# СОДЕРЖАНИЕ.


НЕМНОГО ИСТОРИИ.... ..... 2
I - 4-Х ТАКТНЫЙ ЦИКЛ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ..... 3
II - 4-Х ТАКТНЫЙ ЦИКЛ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ (теоретический цикл) .... 4
III – СРАВНЕНИЕ ЦИКЛОВ БЕНЗИНОВОГО И ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЕЙ .... 5
IV – СМЕШАННЫЙ ЦИКЛ ..... 6
V – ТИПЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ..... 7
VI – ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ..... 9
VII – ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ... 10
VIII – СИСТЕМА СМАЗКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ..... 12
IX - СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ..... 13
X - СГОРАНИЕ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ ..... 14
XI - СИСТЕМА ПИТАНИЯ ТОПЛИВОМ ..... 17
XII - ЭЛЕМЕНТЫ КОНТУРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ..... 18
XIII - ТОПЛИВНЫЙ НАСОС ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ..... 19
XIV - ДВА ТИПА ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ..... 22
XV - ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТОПЛИВНОГО НАСОСА С ТОРЦЕВОЙ КУЛАЧКОВОЙ ШАЙБОЙ ..... 23
XVI - ЗАПУСК ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ..... 26
XVII - ФОРСУНКИ ..... 27
XVIII - СРАВНЕНИЕ БЕНЗИНОВОГО И ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЕЙ ..... 28
XIX – РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ..... 29
XX – ОСНОВНЫЕ РЕГУЛИРОВКИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ..... 30
XXI – НЕИСПРАВНОСТИ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ..... 31
XXII – ТУРБОНАДДУВ ..... 32

## НЕМНОГО ИСТОРИИ….

*16 января 1862 г. БО де РОША запатентовал свой двигатель, работающий по 4-х тактному циклу. Представляя свое изобретение, он подчеркнул: "…Можно довести давление воздуха при сжатии до 5,5 - 6,5 атмосфер. …Можно также достичь точки самовоспламенения топлива". Именно Бо де РОША был первым человеком, который высказал идею осуществления сгорания за счет самовоспламенения топлива.*

*Необходимо отметить, что первый двигатель внутреннего сгорания, работающий на тяжелом нефтяном топливе, был построен американцем Байтоном в 1874 г.*

*Однако создание двигателя, "работающего на тяжелом нефтяном топливе", неразрывно связано с именем Рудольфа Дизеля. Он родился 18 марта 1858 г. в Париже в немецкой семье и там провел свое детство, а затем продолжил образование в Германии. Всю свою жизнь он прожил в этих двух странах, посвящая значительную часть времени созданию двигателей внутреннего сгорания. Рудольф Дизель исчез в море 29 сентября 1913 г. во время морского путешествия из Германии в Англию. Обстоятельства его смерти до сих пор остаются невыясненными.*

*Свой первый патент Рудольф Дизель получил В 1892 г. в Берлине. Затем он построил свой первый двигатель, работающий на угольной пыли, которая подавалась струей воздуха. Однако этот двигатель его не удовлетворил.*

*В 1897 г. Рудольф Дизель создает двигатель, работающий на тяжелом нефтяном топливе. Этот одноцилиндровый двигатель, имеющий рабочий объем около 20 литров, развивал мощность в 20 л.с. при 172 мин$^{-1}$ и имел больший коэффициент полезного действия, чем бензиновые двигатели и паровые машины того времени. Данный двигатель был предназначен для привода станков на предприятиях. Рудольф Дизель намеревался продать лицензии на изготовление таких двигателей нескольким фирмам во Франции и в Германии.*

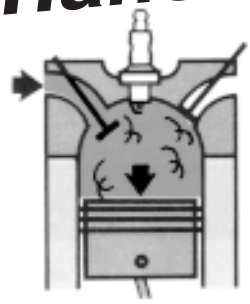
*Среди производителей автомобилей фирма ПЕЖО одна из первых проявила интерес к этому типу двигателей. После Первой мировой войны дизельные двигатели выпускались в основном как судовые и стационарные. Фирма Мерседес первой начала производство автомобилей 260 D с дизельным двигателем. За ней последовала фирма ПЕЖО, которая в 1938 г. запустила в серийное производство автомобиль "402".*

*После Второй мировой войны фирмы Мерседес и Пежо продолжали выпускать часть своих автомобилей с дизельными двигателями, однако подлинный интерес к дизельному двигателю возник у производителей автомобилей лишь после начала мирового нефтяного кризиса в 1973 г.*

# I - 4-Х ТАКТНЫЙ ЦИКЛ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ (теоретический цикл)

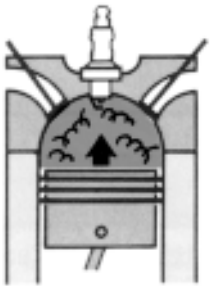
**Напоминаем!**

ЦИКЛ БО ДЕ РОША



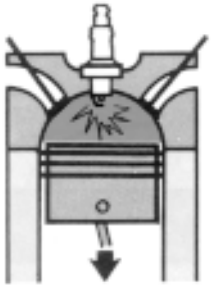
**1-й ТАКТ: ВПУСК**

- Открывается впускной клапан.
- Поршень движется вниз.
- Цилиндр заполняется ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ.
- Закрывается впускной клапан.



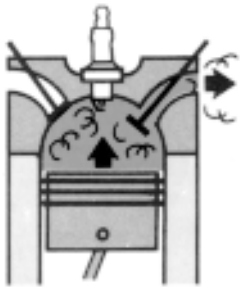
**2-й ТАКТ: СЖАТИЕ**

- Клапаны закрыты.
- Поршень движется вверх.
- Повышаются давление (≈10 бар) и температура (≈350°).
- Тем не менее, этого недостаточно для осуществления самовоспламенения топливовоздушной смеси.



**3-й ТАКТ: СГОРАНИЕ-РАСШИРЕНИЕ**

- Сгорание. Оно начинается после подачи искры между электродами свечи и приводит к резкому повышению давления (»50 бар), когда поршень находится вблизи верхней мертвой точки.
- Расширение. Под действием этого давления поршень движется вниз. Это называется РАБОЧИМ ХОДОМ.



**4-й ТАКТ: ВЫПУСК**

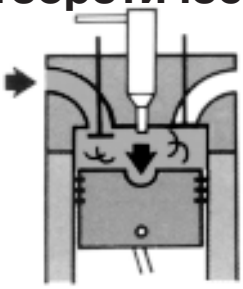
- Открывается выпускной клапан.
- Поршень движется вверх и выталкивает продукты сгорания, находящиеся в цилиндре.

... затем цикл повторяется сначала.

Необходимо отметить следующие моменты:

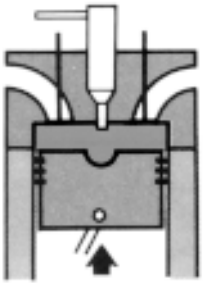
*- СТЕПЕНЬ СЖАТИЯ обычно находится в диапазоне от 7 до 11;*
*- во время ВПУСКА в цилиндр поступает ТОПЛИВОВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ;*
*- ТОПЛИВОВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ воспламеняется благодаря ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ РАЗРЯДУ;*
*- СГОРАНИЕ ПРОИСХОДИТ ОЧЕНЬ БЫСТРО.*

# II - 4-Х ТАКТНЫЙ ЦИКЛ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ (теоретический цикл)



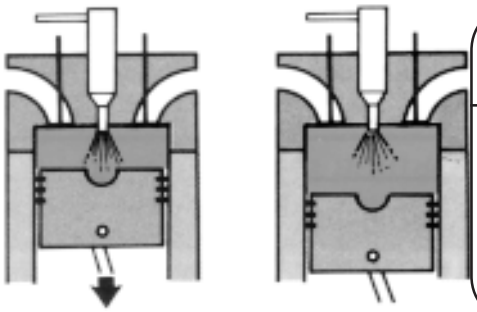
**1-й ТАКТ: ВПУСК**

- Открывается впускной клапан.
- Поршень движется вниз.
- Цилиндр заполняется ВОЗДУХОМ.
- Закрывается впускной клапан.



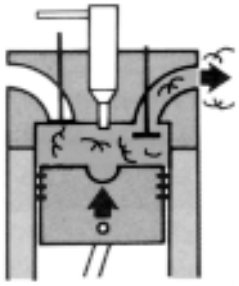
**2-й ТАКТ: СЖАТИЕ**

- Клапаны закрыты.
- Поршень движется вверх.
- Значительно повышаются давление и температура (≈600°), что необходимо для обеспечения самовоспламенения.



**3-й ТАКТ: СГОРАНИЕ-РАСШИРЕНИЕ**

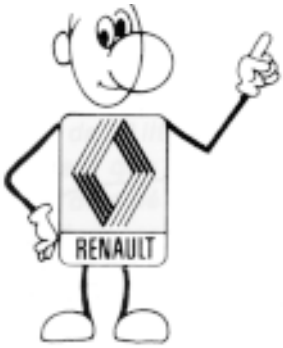
- Топливо впрыскивается под высоким давлением. Оно самовоспламеняется и продолжает гореть в течение всего процесса впрыскивания (сгорание продолжается дольше, чем в бензиновом двигателе).
- Расширение. Под действием давления газа поршень движется вниз. Это называется РАБОЧИМ ХОДОМ.



**4-й ТАКТ: ВЫПУСК**

- Открывается выпускной клапан.
- Давление в цилиндре резко падает.
- Поршень движется вверх и выталкивает продукты сгорания, находящиеся в цилиндре.

...затем цикл повторяется сначала.




Необходимо отметить следующие моменты:

- *СТЕПЕНЬ СЖАТИЯ обычно находится в диапазоне от 15 до 22;*
- *во время ВПУСКА в цилиндр заходит ВОЗДУХ;*
- *ВПРЫСКИВАНИЕ ТОПЛИВА должно производиться ПОД ОЧЕНЬ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ;*
- *ТОПЛИВО воспламеняется ПУТЕМ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ;*
- *сгорание длится столько же, сколько длится процесс впрыскивания топлива.*

# III – СРАВНЕНИЕ ЦИКЛОВ БЕНЗИНОВОГО И ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЕЙ

**ЦИКЛ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

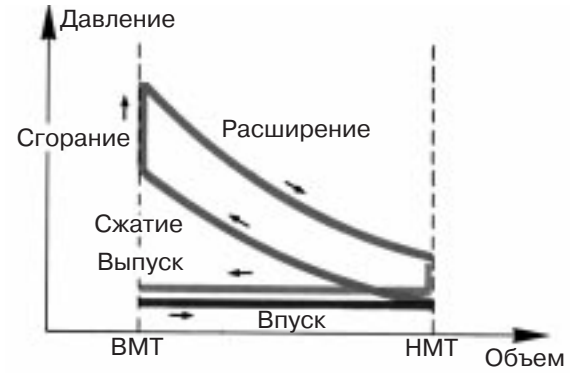
Рассмотрим 3-й такт

**ЦИКЛ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

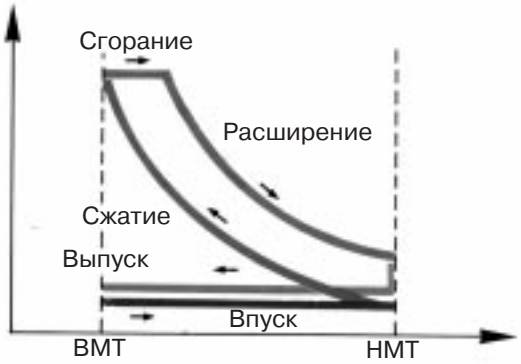
…СГОРАНИЕ происходит при ПОСТОЯННОМ ДАВЛЕНИИ, поскольку теоретически оно происходит, когда поршень находится в верхней мертвой точке

….Впрыскивание топлива начинается, когда поршень еще поднимается к ВМТ, и давление повышается. Поскольку сгорание длится в течение всего периода впрыскивания, оно продолжается и после ВМТ, когда поршень начинает опускаться.

ДАВЛЕНИЕ остается ПОСТОЯННЫМ, поскольку его повышение компенсируется увеличением объема.




**СГОРАНИЕ ПРИ ПОСТОЯННОМ ОБЪЕМЕ**




**СГОРАНИЕ ПРИ ПОСТОЯННОМ ДАВЛЕНИИ**

Для пояснения этих явлений используем два примера, не относящихся к автомобилю.

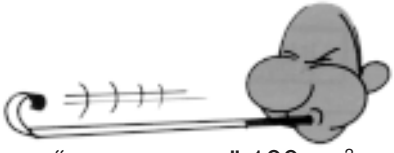
ОХОТНИЧИЙ ПАТРОН

Перед ударом бойка по капсулю порох плотно набивается в объем (V).

В момент пробоя капсуля порох воспламеняется, и давление в объеме (V) резко повышается, что приводит к перемещению пыжа и дроби.

НАДУВНАЯ ИГРУШКА “ТЕЩИН ЯЗЫК”

Если вдуть в “тещин язык” 25 см$^3$ воздуха при давлении 0,1 бар, он частично расправится.



Если же вдуть в “тещин язык” 100 см$^3$ воздуха под давлением 0,1 бар, он расправится полностью, объем увеличится, а давление не изменится.

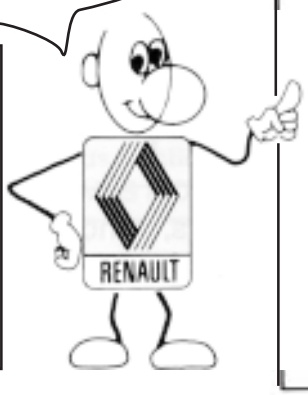
*ВАЖНЕЙШЕЕ РАЗЛИЧИЕ между двумя циклами заключается в принципе ВОСПЛАМЕНЕНИЯ (2-й и 3-й такты ).*

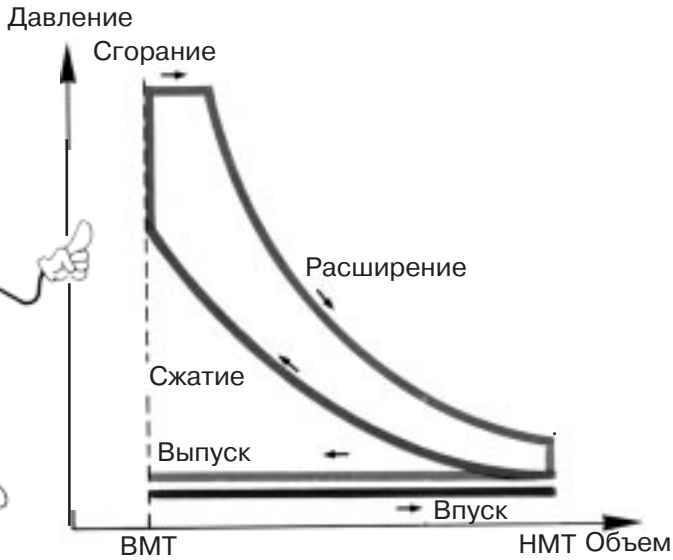
# IV – СМЕШАННЫЙ ЦИКЛ

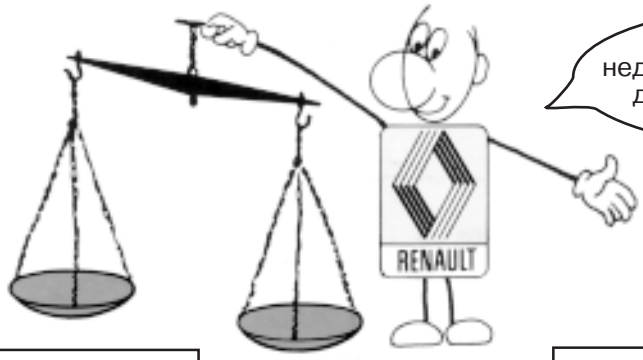
Ряд исследователей, например Сади Карно, разработали теоретические циклы, которые приближались к работе цикла Дизеля, но их невозможно было реализовать на практике. От самого двигателя, работающего по принципу, предложенному Рудольфом Дизелем, пришлось отказаться, поскольку максимальное давление в таком двигателе достигает 250 бар. Этот принцип может использоваться только на тихоходных двигателях, например, судовых, однако не годится для современных быстроходных дизельных двигателей*.

**Для быстроходных дизельных двигателей** используется цикл, представляющий **сочетание двух ранее рассмотренных циклов.**

*Это СМЕШАННЫЙ ЦИКЛ или ЦИКЛ САБАТЭ, в котором сгорание происходит сначала при постоянном объеме, а затем при постоянном давлении.*



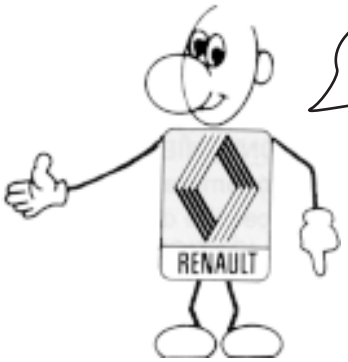

Какие преимущества и недостатки имеет дизельный двигатель по сравнению с бензиновым**?**

| НЕДОСТАТКИ | ПРЕИМУЩЕСТВА |
|---|---|
| - Большая масса (необходимость делать детали более прочными).<br>- Более высокая стоимость (требуется высокая точность изготовления некоторых деталей).<br>- Относительно высокий шум при работе.<br>- Несколько более сложное техническое обслуживание.<br>- В некоторых случаях неприятный запах отработавших газов. | - Более высокий КПД (большее количество теплоты преобразуется в полезную работу).<br>- Больший крутящий момент при низкой частоте вращения.<br>- Меньшая токсичность отработавших газов.<br>- Меньшие затраты на километр пробега.<br>- Меньшая пожароопасность.<br>- Большая остаточная стоимость при продаже подержанного автомобиля. |

*** Тихоходные дизельные двигатели: частота вращения < 1 500 мин$^{-1}$. Быстроходные дизельные двигатели: частота вращения > 3 000 мин$^{-1}$.**
Высокофорсированные дизельные двигатели имеют максимальную частоту вращения в диапазоне от 2000 до 2500 мин$^{-1}$.

# V – ТИПЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В дизельных двигателях формы камер сгорания, а иногда и формы головки поршня оптимизируются для обеспечения наилучшего качества сгорания и, соответственно, повышения мощности и экономичности.




Реально существует ДВА ТИПА дизельных двигателей

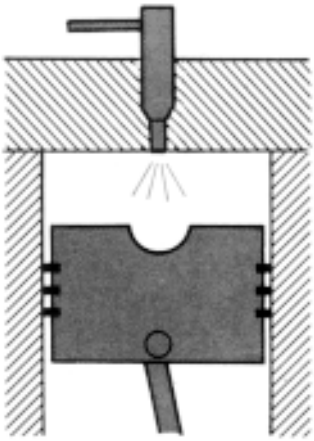
*ДИЗЕЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ (С КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ В ПОРШНЕ)*

*ДИЗЕЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ С РАЗДЕЛЕННОЙ КАМЕРОЙ СГОРАНИЯ*

которые разделяются на три группы:

- ■ впрыскивание в предкамеру
- ■ ■ впрыскивание в вихревую камеру (типа РИКАРДО*)
- ■ ■ ■ впрыскивание в дополнительную камеру с резервом воздуха (акрокамеру)

**1 – Дизели с камерой сгорания в поршне** ● ● ●



КОНСТРУКЦИЯ:
- форсунка выступает непосредственно в камеру сгорания и имеет закрытый “многоструйный распылитель”, обеспечивающий наилучшее распыливание топлива по камере сгорания;
- степень сжатия 12 – 18;
- требуются высокие давления впрыскивания топлива.

ДОСТОИНСТВА:
- достаточно низкий расход топлива;
- хороший пуск в холодную погоду.

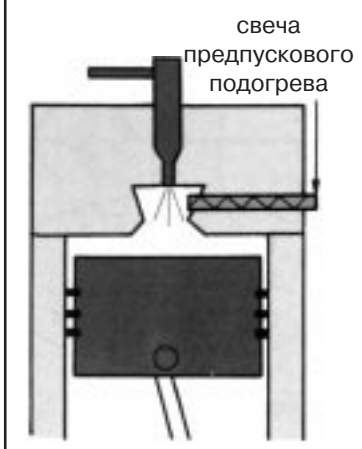
НЕДОСТАТКИ:
- высокий уровень шума на холостом ходу и малых нагрузках.

ПРИМЕРЫ:
- БЕРНАР;
- САВЬЕ (горизонтальный 6-ти цилиндровый).

*РИКАРДО – английский нженер.

## 2 - Двигатели с разделенными камерами сгорания

### ВПРЫСКИВАНИЕ В ПРЕДКАМЕРУ



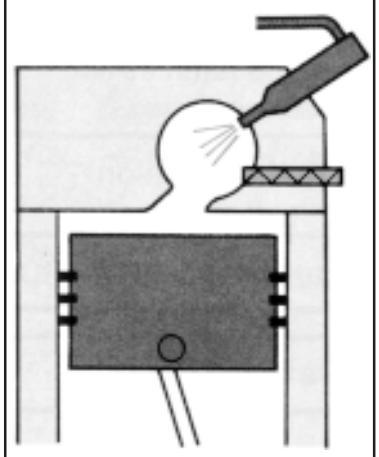

КОНСТРУКЦИЯ:
- форсунка имеет закрытый одноструйный или штифтовый распылитель. Она выступает в предкамеру, которая занимает примерно 1/3 от общего объема камеры сгорания. Эта предкамера, расположенная в неохлаждаемой части головки цилиндра, сообщается с основной камерой сгорания одним или несколькими каналами, имеющими тщательно подобранную форму;
- давление впрыскивания меньше, чем в дизеле с камерой сгорания в поршне;
- степень сжатия от 15 до 19.

ДОСТОИНСТВА:
- меньший шум на частичных нагрузках.

НЕДОСТАТКИ:
- несколько повышенный расход топлива;
- требуются свечи предпускового подогрева для запуска холодного двигателя.

ПРИМЕРЫ:
- двигатель БЮССИНГ (Германия).

### ВПРЫСКИВАНИЕ В ВИХРЕВУЮ КАМЕРУ (РИКАРДО-КОМЕТ)



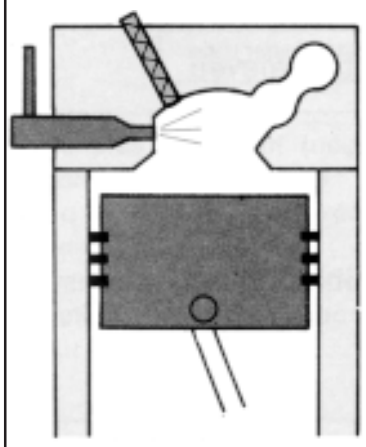
КОНСТРУКЦИЯ:
- форсунка с штифтовым распылителем выступает в “вихревую” камеру сгорания, которая занимает примерно 2/3 от всего объема камеры сгорания. Эта камера, расположенная в неохлаждаемой части головки цилиндра, сообщается с основной камерой сгорания каналом, имеющим большое сечение и расширяющуюся форму;
- топливо впрыскивается на одну из стенок камеры сгорания, чтобы обеспечить турбулентное движение топливовоздушной смеси;
- степень сжатия от 18 до 22.

ДОСТОИНСТВА:
- как и в предыдущем случае, требуется умеренное давление впрыскивания топлива;
- меньший расход топлива по сравнению с предыдущим случаем.

НЕДОСТАТКИ:
- необходимость применения свечей предпускового подогрева.

ПРИМЕРЫ:
- двигатели Ситроэн, Инденор ПЕЖО, Савье и РЕНО.

### ВПРЫСКИВАНИЕ В ДОПОЛНИТЕЛЬНУЮ КАМЕРУ СГОРАНИЯ С РЕЗЕРВОМ ВОЗДУХА (АКРОКАМЕРУ)



КОНСТРУКЦИЯ:
- форсунка с штифтовым распылителем выступает в камеру сгорания таким образом, что ось струи топлива направлена ко входу в дополнительную камеру. Последняя может состоять из 2-х частей. Резерв воздуха предназначен для создания лучшей турбулизации либо за счет предварительного сгорания, либо за счет задержки воздуха, накопленного под давление в ходе такта сжатия;
- степень сжатия от 14 до 18.

ДОСТОИНСТВА:
- расход топлива, близкий к дизелям с камерой сгорания в поршне;
- некоторым из этих двигателей не требуются свечи предпускового подогрева.

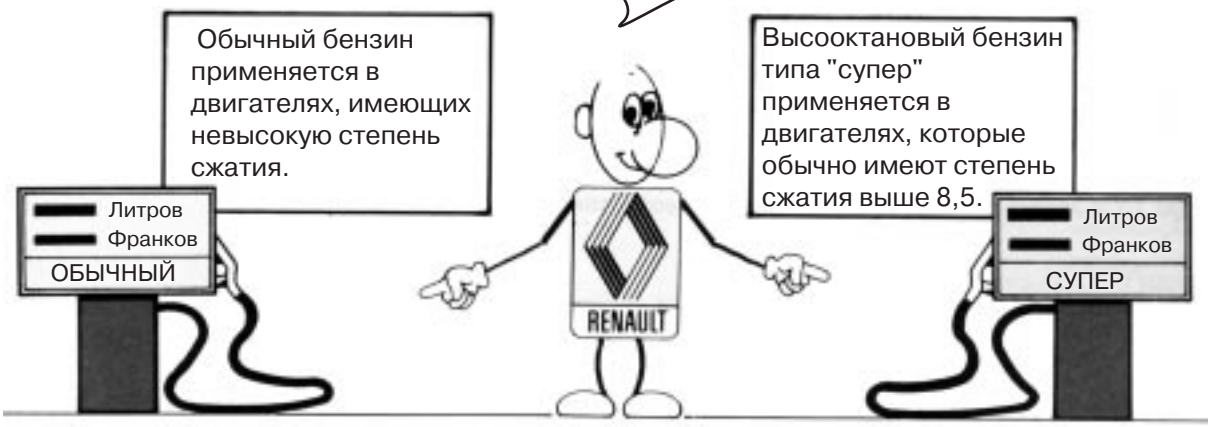
НЕДОСТАТКИ:
- повышенный шум по сравнению с предыдущим вариантом двигателя.

ПРИМЕРЫ:
- головка цилиндра “ЛАНОВА” фирмы Паккард, патент “СОМУА” фирмы САВЬЕ.

# VI – ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Внимание!**

Для бензиновых двигателей используются топлива, характеризующиеся своей антидетонационной стойкостью (октановым числом).




*ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ:*
*Существуют различные марки топлив, соответствующие различному качеству:*
- *СЫРАЯ НЕФТЬ или тяжелое топливо или топливо для отопления жилищ, которое используется для тяжелых или тихоходных дизельных двигателей;*
- *ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО (ГАЗОЙЛЬ) для быстроходных двигателей.*

ТРЕБОВАНИЯ К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ (ГАЗОЙЛЮ)

- Не должно содержать более 1% серы*.
- Должно иметь высокую теплотворную способность (10 000 калорий на килограмм).
- Должно обладать хорошей летучестью, то есть иметь кривую возгонки в диапазоне между 260° и 370°С.
- Должно иметь очень стабильную вязкость, чтобы не нарушать заданные параметры процесса впрыскивания и распыливания.
- Должно иметь высокое ЦЕТАНОВОЕ число – число, характеризующее воспламеняемость дизельного топлива.
- Должно иметь низкую температуру замерзания для его использования в зимний период.
- Должно обеспечивать высокий КПД (который определяется на эталонном двигателе) по ОТНОШЕНИЮ энергии, подводимой при сгорании топлива, к энергии, передаваемой в виде работы на вал двигателя.
- Достоинство дизельного топлива также заключается в том, что оно обладает некоторыми смазывающими свойствами.

*Напоминаем, что сера + вода + кислород могут привести к образованию серной кислоты.

# VII – ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Эти двигатели могут иметь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 и больше цилиндров. Они могут быть рядными, V-образными или горизонтальными.

*Конструкция дизельных двигателей близка к конструкции бензиновых двигателей, однако некоторые их детали УСИЛЕНЫ, поскольку давления в цилиндрах этих двигателей значительно выше.*

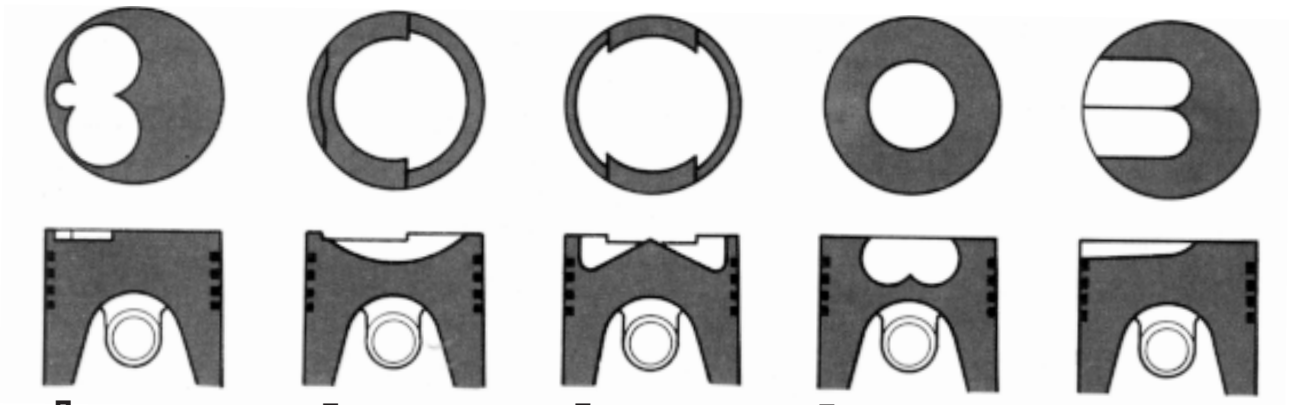
БЛОК ЦИЛИНДРОВ : из чугуна или легкого сплава, имеет большое число ребер жесткости.

ГИЛЬЗЫ : отлиты за одно целое с блоком либо делаются съемными (мокрыми или сухими).

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ : все детали имеют увеличенные размеры. Коленчатый вал обычно имеет число опор, равное числу шатунных шеек + одна.

ПОРШНИ : это ответственные детали, поскольку они подвергаются высоким нагрузкам (70 – 140 бар). Поршневой палец обычно делается плавающего типа и удерживается двумя стопорными кольцами. Поршни имеют различные формы головки в зависимости от типа смесеобразования и конструкции.

Несколько примеров:



**Двигатель ФИАТ**
Поршень для наклонной форсунки

**Двигатель МЕРСЕДЕС**
Поршень с чечевицеобразной камерой сгорания

**Двигатель РЕНО**
Поршень с кольцевой камерой сгорания

**Двигатель ЗАУЭР**
Поршень для вихревой камеры

**Двигатель ВИЛЛЕМ**
Поршень для двигателя с предкамерой

## ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРОВ – ЭТО НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДВИГАТЕЛЯ

Их конструкция зависит от:

- формы камеры сгорания;
- расположения камеры сгорания;
- места установки форсунки;
- формы впускного патрубка.

- Они изготавливаются из чугуна или легкого сплава и имеют все элементы головок цилиндров бензиновых двигателей: систему охлаждения, смазки, клапаны и т.д.
- Камеры сгорания и предкамеры либо выполняются непосредственно в теле головки цилиндров, либо изготавливаются в виде отдельных вставок, которые затем запрессовываются в головки цилиндров.
- Между головкой и блоком цилиндров устанавливается прокладка, изготовленная из упругого материала и металла.
- Головка цилиндров крепится к блоку с помощью большого числа болтов или шпилек (это связано с высокой степенью сжатия).

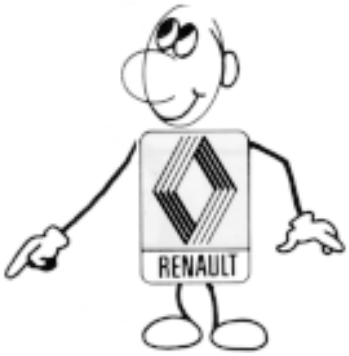
| БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ | ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ |
|---|---|
| - Более легкая и простая конструкция.<br>- Умеренная степень сжатия.<br>- Более простые методы изготовления с точки зрения обеспечения формы и прочности. | - Более прочная и тяжелая конструкция.<br>- Более высокая степень сжатия.<br>- Более сложные методы изготовления, в особенности касающиеся:<br>• головки цилиндров;<br>• поршней;<br>• поршневых колец. |

# VIII – СИСТЕМА СМАЗКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

**Условия смазки в целом оказываются более тяжелыми, чем у бензинового двигателя** в связи с более высокими температурами и давлениями.

- В связи с этим требуется особо тщательно организовать смазку поршневых колец.
- Кроме того, применяемое топливо содержит довольно большое количество серы. Последняя совместно с другими несгоревшими компонентами и под воздействием высокой температуры вызывает образование отложений, которые затвердевают, приводят к повышенному износу поршневых колец и в самом неблагоприятном случае могут даже оставлять риски на движущихся деталях.

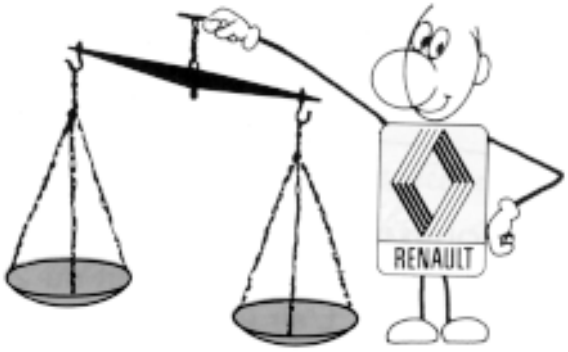
Чтобы решить эти проблемы:
- применяют масло, содержащее специальные моющие присадки;
- сохраняют принцип классической смазки, при котором используется масляный фильтр.




- *МАСЛО ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ МАСЛА ДЛЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ.*
- *Следует применять сертифицированное масло и выполнять требования к его вязкости в зависимости от температуры окружающего воздуха.*
- *Следует соблюдать периодичность замены масла, а также очистки или замены масляного фильтра.*

# IX - СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В связи с высокими температурами в камере сгорания дизельный двигатель нуждается о особо эффективном охлаждении. Могут использоваться две классические системы.




**ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

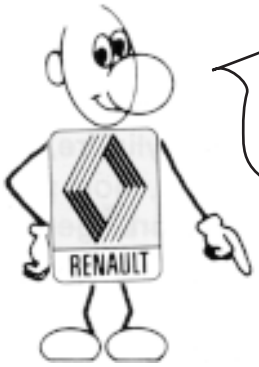
ПРЕИМУЩЕСТВА:
- упрощенное обслуживание;
- меньшая масса;
- надежность в зимних условиях.

НЕДОСТАТКИ:
- повышенный уровень шума двигателя;
- необходимость обязательной установки масляного радиатора;
- сложность регулирования температуры.

**ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

ПРЕИМУЩЕСТВА:
- более эффективное охлаждение;
- меньший уровень шума двигателя;
- более простое регулирование температуры.

НЕДОСТАТКИ:
- необходимость заправки системы антифризом зимой;
- возможность утечек.




В любом случае, дизельный двигатель более чувствителен, чем бензиновый, к ухудшению качества работы системы охлаждения, например, забиванию решетки радиатора останками насекомых.

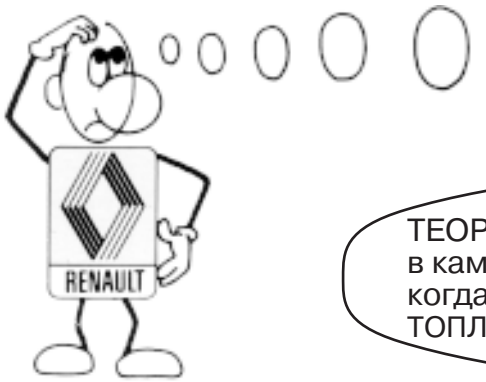
Поэтому...

*...Система охлаждения должна всегда находиться в исправном состоянии.*

# X - СГОРАНИЕ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ

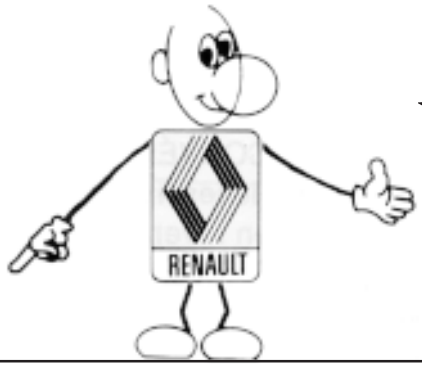
ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Это последовательность химических реакций, происходящих в камере сгорания и в цилиндре, при соединении топлива с кислородом воздуха.




**Что при этом происходит ?**

ТЕОРЕТИЧЕСКИ дизельное топливо впрыскивается в камеру сгорания в конце 2-го такта - такта сжатия, когда температура воздуха высока. ПРИ ЭТОМ ТОПЛИВО ДОЛЖНО МГНОВЕННО ВОСПЛАМЕНИТЬСЯ.




Однако В ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ...

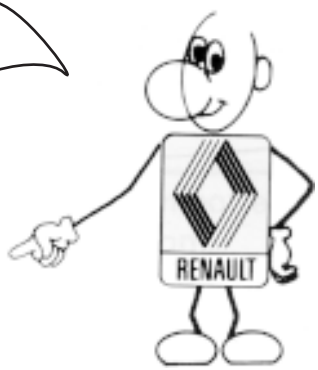
... Для каждого цилиндра, выходя из топливного насоса под высоким давлением, топливо должно:
- пройти по трубопроводу;
- поднять иглу распылителя форсунки;
- впрыснуться в камеру сгорания.

ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ ЗАДЕРЖКОЙ ВПРЫСКИВАНИЯ

Затем, находясь в камере сгорания, топливо самовоспламеняется, однако не в момент попадания в камеру сгорания, а с некоторой задержкой.

ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ ЗАДЕРЖКОЙ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

**ПОЯСНИМ БОЛЕЕ ПОДРОБНО!**




*ЗАДЕРЖКА ВПРЫСКИВАНИЯ*
*Это интервал времени (очень короткий) между выходом топлива из насоса высокого давления и началом его впрыскивания в камеру сгорания. Данная задержка имеет постоянную длительность.*

*ЗАДЕРЖКА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ*
*Это интервал времени (очень короткий) между началом впрыскивания топлива и его воспламенением.*
*Данная задержка является величиной переменной.*

Отметим, что последняя задержка разделяется на две фазы:

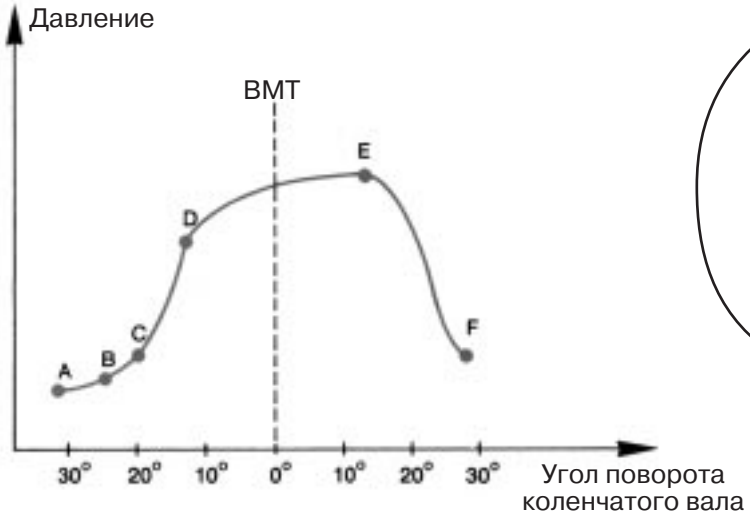
■ ФИЗИЧЕСКАЯ ЗАДЕРЖКА
Это время, требуемое каплям топлива для прогрева до полного испарения при контакте с горячим воздухом.

■■ ХИМИЧЕСКАЯ ЗАДЕРЖКА
Это время, следующее за первой фазой, в течение которого пары топлива перемешиваются с кислородом, содержащимся в горячем воздухе, и вступают в химическую реакцию.

...После этих двух задержек впрыскивания и воспламенения топливо, впрыснутое в камеру сгорания, быстро сгорает, что приводит к резкому повышению давления и температуры.

ЭТО ПРИВОДИТ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ХАРАКТЕРНОГО СТУКА ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ...

...Затем впрыскивание топлива продолжается. Топливо сгорает по мере своего поступления в камеру сгорания, что, приводя к повышению давления, позволяет получить высокий КПД ...




**...ОДНАКО,**

во время этих обеих задержек коленчатый вал продолжает вращаться. Поэтому, если начинать впрыскивание, когда поршень находится в ВМТ, максимальное давление будет создаваться значительно позже нахождения поршня в ВМТ, что приведет к получению низкого КПД.

AB = задержка впрыскивания;
BC = задержка воспламенения;
CD = зона взрывообразного сгорания: источник стука;
DE = впрыскивание и сгорание продолжаются, однако максимальное давление достигается через несколько градусов после ВМТ;
EF = впрыскивание топлива прекращается, сгорание прекращается: идет процесс расширения.

*В связи с вышеизложенным НЕОБХОДИМО предусмотреть ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ ОПЕРЕЖЕНИЕ начала впрыскивания.*

# XI - СИСТЕМА ПИТАНИЯ ТОПЛИВОМ

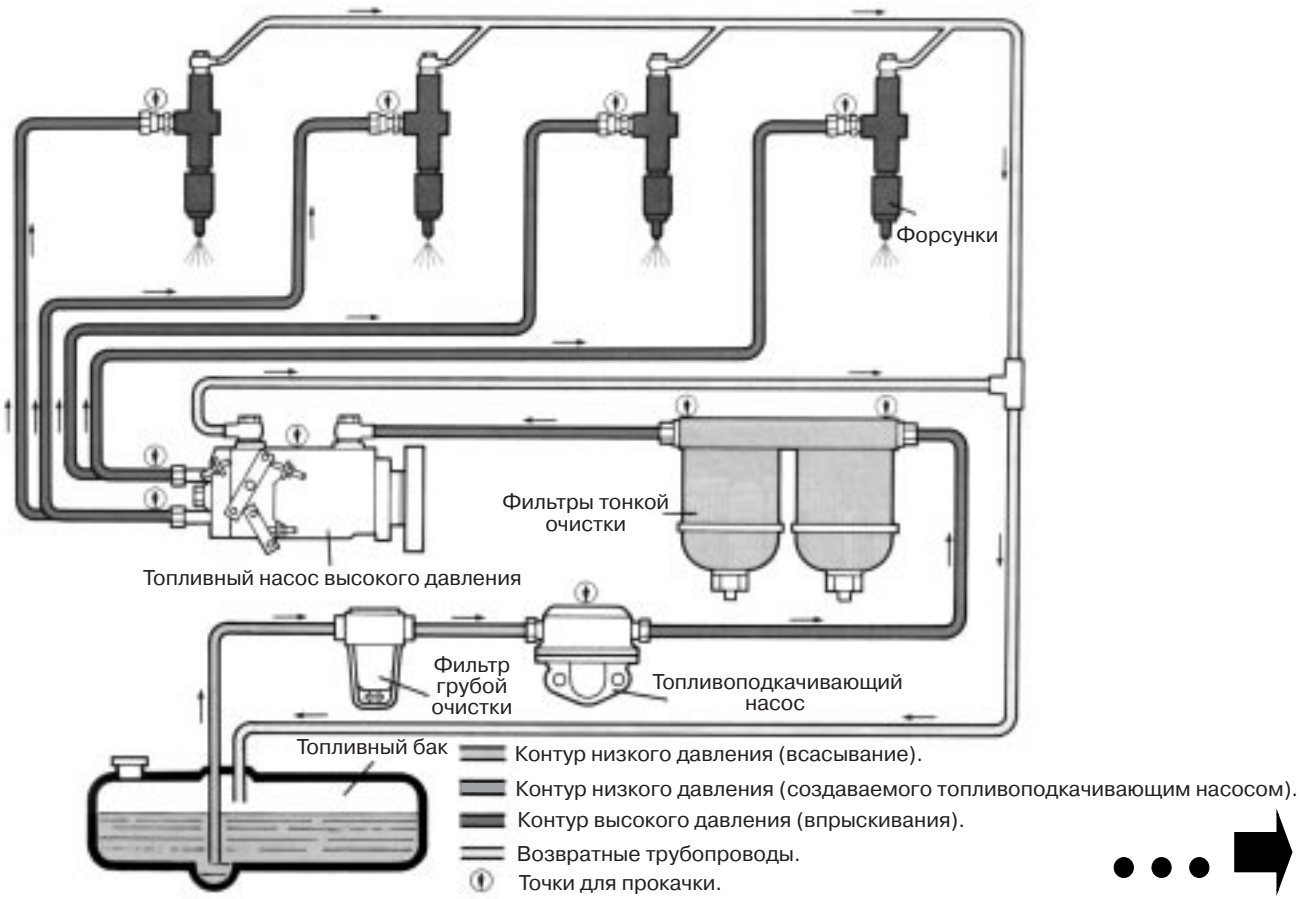
Она состоит из двух основных частей.

Первой, которая включает в себя:
- топливный бак и фильтр грубой очистки;
- топливоподкачивающий насос;
- фильтр или фильтры тонкой очистки топлива;
- соответствующие трубопроводы.

Второй, которая включает в себя:
- топливный насос высокого давления;
- форсунки;
- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (из-за больших давлений топлива), которые все имеют одинаковую длину (чтобы получались одинаковые задержки впрыскивания во всех цилиндрах).

Это контур НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

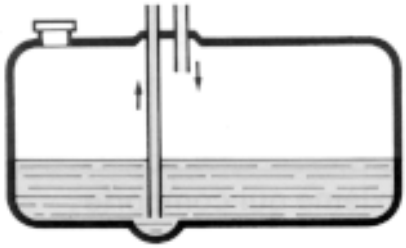
Это контур ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ




Недопустимо подсасывание воздуха в контуре низкого давления. В контуре высокого давления в случае использования распределительного топливного насоса распределитель в гидравлической головке будет удалять через форсунки воздух, который может туда попасть.

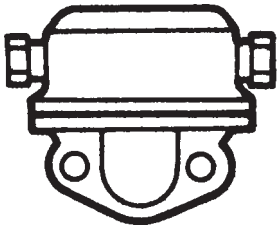
# XII - ЭЛЕМЕНТЫ КОНТУРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

## 1 - ТОПЛИВНЫЙ БАК



Он включает в себя:
- горловину для залива топлива, закрываемую крышкой или другим запорным устройством;
- два трубопровода: один для забора топлива, другой - для возвращения излишков топлива в бак;
- маленький колодец для отстаивания топлива (как правило);
- сливную пробку (для слива воды и осадка).

## 2 - ТОПЛИВОПОДКАЧИВАЮЩИЙ НАСОС

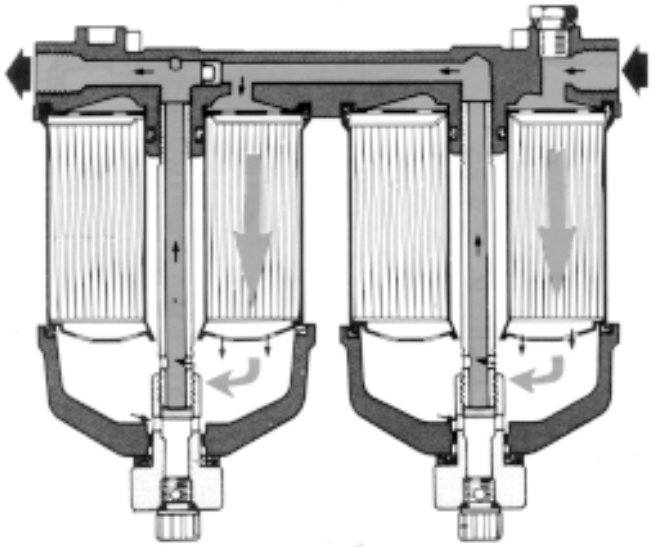


Существует три основных типа этих насосов:
- мембранный насос:
  - аналогичен по конструкции классическому бензонасосу;
  - повышает давление до 1 бара.
- поршневой насос:
  - насос, действующий по принципу всасывания - выталкивания, который применяется совместно с некоторыми типам топливных насосов высокого давления;
- насос шестеренчатого типа:
  - аналогичен по конструкции масляному насосу;
  - подает топливо под давлением до 8 бар;
  - встроен в топливный насос высокого давления, если последний относится к распределительному типу.

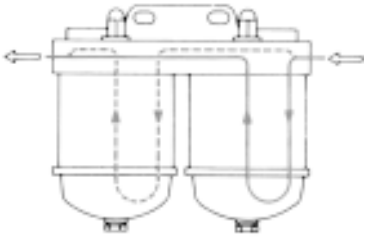
## 3 - ФИЛЬТРЫ

Фильтр грубой очистки:
- устанавливается обычно на входе в топливоподкачивающий насос;
- предназначен для фильтрации частиц грязи и воды (часто имеет стеклянный колпак, позволяющий определять его состояние).

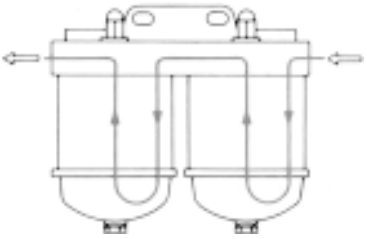
Фильтр (фильтры) тонкой очистки:
- устанавливаются между топливоподкачивающим насосом и насосом высокого давления;
- назначение: задерживать частицы воды, находящиеся в топливе в виде эмульсии, а также частицы грязи размером порядка одного микрона;
- существуют различные типы фильтров и, соответственно, различные способы установки (одиночный или двойной).



Двойной фильтр с отстойником для воды.



Двойной фильтр с параллельной очисткой.

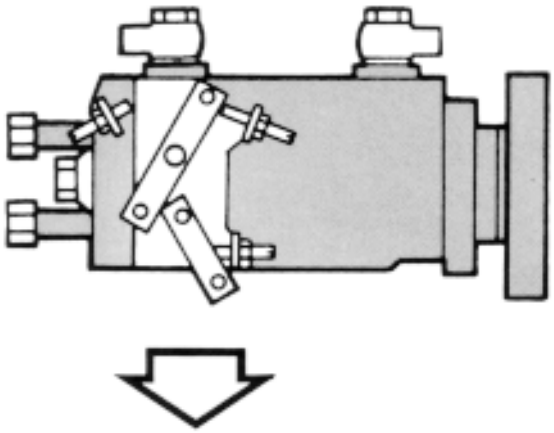


Двойной фильтр с последовательной очисткой.

*ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ ОБЯЗАТЕЛЬНО И ОНИ ТРЕБУЮТ ЧАСТОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.*

# XIII - ТОПЛИВНЫЙ НАСОС ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

## 1 - ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ



- Топливный насос должен впрыскивать топливо под очень высоким давлением, однако в очень малом количестве, которое должно быть точно дозированным (для сгорания 1 г дизельного топлива требуется 32 г воздуха либо 25 литров воздуха. Это соответствует 0,04 г топлива на 1 л воздуха.)
- Принцип подачи топлива основан на перемещении поршня (его в дальнейшем будем называть плунжером) внутри втулки, между которыми имеется очень маленький зазор. Это перемещение вызывается поворотом кулачкового вала насоса.
- Главная задача плунжера заключается в повышении давления топлива от примерно 8 бар до величины в диапазоне от 130 до 200 бар.

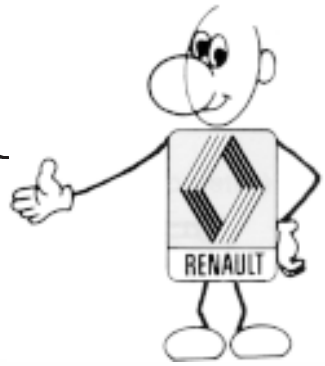
Существует 2 типа топливных насосов высокого давления. Мы будем изучать только первый тип, поскольку он распространен шире.

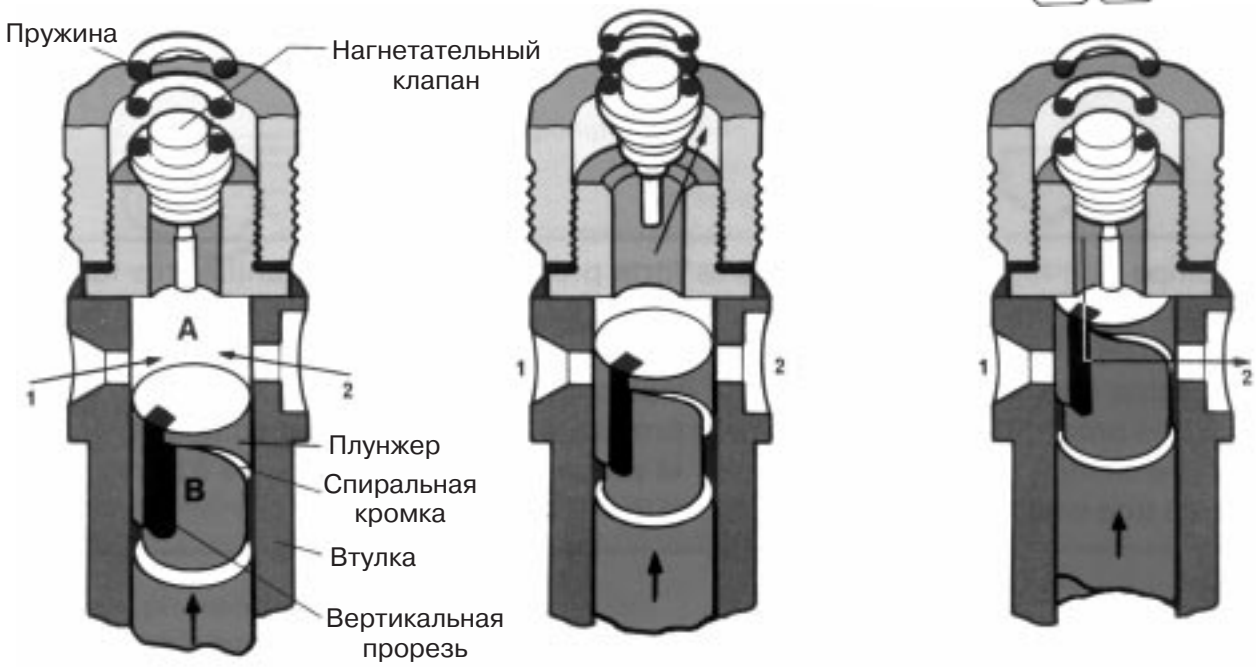
■ *Насос с постоянным ходом плунжера.*

■■ *Насос с переменным ходом плунжера.*

## 2 - ПРИНЦИП РАБОТЫ СЕКЦИИ КЛАССИЧЕСКОГО ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Это устройство предназначено для питания одного цилиндра. Его работа может быть разделена на 3 фазы:




| ЗАПОЛНЕНИЕ | НАЧАЛО ВПРЫСКИВАНИЯ | ОКОНЧАНИЕ ВПРЫСКИВАНИЯ |
|---|---|---|
| Плунжер находится в НМТ. Топливо поступает через отверстия (1) и (2) в надплунжерную полость А. Благодаря наличию канавки оно также проникает в нижнюю полость (В). | Под действием кулачка приводного вала плунжер движется вверх и перекрывает отверстия (1) и (2). Это момент начала подачи топлива. Сжатое топливо приподнимает нагнетательный клапан и направляется к форсунке. | Плунжер продолжает двигаться вверх. Как только спиральная кромка открывает отсечное (перепускное) отверстие (2), подача топлива прекращается. Топливо, оставшееся в объемах (А) и (В) возвращается обратно в насос через отверстие (2). |

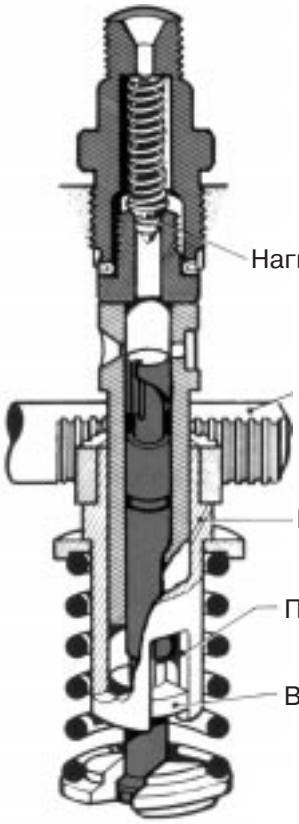
*РЕЗЮМЕ*

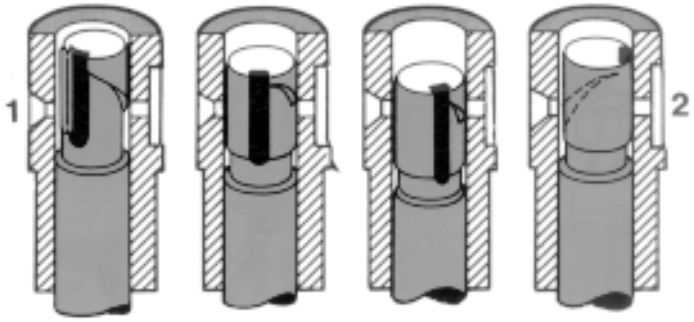
*- Ход плунжера постоянный.*

*- Полезная часть хода плунжера происходит от момента, когда плунжер перекрывает отверстия (1,2) до момента, когда спиральная кромка открывает отсечное отверстие (2):*

*ЭТО ПОЛЕЗНЫЙ ХОД ПЛУНЖЕРА*

Да, но каким образом изменяется подача топлива?




Полная подача | Средняя подача | Холостой ход | Положение остановки

Количество подаваемого топлива, то есть расход топлива, зависит от момента, когда спиральная кромка откроет отсечное отверстие (2).

Изменение подачи топлива осуществляется путем поворота плунжера вокруг его оси.

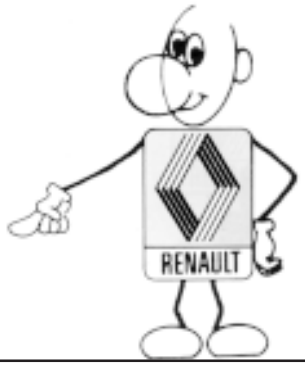
Для этого плунжер, который совершает возвратно-поступательное движение в своей втулке* под действием кулачка вала насоса, имеет в нижней части выступы, скользящие в прорезях поворотной втулки. Поворотная втулка имеет зубчатый венец, который входит в зацепление с зубчатой рейкой. Перемещения зубчатой рейки, связанной с педалью акселератора, приводят к изменению количества впрыскиваемого топлива и, следовательно, нагрузки двигателя.

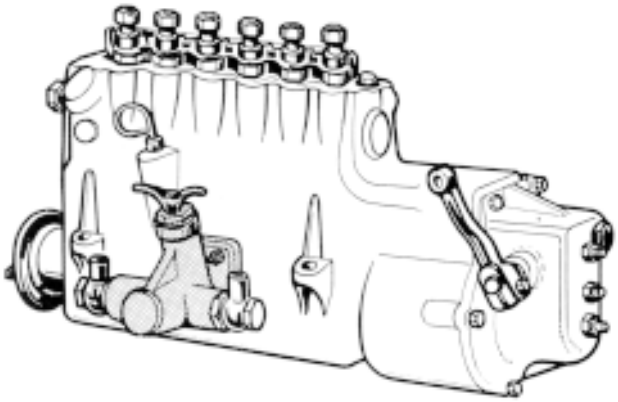
* Зазор между плунжером и втулкой составляет несколько микрон.

# XIV - ДВА ТИПА ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

## 1 - МНОГОСЕКЦИОННЫЙ НАСОС

Мы только что в упрощенном виде познакомились с принципом работы секции топливного насоса высокого давления, предназначенной для питания ОДНОЙ форсунки.



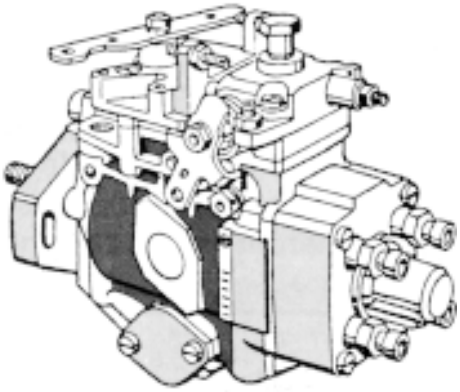



Для многоцилиндрового двигателя число секций топливного насоса равно числу цилиндров. Эти секции устанавливаются в ряд в едином блоке.
ЭТО МНОГОСЕКЦИОННЫЙ НАСОС
Пример: рядный многосекционный насос 6-ти цилиндрового двигателя.

## 2 - РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ НАСОС

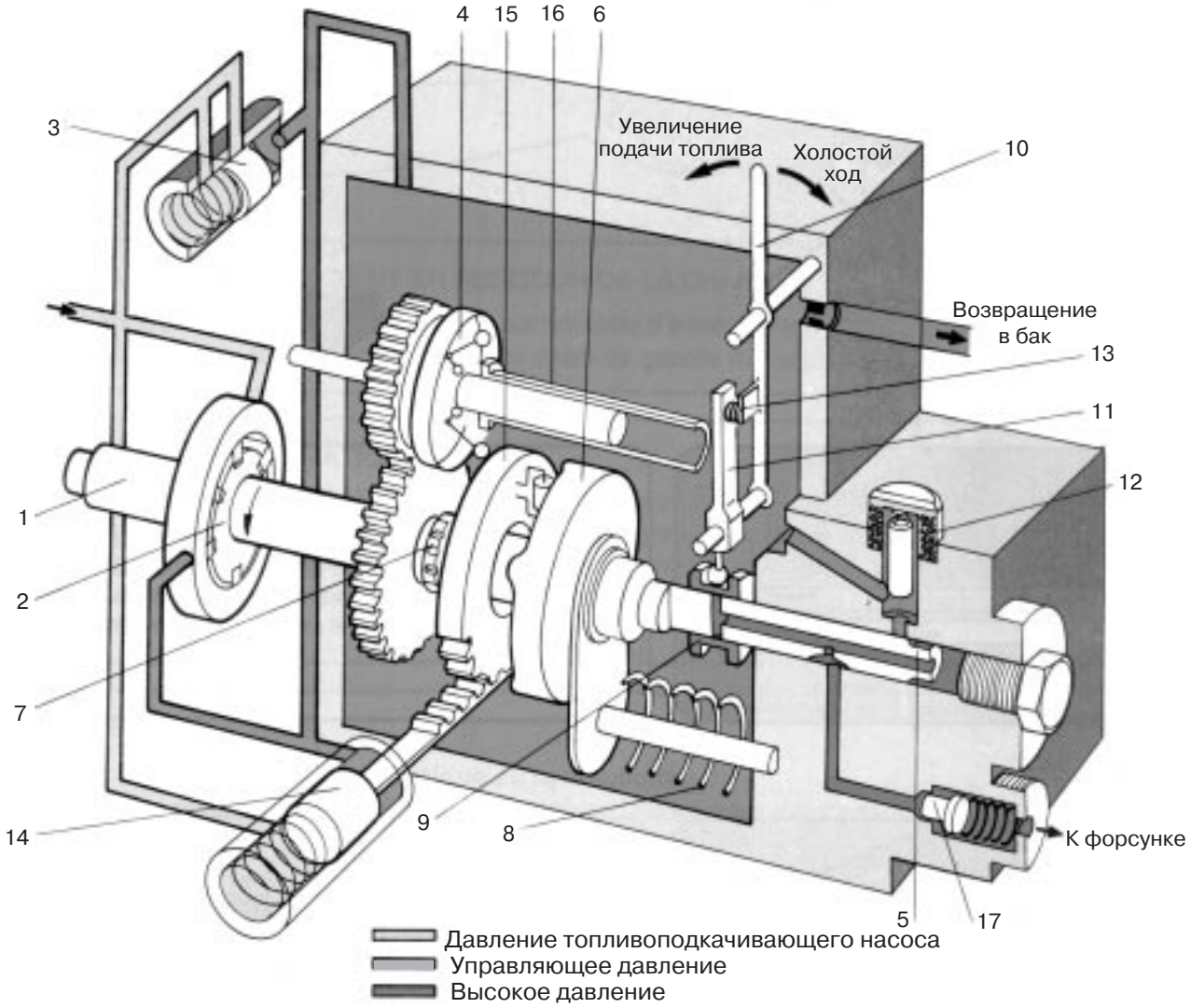
ОДНАКО существует ЕЩЕ ОДИН ТИП НАСОСА, действующего по принципу "постоянного хода плунжера". Он предназначен для ПИТАНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ЦИЛИНДРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОЛЬКО ОДНОГО ПЛУНЖЕРА (такой насос получается значительно более компактным)…

...ЭТО НАСОС РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА С ОДНИМ ПЛУНЖЕРОМ



Такие насосы используются на быстроходных дизельных двигателях, имеющих небольшой объем цилиндров. Они имеют встроенный топливо-подкачивающий насос. В них также встроены системы регулирования.
Данные насосы практически не требуют обслуживания, а их регулировки облегчаются удобным доступом к необходимым узлам.
Пример: распределительный насос для 4-х цилиндрового двигателя.

# XV - ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТОПЛИВНОГО НАСОСА С ТОРЦЕВОЙ КУЛАЧКОВОЙ ШАЙБОЙ (ТИПА EVPE ФИРМЫ BOSCH)



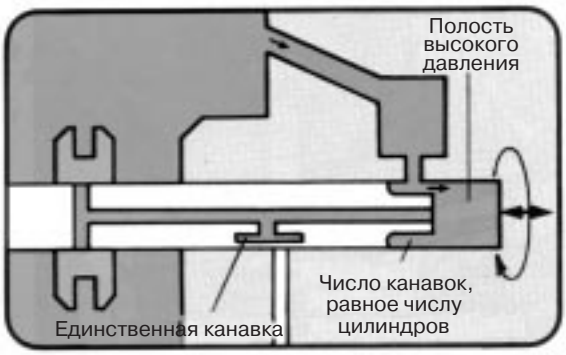

ПРИМЕЧАНИЕ: смазка трущихся деталей топливного насоса обеспечивается за счет смазывающих свойств дизельного топлива.

Вращение приводного вала (1) насоса осуществляется при помощи приводного ремня газораспределительного механизма двигателя.

Данный приводной вал вызывает вращение:

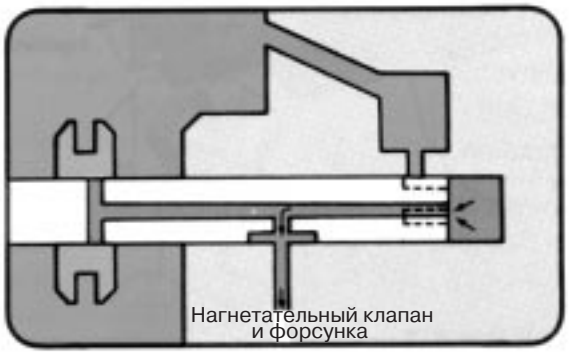
- коловратного (пластинчатого) насоса (2), создающего управляющее давление. Он повышает давление топлива, подаваемого подкачивающим насосом, примерно до 8 бар. Это давление называется “управляющим”, и топливо под этим давлением заполняет все внутреннее пространство насоса. Регулирование величины управляющего давления осуществляется с помощью поршня (3);

- плунжера (5), расположенного в распределительной головке, направляющего сжатое топливо к нагнетательным клапанам (17) и далее к форсункам. Чтобы получить высокое давление в диапазоне от 130 до 200 бар, этот же плунжер (5) совершает возвратно-поступательное движение за счет вращения кулачковой шайбы (6). Кулачковая шайба (6), также приводимая в движение приводным валом с помощью муфты (7), имеет число выступов, равное числу цилиндров. Она прижимается пружиной (8) к шайбе (15), на которой закреплены ролики.



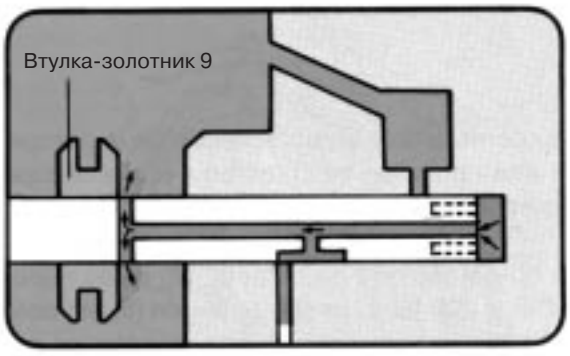

НАПОЛНЕНИЕ ПОЛОСТИ ПЛУНЖЕРА

Плунжер находится в левом положении (в НМТ). Топливо под действием управляющего давления может попадать в полость высокого давления через канавку, имеющуюся в плунжере. Топливо также может попадать в центральный канал внутри плунжера, однако оттуда оно не имеет возможности выйти.



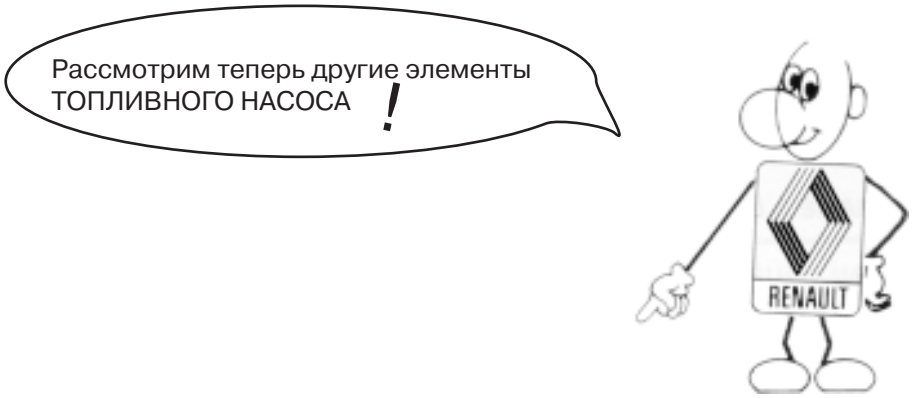

ВПРЫСКИВАНИЕ

Плунжер начинает движение вправо и одновременно поворачивается вокруг своей оси. Сообщение с каналом, подводящим топливо, прерывается. Теперь этот канал может использоваться для подачи топлива к форсункам. Происходит нагнетание: топливо под большим давлением выходит в единственное открытое отверстие, то есть к форсунке.




ОКОНЧАНИЕ ВПРЫСКИВАНИЯ

Поршень продолжает двигаться вправо и его центральный канал, который до этого был перекрыт втулкой-золотником (9), теперь сообщается с полостью в корпусе насоса, в который находится топливо под управляющим давлением. Происходит мгновенный спад давления, и впрыскивание прекращается.




ИЗМЕНЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПЕДАЛИ АКСЕЛЕРАТОРА

Втулка (9) может перемещаться, так как она связана с педалью акселератора с помощью рычага (10). Положение этой втулки определяет момент окончания подачи топлива и, таким образом, количество топлива, направляемого в цилиндры.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ НАЧАЛА ВПРЫСКИВАНИЯ

Автоматическое регулирование угла начала впрыскивания топлива определяется угловым положением шайбы с роликами (15), которая с помощью зубчатой рейки соединена с поршнем автоматического регулирования угла опережения начала впрыскивания (14). На этот поршень действует управляющее давление топлива, которое пропорционально частоте вращения двигателя и которое поворачивает шайбу с роликами в зависимости от частоты вращения двигателя. Таким образом, момент начала впрыскивания топлива связан с частотой вращения двигателя.

РЕГУЛЯТОР

Он может быть механическим, пневматическим или гидравлическим.
В нашем случае используется центробежный регулятор (4). Он позволяет регулировать подачу топлива на всех режимах.
Под действием центробежной силы грузики регулятора давят на муфту (16). Рычаг (11) отклоняется, сжимает пружину (13) и перемещает втулку-золотник (9) в положение “малой подачи топлива”. Если частота вращения падает ниже требуемой величины, пружина (13) отталкивает муфту (16), и рычаг (13) перемещает втулку-золотник (9) в положение увеличения подачи топлива.

*НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕ РАЗРЕШАЕТСЯ ИЗМЕНЯТЬ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА (дизельный двигатель выдерживает значительно меньшее повышение частоты вращения по сравнению с номинальной, чем бензиновый двигатель).*

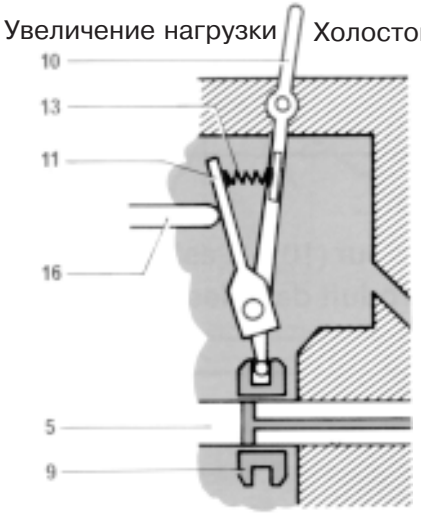
ОСТАНОВКА ДВИГАТЕЛЯ

Дизельный двигатель невозможно остановить, отпустив педаль акселератора. Для этого используется механическое или электрическое устройство. В рассматриваемом случае применяется электромагнитный клапан (12), который прерывает поступление топлива к плунжеру (5). При прекращении подачи топлива двигатель сразу останавливается. Электромагнитный клапан управляется поворотом ключа в замке зажигания.

# XVI - ЗАПУСК ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

ВО ВСЕХ СЛУЧАЯХ для запуска двигателя необходимо обеспечивать максимальную подачу топлива.

## 1 - ЗАПУСК ПРОГРЕТОГО ДВИГАТЕЛЯ



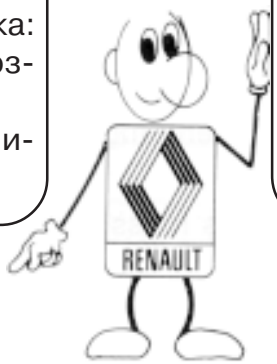

При неработающем двигателе рычаг (10), связанный с педалью акселератора, находится в положении холостого хода. Пружина (13) нажимает на рычаг (11), который перемещает втулку-золотник (9) в положение полной подачи топлива.

После запуска двигателя центробежный регулятор начинает действовать и перемещает муфту (16). Последняя нажимают на рычаг (11) и, таким образом, перемещает втулку-золотник (9) в положение холостого хода. При этом пружина (13) будет сжата на определенную величину.

## 2 - ЗАПУСК ХОЛОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ

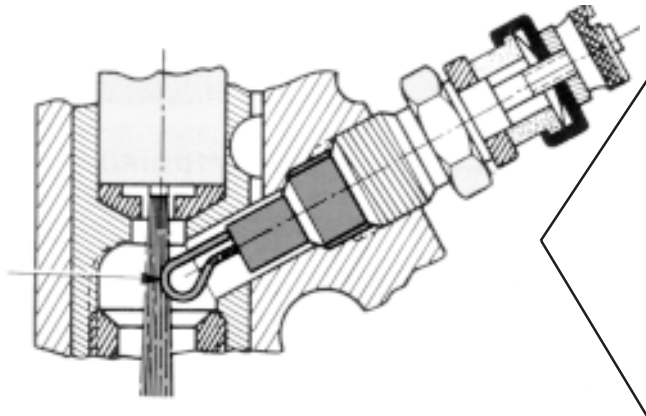
**БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ**

Имеет систему холодного пуска:
- либо за счет прикрытия воздушной заслонки;
- либо за счет подачи дополнительной порции бензина.




**ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ**

*Как правило, имеет систему холодного пуска, называемую “СВЕЧАМИ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА”*



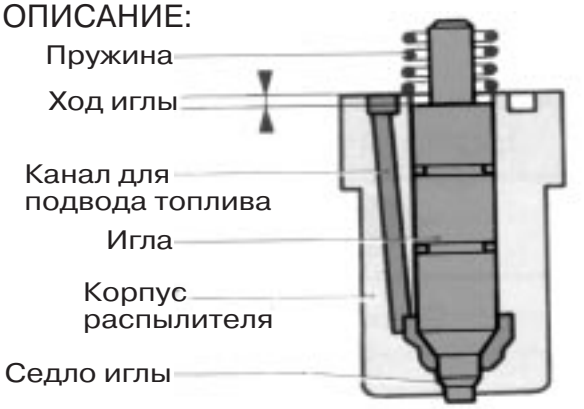
Это электрические сопротивления, защищенные изолирующим материалом, которые подогревают воздух и капли топлива, впрыснутого в камеру сгорания, и тем самым облегчают запуск двигателя. Данные свечи питаются от аккумулятор-ной батареи. Они могут соединяться в цепь либо последовательно, либо параллельно. Время окончания подогрева указывается выключением светового индикатора на приборной панели.

ПОВЫШЕННАЯ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ ПРИ НЕПРОГРЕТОМ ДВИГАТЕЛЕ устанавливается:
- либо автоматически;
- либо с помощью рукоятки, которую перемещает водитель.

# XVII - ФОРСУНКИ

*НАЗНАЧЕНИЕ: обеспечить впрыскивание, распыливание и распределение топлива по камере сгорания в поршне или в разделенной камере сгорания (в зависимости от типа двигателя).*

ОПИСАНИЕ:




ФОРСУНКА крепится с помощью прижимной скобы и имеет трубопроводы для подвода и отвода топлива.
Это узел, испытывающий очень высокие нагрузки.

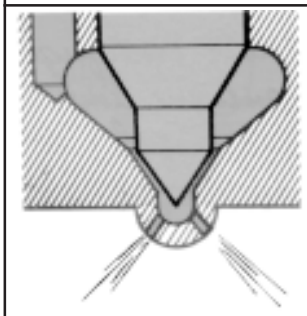
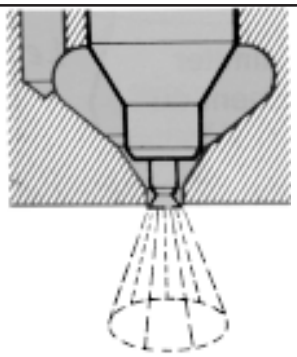
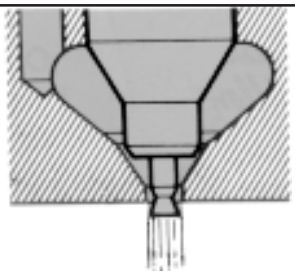
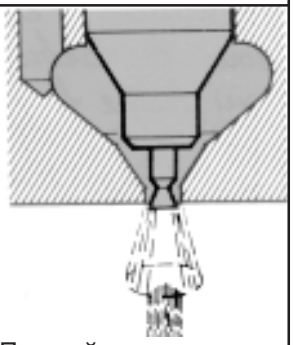
- Давление: ≅ 200 бар.
- Температура: 500°C - 600°C.
- Максимальная частота: ≅ 2000 подъемов иглы в минуту.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Топливо подводится к верхней части форсунки и направляется вниз к маленькой полости, расположенной вокруг конической поверхности в нижней части иглы. Игла прижимается к своему седлу пружиной. Топливо подводится под давлением, намного превышающим давление начала подъема иглы. Игла поднимается, и топливо впрыскивается в камеру сгорания. Когда давление падает, пружина вновь прижимает иглу к седлу, и впрыскивание прекращается.

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ФОРСУНОК

Все форсунки имеют одинаковый принцип работы, но различаются формой нижней части иглы и ее седла (нижней части распылителя), а также формой струи топлива.

| С СОПЛОВЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ | ШТИФТОВАЯ (с цилиндрическим или коническим штифтом) | С ШТИФТОМ, ИМЕЮЩИМ ОБРАТНЫЙ КОНУС (две фазы работы) | |
|---|---|---|---|
|  |  |  Начало подъема иглы (предварительная струя) |  Полный подъем иглы (основная струя) |
| для двигателей с камерой сгорания в поршне | для двигателей с вихревой камерой сгорания | для двигателей с предкамерой или дополнительной камерой с резервом воздуха | |

КОНТРОЛЬ

*Необходимо контролировать два параметра форсунки:*

- *давление начала подъема иглы (регулируется сила затяжки пружины с помощью гайки или регулировочных прокладок);*
- *форма струи.*

# XVIII - СРАВНЕНИЕ БЕНЗИНОВОГО И ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЕЙ

Теперь можно провести определенную аналогию между дизельным и бензиновым двигателями, что позволяет облегчить поиск и устранение неисправностей.

| БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ | | ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ |
|---|---|---|
| Рассматриваемый элемент | Информация | Рассматриваемый элемент |
| *Прерыватель-распределитель* | Вращается с частотой вдвое меньше коленчатого вала | *Топливный насос высокого давления* |
| *Момент подачи искры с помощью центробежного регулятора опережения зажигания* | В зависимости от частоты вращения двигателя необходимо изменять: | *Момент начала впрыскивания с помощью центробежного регулятора или гидравлической системы топливного насоса* |
| *Момент подачи искры с помощью вакуумного регулятора опережения зажигания* | В зависимости от нагрузки двигателя необходимо изменять: | *Количество топлива, впрыскиваемого в цилиндр* |
| *Регулятор, приводимый в действие разрежением под карбюратором, прикрывает дроссельную заслонку* или отключает подачу искры*** | Необходимо ограничить максимальную частоту вращения, чтобы двигатель "не пошел в разнос" | *Центробежный или гидравлический регулятор ограничивает подачу топлива* |
| *Расход смеси на холостом ходу регулируется двумя винтами в карбюраторе* | Холостой ход | *Минимальная подача топлива регулируется перемещением упора рейки* |
| *Выключение зажигания (ключом зажигания)* | Остановка двигателя | *Отключение подачи топлива (механический или электрический привод, включаемый поворотом ключа зажигания)* |

* Применяется на некоторых бензиновых двигателях.
** Пример: двигатель спортивного автомобиля.

# XIX – РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЮ

## 1 - ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Запуск двигателя

– Прежде чем запускать двигатель, дождитесь окончания предварительного подогрева, что указы-вается соответствующим ИНДИКАТОРОМ на приборной панели, который ДОЛЖЕН ПОГАСНУТЬ.
– При каждом включении стартера необходимо нажать на педаль акселератора, которую следует отпустить после запуска двигателя.
– В в холодную погоду рекомендуется прогреть двигатель, прежде чем начинать движение.

Остановка двигателя

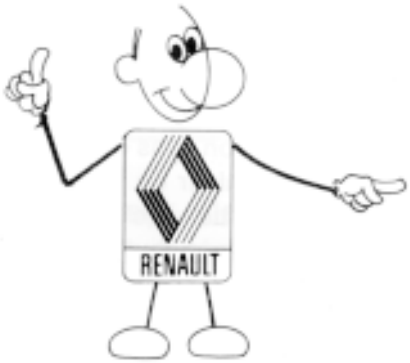
Не стоит нажимать на педаль акселератора перед остановкой двигателя.

## 2 – ОБСЛУЖИВАНИЕ

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

- Проверять уровнь моторного масла.
- Использовать РЕКОМЕНДОВАННЫЕ марки масла.
- Соблюдать периодичность замены масла.
- Проверять систему охлаждения.
- Соблюдать периодичность технического обслуживания.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ




**ВНИМАНИЕ!**

*Главным и практически ЕДИНСТВЕННЫМ ВРАГОМ дизельного двигателя является попадающая в топливо ВОДА и находящиеся в ней загрязнители.*

- Убедитесь в качестве используемого топлива (в случае сомнений профильтруйте топливо: загрязнение может быть вызвано заправкой из старой канистры и т.д.).
- ЗАПРЕЩЕНО оставлять открытой заливную горловину топливного бака.
- В случае проведения любых работ с топливопроводами необходимо тщательно протереть присоединительные элементы перед их установкой на место.
- Необходимо регулярно проводить обслуживание фильтра (фильтров) топлива и протирать их перед снятием.
- Избегайте полной выработки топлива из бака, поскольку в отличие от бензинового двигателя прежде чем запустить двигатель Вам потребуется заполнить топливом и прокачать топливную систему.

# XX – ОСНОВНЫЕ РЕГУЛИРОВКИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Для лучшего понимания проведем вновь аналогию с бензиновым двигателем!

Рассматриваемый такт работы:
3-й такт - КОНЕЦ СЖАТИЯ

| БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ | | ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ |
|---|---|---|
| …В момент проскакивания электрической искры между электродами свечи | Сгорание начинается … | В момент начала впрыскивания топлива из форсунки |
| Моментом начала размыкания контактов прерывателя | Чем определяется момент начала сгорания ? | Началом подачи топлива насосом, т. е. за счет его регулировки |
| Установить метку на шкиве коленчатого вала в заданное положение<br>Например: $10^0$ до ВМТ | Для проведения регулировки на двигателе необходимо: | Установить метку на шкиве коленчатого вала в заданное положение<br>Например: $26^0$ до ВМТ |
| ПРЕРЫВАТЕЛЬ-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ<br>- Определить направление вращения<br>- Отрегулировать зазор между контактами прерывателя<br>- Закрепить прерыватель-распределитель на двигателе таким образом, чтобы контакты прерывателя находились в состоянии начала размыкания<br>- Проверить регулировку | Для регулировки прерывателя-распределителя или топливного насоса необходимо: | ТОПЛИВНЫЙ НАСОС<br>- Определить направление вращения<br>- Отрегулировать величину подъема плунжера (т.е. момент начала подачи топлива) с помощью щупа или микрометра.<br>Например: подъем на 0,5 мм для распределительного топливного насоса<br>- Установить топливный насос на двигатель и закрепить его так, чтобы не нарушить регулировку, о которой говорилось выше<br>- Проверить регулировку |
| С помощью ротора и крышки прерывателя-распределителя, к которой подсоединены провода высокого напряжения в соответствии с порядком работы цилиндров | Распределение энергии | С помощью распределительной головки топливного насоса, к которой подсоединены трубопроводы, подводящие топливо к форсункам, в соответствии с порядком работы цилиндров |

# XXI – НЕИСПРАВНОСТИ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ

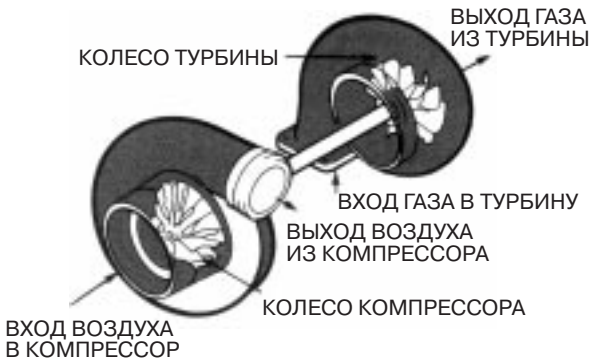
| | |
|---|---|
| Двигатель не запускается при прокручивании стартером | - *Отсутствие топлива в баке (закрыт кран, если он установлен в топливопроводе).*<br>- *Неисправен привод, связывающий педаль акселератора с рычагом топливного насоса (заедание).*<br>- *Не отключается система остановки двигателя.*<br>- *Забиты топливные фильтры.*<br>- *Подсос воздуха в контуре низкого давления.* |
| Двигатель плохо запускается в холодную погоду | - *Разряжена аккумуляторная батарея.*<br>- *Неисправны свечи предпускового подогрева.*<br>- *Перегорело управляющее сопротивление в цепи.* |
| Неравномерная работа двигателя | - *Забиты топливные фильтры.*<br>- *Наличие воздуха в контуре низкого давления.*<br>- *Неисправность топливного насоса (заблокирован регулятор).* |
| Двигатель идет в разнос, или частота вращения ограничивается на среднем режиме, либо ощущаются рывки при вращении | - *Топливный насос: неисправен регулятор.* |
| Двигатель не проворачивается стартером после длительной стоянки | - *Наличие воды в цилиндрах (необходимо проверить это, прежде чем начинать искать неисправность в системе питания)* |

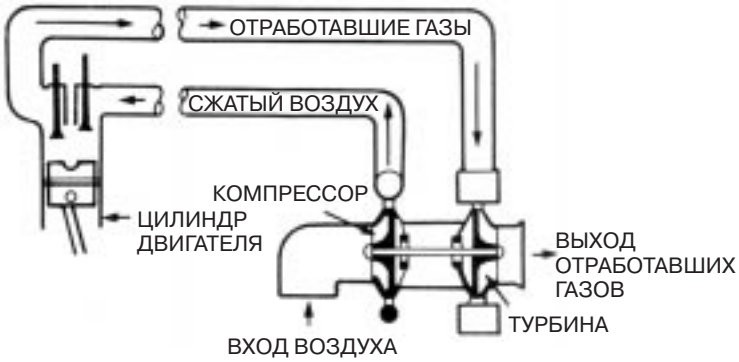
... конечно, это далеко не полный список неисправностей!

# XXII – ТУРБОНАДДУВ

Известно, что для всех двигателей внутреннего сгорания существует проблема НАПОЛНЕНИЯ ЦИЛИНДРОВ…
В действительности, наполнение цилиндра происходит за счет разрежения, создаваемого при опускании поршня. При высоких частотах вращения в связи с инерцей потока воздуха это наполнение обеспечивается примерно лишь на 70%, что вызывает потерю мощности. Чтобы решить это проблему, необходимо найти способ повышения давления воздуха на входе в цилиндры.

Для этого используется КОМПРЕССОР.
Существует несколько типов компрессоров.
В настоящее время применяется в основном ТУРБОКОМПРЕССОР.




ПРИНЦИП РАБОТЫ ТУРБОКОМПРЕССОРА
Это агрегат, состоящий из двух лопаточных колес:
- ВЕДУЩЕГО колеса турбины, приводимого во вращение отработавшими газами двигателя;
- ВЕДОМОГО колеса компрессора, приводимого во вращение колесом турбины, всасывающего атмосферный воздух, сжимающего его и подающего во впускной коллектор двигателя, что повышает давление в ходе такта впуска на несколько десятых бара.

Ротор турбокомпрессора (вал с колесами компрессора и турбины) вращается с очень высокой частотой – несколько десятков тысяч оборотов в минуту.

НЕДОСТАТКИ

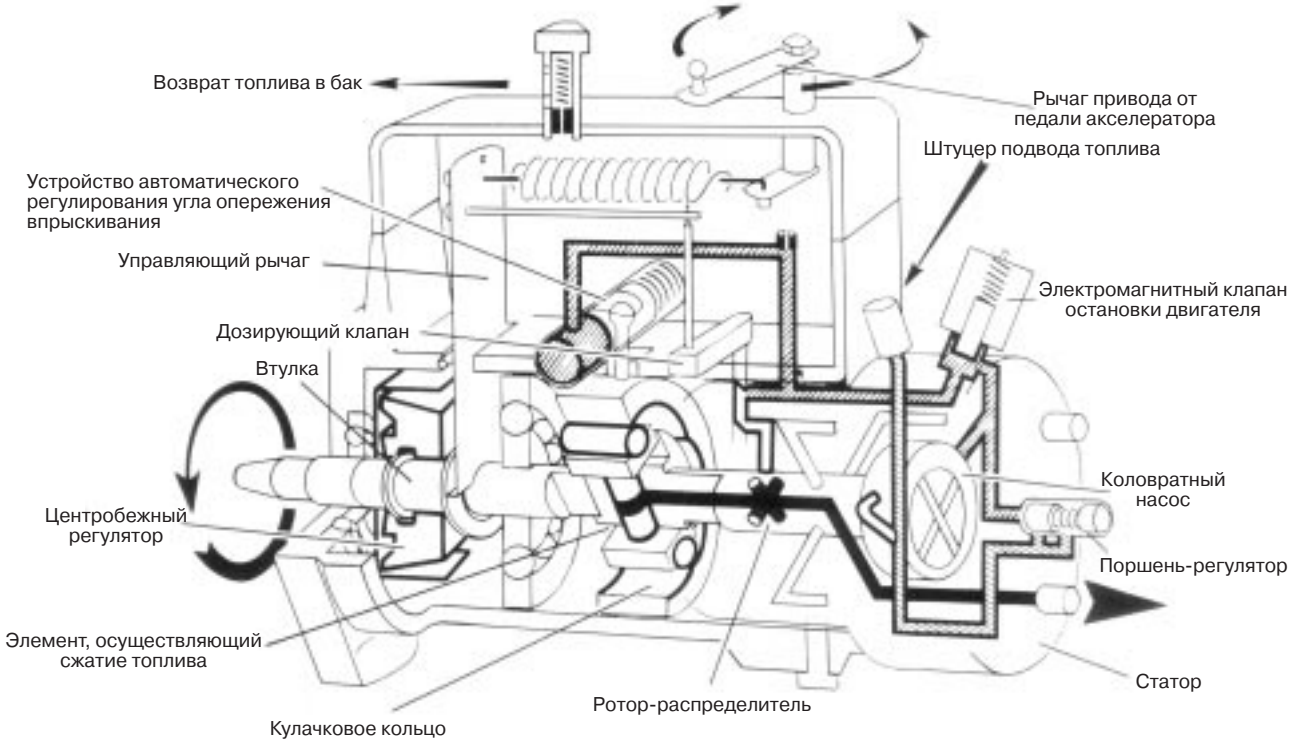
- Проблема смазки подшипников вала турбокомпрессора, связанная с очень большой частотой вращения и высокой температурой отработавших газов.

ПРЕИМУЩЕСТВА

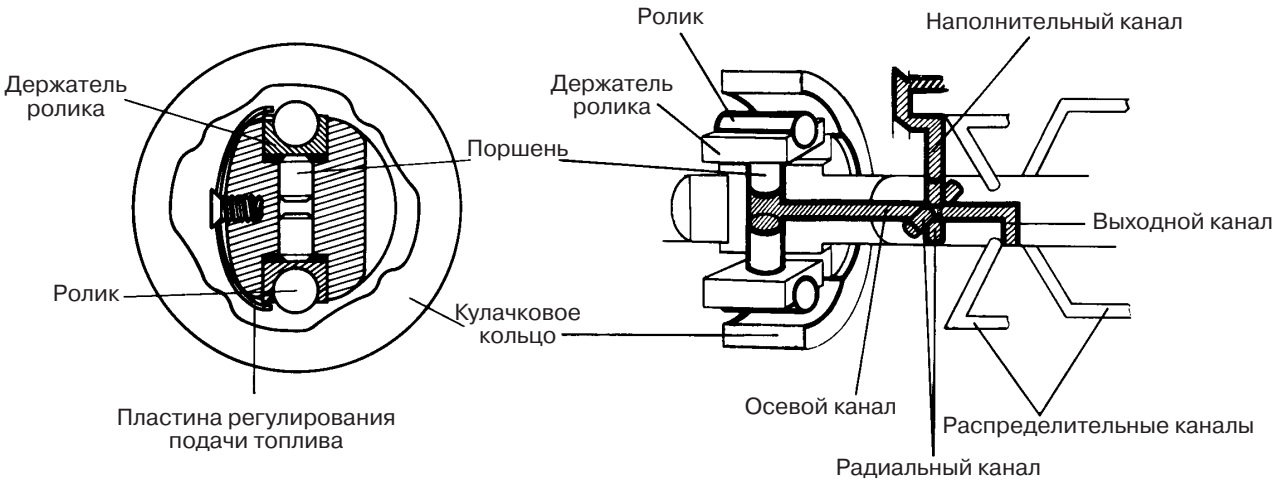
- При той же мощности двигатель имеет меньшие массу и габариты.
- В зависимости от типа двигателя можно получить снижение расхода топлива.
- Двигатель меньше теряет мощность при работе на большей высоте.

# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО РОТОРНОГО ТОПЛИВНОГО НАСОСА ТИПА DPC ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

## ФАЗА НАГНЕТАНИЯ




## ФАЗА ЗАПОЛНЕНИЯ ТОПЛИВОМ



# ОПИСАНИЕ

### Общее описание

Вращение вала топливного насоса осуществляется с помощью ремня привода газораспределительного механизма двигателя.

На данном насосе распределение топлива и повышение его давления осуществляются, соответственно, в гидравлической головке и роторе.

### Гидравлическая головка

Она представляет собой статор, внутри которого вращается распределительный ротор, приводимый управляющим валом. В средней части ротора просверлен осевой канал, из которого выходят четыре радиальных канала для подвода топлива. На одном конце ротора имеется выходной канал. В статоре имеется четыре распределительных канала, к которым поочередно подходит выходной канал ротора. Эти четыре распределительных канала направляют топливо к выходам высокого давления насоса.

### Элемент, осуществляющий сжатие топлива

На переднем конце ротора имеются два поршня, расположенные друг напротив друга, которые могут свободно перемещаться в своих каналах. Эти два поршня могут попеременно:

- либо расходиться под действием давления топлива, проникающего в осевой канал;
- либо сближаться под действием давления держателей роликов, когда ролики накатываются на внутренние выступы кулачкового кольца.

Последнее перемещение приводит к получению высокого давления топлива.

### Управляющее давление

Вращающийся ротор приводит в движение коловратный насос. Назначение последнего заключается во всасывании топлива из бака и создании промежуточного давления топлива, называемого “управляющим давлением”. Благодаря этому давлению обеспечивается:

- получение высокого давления;
- регулирование угла опережения начала впрыскивания;
- увеличение подачи топлива при запуске двигателя;
- смазка различных деталей насоса, осуществляемая топливом, занимающим весь его внутренний объем. Клапан, расположенный в верхней части насоса, обеспечивает получение необходимого остаточного давления и возвращение излишков топлива в бак.

# ПРИНЦИП РАБОТЫ

**Создание высокого давления топлива и его распределение**

— Топливо всасывается подкачивающим насосом и проходит через фильтр, расположенный в гидравлической головке.

— На выходе из подкачивающего насоса топливо под давлением, величина которого зависит от частоты вращения двигателя, направляется к регулятору управляющего давления. Этот регулятор поршневого типа ограничивает максимальное значение управляющего давления на уровне примерно 8 бар.

— Топливо под управляющим давлением затем проходит через механизм электрической остановки двигателя, представляющий собой электромагнитный клапан, управляемый поворотом ключа в замке зажигания.

— Затем топливо поступает к дозирующему клапану, представляющему собой вращающийся золотник, изменяющий степень открытия наполнительного канала, перед которым поочередно проходят 4 радиальных канала ротора.

— Дозирующий клапан поворачивается управляющим рычагом, который перемещается в зависимости от двух воздействий:

- рычага, связанного с педалью акселератора, усилие от которого передается через пружину;
- центробежного регулятора.

— Положение дозирующего клапана зависит от результата этих двух воздействий. Таким образом, наполнительный канал может подавать в один из четырех радиальных каналов ротора дозу топлива, соответствующую текущему режиму работы двигателя.

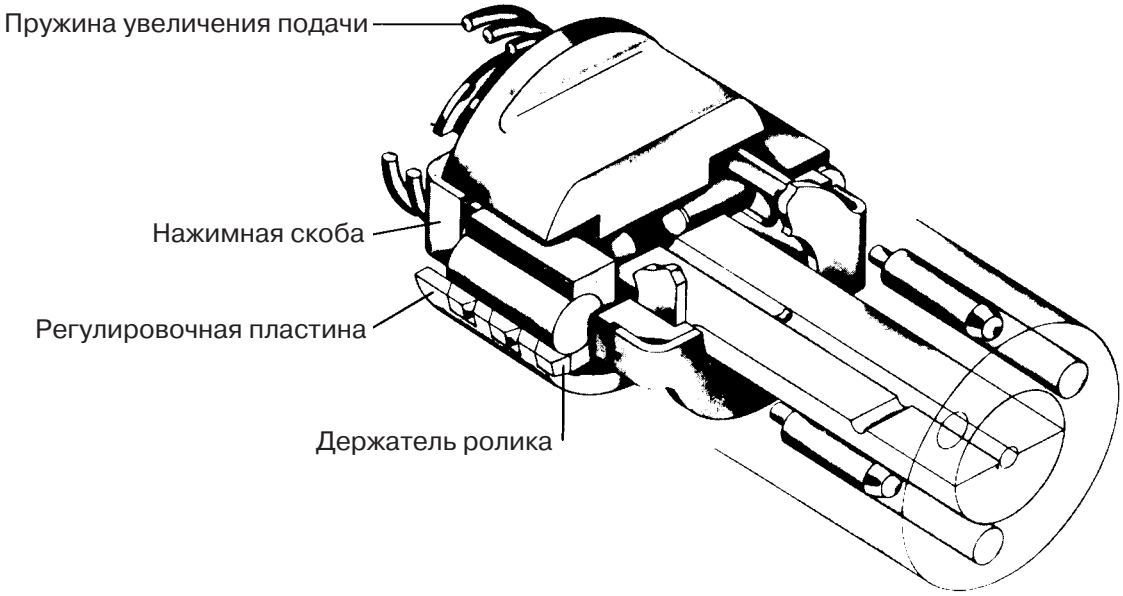
— Когда один из четырех каналов ротора подходит к наполнительному каналу статора, топливо попадает в осевой канал ротора и заполняет полость между двумя поршнями. При этом выходной канал перекрыт, что не позволяет топливу выходить. ЭТО ФАЗА НАПОЛНЕНИЯ.

— Затем в результате поворота ротора прерывается сообщение с наполнительным каналом. Одновременно ролики накатываются на внутренние выступы кулачкового кольца, и поршни начинают двигаться навстречу друг другу. Топливо сжимается до высокого давления. В это же время выходной канал ротора подходит к одному из распределительных каналов в гидравлической головке. Топливо под высоким давлением, пройдя через нагнетательный клапан, направляется к форсунке. ЭТО ФАЗА НАГНЕТАНИЯ.

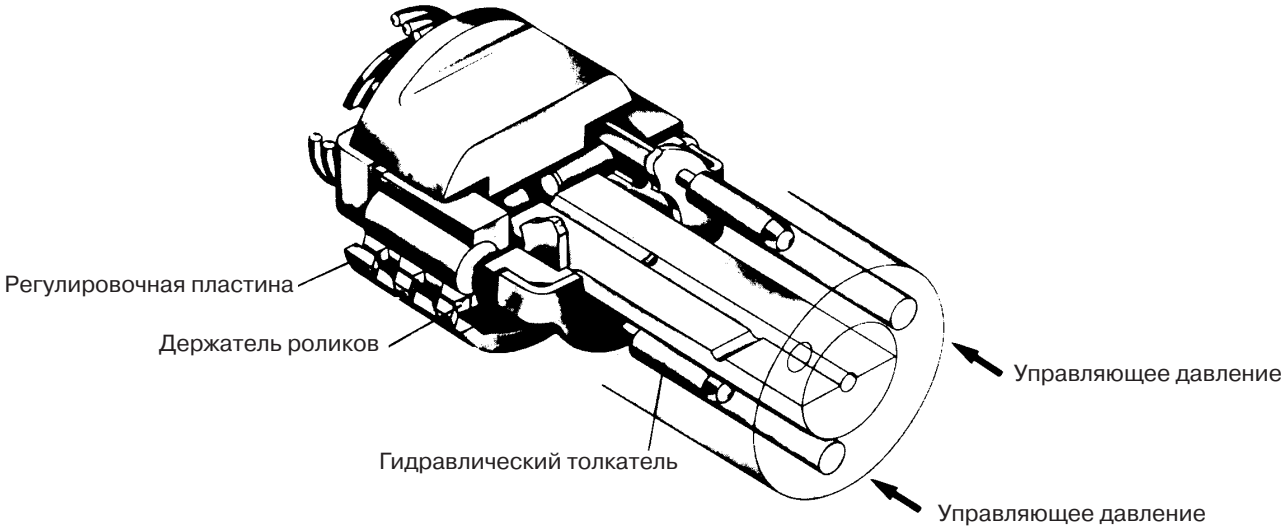
**Пусковая подача**

— Для обеспечения надежного запуска дизельного двигателя необходимо при включении стартера впрыскивать в цилиндр количество топлива, превышающее то, которое впрыскивается при работе двигателя на максимальной нагрузке.
Смысл получения пусковой подачи топлива заключается в том, чтобы **только на режиме пуска** обеспечить увеличение хода держателей роликов и как следствие – увеличение количества топлива, находящегося в объеме между двумя поршнями, в ходе фазы наполнения.

— ПРИ НЕРАБОТАЮЩЕМ ДВИГАТЕЛЕ пружина увеличения подачи топлива с помощью нажимной скобы перемещает держатели роликов. Зубья держателей роликов входят в прорези регулировочной пластины. Это приводит к увеличению расстояния между держателями роликов и как следствие - к увеличению хода поршней.




— КАК ТОЛЬКО ДВИГАТЕЛЬ НАЧИНАЕТ РАБОТАТЬ, устанавливается управляющее давление, которое, помимо прочих элементов*, подводится к трем гидравлическим толкателям. Перемещение этих гидравлических толкателей приводит к перемещению держателей роликов, зубья которых, благодаря скошенным кромкам, выходят из прорезей регулировочной пластины. В результате держатели роликов возвращаются в положение, необходимое для нормальной работы двигателя.




* Подробное изучение гидравлической системы управляющего давления выходит за рамки данного документа.

**Регулятор**

— Это всережимный регулятор центробежного типа.

— Он включает в себя несколько* инерционных грузиков, которые перемещают муфту. Эта муфта воздействует непосредственно на рычаг управления, который, в свою очередь, с помощью тяги перемещает дозирующий клапан.

* Число инерционных грузиков меняется в зависимости от модели насоса.

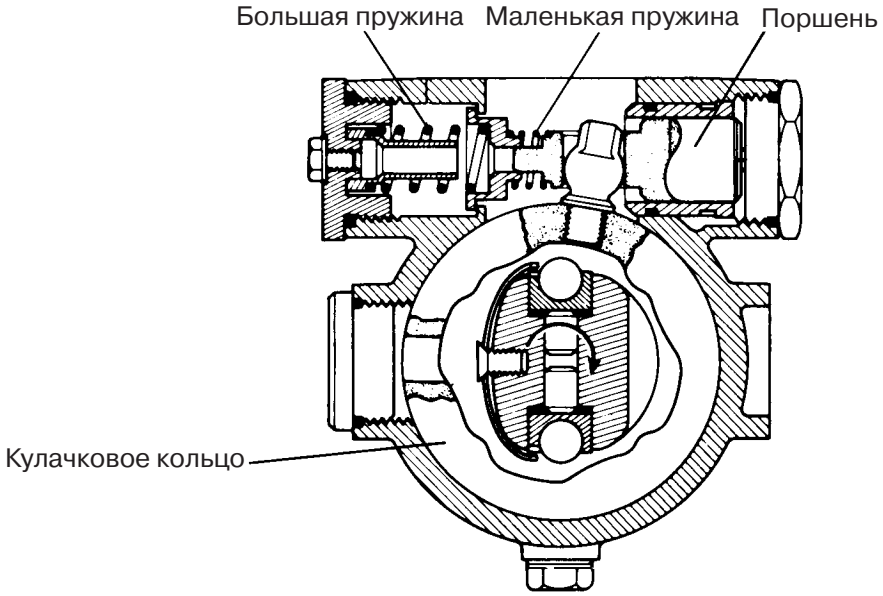
**Автоматическое регулирование угла опережения начала впрыскивания**

— Для получения увеличения угла начала впрыскивания топлива с ростом частоты вращения двигателя кулачковое кольцо может поворачиваться в одну сторону за счет воздействия поршня, нагружаемого управляющим давлением, а в другую – за счет давления пружины. В реальной конструкции вместо одной пружины применяют две: большую и маленькую.

— Рассмотрим 3 фазы работы.

**•1-я ФАЗА: ЗАПУСК ДВИГАТЕЛЯ**

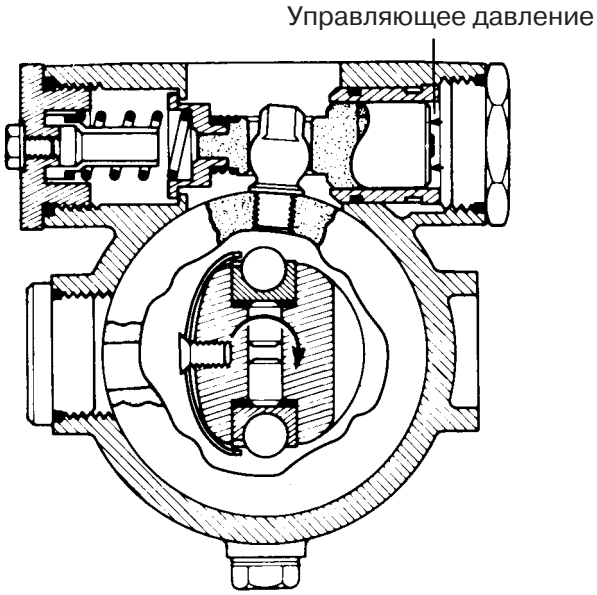
Держатели роликов в положении пусковой подачи имеют увеличенный ход по сравнению с нормальным режимом работы двигателя. В связи с этим они слишком рано накатываются на внутренние выступы кулачкового кольца, и впрыскивание начинается со слишком большим опережением. С целью компенсации этого чрезмерно большого опережения кулачковое кольцо перемещается под действием двух пружин, которые поворачивают его вправо в положение “максимальной задержки”**.

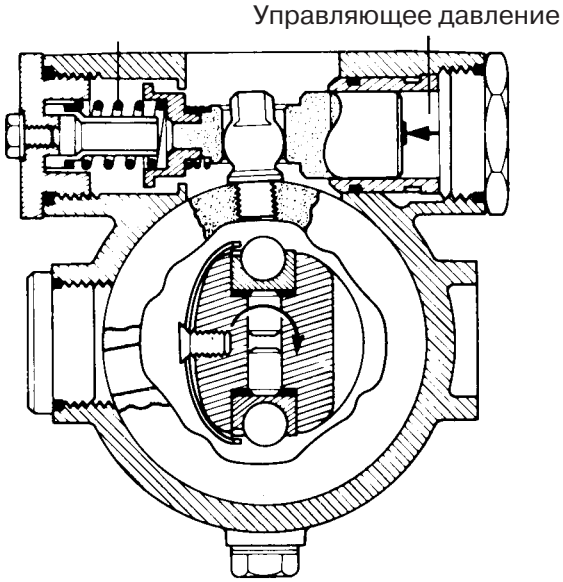



** То есть, меньшего угла опережения впрыскивания, чем минимальный угол при работающем двигателе.

## • 2-я ФАЗА: ХОЛОСТОЙ ХОД

Управляющее давление еще невысоко. Тем не менее, оно оказывается достаточным, чтобы, с одной стороны, убрать пусковую подачу топлива путем перемещения гидравлических толкателей, а с другой стороны – сжать маленькую пружину упора. Таким образом, кулачковое кольцо повернется в положение “начального опережения”, соответствующее работе двигателя на холостом ходу.




## • 3-я ФАЗА: НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА

По мере повышения частоты вращения двигателя управляющее давление повышается и перемещает поршень, который сжимает большую пружину. Это приводит к повороту кулачковой шайбы в сторону сжатия пружин, что увеличивает угол опережения.