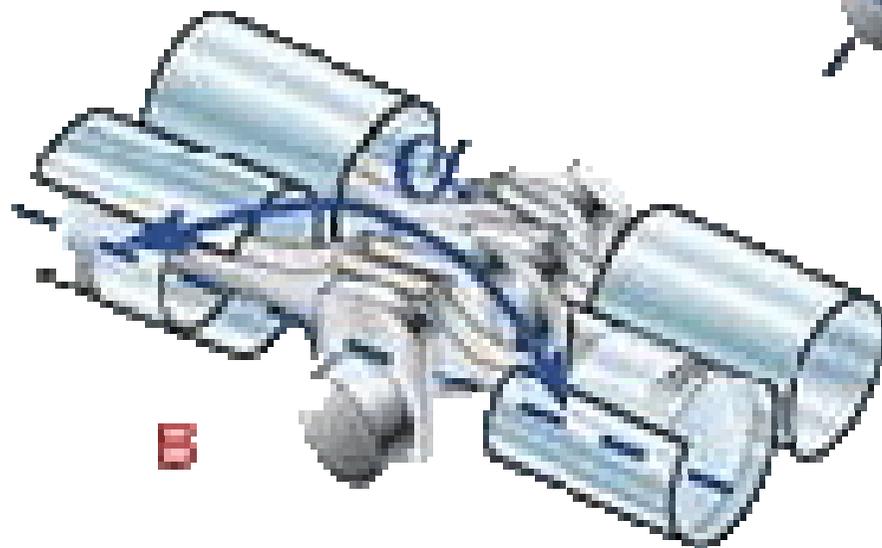
По числу и расположению цилиндров



Рядный двигатель — компоновка, при которой все цилиндры находятся в одной плоскости. Применяется для небольшого количества цилиндров (2, 3, 4, 5 и 6). Рядный шестицилиндровый двигатель легче всего поддается уравниванию (снижению вибраций), но обладает значительной длиной.



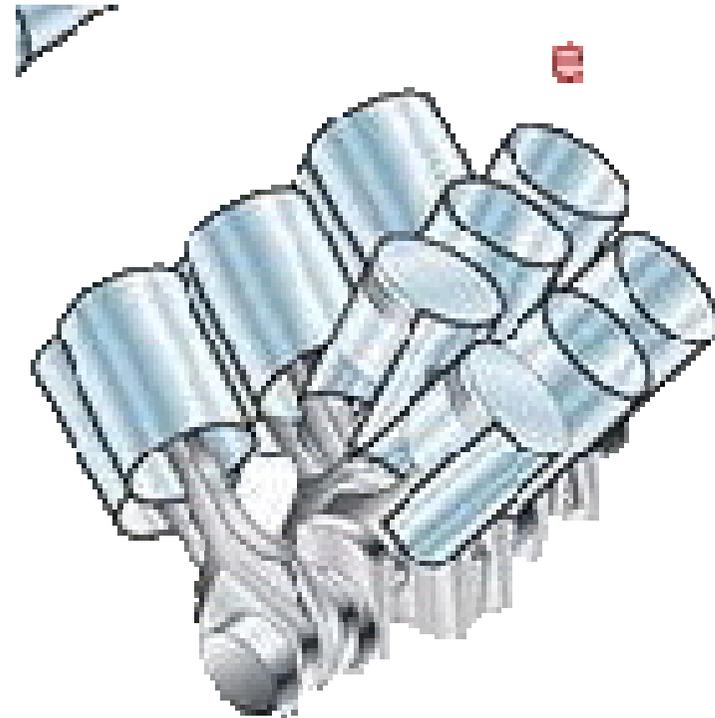
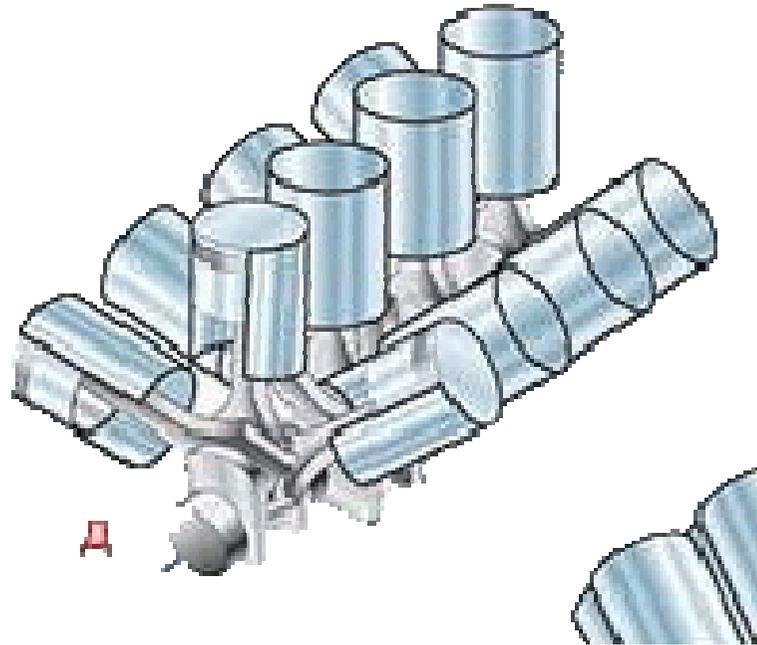
V-образный двигатель — цилиндры у него расположены в двух плоскостях, как бы образуя латинскую букву V. Угол между этими плоскостями называют углом развала. Наиболее часто такое размещение цилиндров применяется для шести- и восьмицилиндровых двигателей и обозначается V6 и V8 соответственно. Такая компоновка позволяет уменьшить длину двигателя, но увеличивает его ширину.



Опозитный двигатель имеет угол развала 180° , благодаря этому у него высота агрегата наименьшая среди всех компоновок.

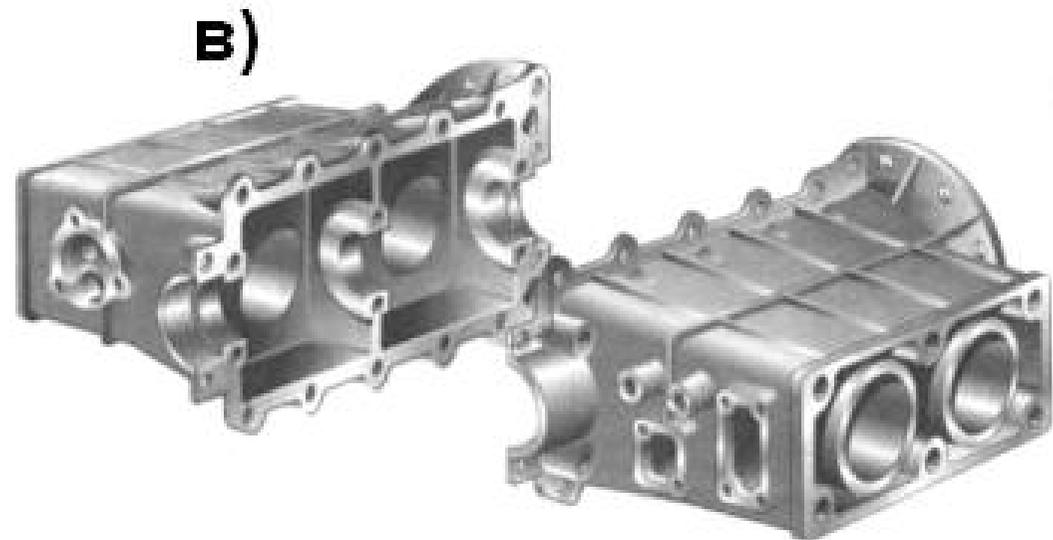
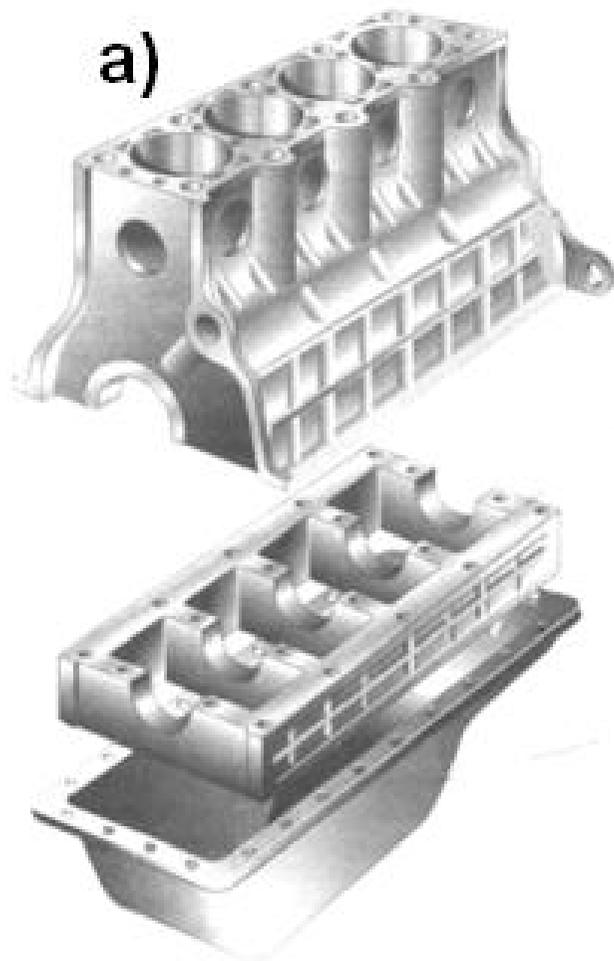


VR-двигатель обладает небольшим углом развала (порядка 15°), что позволяет уменьшить как продольный, так и поперечный размеры агрегата.



W-двигатель имеет два варианта компоновки — три ряда цилиндров с большим углом развала (рис. д) или как бы две **VR**-компоновки (рис. е). Обеспечивает хорошую компактность даже при большом количестве цилиндров. В настоящее время серийно выпускают W8 и W12.

Блоки цилиндров двигателей различной компоновки



По виду применяемого топлива

- двигатели, работающие на тяжелом жидком топливе* (мазут, дизельное топливо)
- на легком жидком топливе* (бензин, лигроин, спирт)
- на газообразном топливе* (пропан, бутан)
- альтернативные виды топлива* (спирт, водород и т.п.)

По способу смесеобразования (приготовления горючей смеси)

- с внешним смесеобразованием*
- с внутренним смесеобразованием*

По способу воспламенения рабочей смеси.

- с воспламенением от сжатия* (дизели)
- с принудительным воспламенением от электрической искры* (бензиновые).

По способу реализации рабочего цикла

- 2-х тактные*
- 4-х тактные*

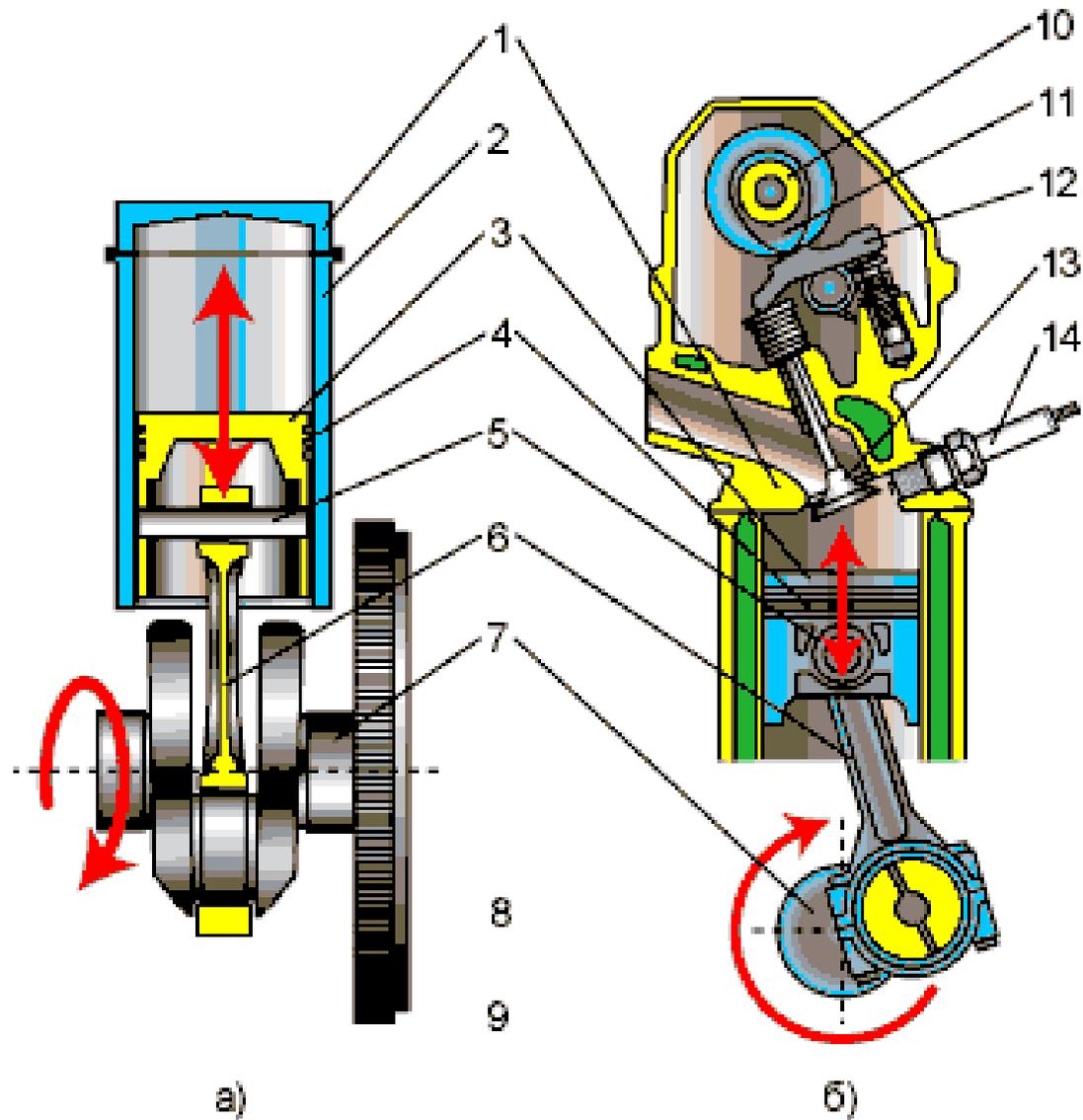
По типу системы охлаждения.

- с воздушным охлаждением;*
- с жидкостным охлаждением.*

Общее устройство ДВС

- кривошипно-шатунный механизм
- газораспределительный механизм
- система охлаждения
- система смазки
- система питания
- система пуска
- система зажигания

Основные части двигателя



Основные части двигателя

- Карбюраторный двигатель внутреннего сгорания: а) продольный разрез;
- б) поперечный разрез
- 1 — головка цилиндра; 2 — цилиндр; 3 — поршень; 4 — поршневые кольца; 5 — поршневой палец; 6 — шатун; 7 — коленчатый вал; 8 — маховик; 9 — кривошип; 10 — распределительный вал; 11 — кулачок распределительного вала; 12 — рычаг; 13 — клапан; 14 — свеча зажигания

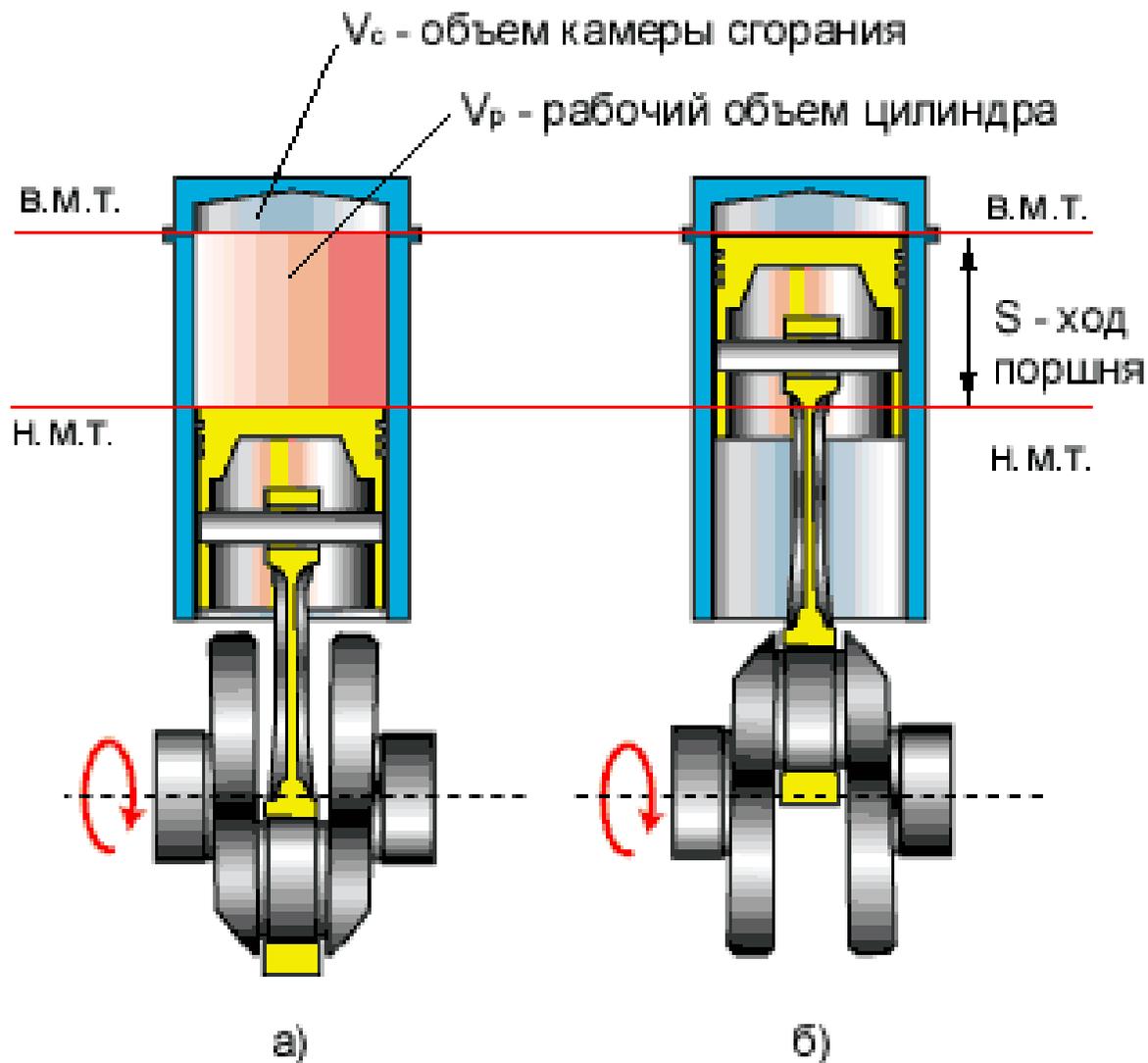
Работа двигателя

- В цилиндре (2) со съемной головкой (1) находится поршень (3), в специальные канавки справа и слева помещены поршневые кольца (4). Кольца скользят по поверхности цилиндра, не давая образующимся газам вырваться вниз и препятствуя попаданию наверх масла.
- Поршневой палец (5) и шатун (6) соединяют поршень с кривошипом коленчатого вала (9). Он вращается в подшипниках, которые расположены в картере двигателя. На конце коленчатого вала (7) укреплен маховик (8).

Работа двигателя

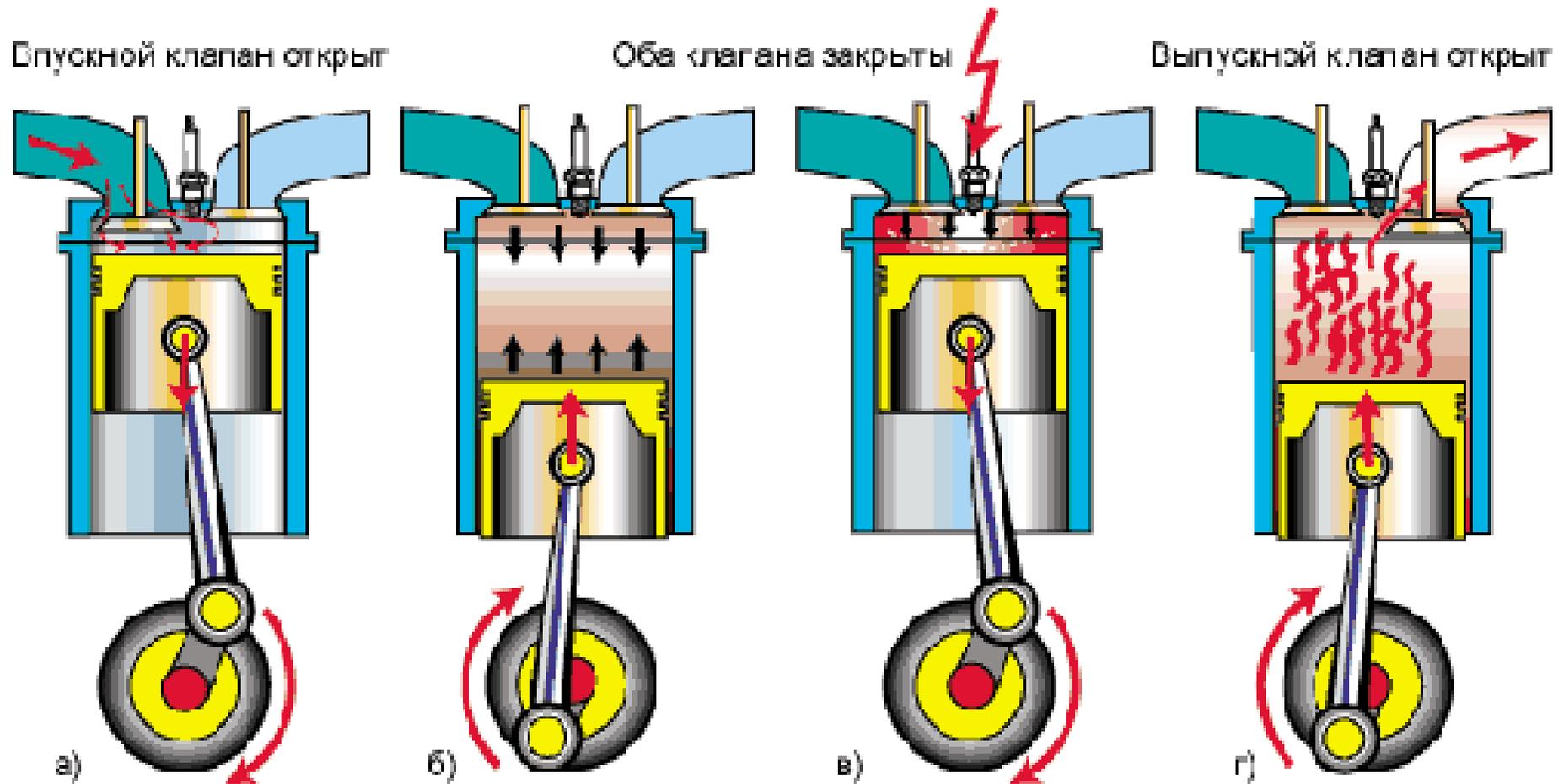
- Когда кулачки распределительного вала (11) находят на рычаги (12), клапаны (13) открываются. При этом, через впускной клапан проходит горючая смесь (бензин и воздух), а через выпускной выходят отработанные газы. Закрываются клапаны под воздействием пружин, когда кулачки сбегают с рычагов. В движении распределительный вал и кулачки приводятся с помощью коленчатого вала.
- Свеча зажигания (14) расположена в резьбовом отверстии головки цилиндра (1). Между ее электродами проскакивает искра и воспламеняет горючую смесь

Геометрические и объемные показатели двигателя

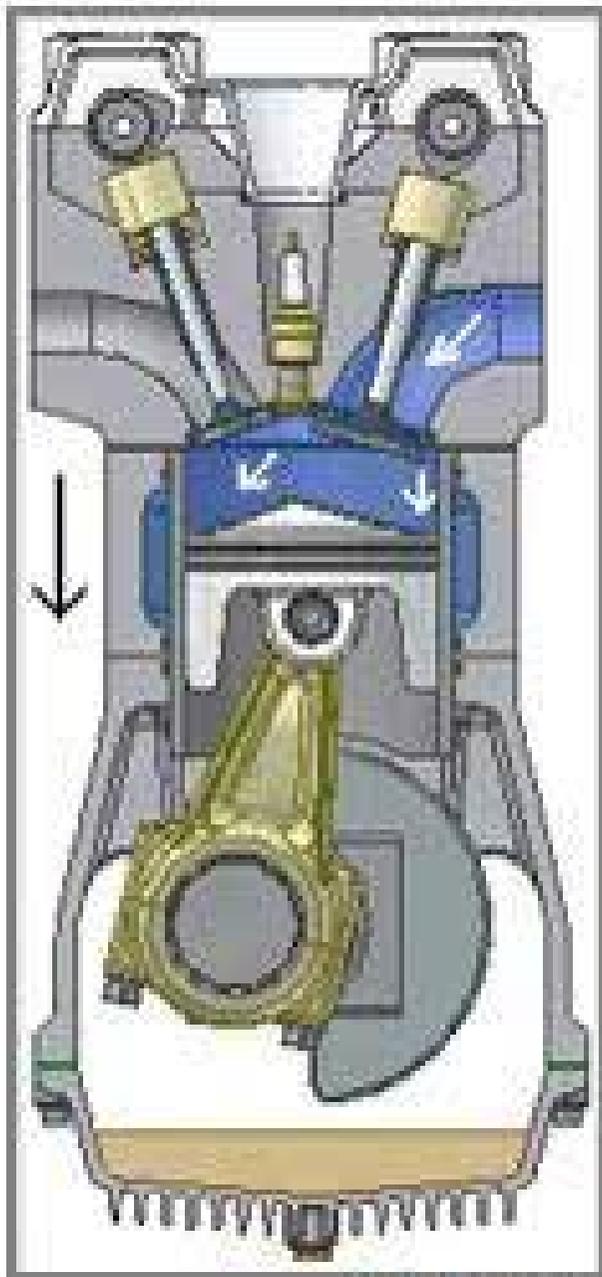


- ВМТ и НМТ – верхняя и нижняя «мертвая» точка.
- S – ход поршня. Путь от одной «мертвой» точки до другой.
- V_c — объем камеры сгорания - объем над поршнем, когда он находится в ВМТ.
- V_p — рабочий объем цилиндра - объем, который освобождает поршень, перемещаясь от верхней «мертвой» точке к нижней.
- V_n – полный объем цилиндра – определяется суммированием объема камеры сгорания и рабочего объема цилиндра.
- При сложении рабочих объемов всех цилиндров мы получаем рабочий объем двигателя – его литраж - V_l

Рабочий цикл 4-х тактного бензинового двигателя

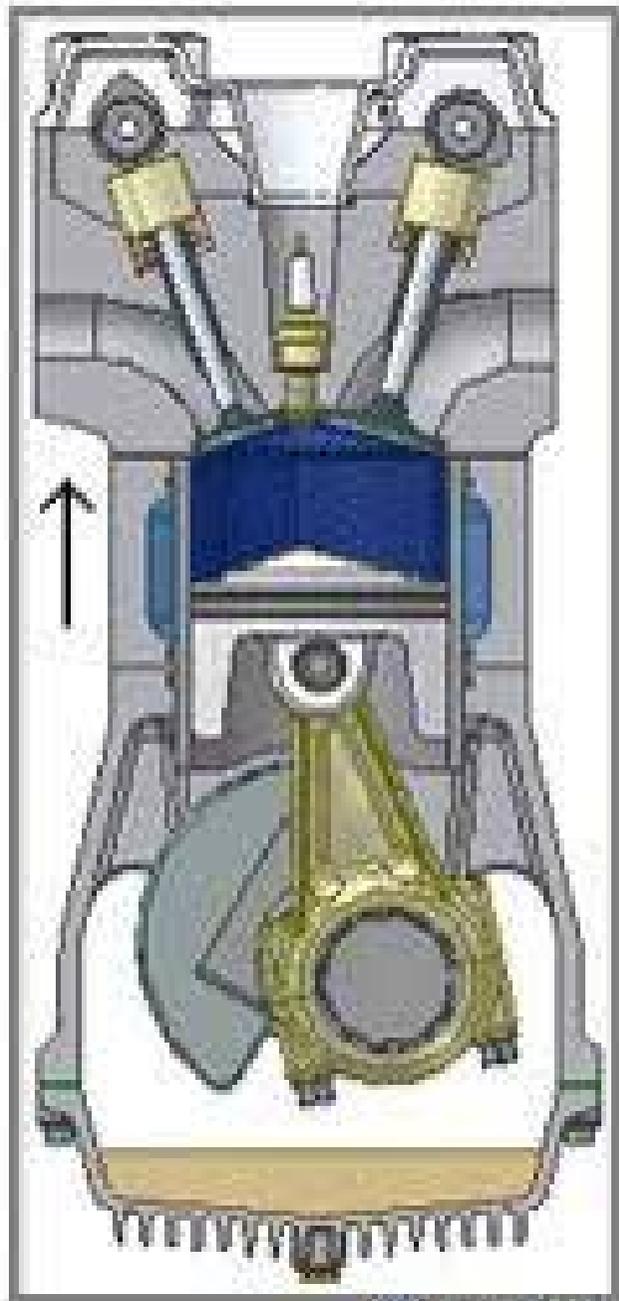


Такты рабочего цикла



ВПУСК

ПЕРВЫЙ ТАКТ - ВПУСК: Поршень идет вниз, впускной клапан открывается, и топливная смесь поступает из карбюратора в цилиндр. Когда поршень достигает нижнего положения, клапан закрывается.



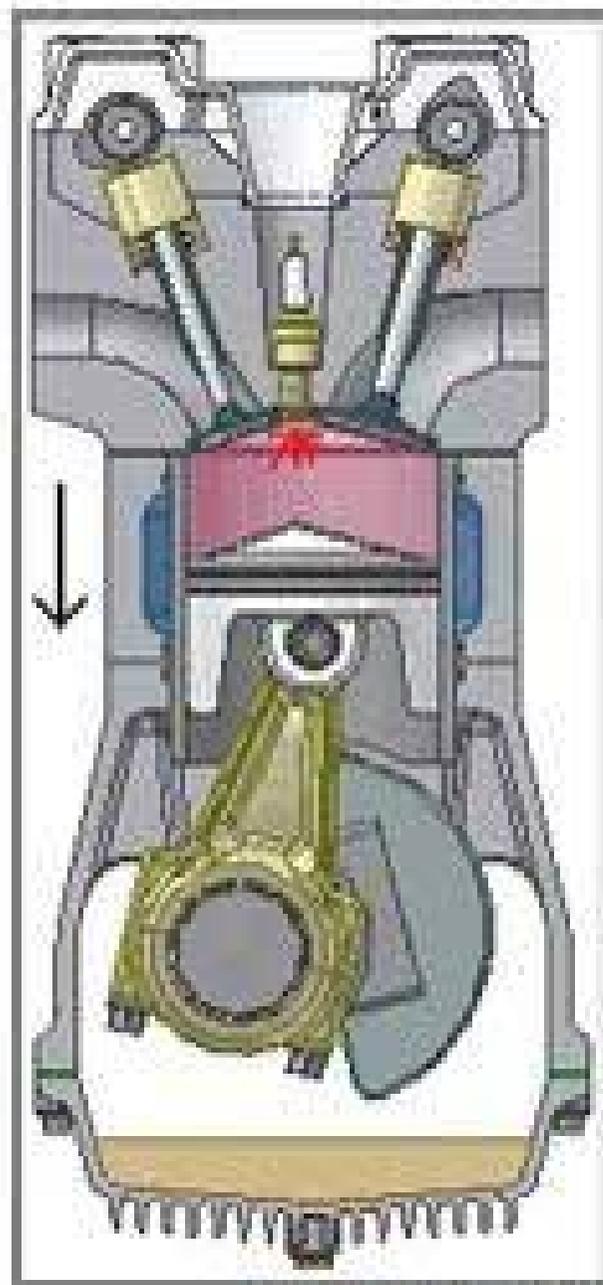
СЖАТИЕ

ВТОРОЙ ТАКТ -

СЖАТИЕ: Поршень идет вверх, топливная смесь сжимается. Когда поршень находится в нескольких миллиметрах от верхней мертвой точки (ВМТ), свеча воспламеняет топливо, сжатое поршнем.

ТРЕТИЙ ТАКТ - РАБОЧИЙ ХОД

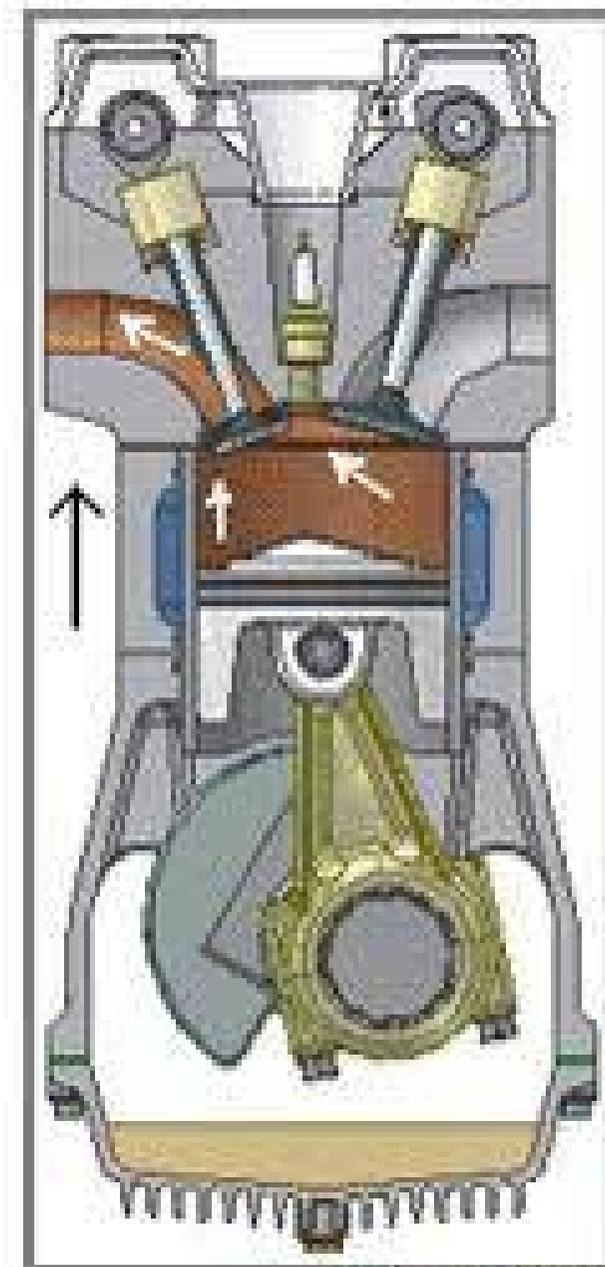
(РАСШИРЕНИЕ): После воспламенения горючего оно сгорает, горячие газы быстро расширяются, толкая поршень вниз (оба клапана закрыты).



РАБОЧИЙ ХОД

ЧЕТВЁРТЫЙ ТАКТ - ВЫПУСК: По инерции коленвал продолжает свое вращение (для равномерности вращения на коленвале установлены грузы - щеки коленвала), поршень идет вверх. Одновременно открывается выпускной клапан, и отработавшие газы выходят в выпускную трубу. При достижении поршнем ВМТ, выпускной клапан закрывается.

Далее повторяются все четыре такта.



ВЫПУСК

Параметры тактов рабочего цикла

Бензиновый двигатель

1. Такт впуска

Поршень движется от ВМТ к НМТ, впускной клапан открыт, выпускной закрыт, в цилиндр под действием разрежения поступает смесь топлива с воздухом.

$$P = 0,07 \dots 0,09 \text{ МПа};$$

$$T = 330 \dots 390 \text{ }^{\circ}\text{К}.$$

2. Такт сжатия

Оба клапана закрыты. Поршень движется от НМТ к ВМТ, сжимая при этом смесь, находящуюся в цилиндре. Давление и температура повышаются.

$$P = 0,9 \dots 1,5 \text{ МПа};$$

$$T = 500 \dots 700 \text{ }^{\circ}\text{К}.$$

В конце такта сжатия происходит воспламенение смеси от электрической искры. Давление и температура резко возрастают.

$$P = 3,0 \dots 4,5 \text{ МПа};$$

$$T = \text{до } 2700 \dots 2900 \text{ } ^\circ\text{К}$$

3. Такт расширения

(рабочий ход). Поршень движется от ВМТ к НМТ. Оба клапана закрыты. Продукты сгорания, расширяясь, давят на поршень, совершая полезную работу. Объем над поршнем увеличивается, давление и температура снижаются.

$$P = 0,3 \dots 0,4 \text{ МПа};$$

$$T = 1200 \dots 1500 \text{ } ^\circ\text{К}.$$

4. Такт выпуска

Выпускной клапан открыт, впускной закрыт.

Поршень движется от НМТ к ВМТ, выталкивая при этом отработавшие газы.

$$P = 0,11 \dots 0,13 \text{ МПа};$$

$$T = 700 \dots 1100 \text{ }^{\circ}\text{К}.$$

- Дизельный двигатель

1. Такт впуска

При движении поршня от ВМТ к НМТ через впускной клапан поступает чистый воздух.

$$P = 0,08...0,09 \text{ МПа};$$

$$T = 320...340 \text{ }^{\circ}\text{К}.$$

2. Такт сжатия

$$P = 3,5...4,0 \text{ МПа};$$

$$T = 750...950 \text{ }^{\circ}\text{К}.$$

В конце такта сжатия в камеру сгорания впрыскивается под большим давлением мелкораспыленное топливо, перемешивается с воздухом и самовоспламеняется.

В конце сгорания достигаются следующие значения:

$$P = 5,5 \dots 9,0 \text{ МПа};$$

$$T = 1900 \dots 2400 \text{ }^\circ\text{К}.$$

3. Такт расширения (рабочий ход)

$$P = 0,2 \dots 0,3 \text{ МПа};$$

$$T = 900 \dots 1200 \text{ }^\circ\text{К}.$$

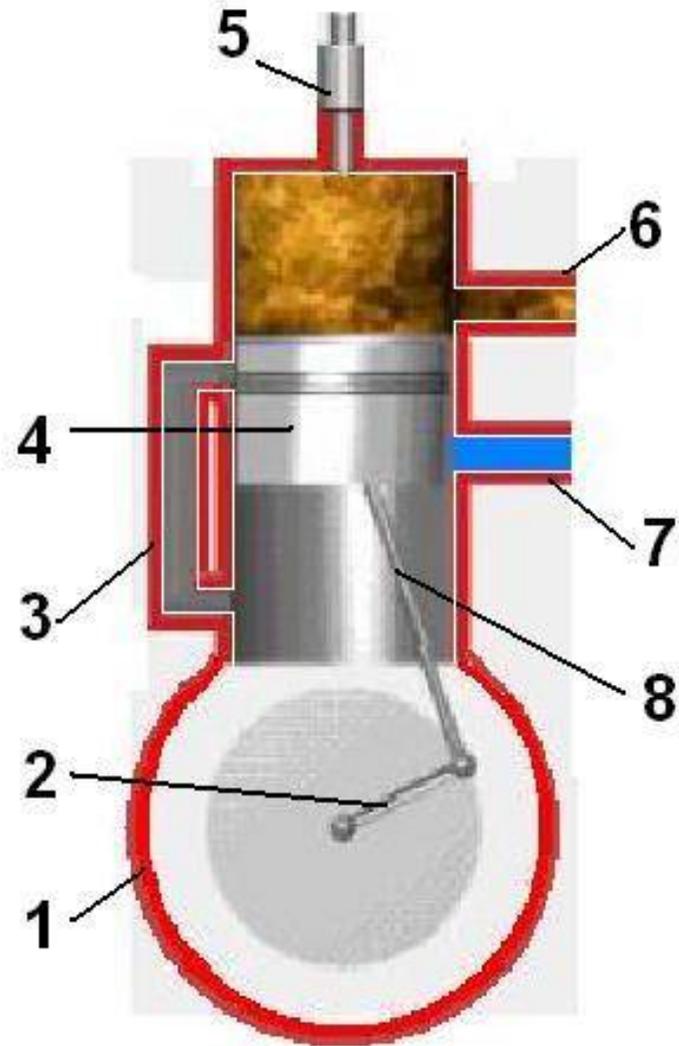
4. Такт выпуска

$$P = 0,11 \dots 0,12 \text{ МПа};$$

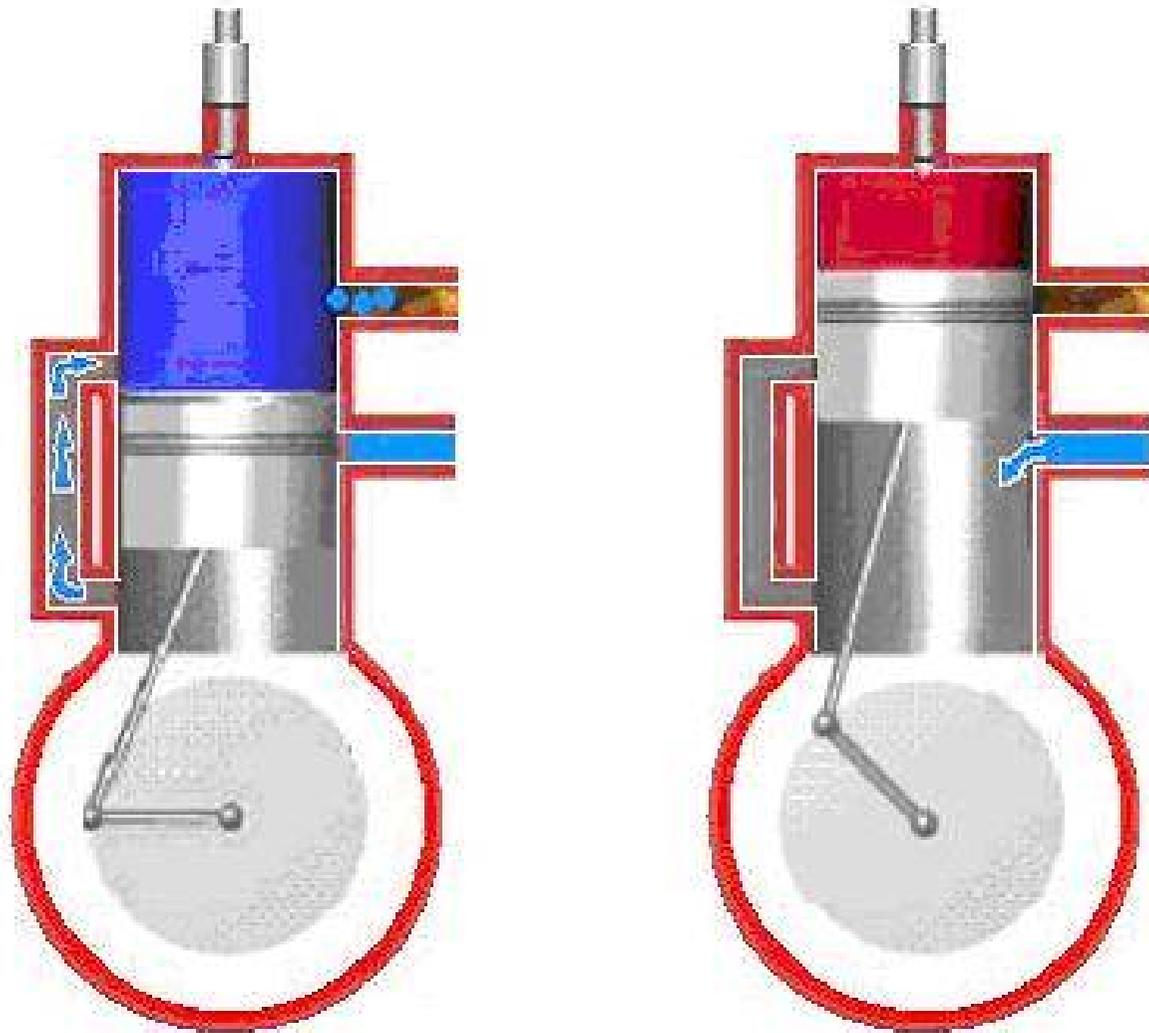
$$T = 650 \dots 900 \text{ }^\circ\text{К}.$$

Устройство 2-х тактного двигателя

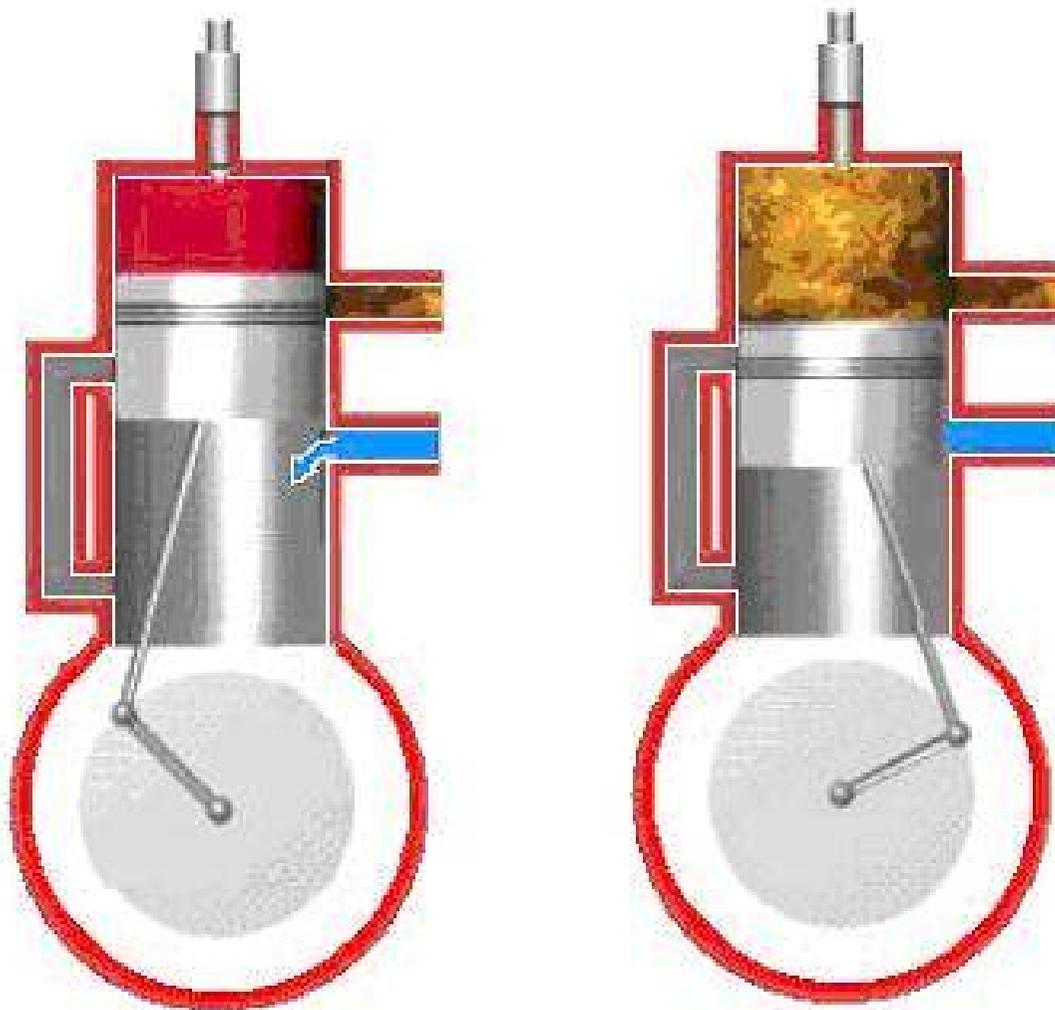
- 1-Картер коленчатого вала;
- 2-Кривошип (коленчатый вал);
- 3-Продувочный канал;
- 4-Поршень;
- 5-Свеча зажигания у бензинового, или форсунка у дизельного двигателя;
- 6-Выпускной канал;
- 7-Впускной канал;
- 8-Шатун.



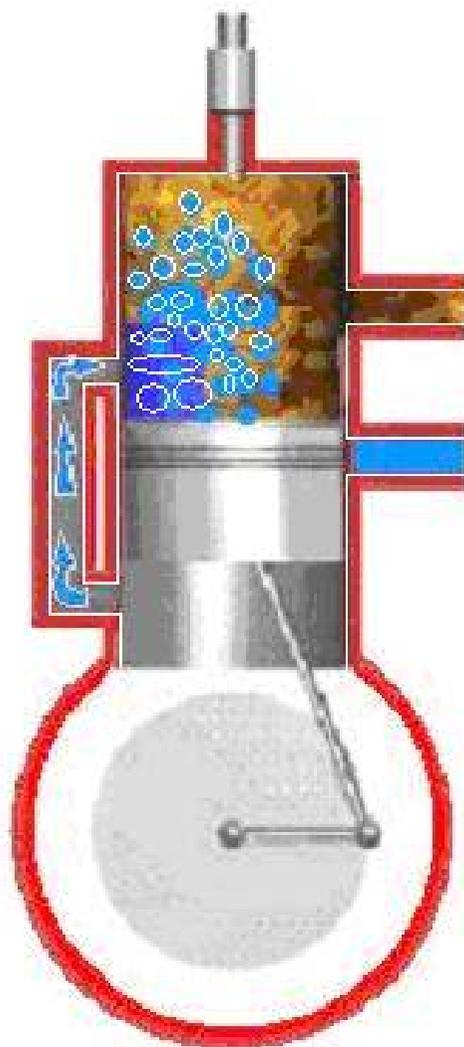
Совмещенный такт сжатия и впуска



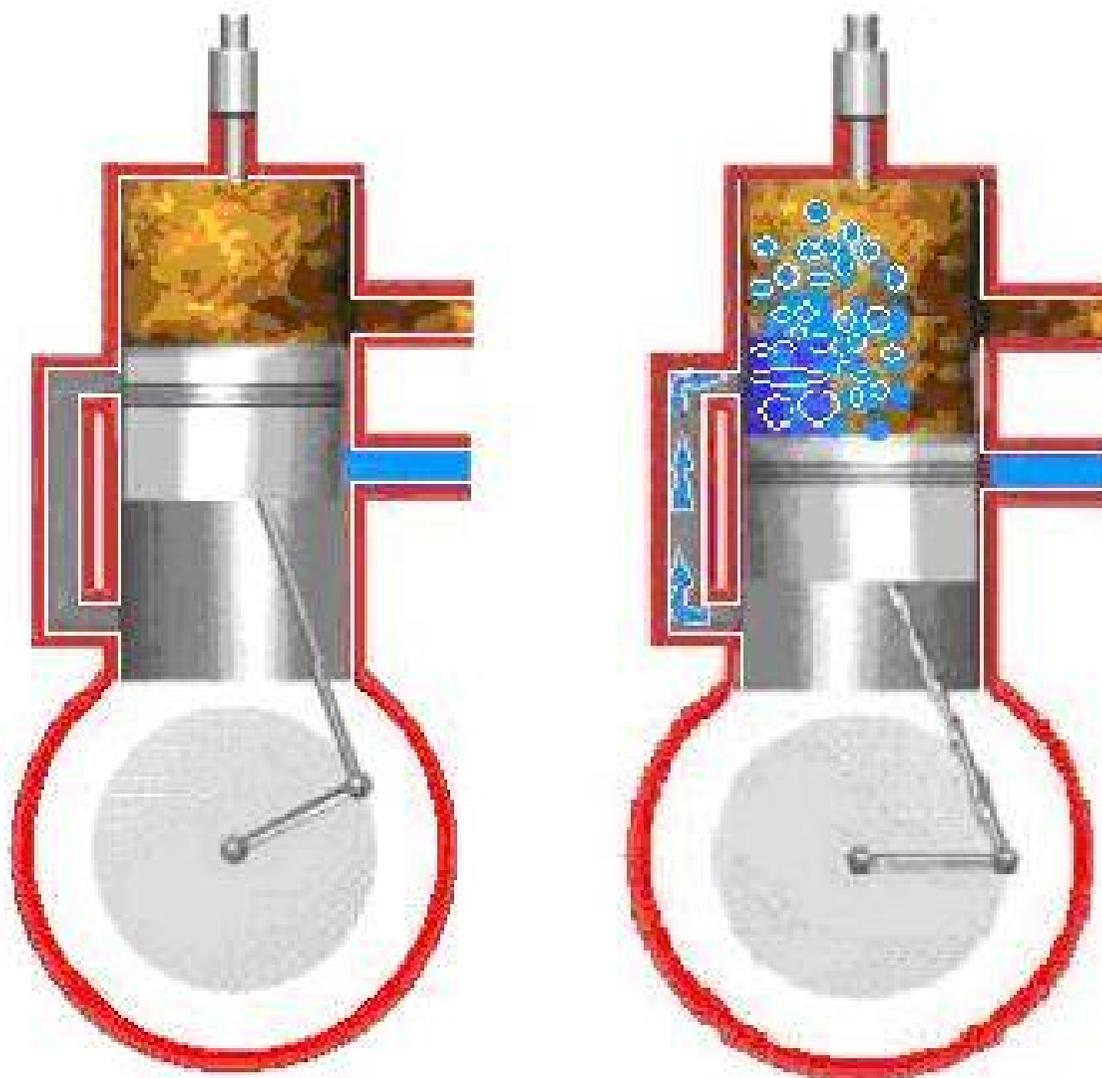
Совмещенный такт расширения и выпуска



Продувка и впуск свежего заряда



Совмещение выпуска и впуска свежего заряда

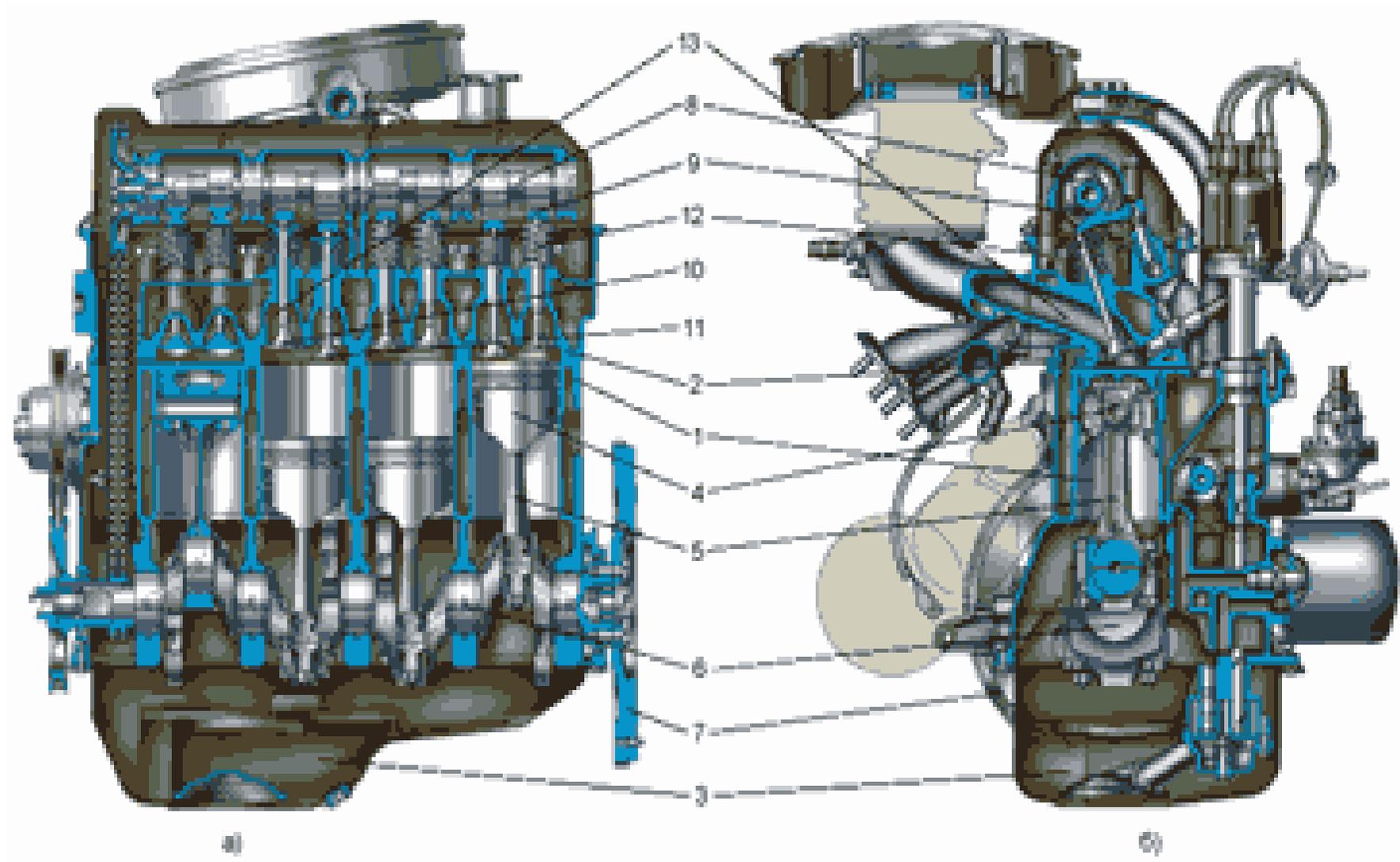


Кривошипно-шатунный механизм

Назначение кривошипно-шатунного механизма

- КШМ воспринимает давление газов, возникающих при сгорании топливно-воздушной смеси в цилиндрах двигателя, и преобразует его в механическую работу по вращению коленчатого вала.

Основные части КШМ



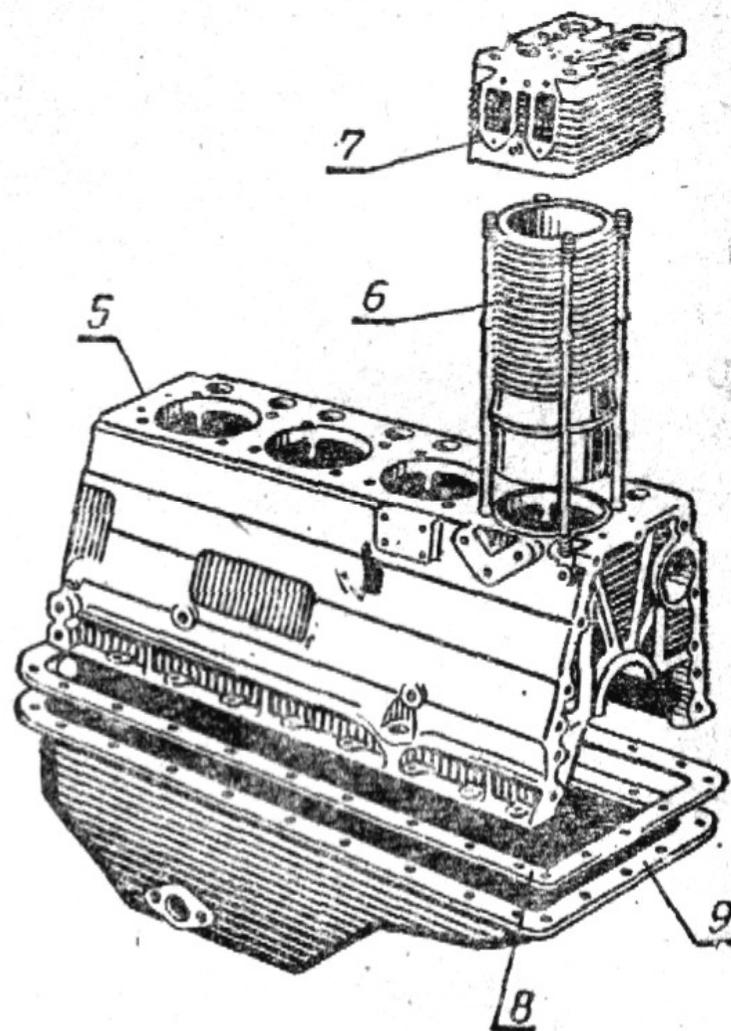
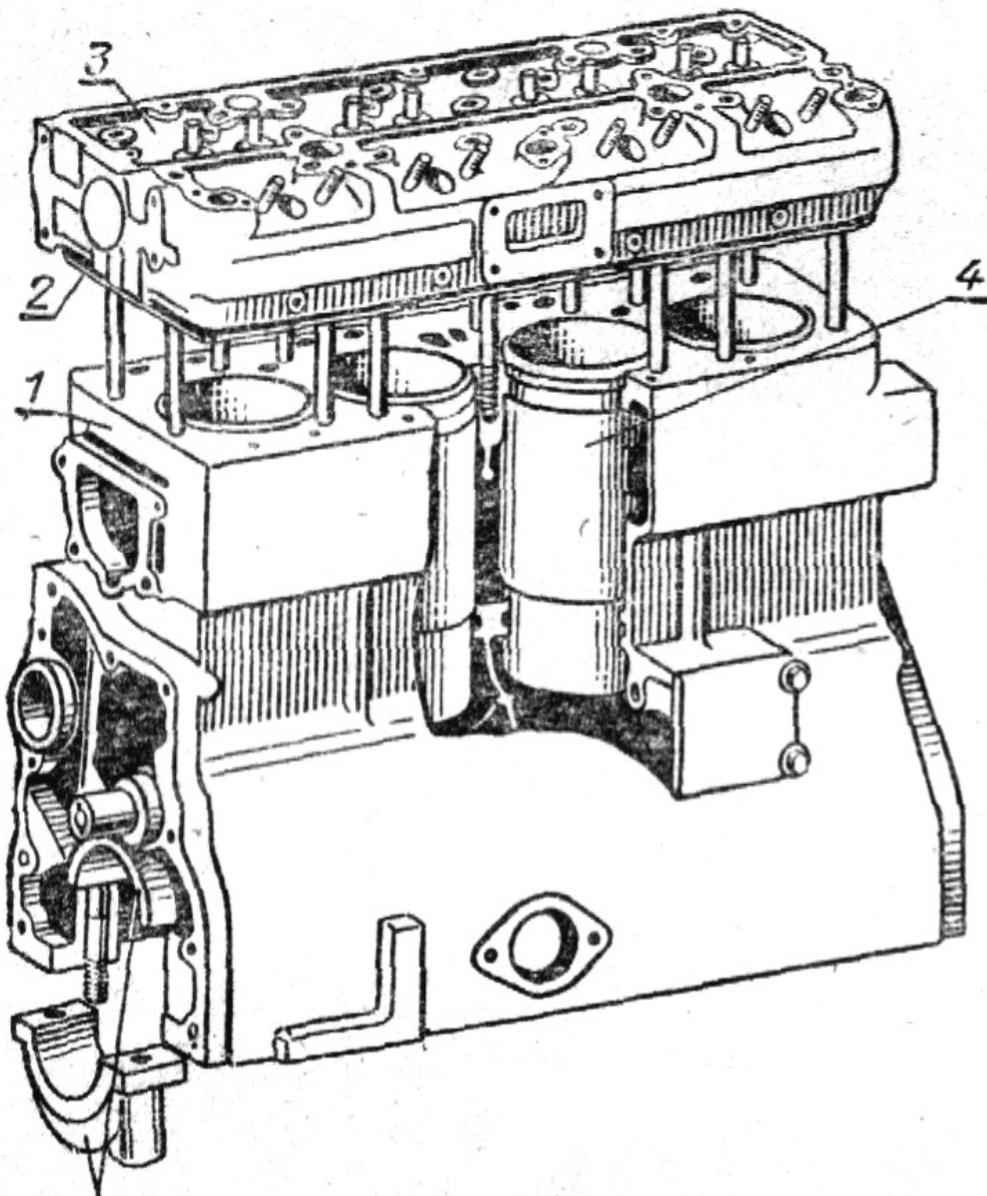
Спецификация

- 1 — блок цилиндров; 2 — головка блока цилиндров; 3 — поддон картера двигателя; 4 — поршни с кольцами и пальцами; 5 — шатуны; 6 — коленчатый вал; 7 — маховик; 8 — распределительный вал; 9 — рычаги; 10 — впускные клапаны; 11 — выпускные клапаны; 12 — пружины клапанов; 13 — впускные и выпускные каналы

Основные детали КШМ

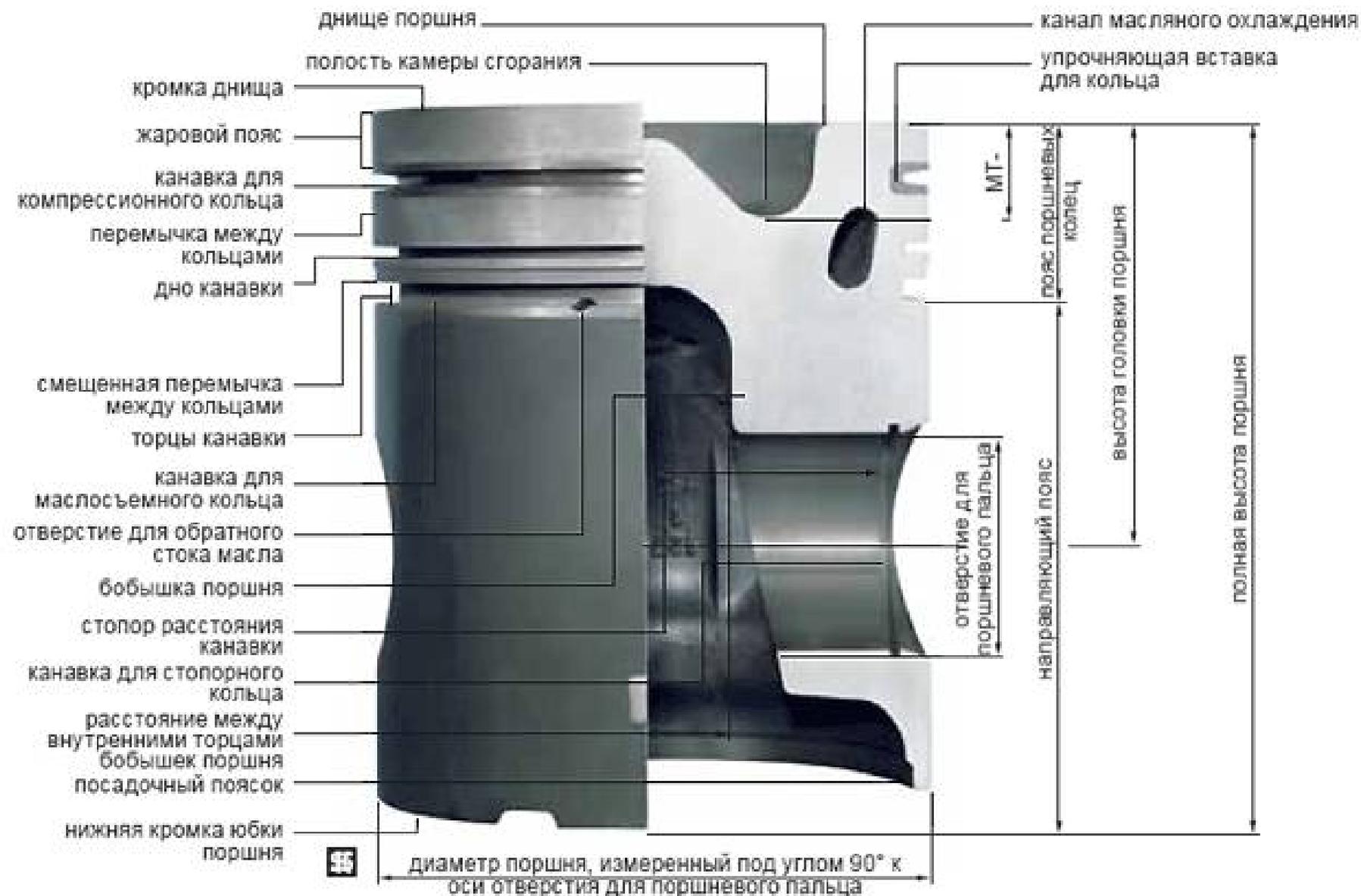
- блок цилиндров с картером,
- головка блока цилиндров,
- поддон картера двигателя,
- поршни с кольцами и пальцами,
- шатуны,
- коленчатый вал,
- маховик.

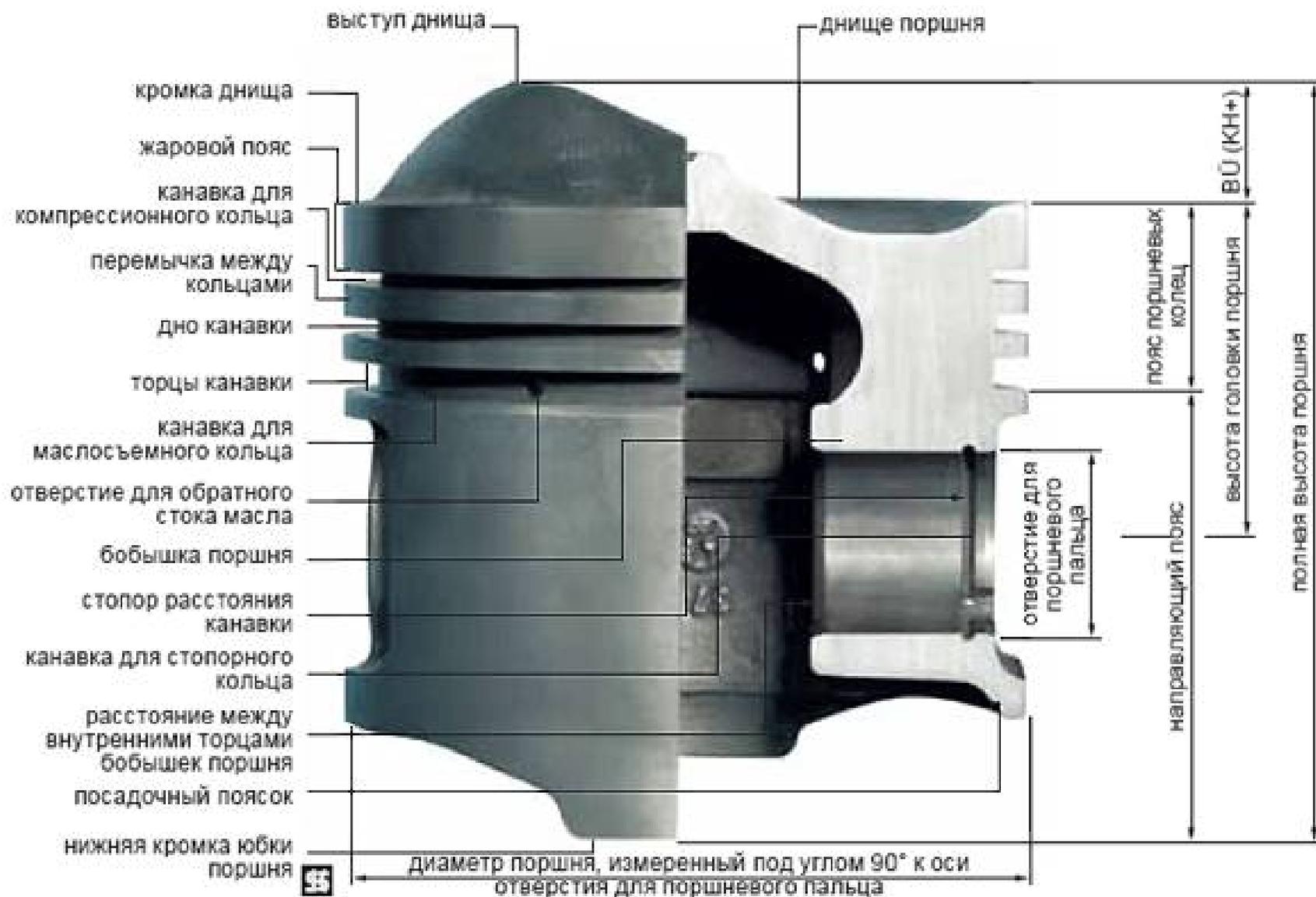
Неподвижные детали



Поршень

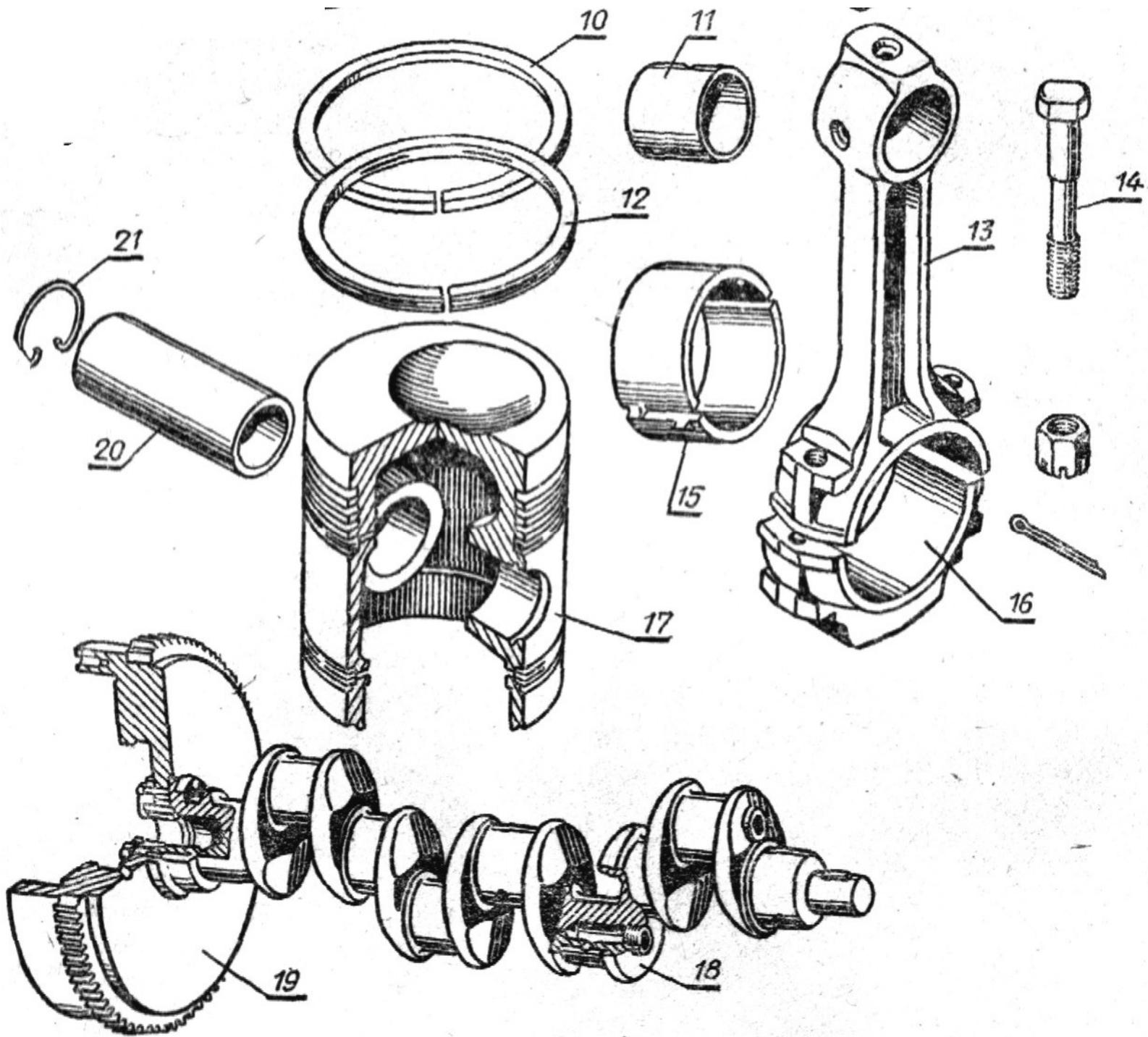
- состоит из единых головки и юбки. Головка поршня может иметь различную форму (плоскую, выпуклую, вогнутую и др.), в ней также может быть выполнена камера сгорания (дизельные двигатели). В головке нарезаны канавки для размещения поршневых колец. На современных двигателях используется два типа колец: маслосъемные и компрессионные. Компрессионные кольца препятствуют прорыву газов в картер двигателя. Маслосъемные кольца удаляют излишки масла на стенках цилиндра. В юбке выполнены две бобышки для размещения поршневого пальца, который соединяет поршень с шатуном.





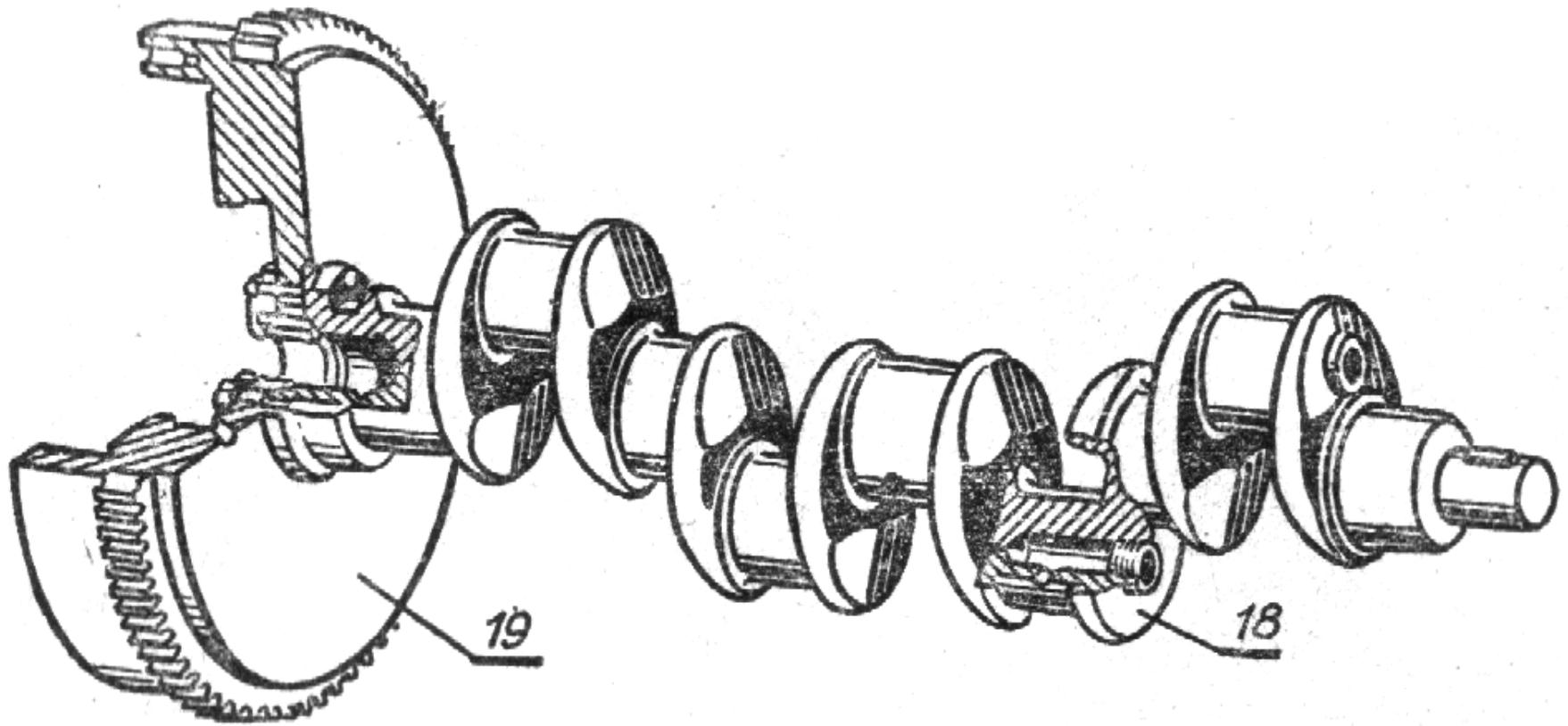
Шатун

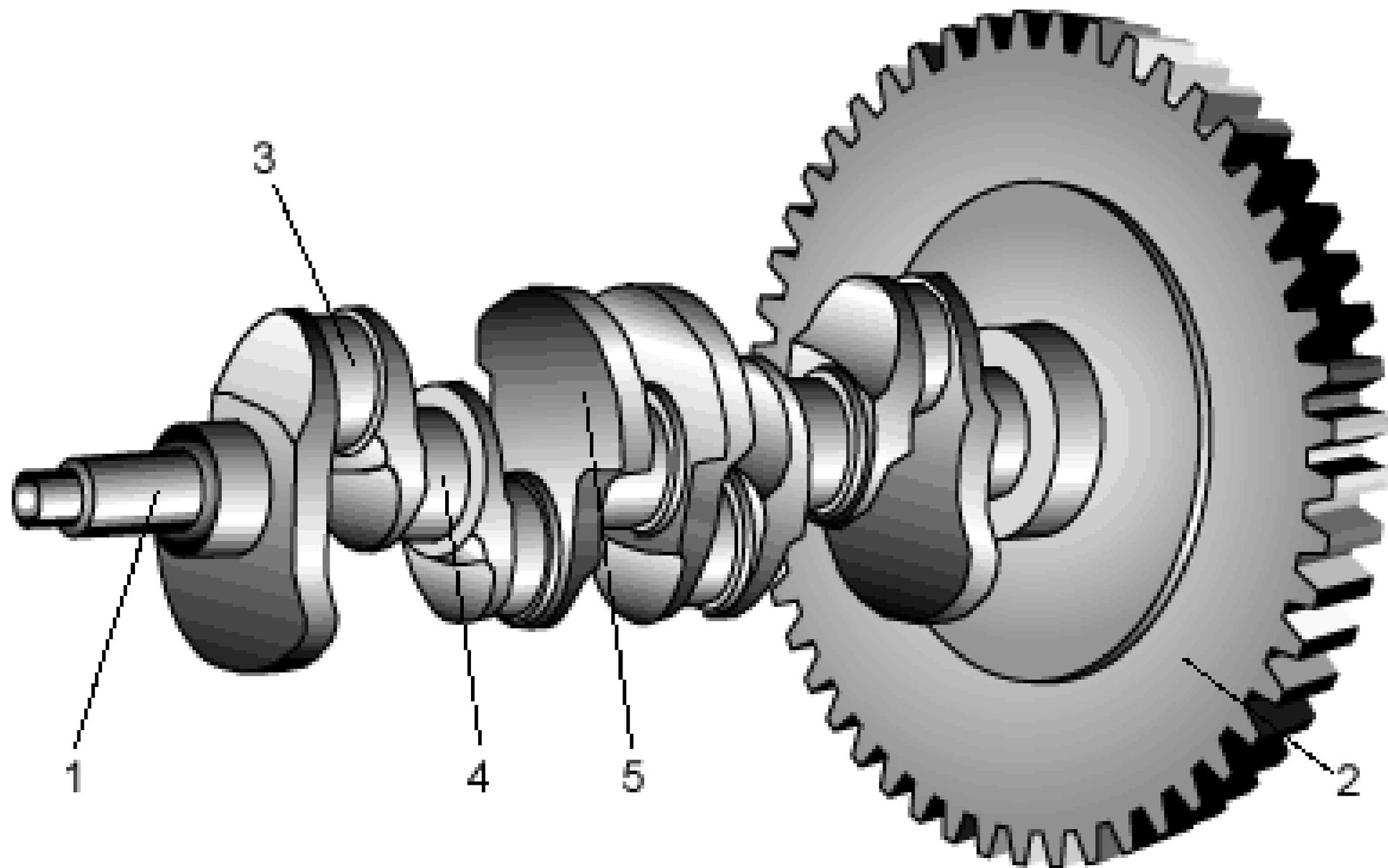
- передает усилие от поршня к коленчатому валу, для этого он имеет шарнирное соединение с поршнем и с коленчатым валом. Шатуны изготавливаются из стали путем штамповки иликовки.
- Конструктивно шатун состоит из верхней головки, стержня и нижней головки. В верхней головке размещается поршневой палец. Предусматривается вращение поршневого пальца в головке шатуна и бобышках поршня. Такой палец имеет название «плавающий». Стержень шатуна имеет двутавровое сечение. Нижняя головка выполнена разборной, что позволяет обеспечить соединение с шейкой коленчатого вала.



Коленчатый вал

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

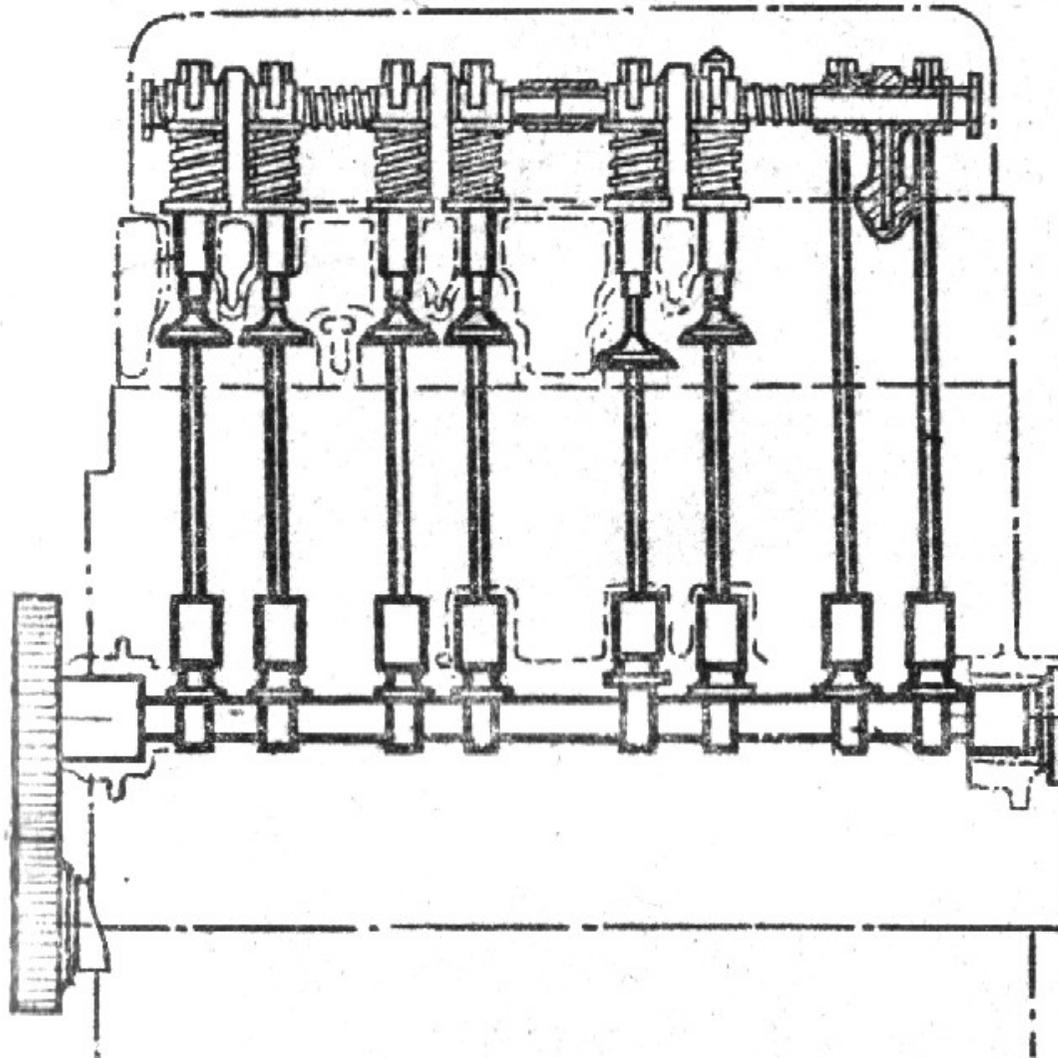




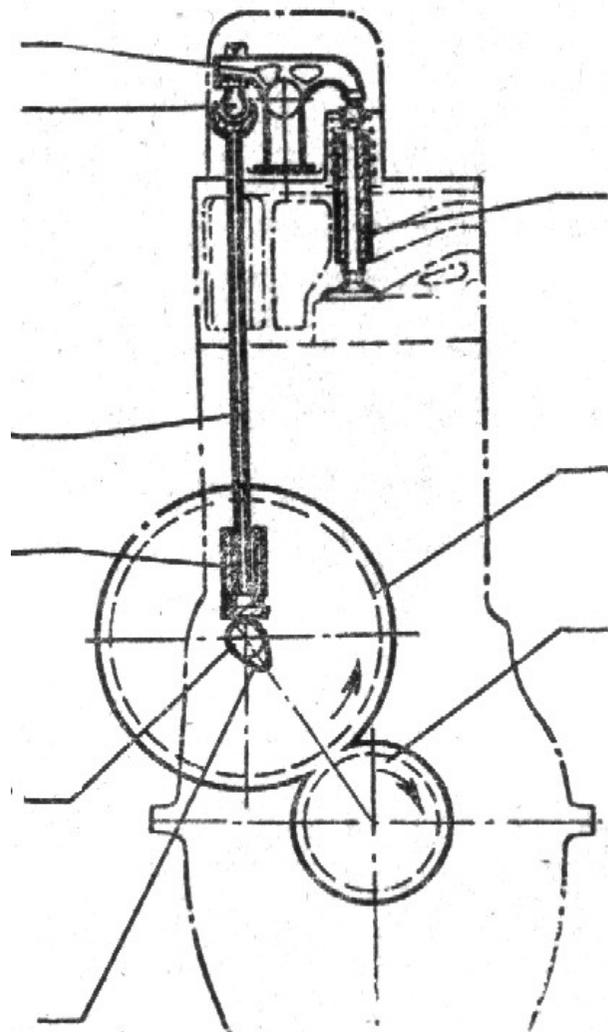
Газораспределительный механизм

- Предназначен для своевременного открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов двигателя, впуска в цилиндры свежего заряда или воздуха и выпуска отработавших газов.

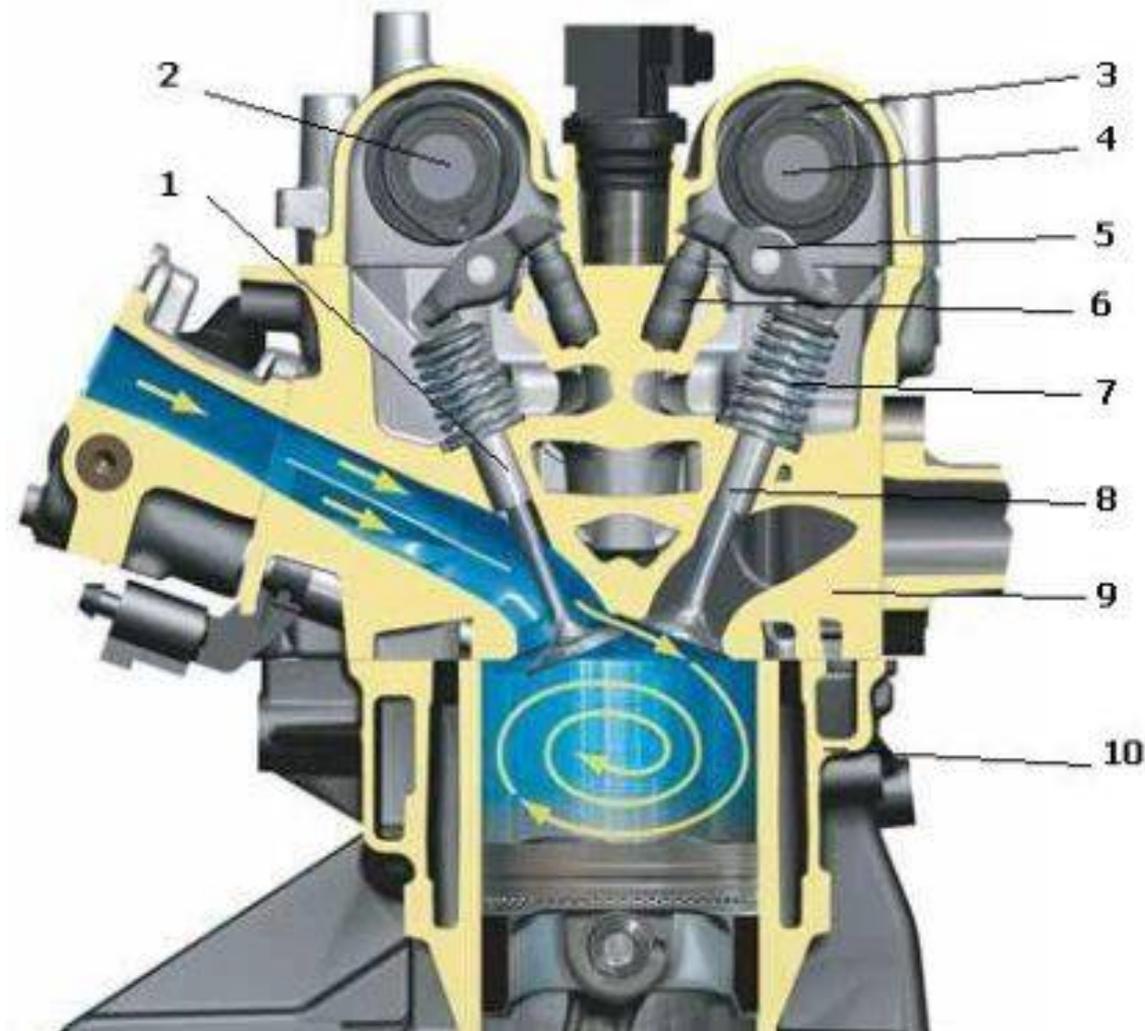
Механизм газораспределения с нижним расположением распредвала



Механизм газораспределения с нижним расположением распредвала



ГРМ с верхним расположением распредвала



Обозначения к схеме

- 1-впускной клапан
- 2-распределительный вал впускных клапанов
- 3-кулачек распределительного вала
- 4-распределительный вал выпускных клапанов
- 5-роликовый рычаг (коромысло)
- 6-гидрокомпенсатор
- 7-клапанная пружина
- 8-выпускной клапан
- 9-головка блока цилиндров
- 10-блок цилиндров

Работа механизма ГРМ

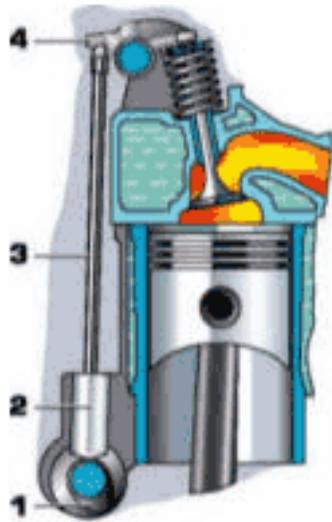
- **Клапаны** непосредственно осуществляют подачу в цилиндры воздуха (топливно-воздушной смеси) и выпуск отработавших газов. Клапан состоит из тарелки и стержня. На современных двигателях клапаны располагаются в головке блока цилиндров, а место соприкосновения клапана с ней называется седлом. Различают впускные и выпускные клапаны. Для лучшего наполнения цилиндров диаметр тарелки впускного клапана, как правило, больше, чем выпускного.

Работа механизма ГРМ

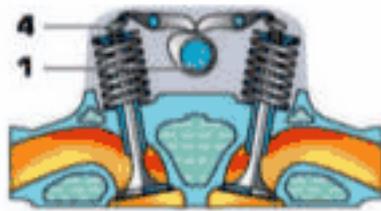
- Клапан удерживается в закрытом состоянии с помощью пружины, а открывается при нажатии на стержень. **Пружина** закреплена на стержне с помощью тарелки пружины и сухарей. Клапанные пружины имеют определенную жесткость, обеспечивающую закрытие клапана при работе. Для предупреждения резонансных колебаний на клапанах может устанавливаться две пружины меньшей жесткости, имеющие противоположную навивку.
- Клапаны изготавливаются из сплавов металлов. Рабочая кромка тарелки клапана усилена. Стержень впускного клапана, как правило, полнотельный, а выпускного – полый, с натриевым наполнением для лучшего охлаждения.

Работа механизма ГРМ

- Большинство современных ДВС имеют по два впускных и два выпускных клапана на каждый цилиндр. Помимо данной схемы ГРМ используется: двухклапанная схема (один впускной, один выпускной), трехклапанная схема (два впускных, один выпускной), пятиклапанная схема (три впускных, два выпускных). Использование большего числа клапанов ограничивается размером камеры сгорания и сложностью привода.
- Открытие клапана осуществляется с помощью привода, обеспечивающего передачу усилия от распределительного вала на клапан. В настоящее время применяются две основные схемы привода клапанов: гидравлические толкатели и роликовые рычаги.



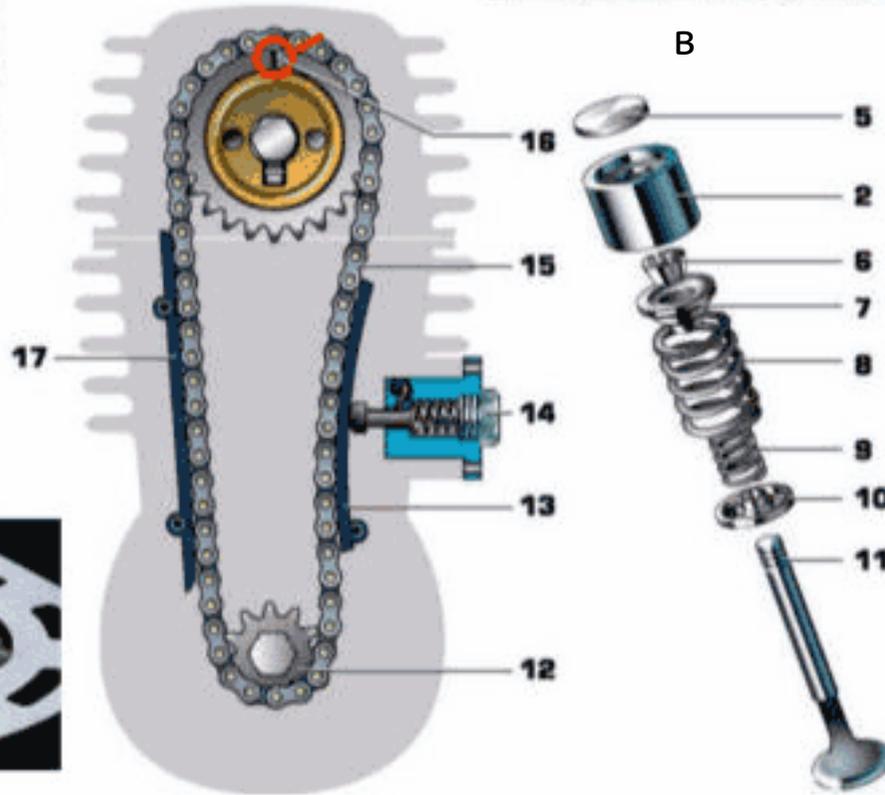
а



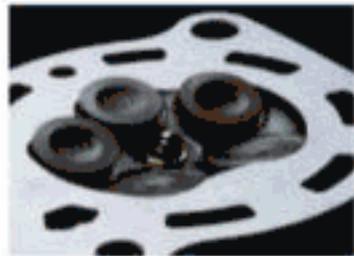
б



в



г



е



д

- а — OHV,
- б — OHC,
- в — DOHC;
- г — привод распределительного вала цепью;
- д — привод клапана по схеме DOHC;
- е — пятиклапанная головка двигателей «Ямаха»;
- 1 — распределительный вал;
- 2 — толкатель;
- 3 — штанга;
- 4 — рычаг (коромысло);
- 5 — регулировочная шайба;
- 6 — сухари фиксации тарелки;
- 7 — тарелка (подпятник);
- 8 — наружная пружина;
- 9 — внутренняя пружина;
- 10 — опорная шайба с маслоъемным колпачком;
- 11 — клапан;
- 12 — звездочка на коленчатом валу;
- 13 — башмак натяжителя;
- 14 — натяжитель;
- 15 — приводная цепь;
- 16 — установочная метка на звездочке распределительного вала;
- 17 — успокоитель цепи

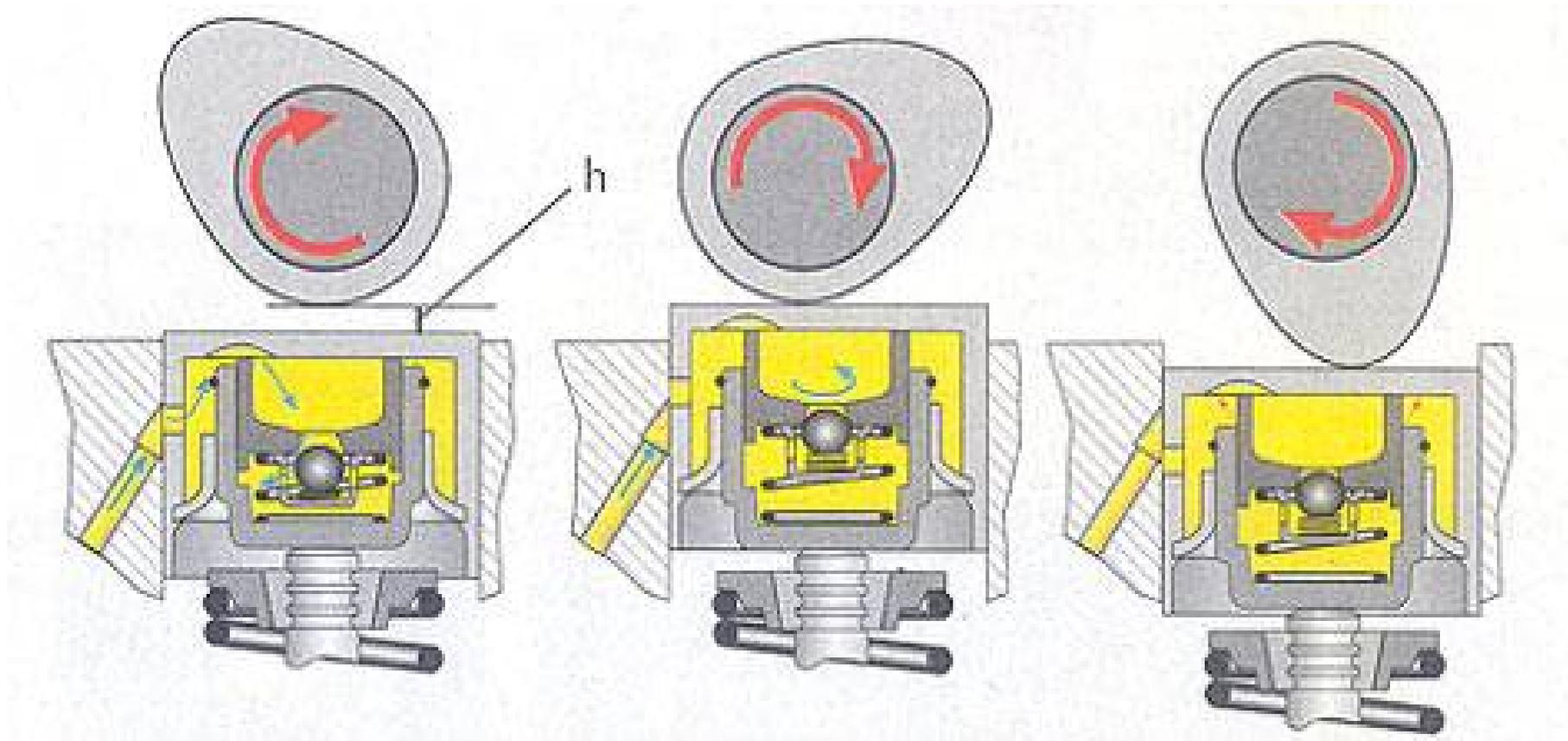
Работа механизма ГРМ

- **Роликовые рычаги** в качестве привода клапанов более предпочтительны, т.к. имеют меньшие потери на трение и меньшую массу. Роликовый рычаг (другие наименования – коромысло, рокер, от английского «коромысло») одной стороной опирается на стержень клапана, другой – на гидрокомпенсатор (в некоторых конструкциях на шаровую опору). Для снижения потерь на трение место сопряжения рычага и кулачка распределительного вала выполнено в виде ролика.

Работа механизма ГРМ

- С помощью гидрокомпенсаторов в приводе клапанов реализуется нулевой тепловой зазор во всех положениях, обеспечивается меньший шум и мягкость работы. Конструктивно гидрокомпенсатор состоит из цилиндра, поршня с пружиной, обратного клапана и каналов для подвода масла. Гидравлический компенсатор, расположенный непосредственно на толкателе клапана, носит название гидравлического толкателя (гидротолкателя).

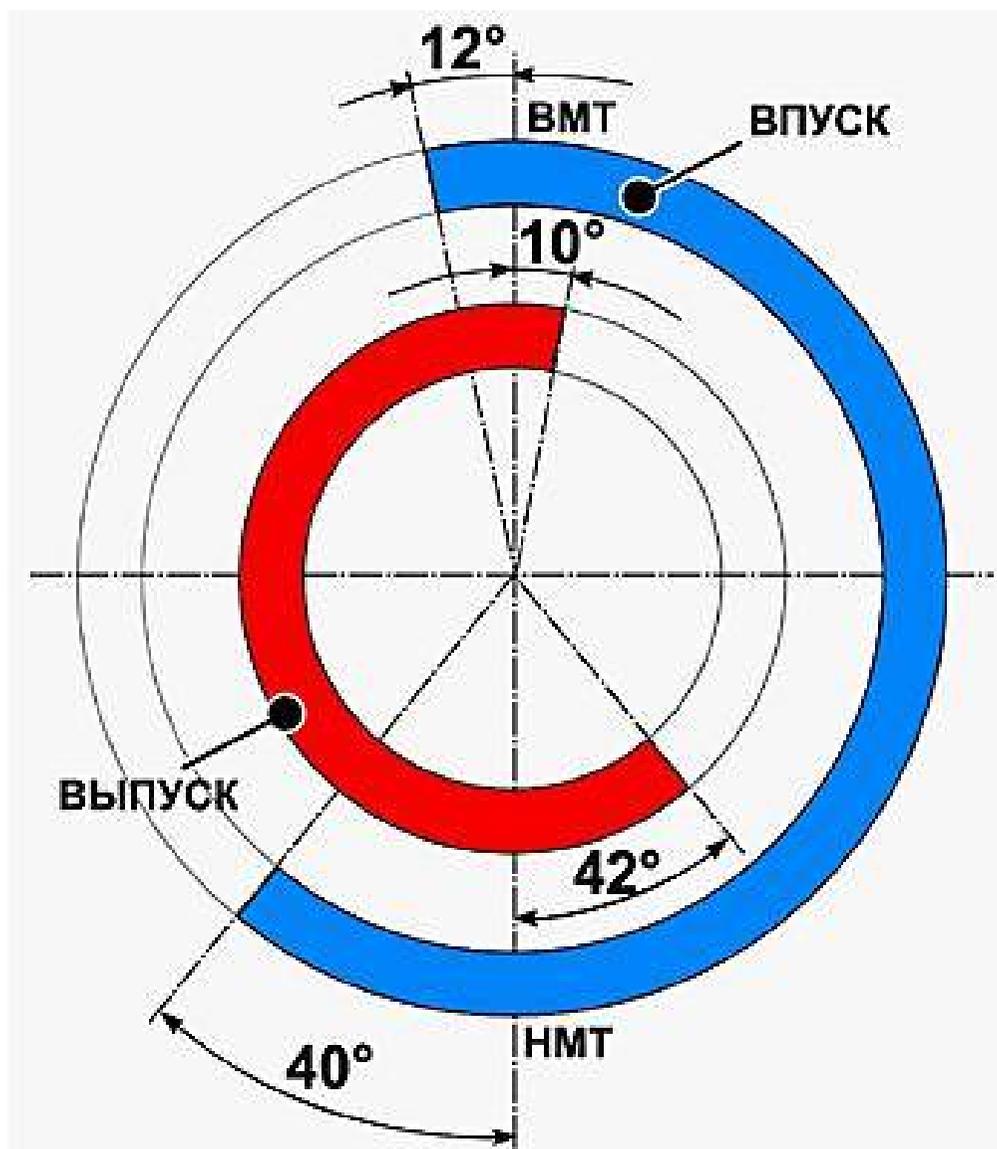
Работа гидротолкателя (гидрокомпенсатора)



Распределительный вал

- обеспечивает функционирование газораспределительного механизма в соответствии с принятым для данного двигателя порядком работы цилиндров и фазами газораспределения. Он представляет собой вал с расположенными кулачками. Форма кулачков определяет **фазы газораспределения**, а именно моменты открытия-закрытия клапанов и продолжительность их работы. Существенное повышение эффективности ГРМ, а следовательно и улучшение характеристик двигателя дают различные [системы изменения фаз газораспределения](#).

Диаграмма фаз газораспределения



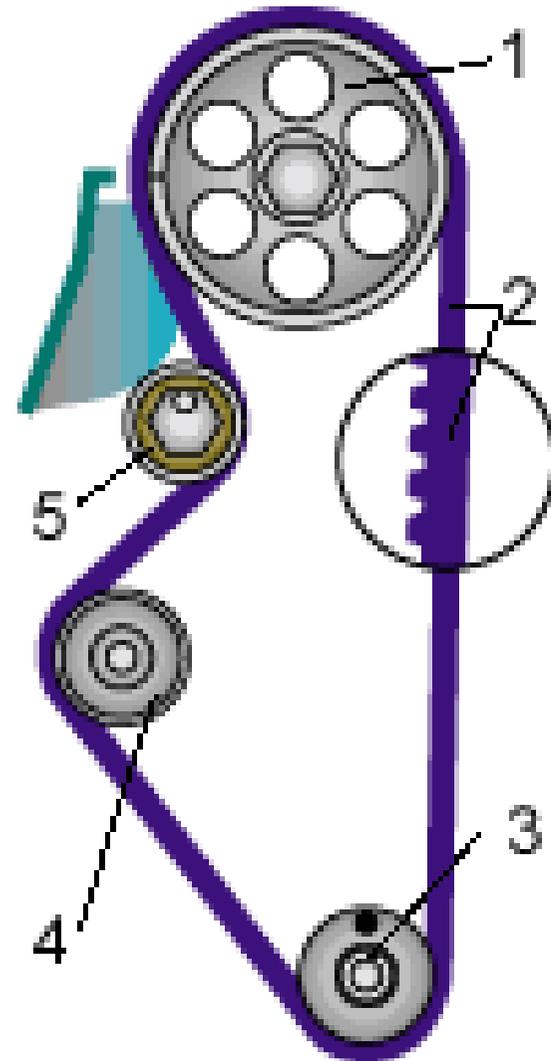
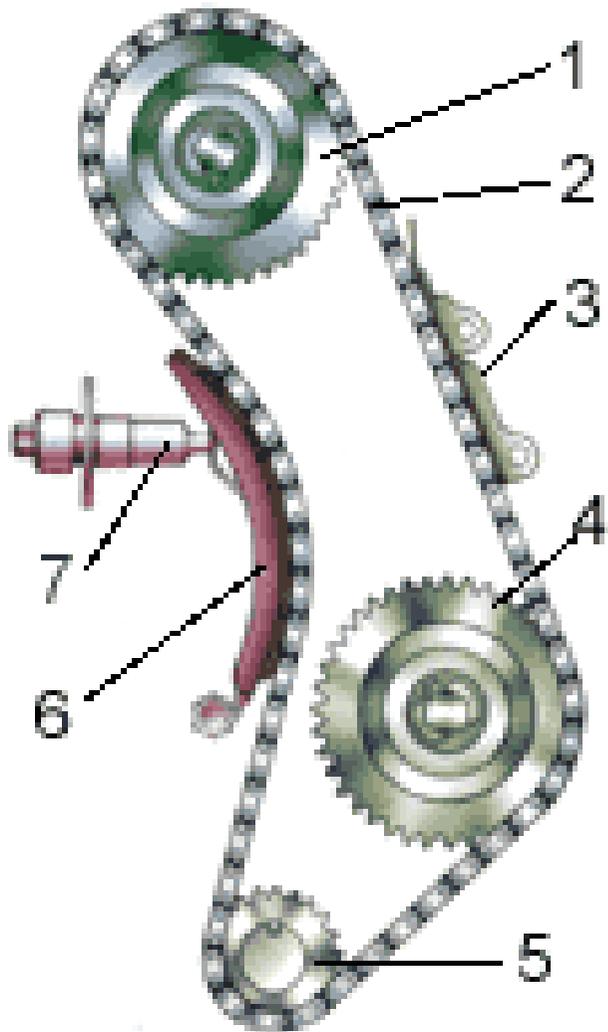
Привод распредвала

- Распределительный вал приводится в действие от коленчатого вала с помощью привода, который осуществляет его вращение в два раза медленнее коленчатого вала (за один цикл работы двигателя конкретный клапан открывается только один раз). В качестве **привода распределительного вала** используются ременная, цепная и зубчатая передачи.

Привод распределительного вала

- Ременная и цепная передачи приводят в действие распределительный вал, расположенный в головке блока цилиндров. Зубчатая передача вращает, как правило, распределительный вал в блоке цилиндров. В обиходе зубчатая передача привода распределительного вала носит название "гитара" (по форме двух соединенных шестерен).

Привод ГРМ автомобилей ВАЗ



Цепной привод

- более надежный и, соответственно, долговечный. Но цепь тяжелее ремня, поэтому требует дополнительных устройств для натяжения (натяжные ролики,) и гашения колебаний (успокоители). Натяжные ролики обеспечивают натяжение с помощью пружины и за счет давления масла в системе смазки. В качестве цепного привода распределительного вала используются одно- и двухрядные роликовые цепи. Постепенно их вытесняют **зубчатые цепи**, которые взаимодействуют с зубьями звездочки щеками особой формы. Помимо распределительного вала с помощью цепи может осуществляться привод масляного насоса, балансирных валов.

Ременный привод

- не требует смазки, поэтому на шкивы устанавливается открыто. Вместе с тем, ремень в сравнении с цепью имеет ограниченный ресурс. Правда этот ресурс не такой уж и малый. Современные ремни "пробегают" 100-150 тыс.км. В качестве ременного привода распределительного вала широко используются **зубчатые ремни**. Выступы на внутренней поверхности зубчатого ремня входят в зацепление с зубьями на шкивах (шестернях), тем самым обеспечивается вращение. На двигателях TDI используется эллиптическая шестерня привода зубчатого ремня, что позволяет снизить тяговые усилия и крутильные колебания распределительного вала. Наряду с распределительным валом зубчатый ремень может приводить масляный насос, насос охлаждающей жидкости, топливный насос высокого давления.