



МГТУ им. Н.Э.Баумана

Кафедра СМ-10 «Колесные машины»

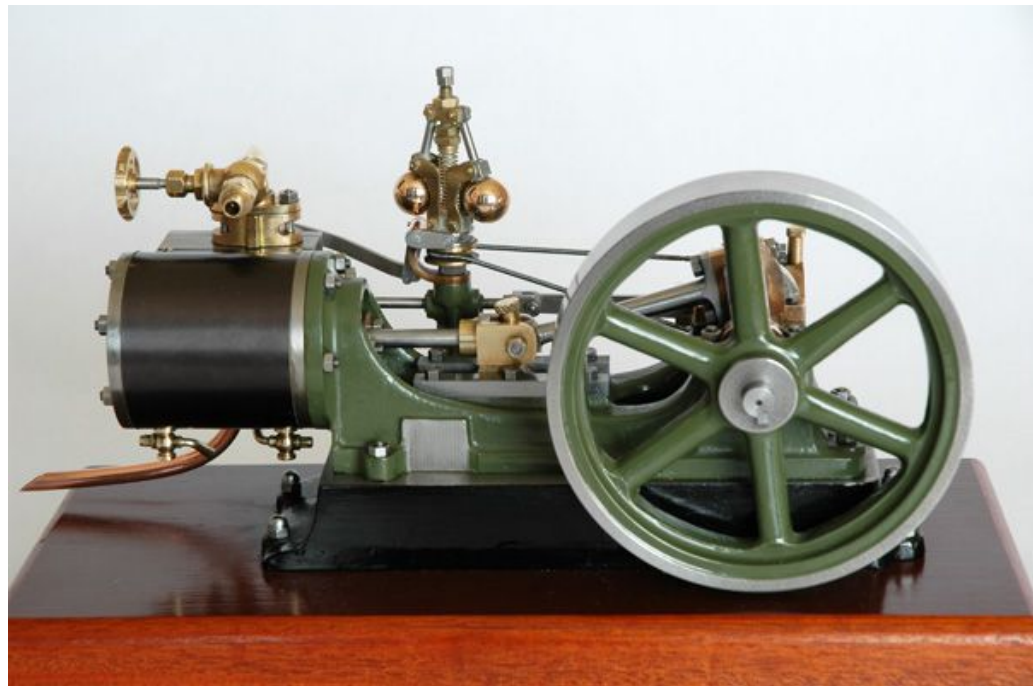
# Двигатели внутреннего сгорания Лекция 2 история и классификация

преподаватель

Захаров А.Ю.

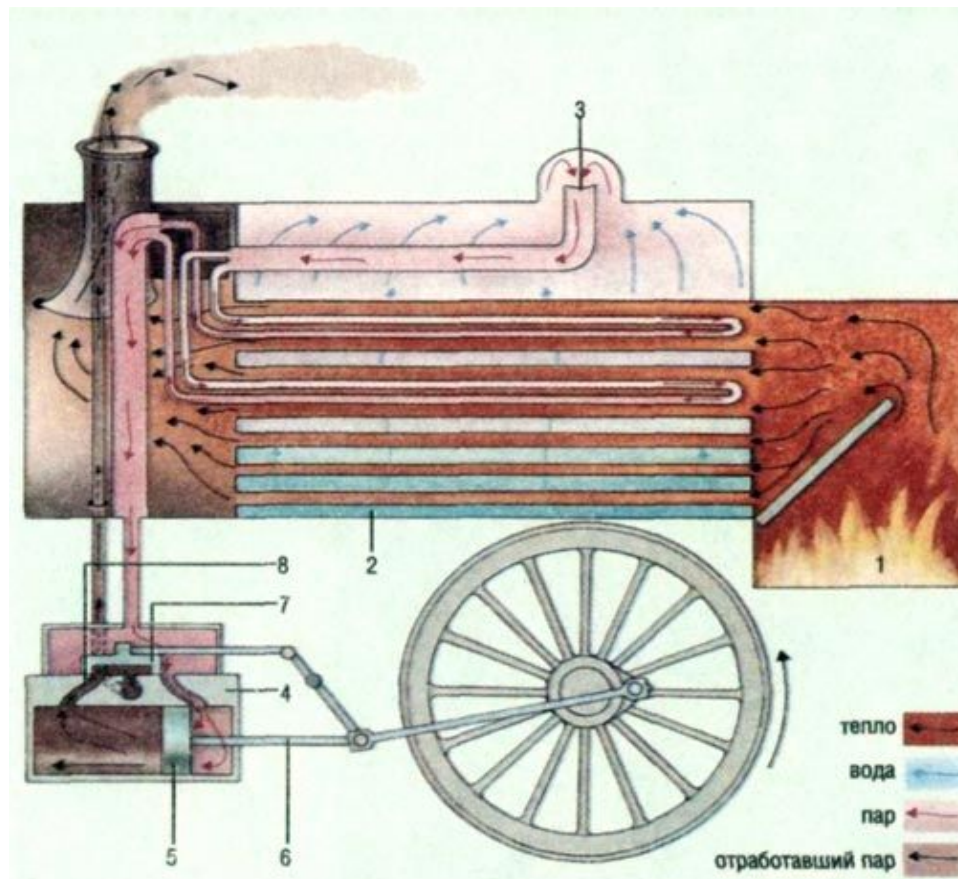
# Эволюция автомобильных двигателей

I. Паровые двигатели – внешнего сгорания  
Джеймс Уатт патент от 1784г.

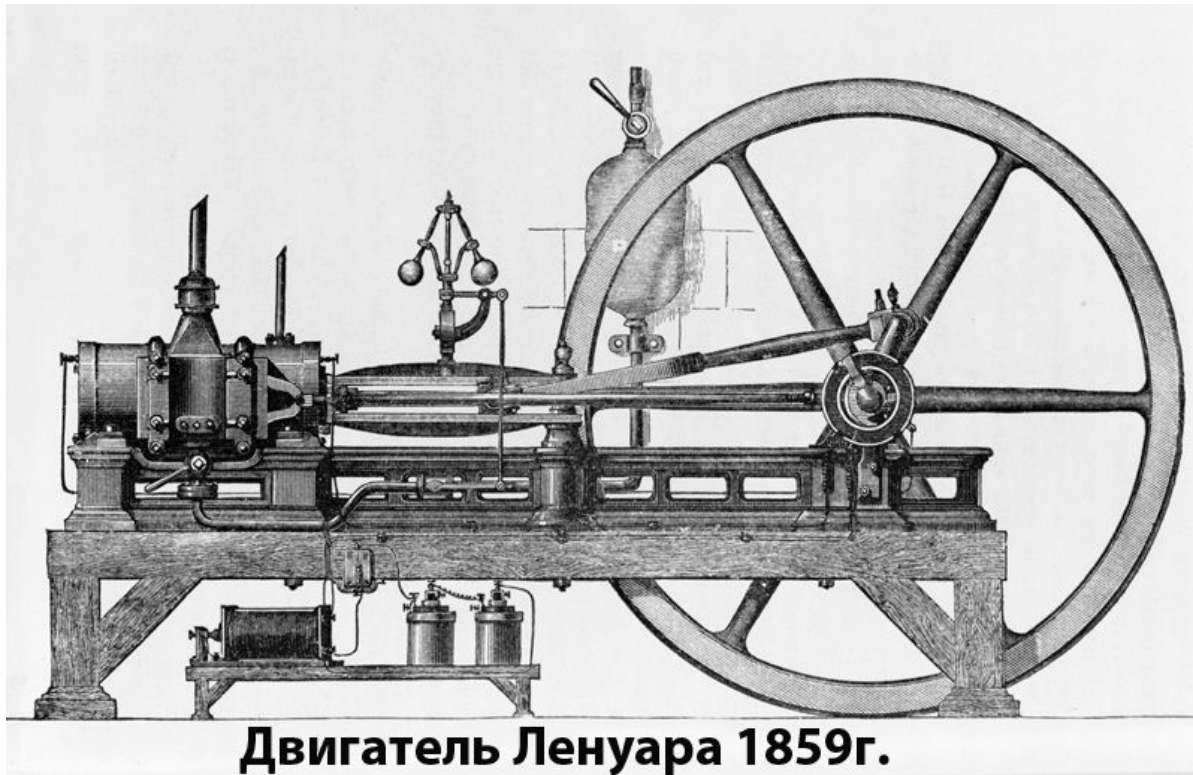


- Паровой двигатель

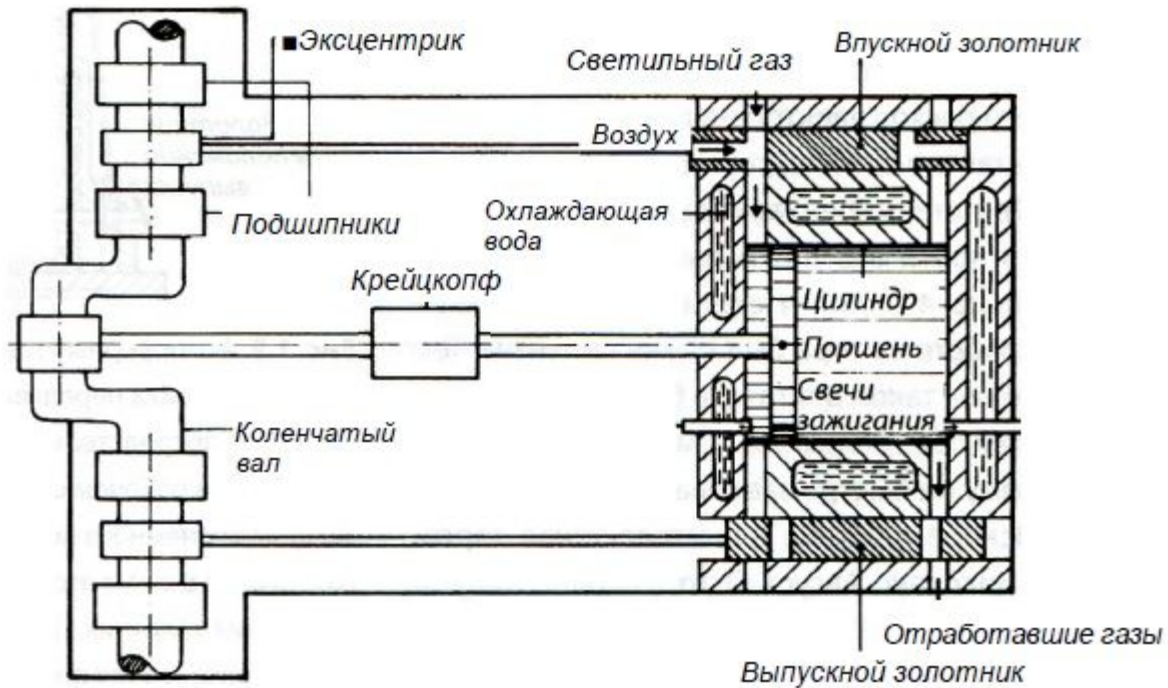
- низкий КПД,
- большой вес и размеры



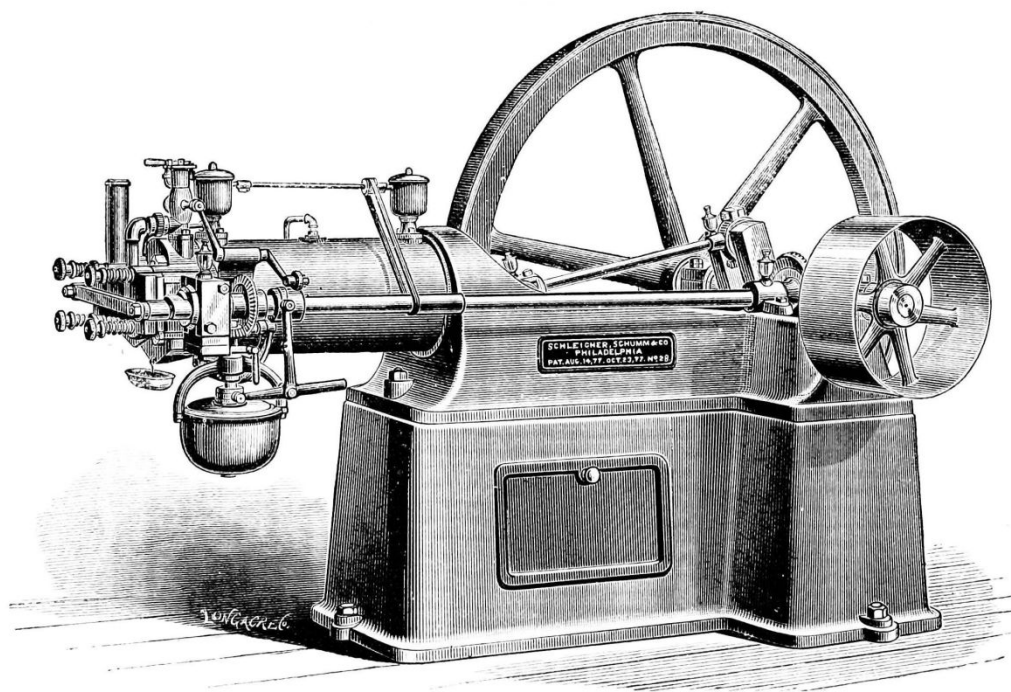
- ДВС – внутреннего сгорания  
Жан-Этьен Ленуар патент 1859 г.



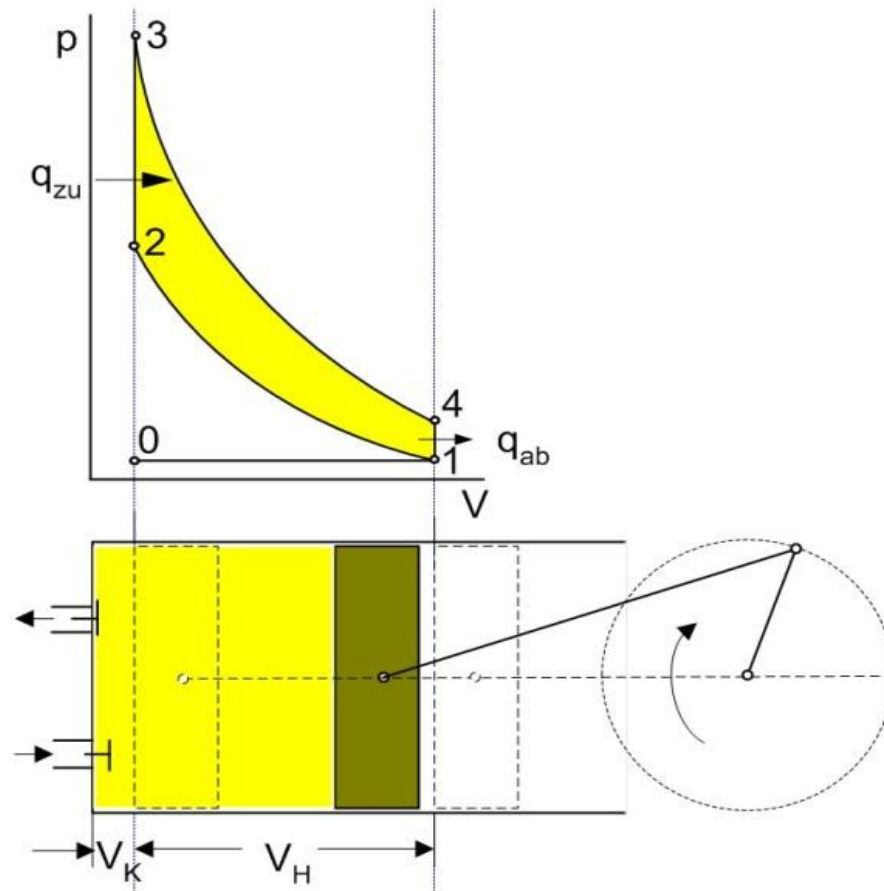
- Воспламенение смеси в середине хода поршня



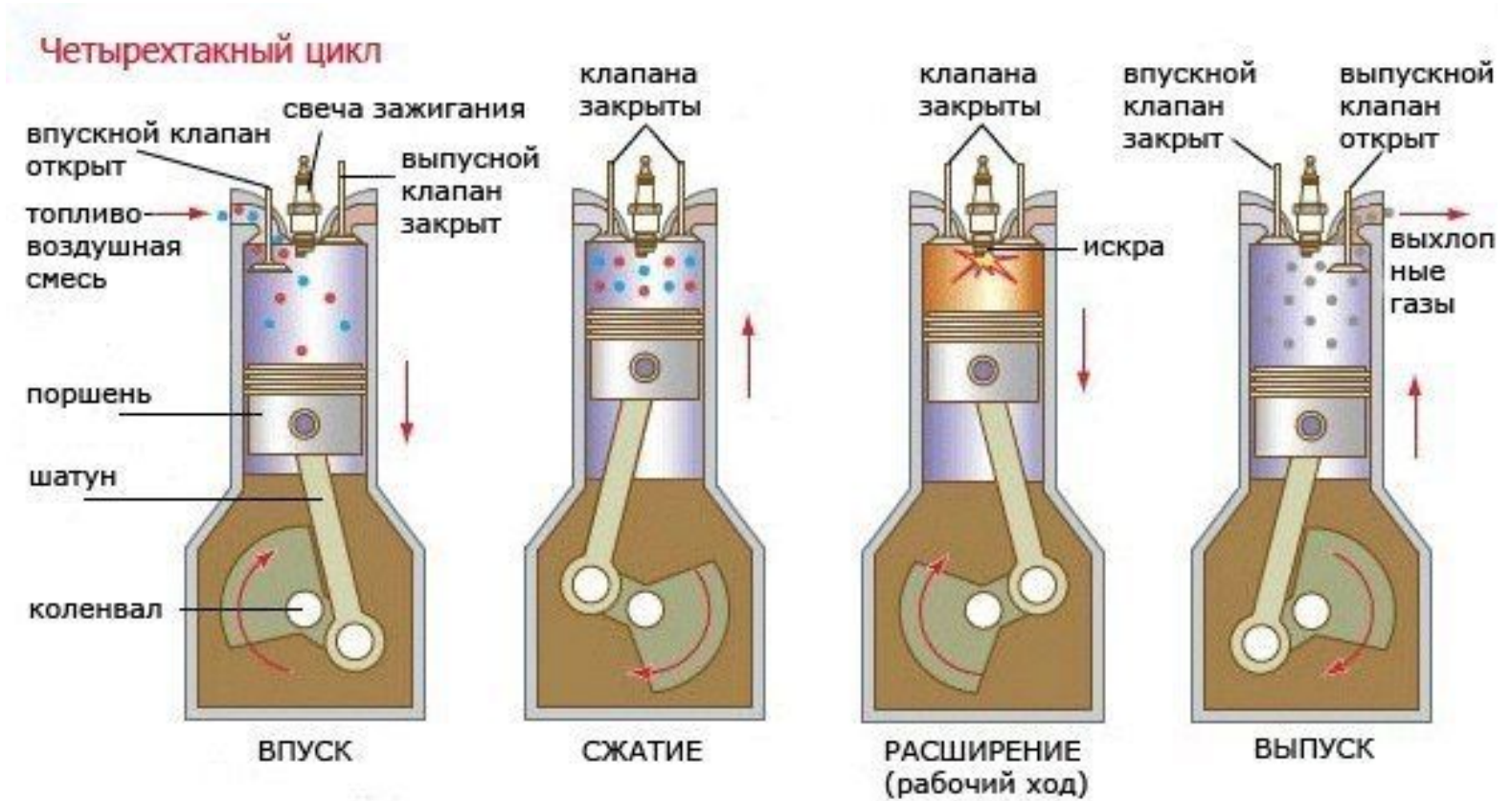
- ДВС- Отто Николаус Август 1866г.  
четырехтактный двигатель внутреннего сгорания



- Цикл Отто – высокий КПД,  
сжатие смеси перед воспламенением



# ● Такты работы ДВС Отто





# ● Двухтактный ДВС Дугласа Кларка



- ДВС Рудольфа Дизеля 1892г.  
«Дизельный двигатель»

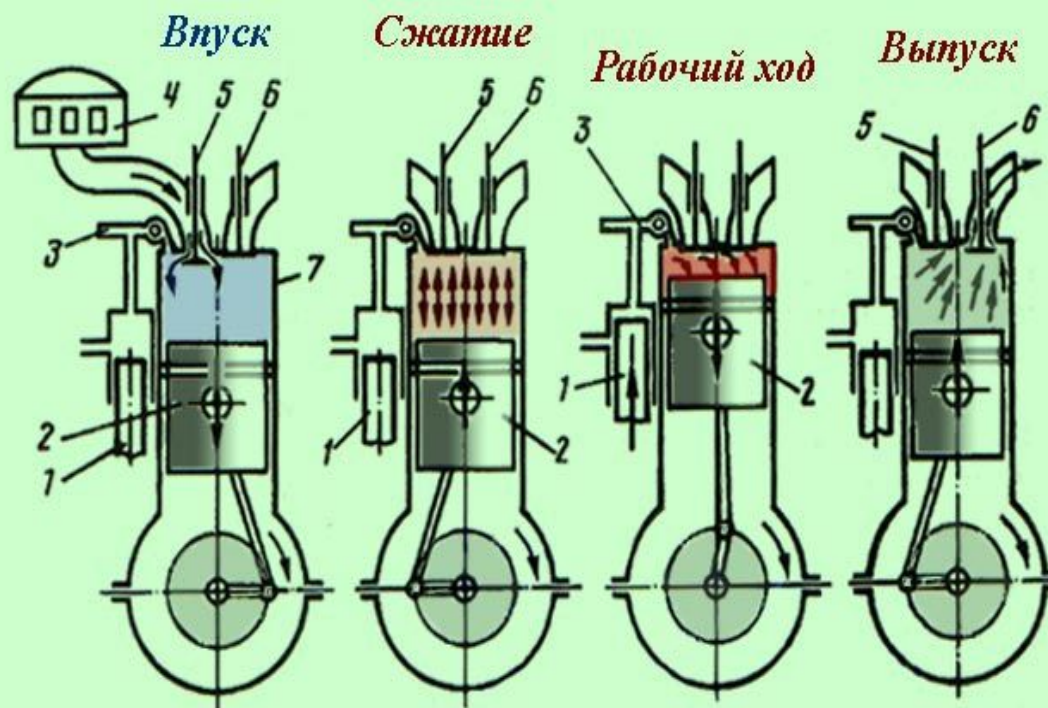
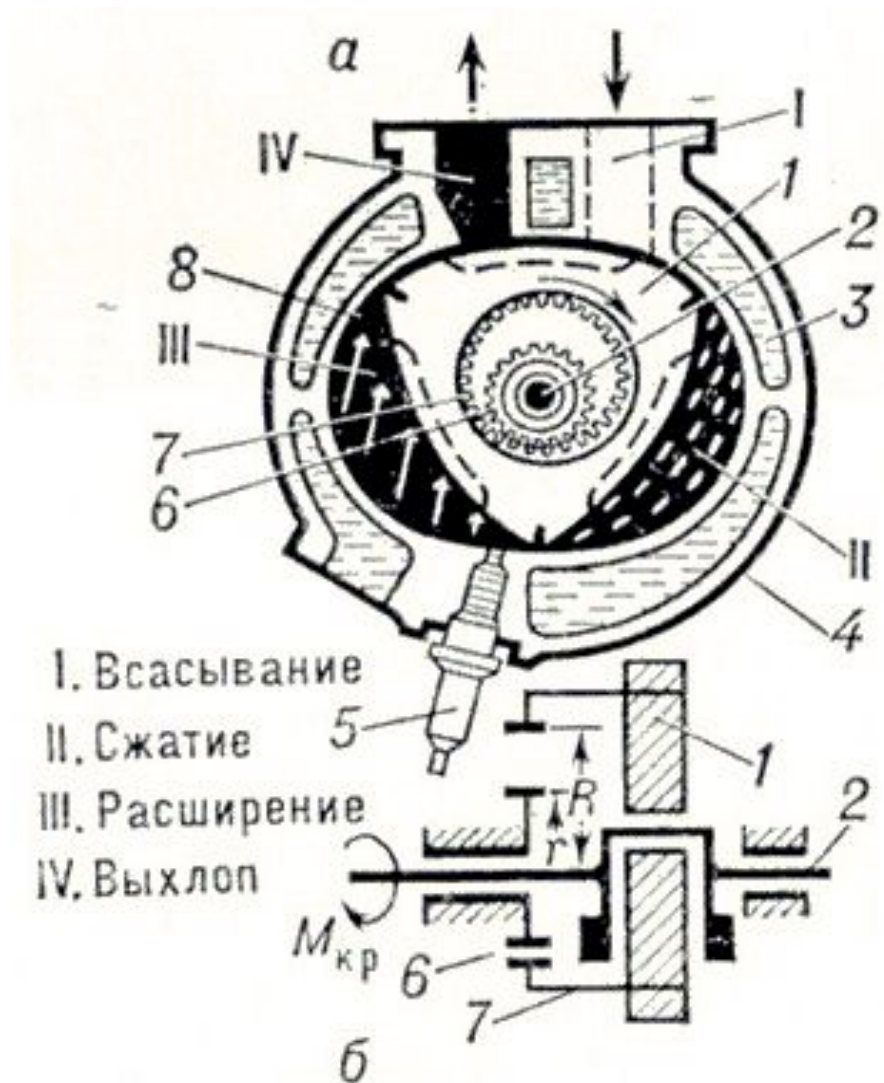


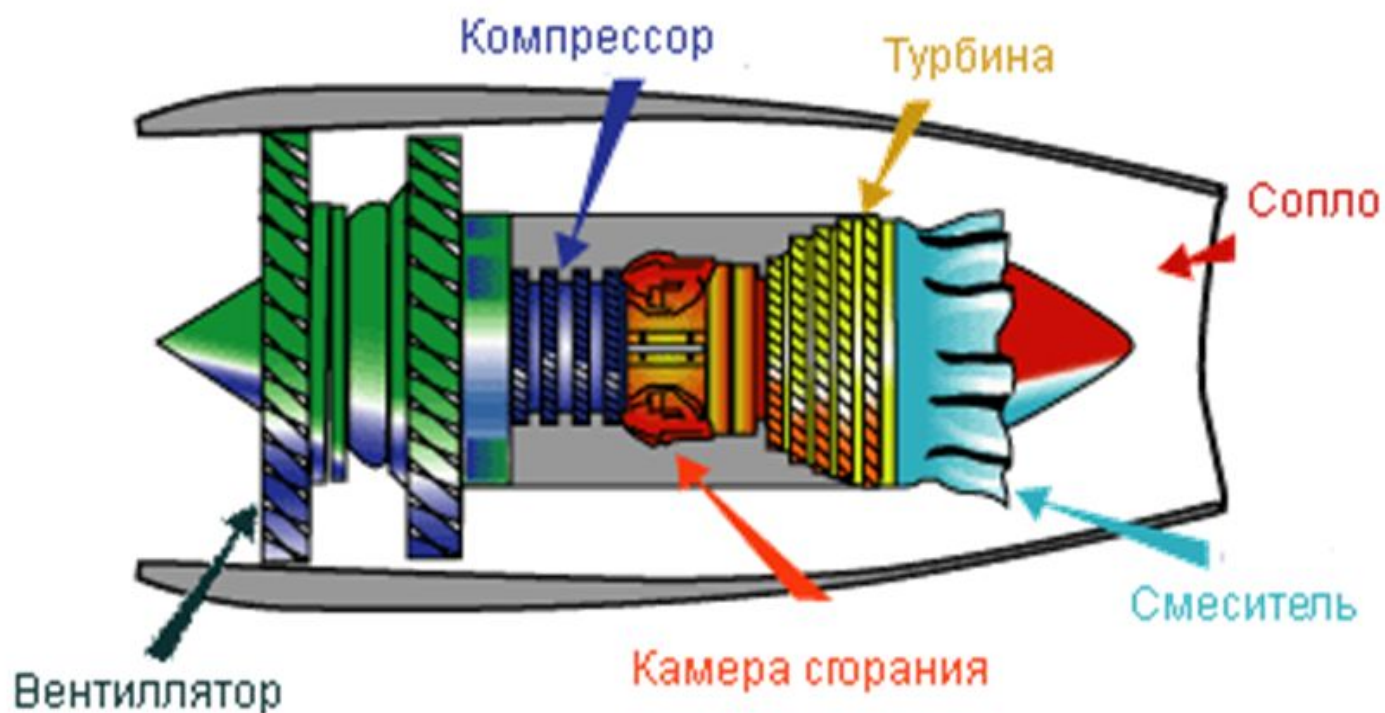
Рис. 2 Рабочий цикл четырехтактного дизеля

1 - топливный насос высокого давления, 2 - поршень, 3 - форсунка,  
4 - воздушный фильтр, 5 - впускной клапан, 6 - выпускной клапан, 7 - цилиндр

# ● Роторный ДВС Ванкеля



- Газотурбинный ДВС



# Классификация Двигателей

## ● По назначению:

- Стационарные – на электростанциях, насосные установки, нефте-газо перекачка, сельское хозяйство.
- Транспортные – устанавливаются на автомобилях, тракторах, самолетах, судах, локомотивах и др. транспортных машинах.

## ● По роду используемого топлива:

- **на легком жидком топливе** (бензин, керосин.),
- **на тяжелом жидком топливе** (мазут соляровое масло, дизельное топливо, газойль),
- **на газовом топливе** (газ природный, генераторный промышленный и др.)
- **на смешанном топливе** (основное топливо газ, для пуска двигателя используется жидкое топливо)
- **различных топливах** (бензине, керосине, дизельном топливе и др.) **многотопливные двигатели.**

● По способу преобразования тепловой энергии в механическую двигатели классифицируют на двигатели:

- **внутреннего сгорания** поршневые и роторно-поршневые, в которых процессы химического реагирования и превращения тепловой энергии в механическую работу происходят во внутрицилиндровом объеме (в над поршневым пространстве);
- **с внешним подводом теплоты.** Сюда относятся: газотурбинные двигатели, в которых процессы химического реагирования происходят в отдельном агрегате (камере сгорания), образующееся при этом рабочее тело (продукты сгорания) поступает на лопатки колеса турбины, где совершает работу;
- **комбинированные**, в которых сгорание топлива осуществляется в поршневом двигателе, являющемся генератором газа, механическая работа совершается в цилиндре поршневого двигателя и частично на лопатках колеса газовой турбины (свободнопоршневые генераторы газов, турбопоршневые двигатели и т. п.).

## ● По способу смесеобразования поршневые двигатели внутреннего сгорания делят на двигатели:


- с внешним смесеобразованием горючая смесь образуется вне цилиндра (карбюраторные и газовые двигатели, а также двигатели с впрыском топлива во впускную трубу);
- с внутренним смесеобразованием при впуске в цилиндр поступает только воздух, а рабочая смесь образуется внутри цилиндра. По такому способу работают дизели, в которых топливо в камеру сгорания подается, когда поршень находится вблизи верхней мертвой точки (в. м. т.) в конце процесса сжатия; двигатели с искровым зажиганием и впрыском топлива в цилиндр и газовые двигатели с подачей жидкого топлива или газа в цилиндр в начале процесса сжатия;
- с расслоением заряда, при котором в различных зонах камеры сгорания образуется рабочая смесь разного состава.





- По способу воспламенения рабочей смеси различают двигатели:


- с воспламенением рабочей смеси от электрической искры (с искровым зажиганием);
- с воспламенением от сжатия (дизели);
- с форкамерно-факельным зажиганием, в которых смесь воспламеняется искрой в специальной камере сгорания небольшого объема, а дальнейший процесс горения происходит в основной камере;
- с воспламенением газового топлива от небольшой порции дизельного топлива, воспламеняющегося от сжатия, газожидкостный процесс.



- По способу осуществления рабочего цикла поршневые двигатели разделяются на:

- **четырехтактные** без наддува (впуск воздуха из атмосферы) и с наддувом (впуск свежего заряда под давлением);
- **двухтактные** без наддува и с наддувом

Применяют наддув с приводом компрессора от газовой турбины, работающей на отработавших газах (газотурбинный наддув); от компрессора, механически связанного с двигателем, и от компрессоров, один из которых приводится в действие газовой турбиной, а другой двигателем.



- По способу регулирования в связи с изменением нагрузки различают двигатели:

- с качественным регулированием, в которых при постоянном количестве вводимого в цилиндр воздуха увеличивается или уменьшается количество подаваемого топлива и состав смеси изменяется;
- с количественным регулированием, в которых состав смеси остается постоянным и меняется только ее количество;
- со смешанным регулированием изменяются количество и состав смеси.

- По конструкции различают
- поршневые двигатели; они, в свою очередь, делятся

- по расположению цилиндров

на вертикальные рядные,

горизонтальные рядные,

V-образные,

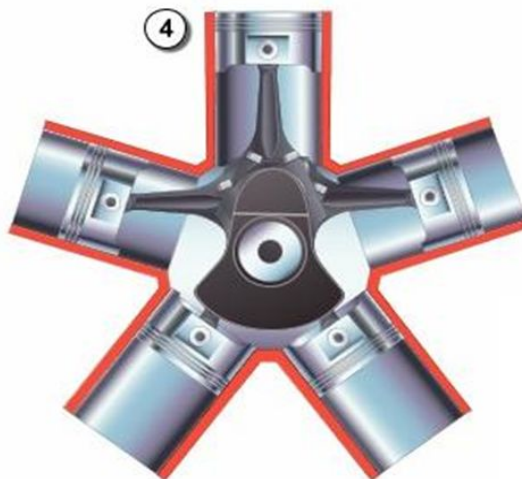
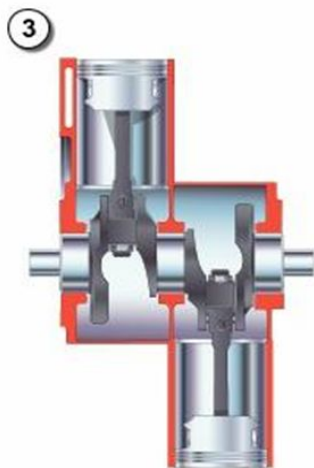
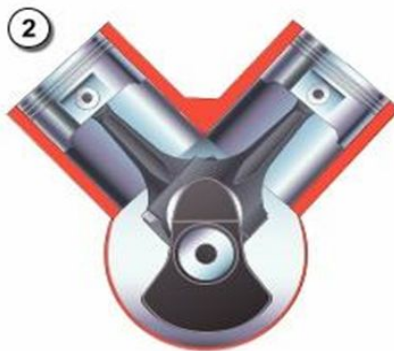
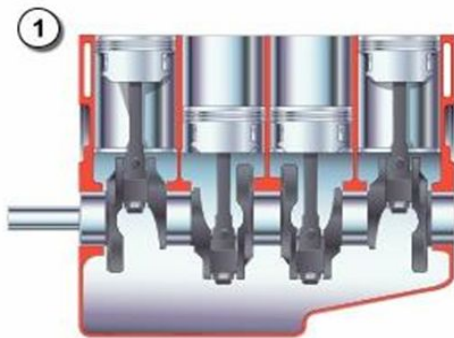
звездообразные и с противолежащими цилиндрами;

- по расположению поршней

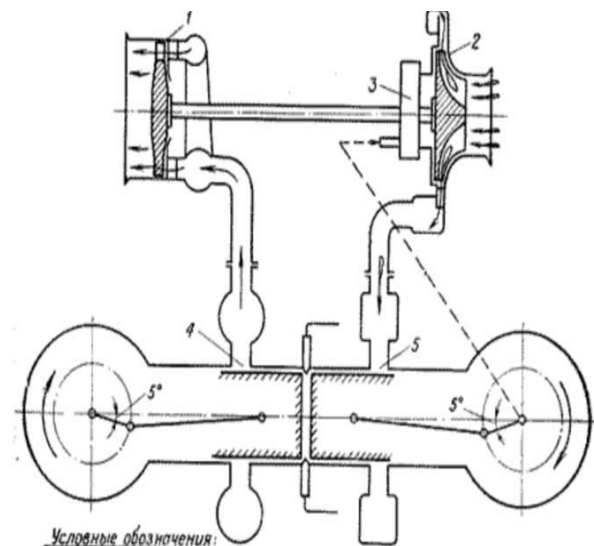
на *одно поршневые* (в каждом цилиндре имеются один поршень и одна рабочая полость),

*с противоположно движущимися поршнями* (рабочая полость расположена между двумя поршнями, движущимися в одном цилиндре в противоположные стороны),

*двойного действия* (по обе стороны поршня имеются рабочие полости);



- 1 рядный двигатель
- 2 V-образный двигатель
- 3 оппозитный двигатель
- 4 звездообразный двигатель



*Условные обозначения:*



-  *Направление движения воздуха*
-  *Направление движения отработавших газов*


Рис. 1. Принципиальная схема двигателя:

1 — турбина, 2 — нагнетатель, 3 — редуктор, 4 — выпускные окна, 5 — продувочные окна



- роторно-поршневые двигатели, которые могут быть трех типов

- ротор (поршень) совершает планетарное движение в корпусе; при движении ротора между ним и стенками корпуса образуются камеры переменного объема, в которых совершается цикл. Эта схема получила преимущественное применение;
- корпус совершает планетарное движение, а поршень неподвижен;
- ротор и корпус совершают вращательное движение бироторный двигатель.



- По способу охлаждения различают двигатели

- с жидкостным охлаждением;

- с воздушным охлаждением

# Применение на ТССН


- На ТССН применяют поршневые двигатели с воспламенением от искры (карбюраторные, газовые, с впрыском топлива) и с воспламенением от сжатия (дизели), а также роторно-поршневые двигатели.
- Для автомобилей малой грузоподъемности иногда используются электрические двигатели, работающие от аккумуляторных батарей.



# Основные показатели, характеризующие качество двигателей внутреннего сгорания,

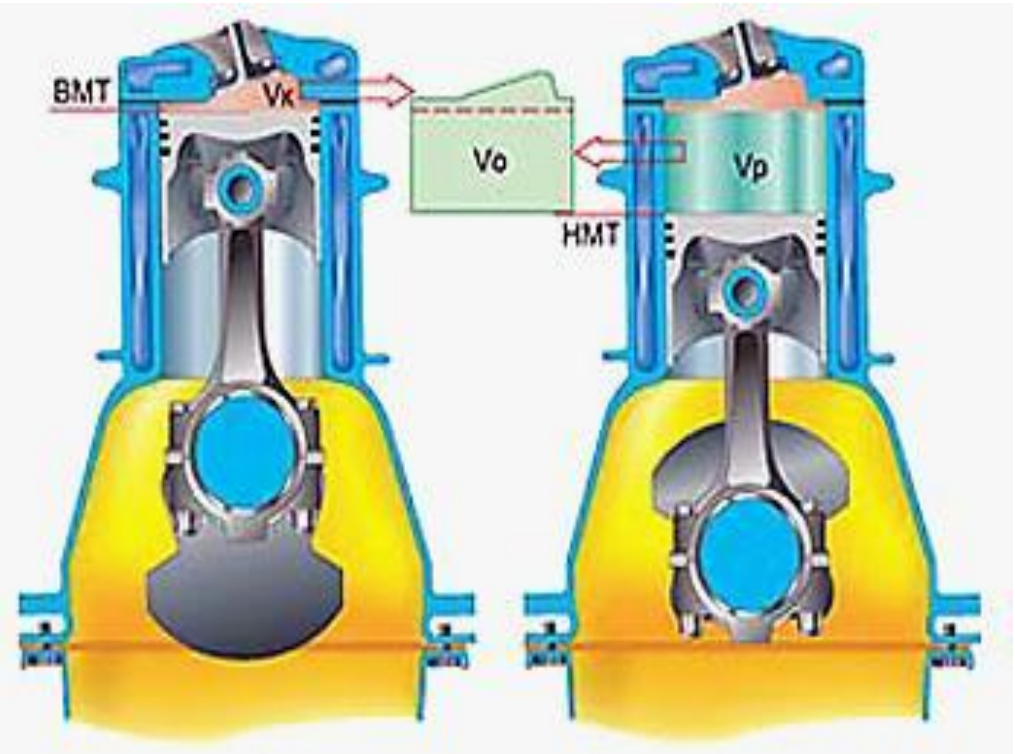
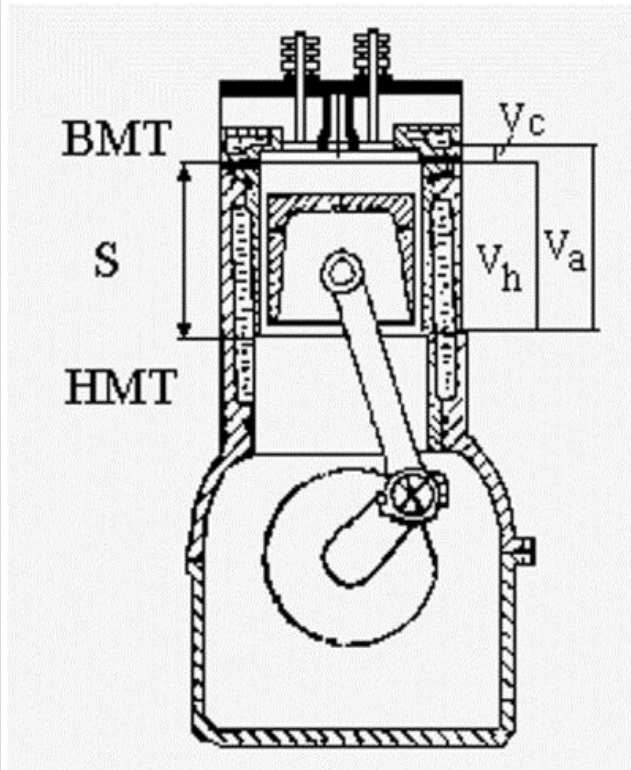
- 1. Надежность всех элементов конструкции.
- 2. Степень совершенства преобразования тепловой энергии в механическую; она оценивается КПД или удельным расходом топлива, представляющим собой количество топлива (в массовых или объемных единицах), расходуемого в единицу времени на единицу мощности.
- 3. Мощность двигателя, отнесенная к единице рабочего объема цилиндра или к единице площади поршня (удельная мощность).

- 4. Масса двигателя, приходящаяся на единицу мощности (удельная масса), и его габаритные размеры.
- 5. Степень токсичности и дымности отработавших газов, уровень шума при работе двигателя.
- 6. Простота конструкций, удобство обслуживания и стоимость изготовления двигателя, его эксплуатации и ремонта.
- 7. Надежность пуска двигателя.
- 8. Перспективность конструкции, позволяющая производить дальнейшую ее модернизацию путем форсирования двигателя и повышения его показателей в соответствии с уровнем развития техники.

- 
- Для транспортных двигателей важным качеством является быстрая приспособляемость к работе на переменных режимах в зависимости от условий эксплуатации.

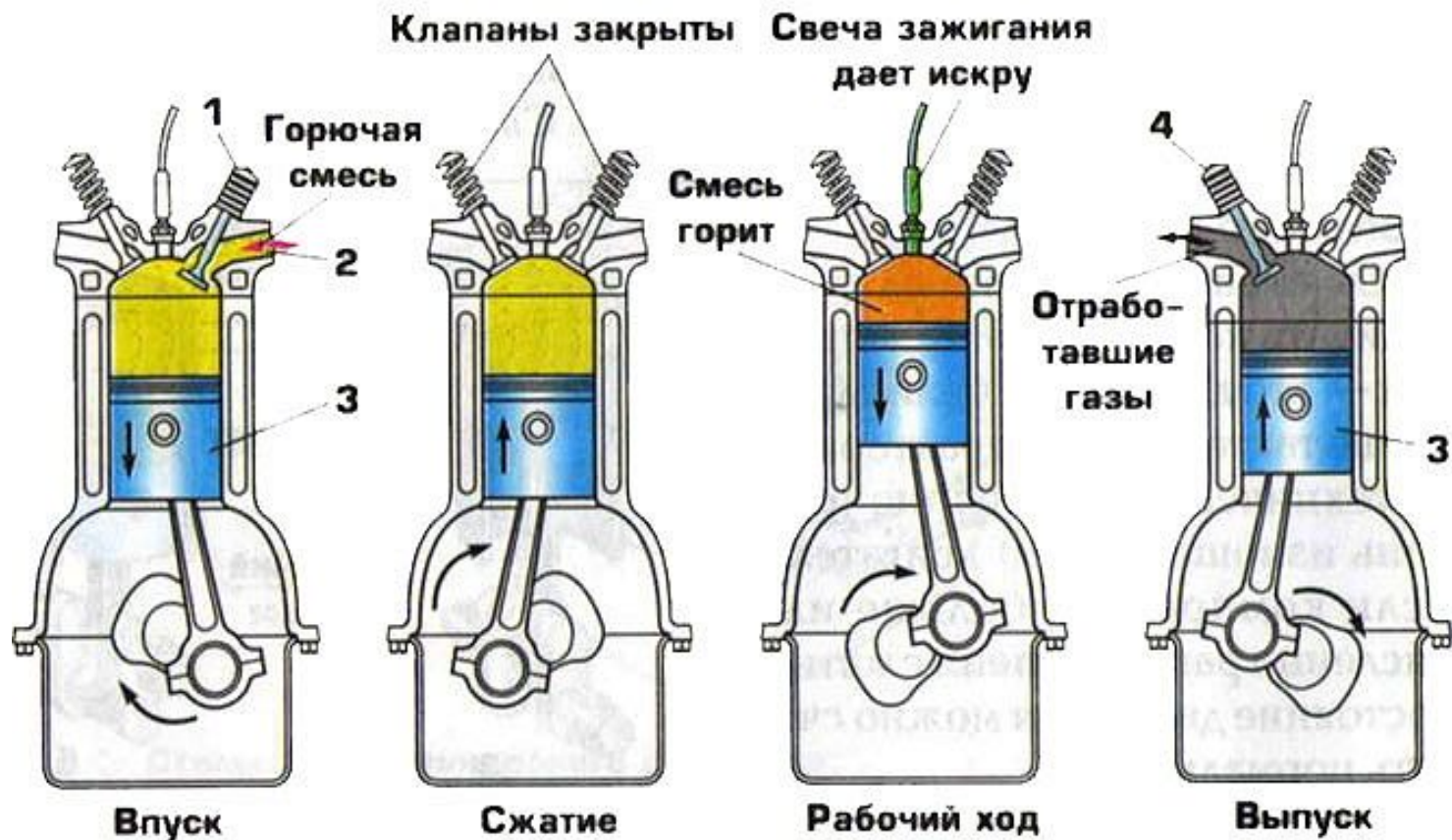
# ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДВИГАТЕЛЕЙ

- ЧЕТЫРЕХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ



# ЧЕТЫРЕХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

- ВМТ - положение, которое занимает поршень в конце его хода вверх, называется верхней мертвой точкой,
- НМТ - положение которое занимает поршень в конце его хода вниз — нижней мертвой точкой.
- S - Ход поршня - перемещение поршня от одной мертвой точки до другой (при работе двигателя - такт).
- $V_c$  - объем, который образуется над поршнем при нахождении его в ВМТ, называется объемом камеры сгорания.
- $V_h$  - объем, который освобождает поршень при его движении от ВМТ к НМТ, называется рабочим объемом, сумма всех рабочих объёмов называется литражом двигателя.
- $V_a$  - сумма объема камеры сгорания и рабочего объема называется полным объемом цилиндра.
- Степень сжатия - параметр поршневого двигателя, который определяется как отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания.  $V_a/V_c$

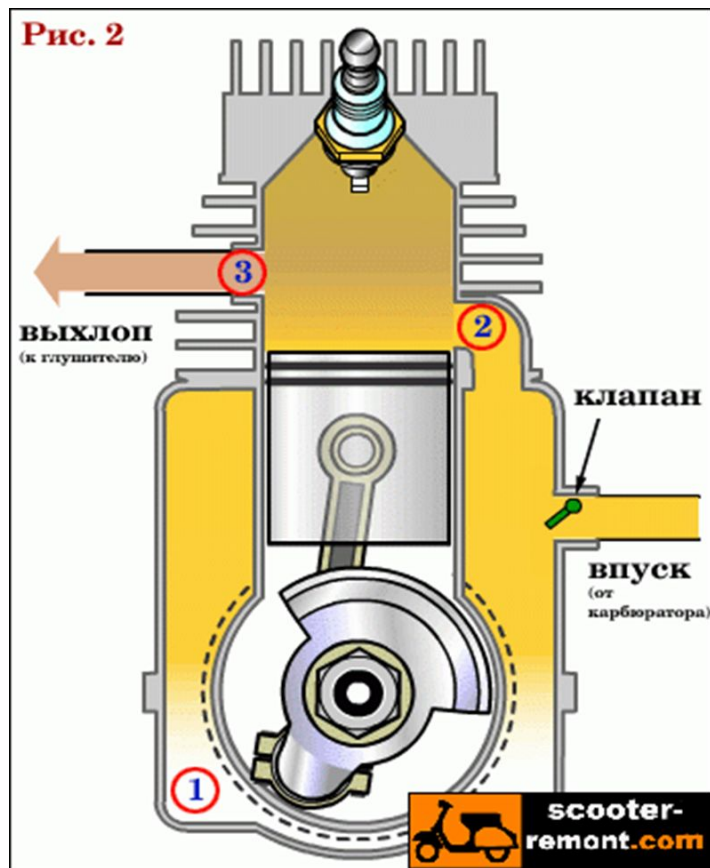


**Рабочий цикл четырехтактного двигателя:**

**1** – впускной клапан, **2** – впускной канал, **3** – поршень, **4** – выпускной клапан. → — движение деталей

# ДВУХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

- Двухтактный ДВС обычно не имеет клапанов (за исключением двухтактных дизелей), а вместо них в определенных местах цилиндра выполнены отверстия, которые называются продувочными окнами



# ● Рабочие циклы двухтактного двигателя

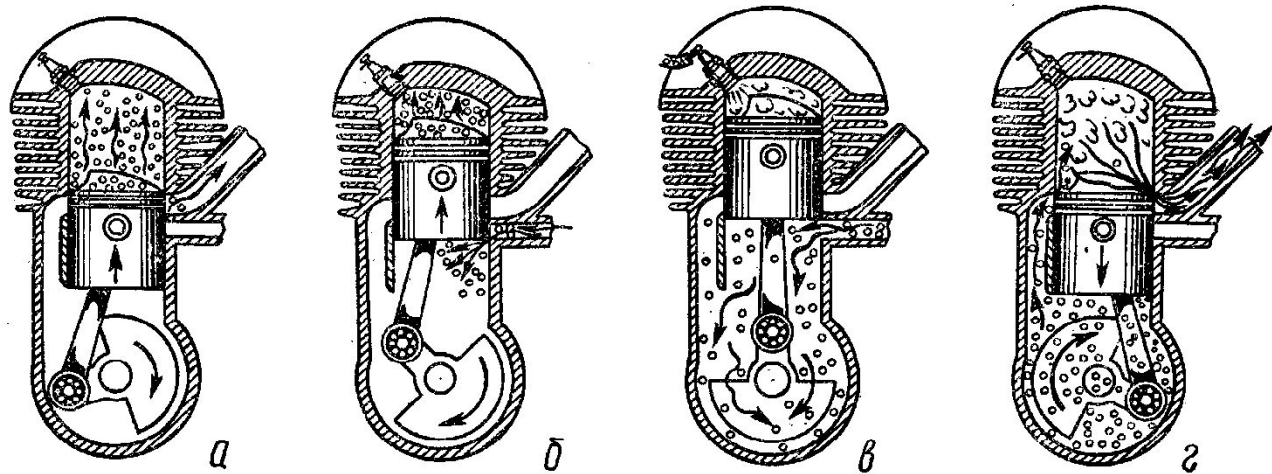


Рис. 4. Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя:  
а — впуск; б — сжатие; в — рабочий ход; г — выпуск.

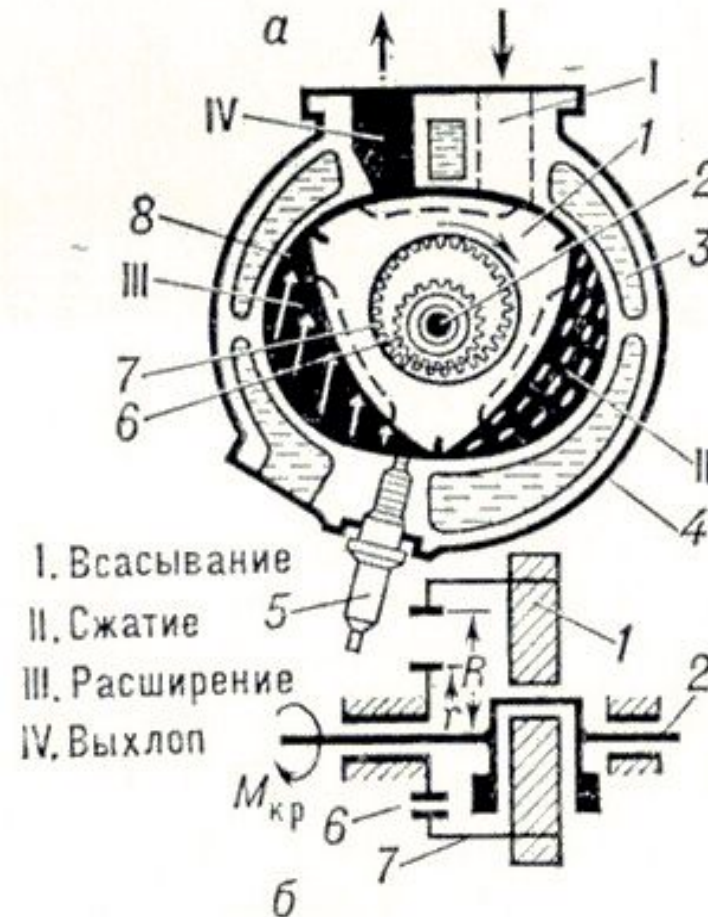


# РОТОРНО-ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ (двигатель Ванкеля)

- Роторно-поршневой двигатель работает по четырехтактному циклу, как и обычный поршневой ДВС.
- Вместо поршня в этом двигателе применяется вращающийся ротор специальной формы, имеющий название «дельтроид».
- Ротор вращается внутри корпуса двигателя, который называется статором и имеет сложную геометрическую форму. Ротор связан зубчатой передачей с корпусом двигателя, а за счет эксцентрикового вала, может совершать планетарное перемещение внутри статора, при этом все три вершины ротора постоянно соприкасаются с внутренней поверхностью статора.
- Между ротором и статором образуются три полости переменного объема, в которых можно осуществить четырехтактный цикл.

# РПД Ванкеля

- Роторно-поршневые ДВС более легкие и компактные по сравнению с поршневыми двигателями и отличаются более высокой максимальной частотой вращения



# Такты работы РПД



а – впуск  
б – сжатие  
в – выпуск



а – сжатие  
б – рабочий ход  
в – перекрытие окон



а – воспламенение  
б – выпуск  
в – впуск



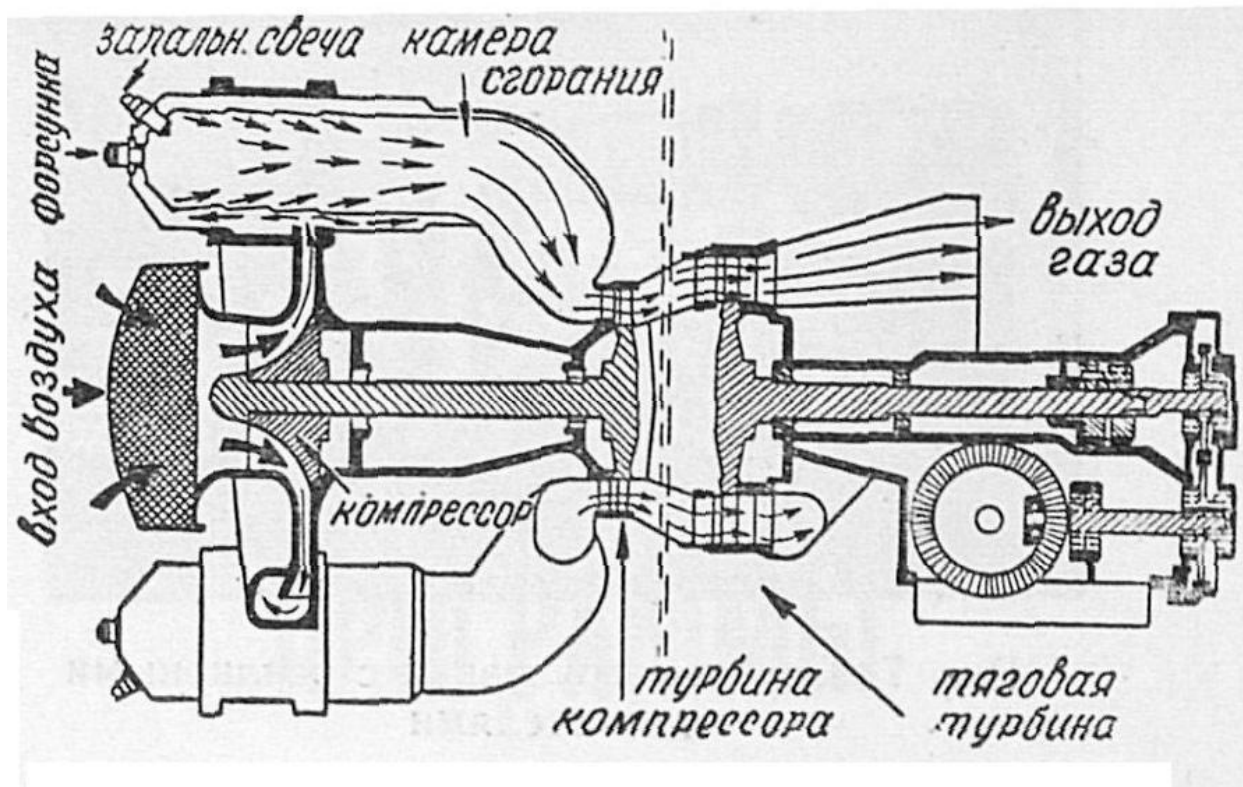
а – рабочий ход  
б – выпуск  
в – впуск

# Компоненты РПД



# ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

- рабочий процесс в нем происходит не циклично, а непрерывно



# Принцип работы

- Топливо постоянно впрыскивается в камеру сгорания такого двигателя и, смешавшись там с воздухом, сгорает.
- Образующиеся газы с высокой скоростью попадают на лопатки силовой турбины и турбины компрессора.
- Силовая турбина через редуктор соединяется с трансмиссией автомобиля, а компрессор служит для нагнетания воздуха в двигатель.
- Горячие газы, выходящие из турбины, попадают в теплообменник, где нагревают воздух, подающийся в камеру сгорания двигателя, после чего удаляются в атмосферу. Наличие теплообменника дает возможность повысить эффективность газотурбинного двигателя.

## Преимущество газотурбинного двигателя

- Отсутствие возвратно-поступательных перемещений в таком двигателе обеспечивает высокую равномерность его работы.
- Легкость пуска при низких температурах.
- Малая токсичность и возможность работы на различных (жидких и газообразных) топливах.

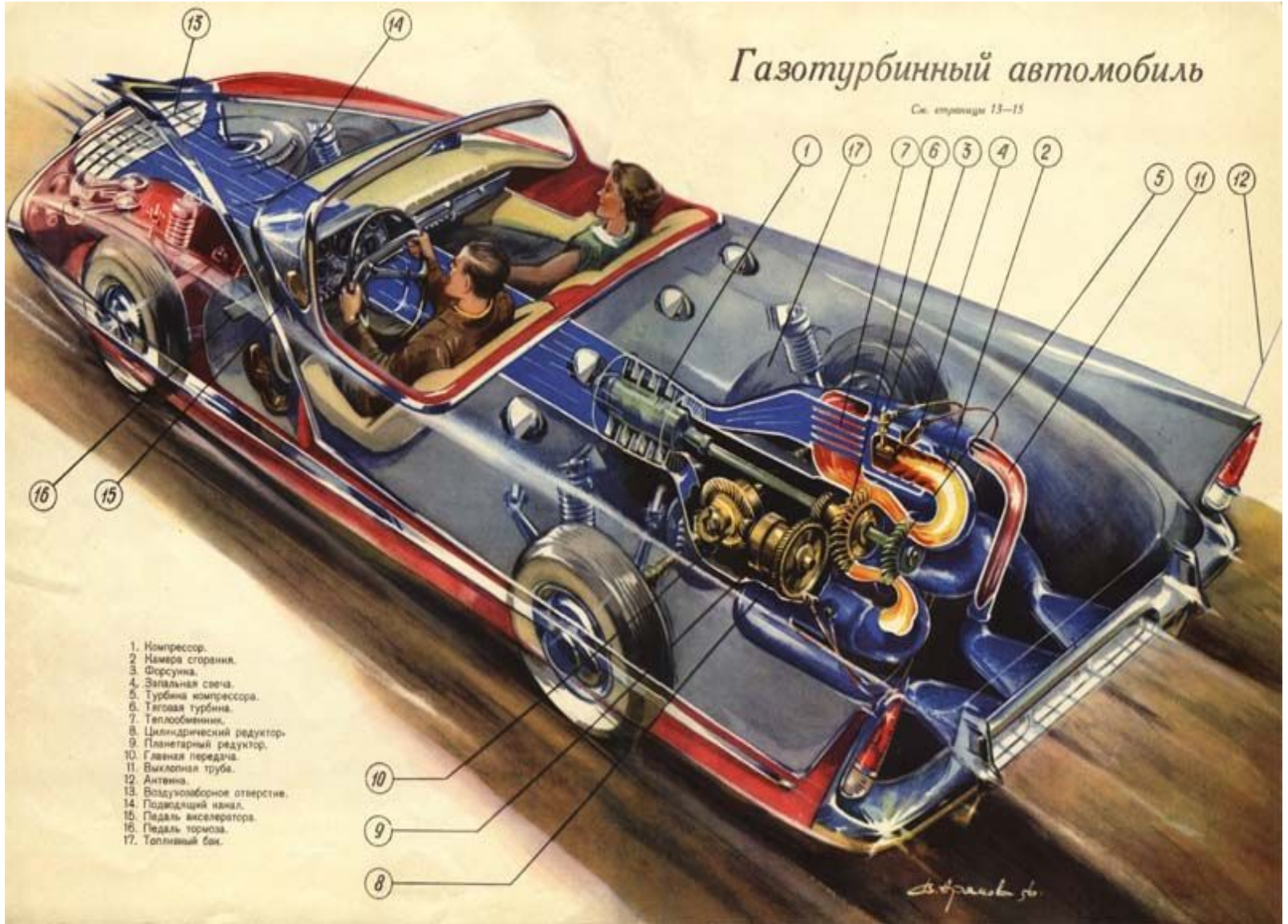
## Недостатки газотурбинного двигателя

- Низкая топливная экономичность.
- Сильный шум при работе.
- Высокая стоимость производства.
- Большая инерционность двигателя, они медленно реагируют при необходимости резкого ускорения автомобиля.



# Газотурбинный автомобиль

См. страницы 13-15



- 1. Компрессор.
- 2. Намеря сгорания.
- 3. Форсунка.
- 4. Задняя свеча.
- 5. Турбина компрессора.
- 6. Главная турбина.
- 7. Теплообменник.
- 8. Цилиндрический редуктор.
- 9. Планетарный редуктор.
- 10. Главная передача.
- 11. Выхлопная труба.
- 12. Антенна.
- 13. Воздухозаборное отверстие.
- 14. Подводящий канал.
- 15. Педаль акселератора.
- 16. Педаль тормоза.
- 17. Топливный бак.

*С. Франк 56*

# Применение ГТД совместно с электрогенератором.



# ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

- Любой двигатель обладает определенной **мощностью и крутящим моментом.**
- **Мкр** - крутящий момент на вале двигателя представляет собой произведение величин силы и длины плеча ее действия. (Н.м., Кг.м)
- **Рдв** - значение мощности двигателя, развиваемой при определенной скорости вращения коленчатого вала есть произведение величины крутящего момента на его угловую скорость. (кВт., л.с)  
с)      Отношение л.с /кВт= 1.34

# Внешняя скоростная характеристика

- зависимость мощности двигателя и крутящего момента от оборотов коленчатого вала, полученная при максимальной подаче топлива в цилиндры двигателя.

