

**Образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский институт управления и экономики»
(ОУВО «ЮУИУиЭ»)**

Кафедра «Транспорт и электроэнергетика»

**Компьютерный анимационный материал по
дисциплине**

Транспортная энергетика



***Разработан доктором технических наук, профессором В.С.
Кукисом***

**Транспортная
энергетика (108 ч)**

**Аудиторные
занятия (8 ч)**

**Самостоятельная работа
(100ч)**



Транспортная энергетика – это дисциплина, в которой рассматриваются энергетические установки, обеспечивающие перемещение людей и грузов различного назначения из одного места в другое

ВИДЫ ТРАНСПОРТА

Наземный



Воздушный



Водный



Космический



Трубопроводный



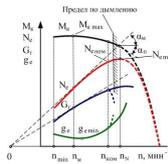
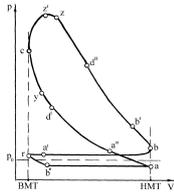
Электродвигатели

Гибридные
силовые
установки

Тепловые двигатели

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Мы должны рассмотреть семь тем:



Тема 1. Введение в дисциплину.

Рабочие циклы поршневых ДВС
Тема 2. Устройство поршневых ДВС.

Механизмы поршневых ДВС

Тема 3. Системы поршневых ДВС

Тема 4. Показатели и характеристики поршневых ДВС

Тема 5. Газотурбинные двигатели. Двигатели Стирлинга

Тема 6. Реактивные, турбореактивные и ракетные двигатели

Тема 7. Экологическая безопасность транспортных энергетических установок



Тема 1. Введение в дисциплину. Рабочие циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

- 1. Типы тепловых двигателей**
- 2. Термодинамические циклы поршневых ДВС**
- 3. Рабочие циклы поршневых ДВС**

1. ТИПЫ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

«Нет такого изобретения, которое разум человеческий столько прославить могло, как вымышление огнем действующих машин, которыми ужасные тяжести подняты могут быть». И.А. Шлаттер (Johann Schlatter)

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Машины, превращающие теплоту в работу

Двигатели с внешним подводом теплоты (ДВПТ)

Паровые

Стирлинга

Эриксона

Двигатели с внутренним подводом теплоты (ДВС)

Поршневые

Газотурбинные

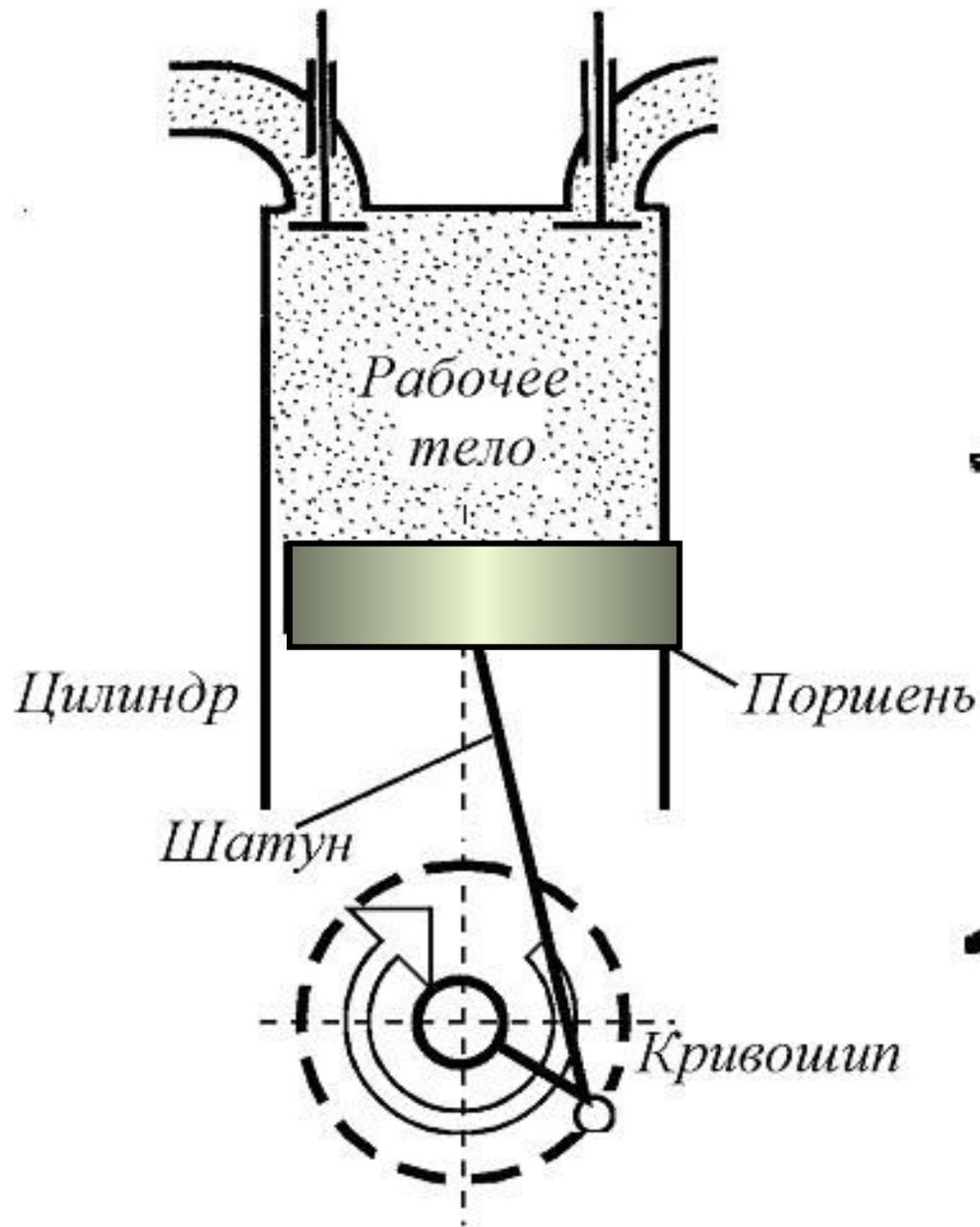
Реактивные

Ракетные

ОСТ 37.001.295-84

- **Поршневой двигатель внутреннего сгорания (ПДВС)** – энергетическая установка, преобразующая химическую энергию сгорающего в цилиндрах топлива, имеющих поршни с возвратно-поступательным движением, в механическую энергию вращения коленчатого вала двигателя

Впускной клапан *Выпускной клапан*



*Эта машина составляет
основу конструкции
поршневого двигателя
внутреннего сгорания*



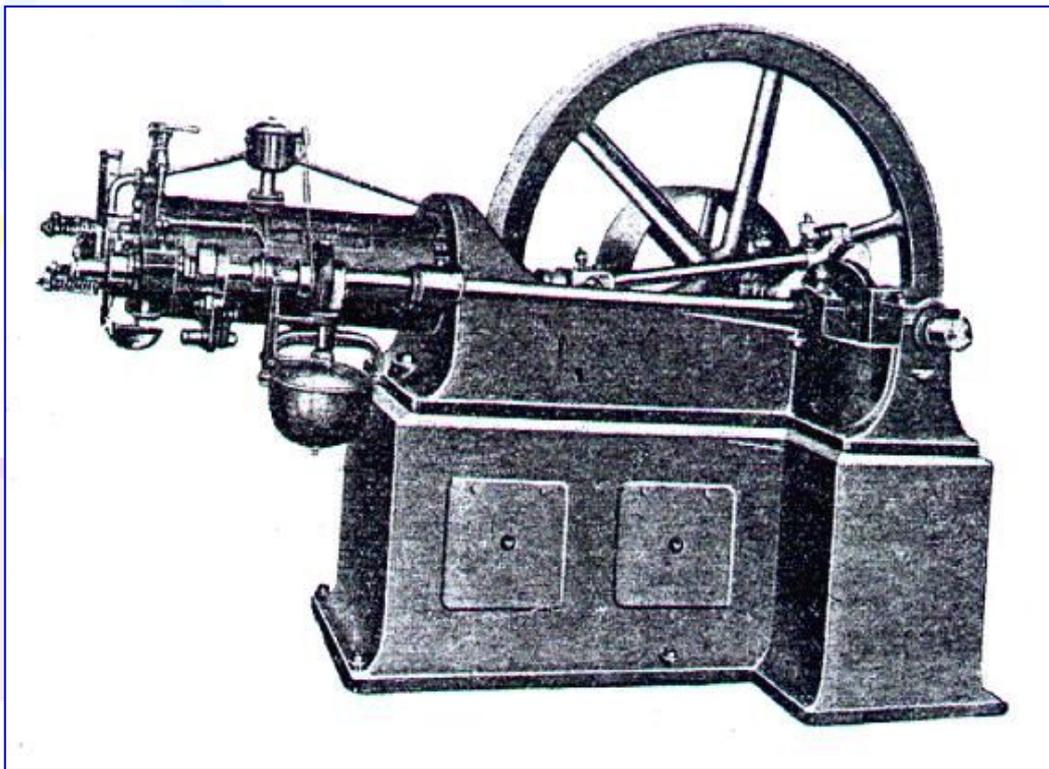
2. Термодинамические циклы поршневых ДВС

Основные допущения, принимаемые при рассмотрении термодинамических циклов ДВС

1. Рабочее тело обладает свойствами идеального газа.
2. Сжатие и расширение рабочего тела протекают без теплообмена между рабочим телом и окружающей средой.
3. Химический состав рабочего тела остается неизменным в течение всего цикла. Этим допущением исключается из рассмотрения процесс сгорания, который условно заменяется процессом подвода теплоты к рабочему телу от «источника теплоты».
4. Цикл протекает с неизменным количеством рабочего тела. Этим допущением исключаются из рассмотрения процессы впуска и выпуска, причем последний условно заменяется процессом отвода теплоты от рабочего тела к «приемнику теплоты».
5. Отсутствуют гидравлические и механические потери в узлах и механизмах двигателя.

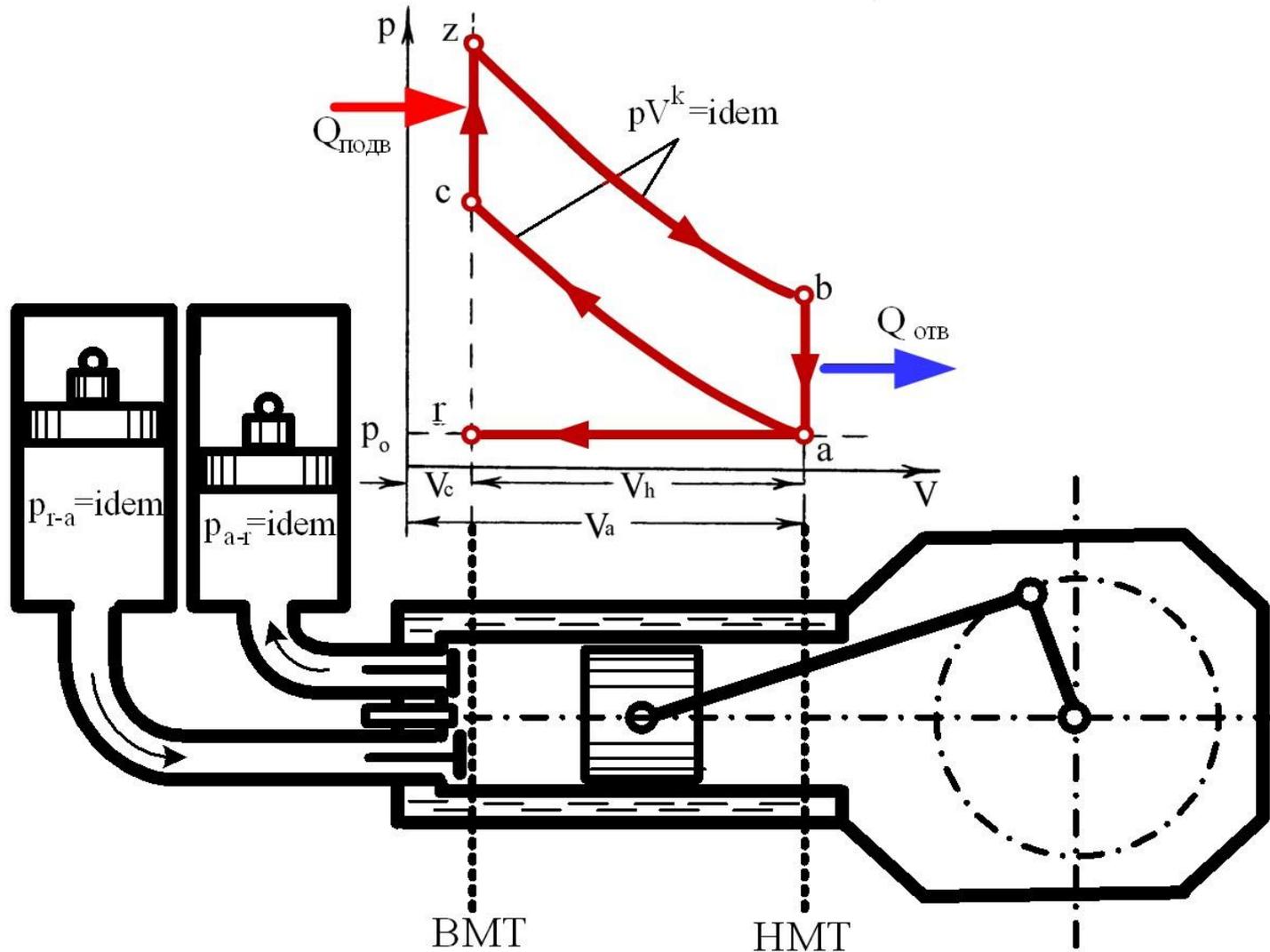
Термодинамический цикл поршневых двигателей
с искровым зажиганием
(цикл Бо-де-Роша, цикл Отто, цикл с подводом теплоты
при неизменном объеме)

Внешний вид двигателя Отто (1864 г.)

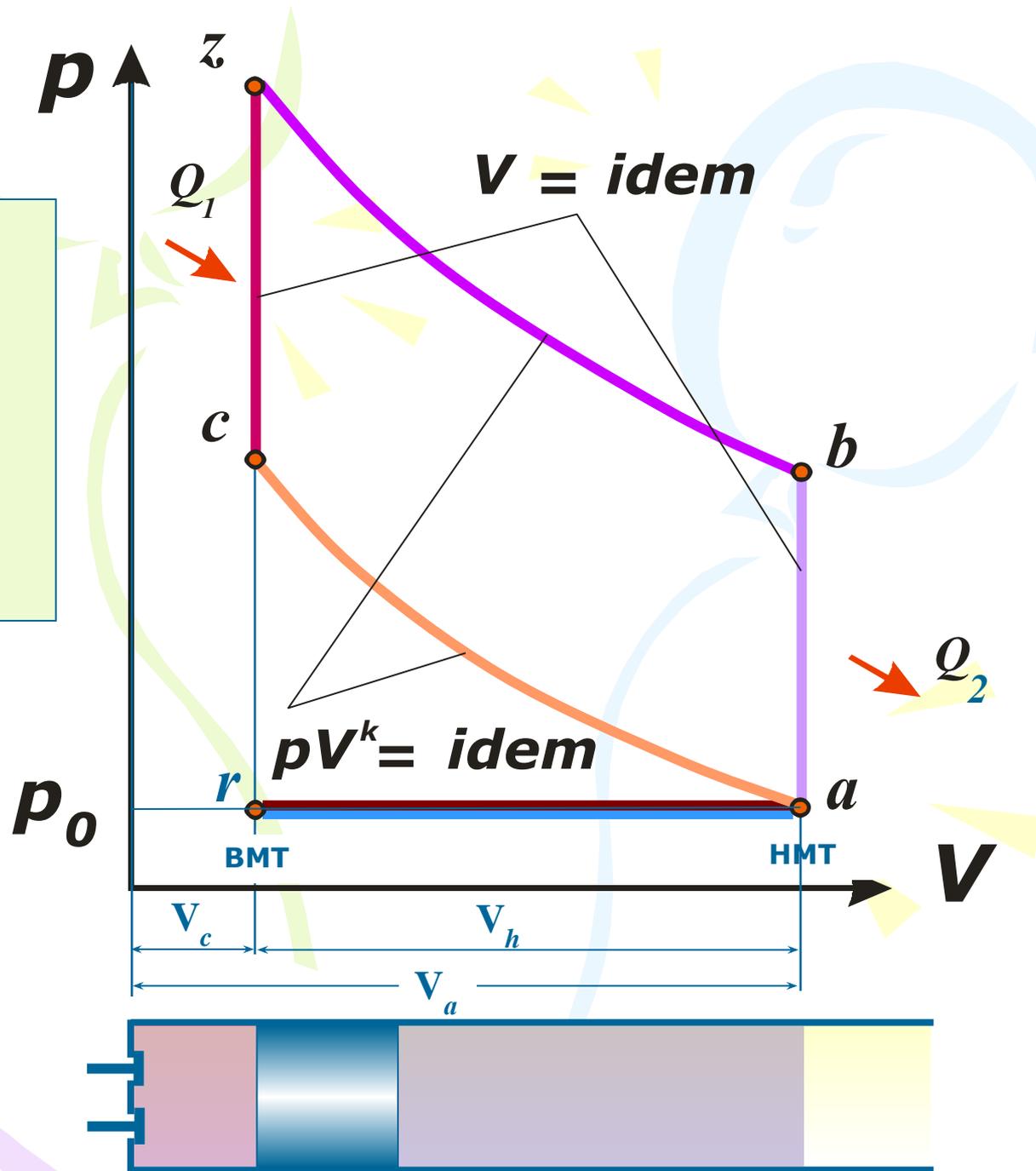


Николаус Август Отто
(1832-1891 гг.)

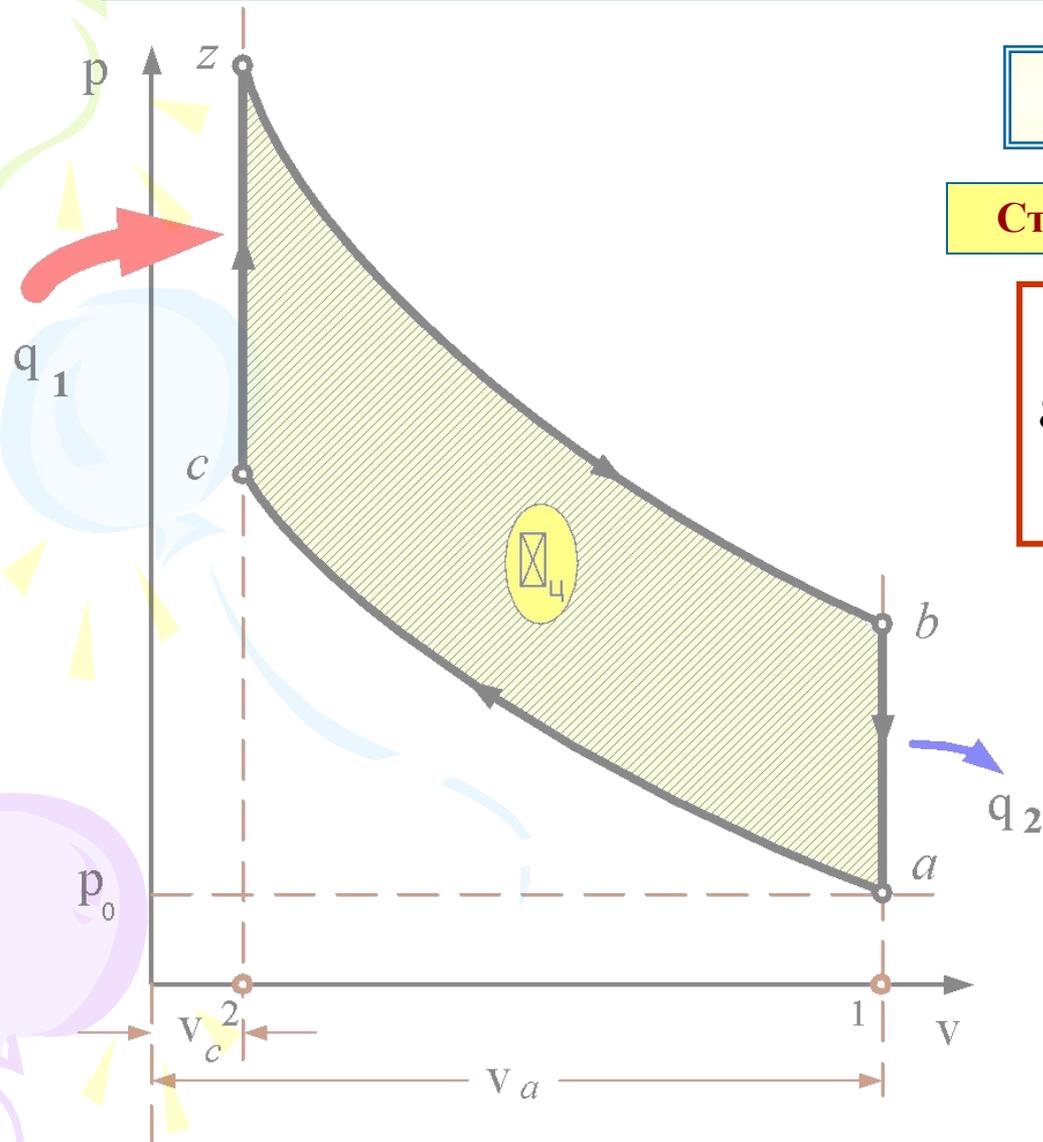
Цикл четырехтактных поршневых ДВС
с искровым зажиганием
(с учетом принятых допущений)



Рабочий цикл двигателя Отто (с учетом принятых допущений)



Термодинамический цикл четырехтактных поршневых ДВС с искровым зажиганием



Параметры цикла

Степень сжатия

$$\varepsilon = \frac{v_a}{v_c}$$

Степень повышения давления

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}$$

Термический КПД

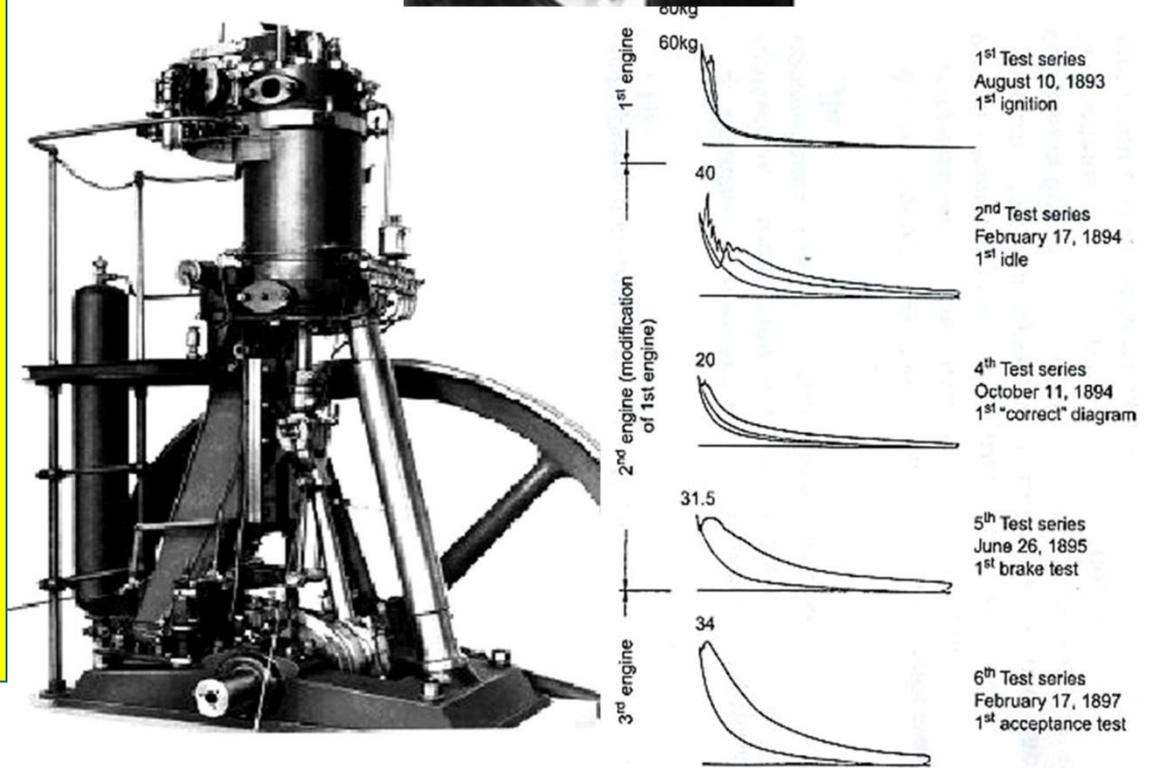
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Работа цикла

$$\boxtimes_{\text{ц}} = \frac{R_0 T_a}{k-1} (\varepsilon^{k-1} - 1) (\lambda - 1)$$

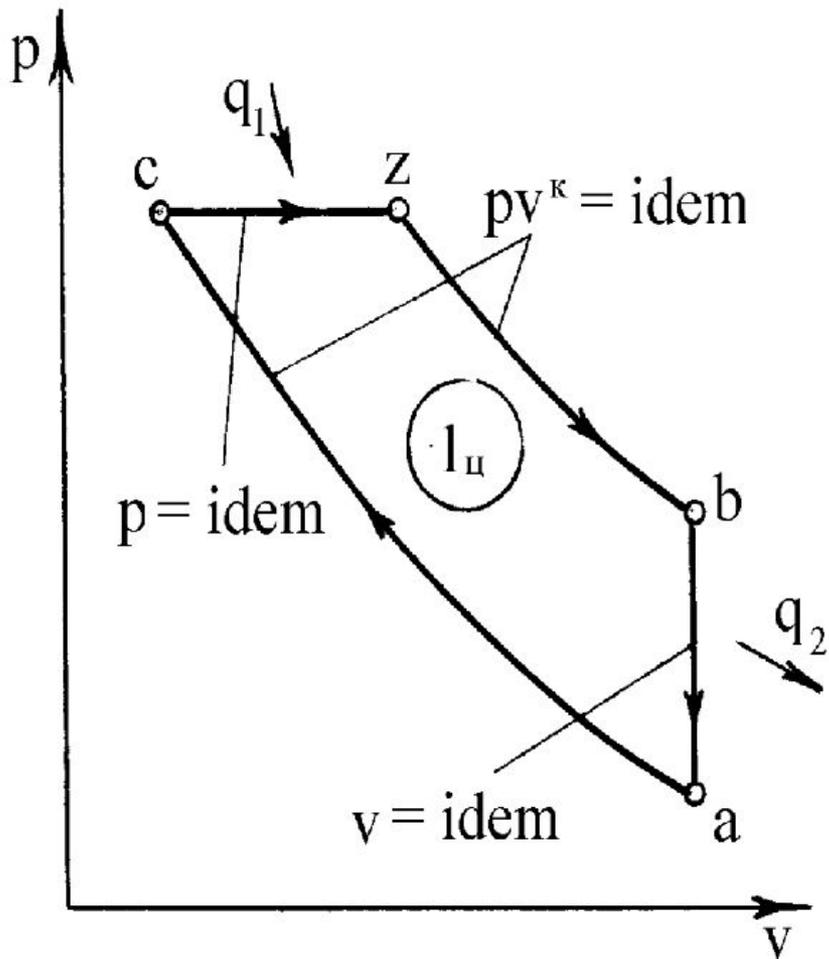
Четырехтактные компрессорные дизели

В 1892 г. немецкий инженер *Р. Дизель* получил патент на двигатель, в котором во время впуска в цилиндр попадала не смесь воздуха с топливом, а чистый воздух.



Первый двигатель Р. Дизеля

Термодинамический цикл четырехтактных компрессорных дизелей



Параметры цикла

Степень сжатия

$$\varepsilon = \frac{v_a}{v_c}$$

Степень предварительного расширения

$$\rho = \frac{v_z}{v_c}$$

Термический КПД
и работа цикла

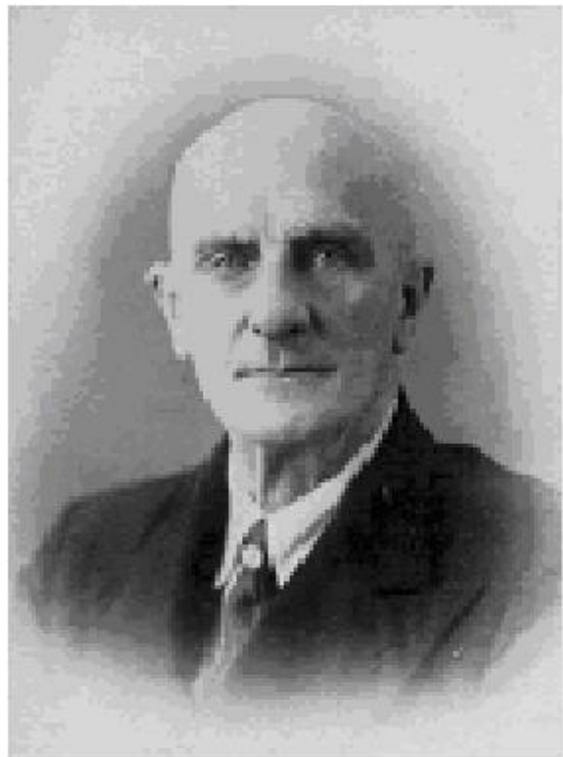
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)}$$

a-c - адиабатное сжатие; z-b - адиабатное расширение;

c-z - изобарный подвод теплоты; b-a - изохорный отвод теплоты

$$\Delta_{\text{ц}} = \frac{R_0 T_a}{k-1} \left[\varepsilon^{k-1} (\rho - 1) k - \rho^k + 1 \right]$$

Бескомпрессорные дизели

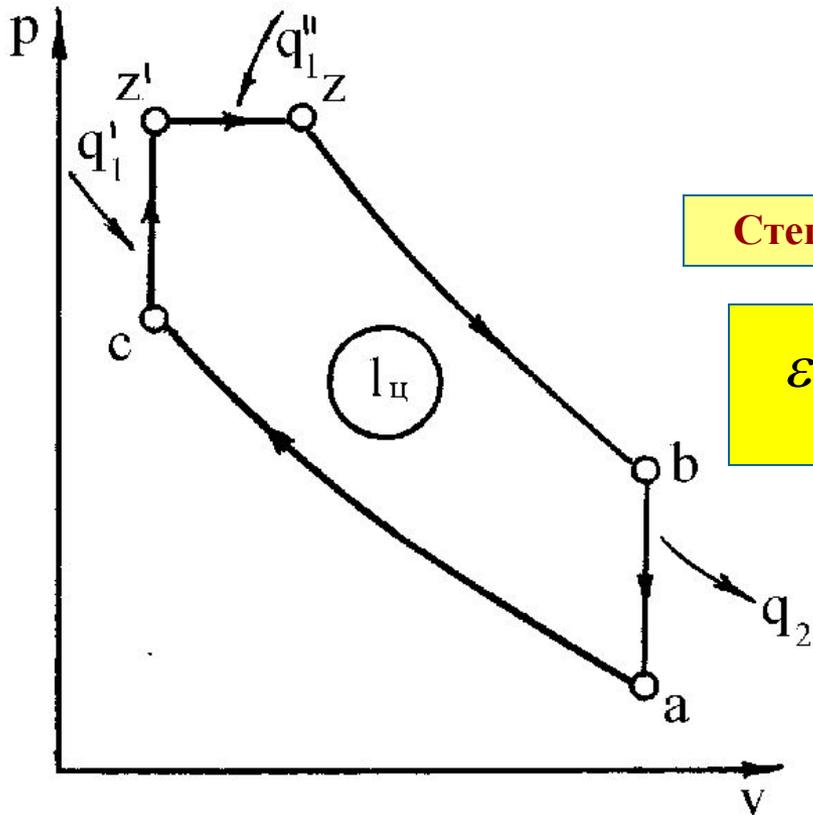


**Густав Васильевич
Тринклер
(1876-1857 гг.)**



**Яков Васильевич
Мамин
(1873-1955 гг.)**

Термодинамический цикл четырехтактных бескомпрессорных дизелей



- a - b - изохорный отвод теплоты q_2 .
- b - z - адиабатное расширение;
- z - z' - изобарный подвод теплоты q_1'' ;
- z' - a - изохорный подвод теплоты q_1' ;
- a - c - адиабатное сжатие;

Параметры цикла

Степень сжатия

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$$

Степень повышения давления

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}$$

Степень предварительного расширения

$$\rho = \frac{V_z}{V_{z'}}$$

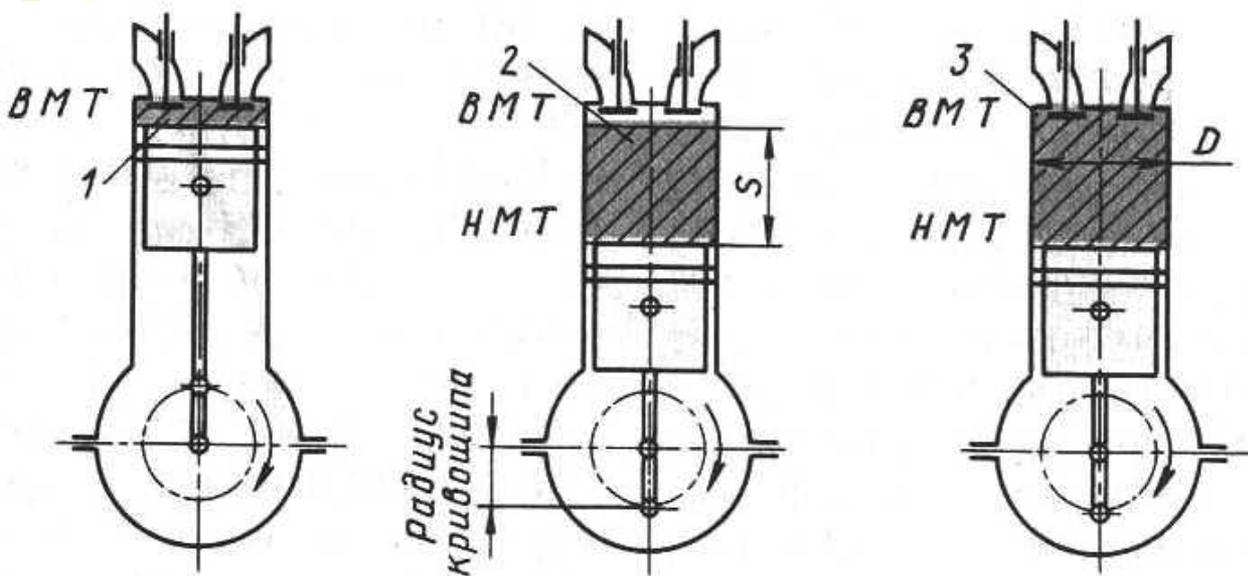
Термический КПД и работа цикла

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda^k - 1}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)}$$

$$\Delta_{ц} = \frac{R_0 T_a}{k-1} [\varepsilon^{k-1} [k\lambda(\rho - 1) + \lambda - 1] - \lambda \rho^k + 1]$$

2. Рабочие циклы поршневых ДВС

Рабочим (действительным) циклом двигателя называют совокупность повторяющихся во внутрицилиндровом пространстве тепловых, химических и газодинамических процессов, в результате которых **термохимическая энергия топлива преобразуется в механическую работу.**



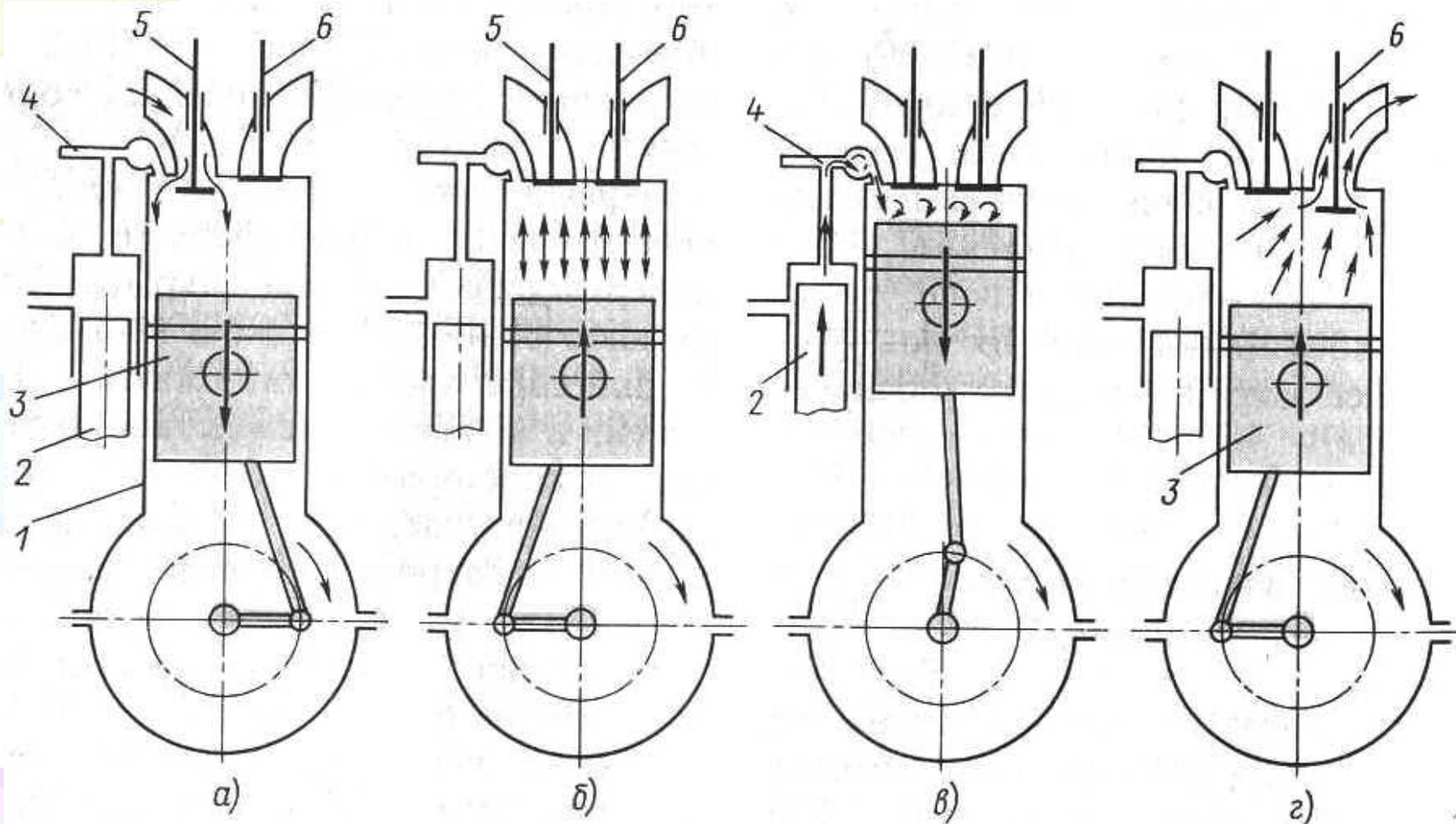
*1 - объем камеры сгорания;
2 - рабочий объем цилиндра;
3 - полный объем цилиндра;
S - ход поршня;
D - диаметр цилиндра*

Мертвая точка поршня – положение поршня в момент, когда изменяется направление его движения (скорость поршня равна нулю);

Верхняя мертвая точка (ВМТ) – максимальное удаление поршня от оси вращения коленчатого вала.

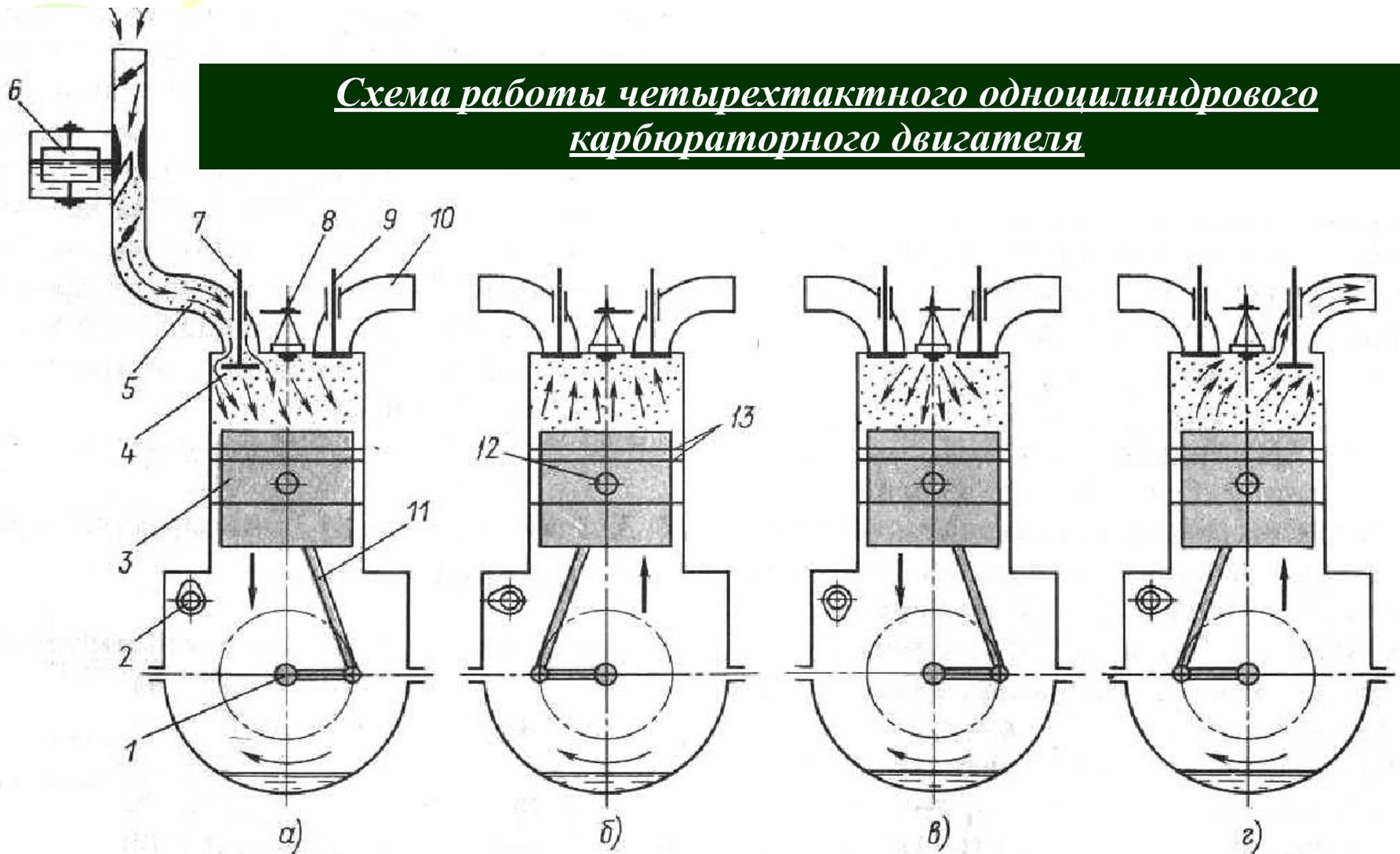
Нижняя мертвая точка (НМТ) – минимальное удаление поршня от оси вращения коленчатого вала.

Схема работы четырехтактного одноцилиндрового дизеля



а - впуск воздуха; б - сжатие воздуха; в - расширение газов или рабочий ход; г - выпуск отработавших газов; 1 - цилиндр; 2 - топливный насос; 3 - поршень; 4 - форсунка; 5 - впускной клапан; 6 - выпускной клапан

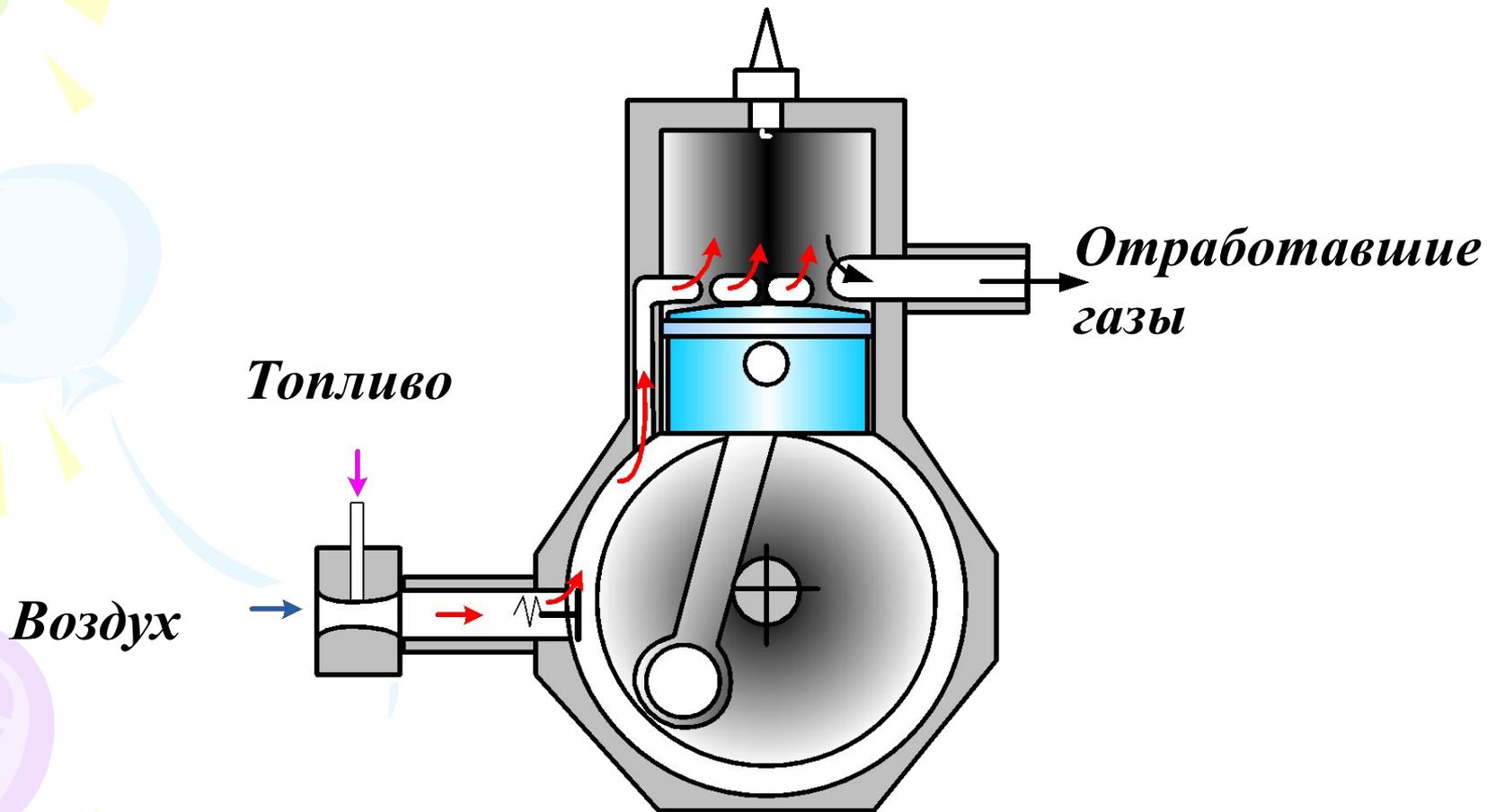
Схема работы четырехтактного одноцилиндрового карбюраторного двигателя



а - впуск в цилиндр горючей смеси; б - сжатие рабочей смеси; в - расширение газов или рабочий ход; г - выпуск отработавших газов; 1- коленчатый вал; 2 - распределительный вал; 3 - поршень; 4 - цилиндр; 5 - впускной трубопровод; 6 - карбюратор; 7 - впускной клапан; 8 - свеча зажигания; 9 - выпускной клапан; 10 - выпускной трубопровод; 11 - шатун; 12 - поршневой палец; 13 - поршневые кольца

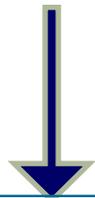
Двухтактный одноцилиндровый поршневой ДВС

с искровым зажиганием



Индикаторные диаграммы поршневых ДВС

Индикаторная диаграмма – это графическая зависимость давления газов в цилиндре от положения поршня (т.е. от изменения объема рабочего тела) или от угла поворота коленчатого вала

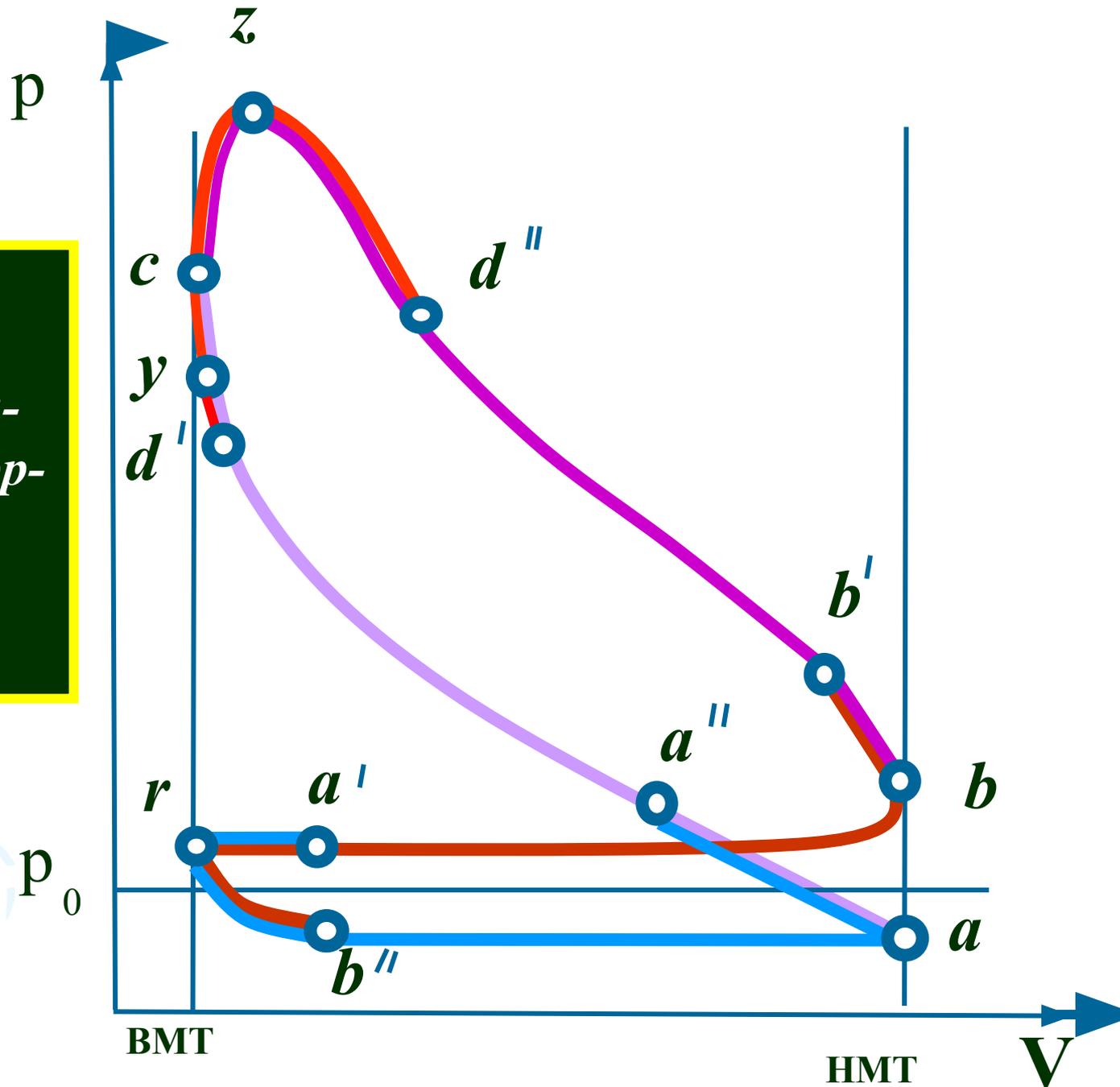


Свернутая индикаторная диаграмма – графическая зависимость давления газов в цилиндре от положения поршня (т.е. от изменения объема рабочего тела)

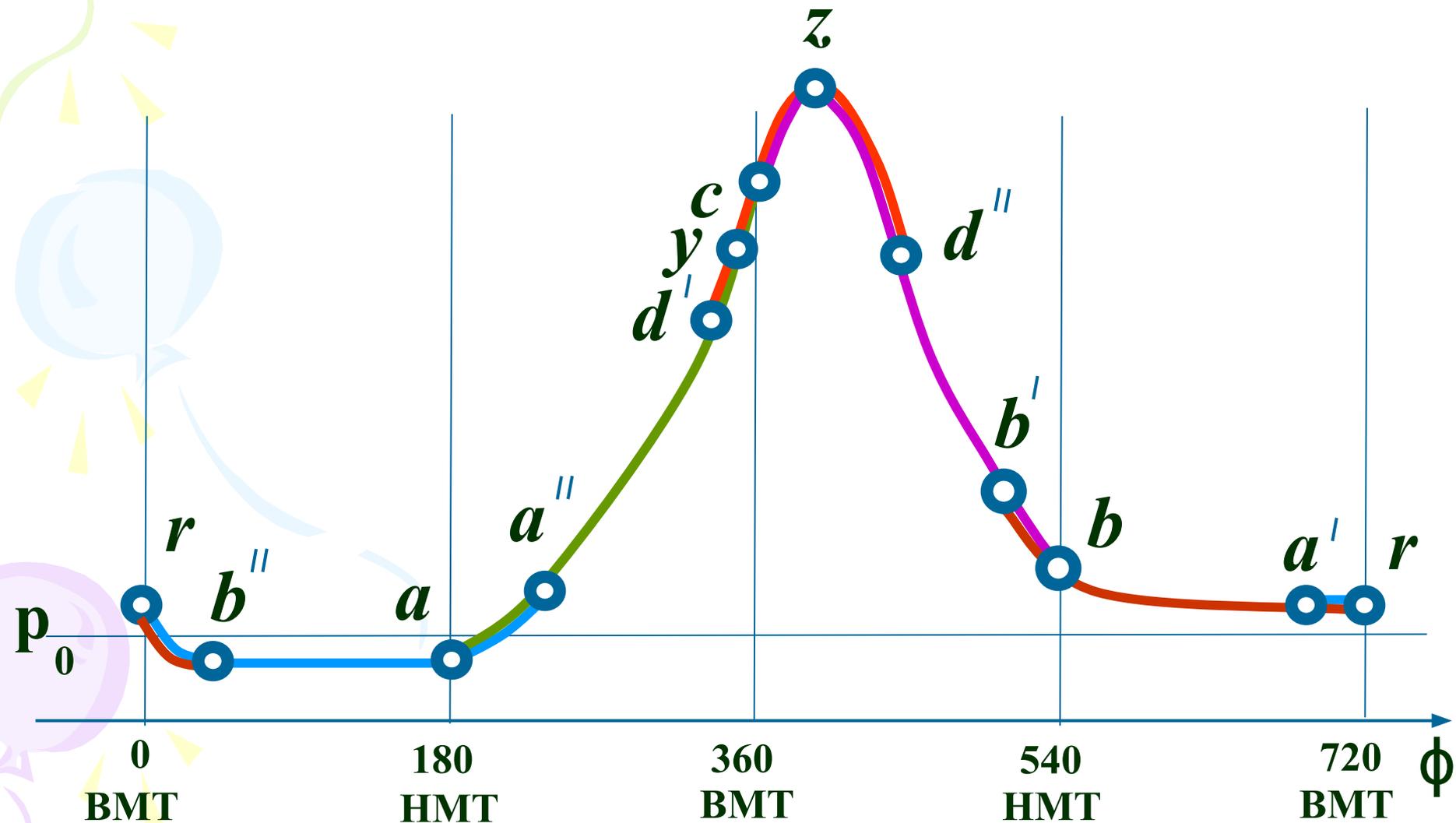


Развернутая индикаторная диаграмма – графическая зависимость давления газов в цилиндре от угла поворота коленчатого вала

*Свернутая
индикаторная
диаграмма четы-
рехтактного пор-
шневого ДВС с
искровым
зажиганием*



Развернутая индикаторная диаграмма четырехтактного поршневого ДВС с искровым зажиганием



Такты и процессы рабочего цикла поршневого ДВС с принудительным воспламенением топлива

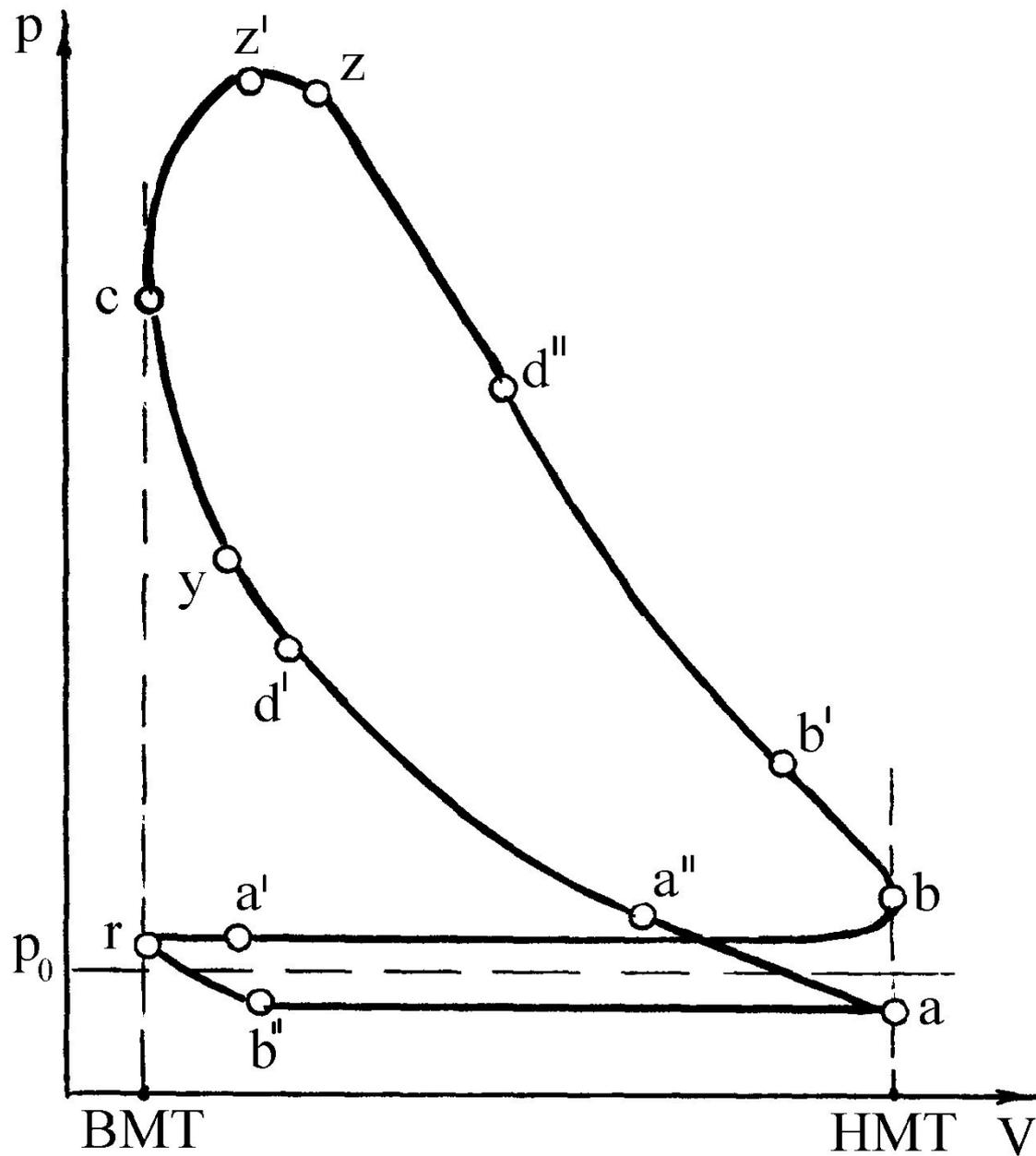
Тактом называют часть рабочего процесса, происходящую за один ход (за одно перемещение поршня от ВМТ до НМТ или наоборот)

Процессы
действительного цикла

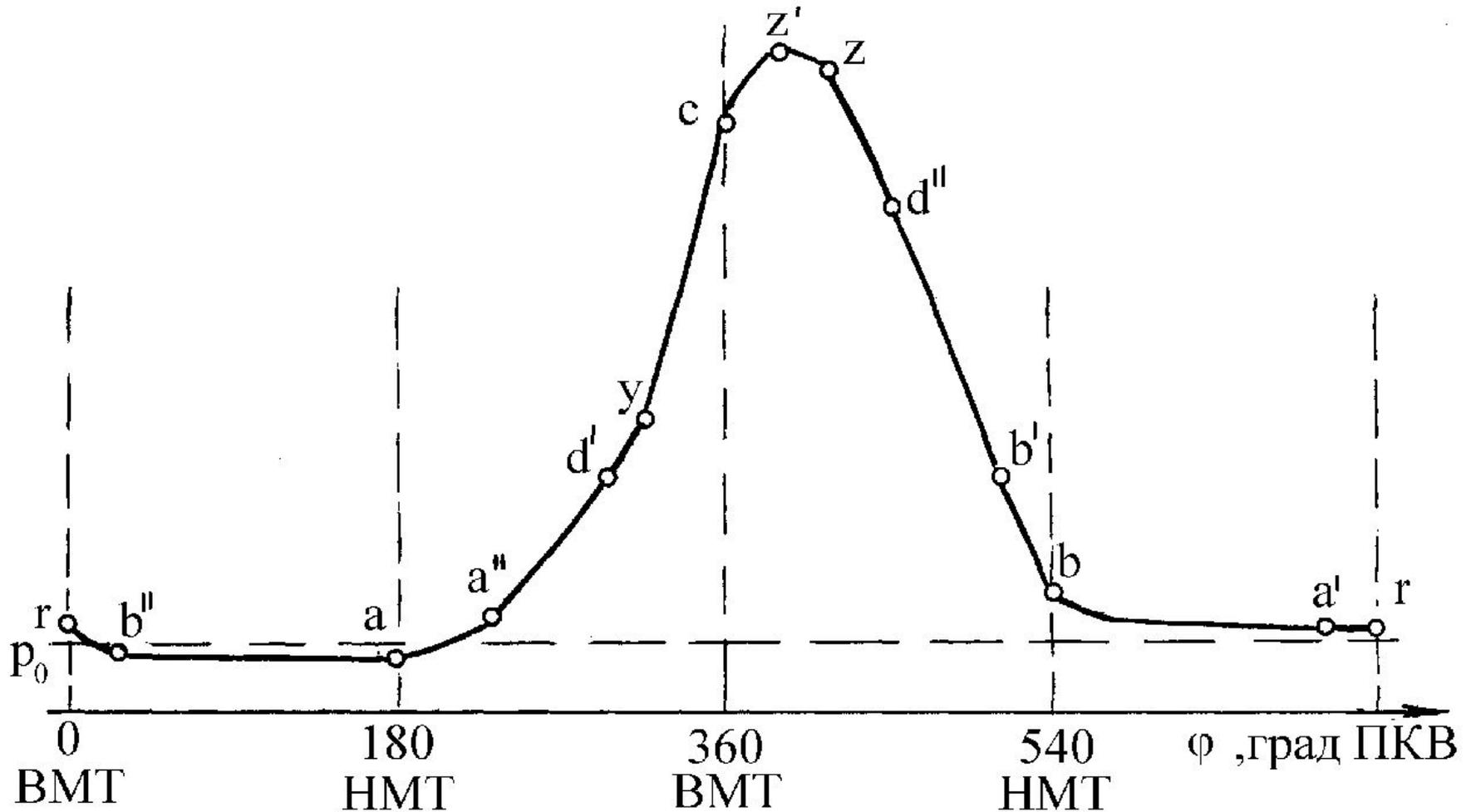
$r-a$ – впуск;
 $a-c$ – сжатие;
 $c-b$ – расширение
рабочий ход;
 $b-a$ – выпуск

$a'-a''$ – процесс впуска;
 $a-c$ – процесс сжатия;
 $d'-d''$ – процесс сгорания;
 $c-b$ – процесс расширения;
 $b'-b''$ – процесс выпуска

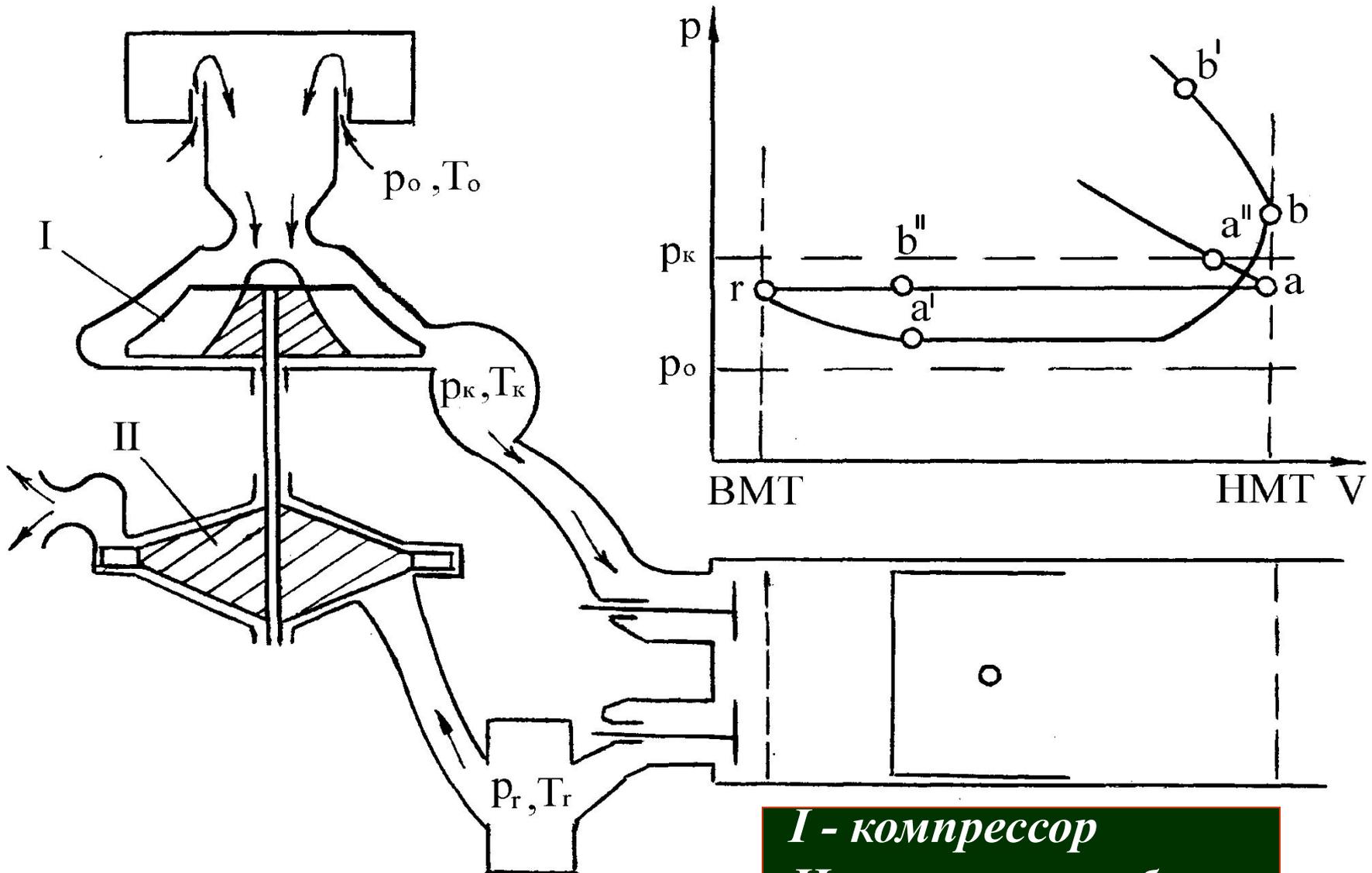
*Свернутая
индикаторная
диаграмма
четырёхтактного
дизеля*



*Развернутая индикаторная диаграмма
четырехтактного поршневого ДВС
с искровым зажиганием*



Принципиальная схема четырехтактного поршневого ДВС с газотурбинным наддувом



I - компрессор

II - газовая турбина