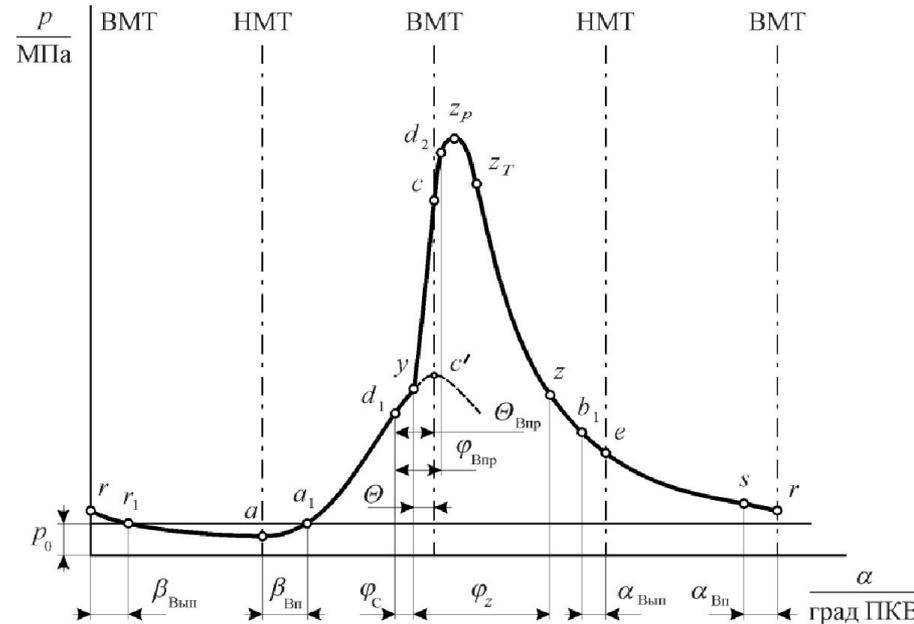
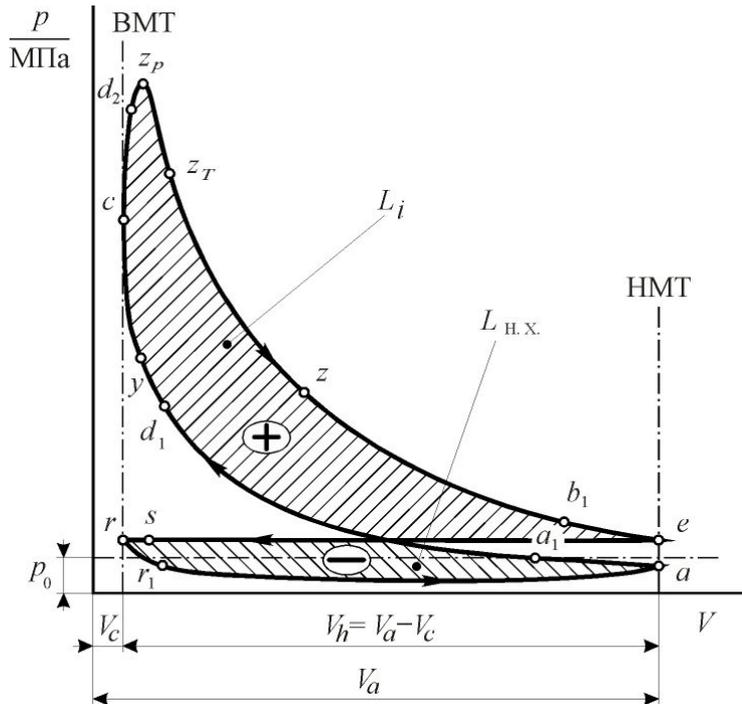


# Действительные циклы ДВС

# Действительные циклы ДВС

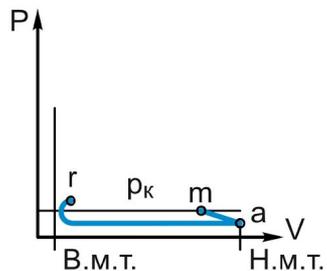
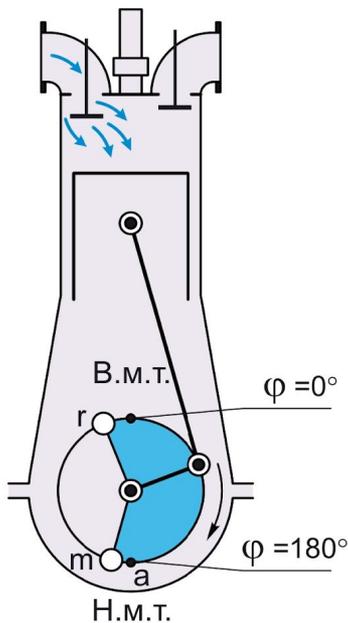


Изменение давление газа в цилиндре работающего двигателя в зависимости от хода поршня или объема  $P = f(S, V)$ , называется **свернутой индикаторной диаграммой**, зависимость давления в цилиндре от угла поворота кривошипа  $P = f(\phi)$ , называется **развернутой индикаторной диаграммой**.

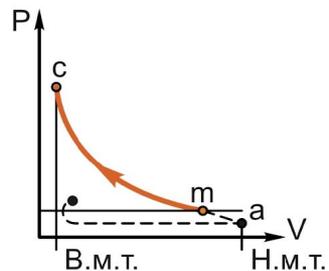
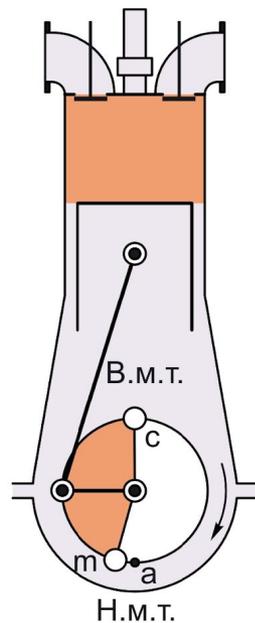
# Принципы работы ДВС

## Рабочий процесс четырехтактного дизеля

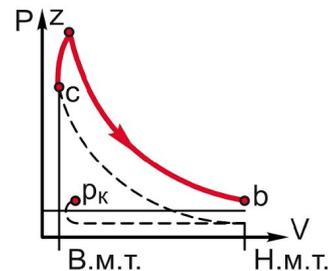
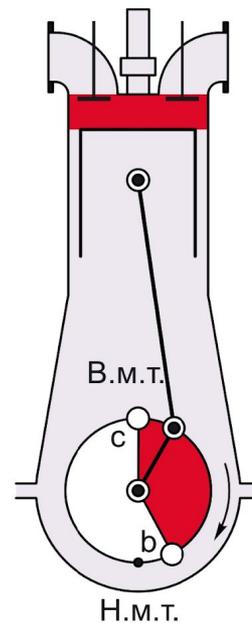
1 такт  
– впуск воздуха



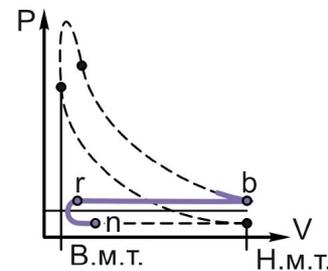
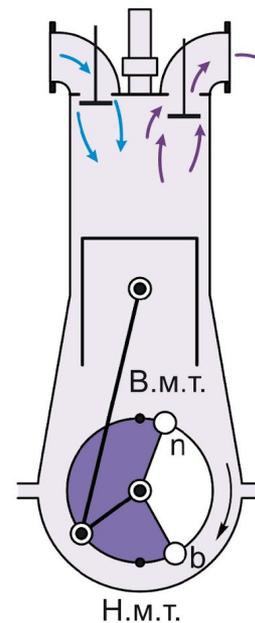
2 такт  
– сжатие воздуха



3 такт – расширение газов  
или рабочий ход



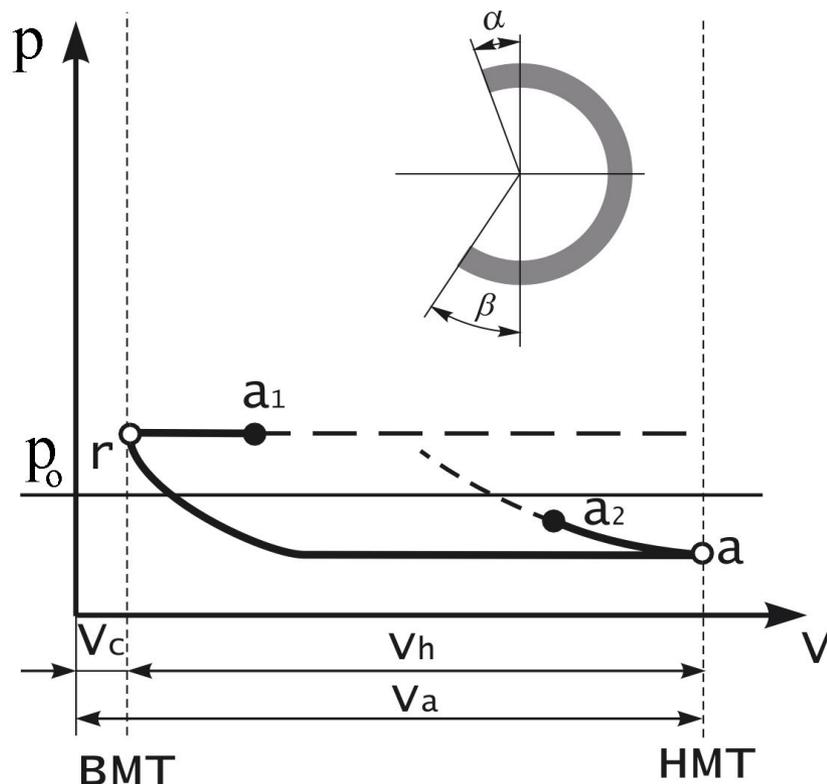
4 такт – выпуск отработанных газов



# Процесс впуска

Где  $\alpha$  – угол опережения открытия впускного клапана,  $\beta$  – угол запаздывания закрытия впускного клапана.

**Коэффициент наполнения** – это отношение действительного количества свежего заряда, поступившего в цилиндр двигателя в процессе впуска ( $M_1$ ) к тому количеству, которое могло бы поместиться в рабочем объеме ( $M_0$ ) при условии на впуске ( $p_0, T_0, p_k, T_k$ ). При расчете рабочего цикла принимается давление окружающей среды



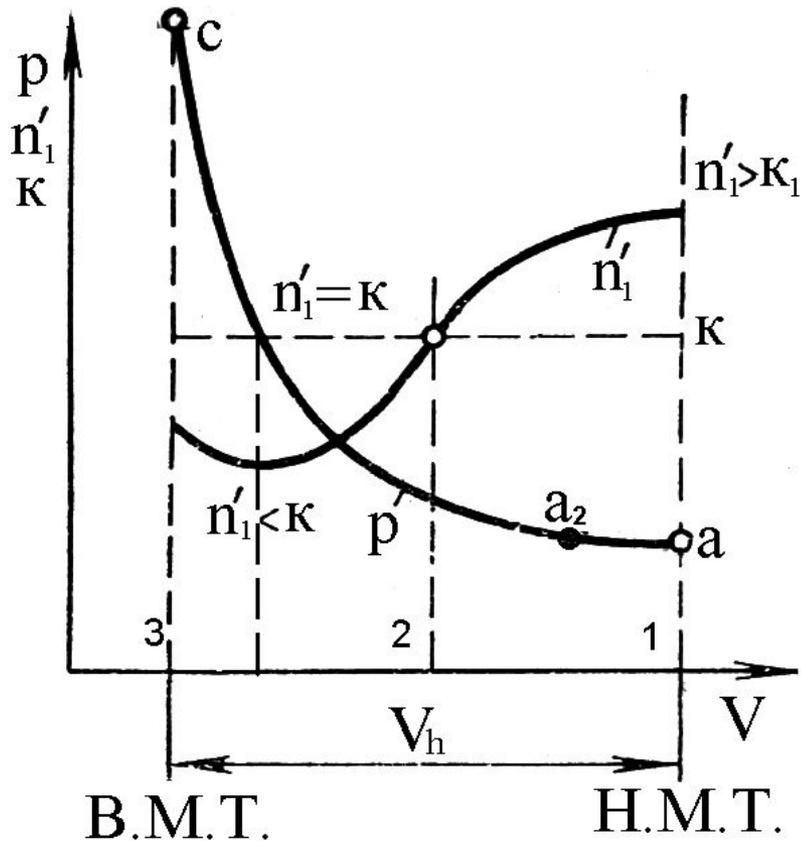
$p_0 = 0,1$  МПа, а температура  $T_0 = 293$  К.

$$\eta_v = \frac{M_1}{M_0} = \frac{G_1}{G_0} = \frac{P_1 V_1}{P_0 V_h}$$

Отношение количества остаточных газов в цилиндре от предыдущего цикла ( $M_r$ ), к количеству свежего заряда поступившего в цилиндр ( $M_1$ ) называется **коэффициентом остаточных газов  $\gamma_r$**

$$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}$$

# Процесс сжатия



Из курса термодинамики известно, что процесс сжатия происходит по политропе. Сжатие рабочего газа в цилиндре необходимо для увеличения температуры. Процесс сжатия начинается после закрытия впускного клапана (точке  $a_2$ ). Вначале хода сжатия температура заряда ниже средней температуры деталей ЦПГ, тепло идет от стенок к газу, кривая показателя политропы сжатия  $n_1$  выше точки показателя адиабаты  $k$  ( $n_1 > k_1$ ).

В точке 2 температура стенок и газа становятся равными за счет сжатия заряда, температура которого повышается, поэтому показатели политропы сжатия  $n_1$  и адиабаты  $k$  также становятся равными ( $n_1 = k$ ).

На участке 2–3 за счет сжатия температура заряда становится выше, чем температура стенок, теперь тепло идет от газа к стенкам, а значит, показатель политропы сжатия становится меньше показателя адиабаты  $n_1 < k$ .

В дизеле к концу сжатия необходимо (для надежного самовоспламенения топливоздушной смеси), чтобы температура воздуха к моменту впрыска топлива была больше температуры самовоспламенения на всех режимах работ, в том числе при пуске

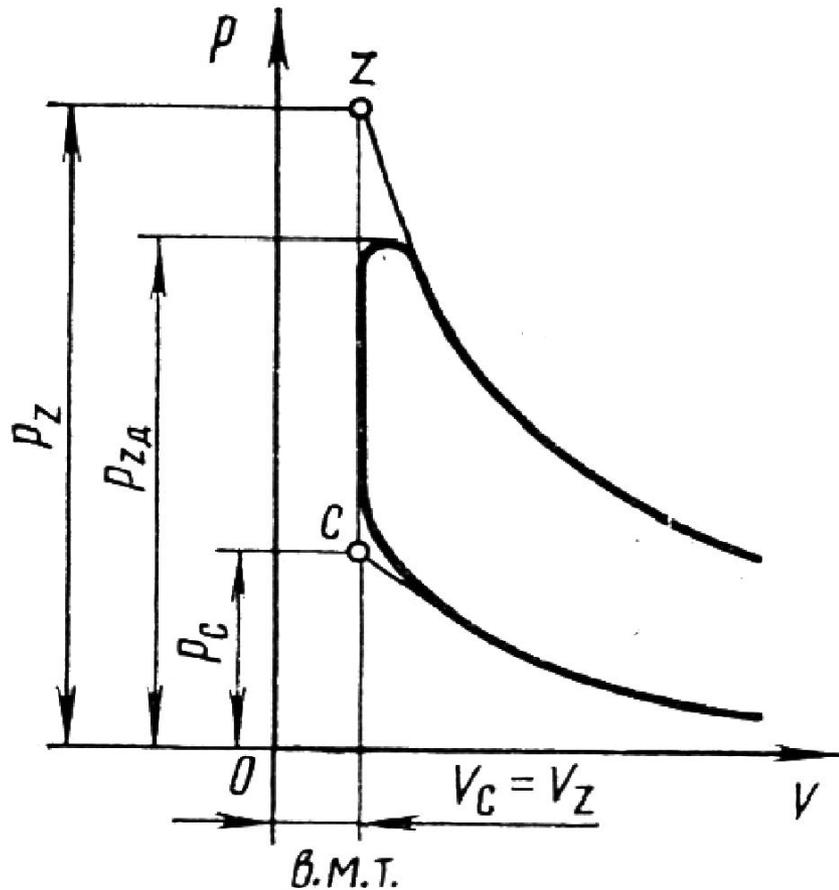
$$T_c > T_s.$$

Причем температура в конце сжатия  $T_c$  должна превышать температуру самовоспламенения топлива  $T_s$  на 200 – 400 °С.

В двигателе с воспламенением от искры температура в конце сжатия ограничивается возникновением преждевременного воспламенения, т.е.

$$T_c < T_s.$$

# Процесс сгорания в бензиновых двигателях



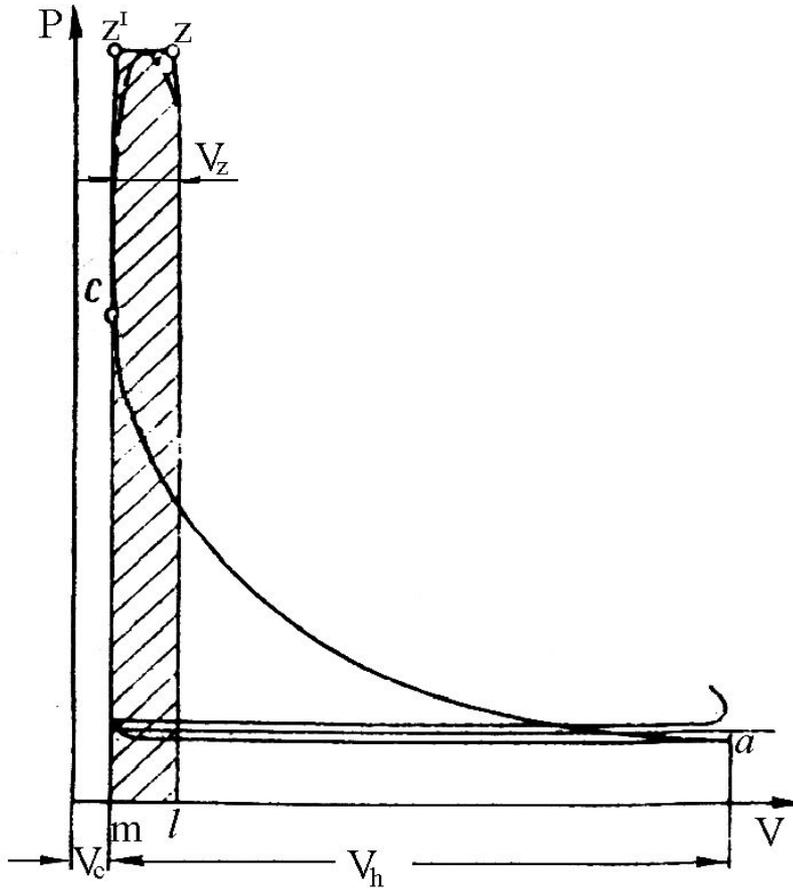
Для упрощения принимается, что сгорание происходит мгновенно при  $V = \text{const}$ . Газы не совершают полезной работы, а вся выделенная теплота расходуется на увеличение их внутренней энергии.

При этом допущении уравнение баланса тепла запишется следующим образом

$$Q_Z = Q_C + Q_{\text{ср}}$$

Количество теплоты после сгорания (точка z) равно количеству теплоты содержащейся в газах до сгорания (точка c) плюс количество теплоты выделившееся при сгорании ( $Q_{\text{ср}}$ ).

# Процесс сгорания в дизелях



Принято считать, что процесс сгорания в дизелях происходит по смешанному циклу, то есть подвод тепла осуществляется при  $V = \text{const}$  и  $P = \text{const}$ .

Уравнение баланса теплоты для дизеля можно записать в следующем виде:

$$Q_{vc} + Q_{сг} = Q_{vz'} + Q_{z'-z}$$

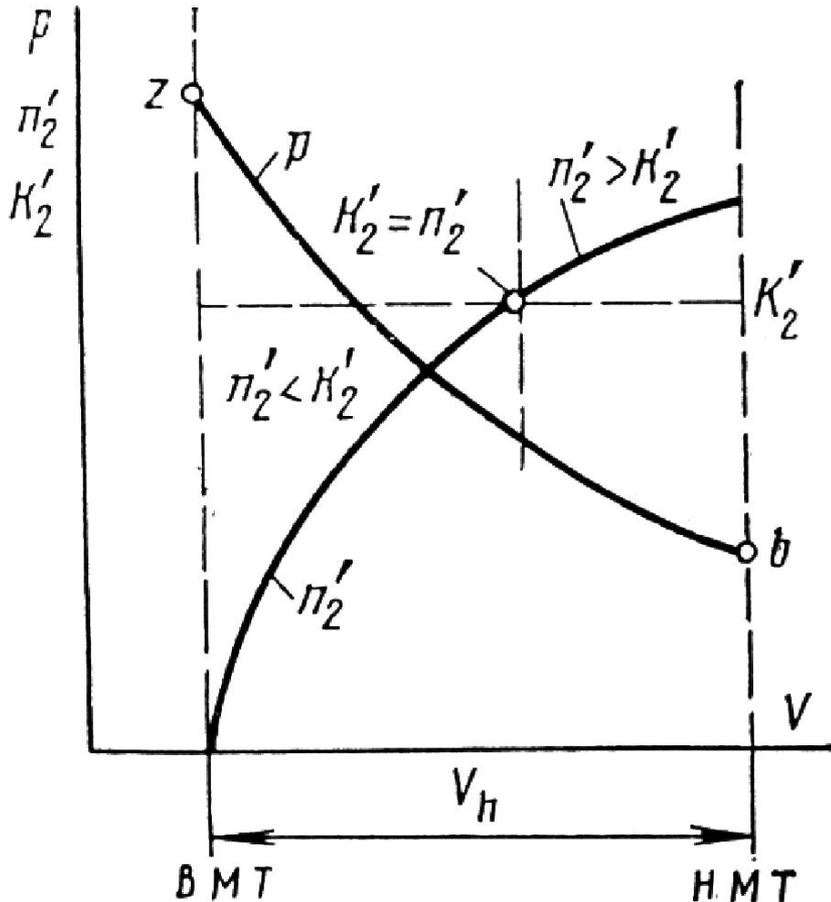
где  $Q_{vc}$  – количество теплоты в цилиндре до сгорания;

$Q_{сг}$  – количество теплоты выделившееся в процессе сгорания;

$Q_{vz'}$  – количество теплоты в точке  $z'$ ;

$Q_{z'-z}$  – количество теплоты в эквивалентной работе расширения на участке  $z'-z$ .

# Процесс расширения



Процесс расширения сопровождается целым рядом явлений:

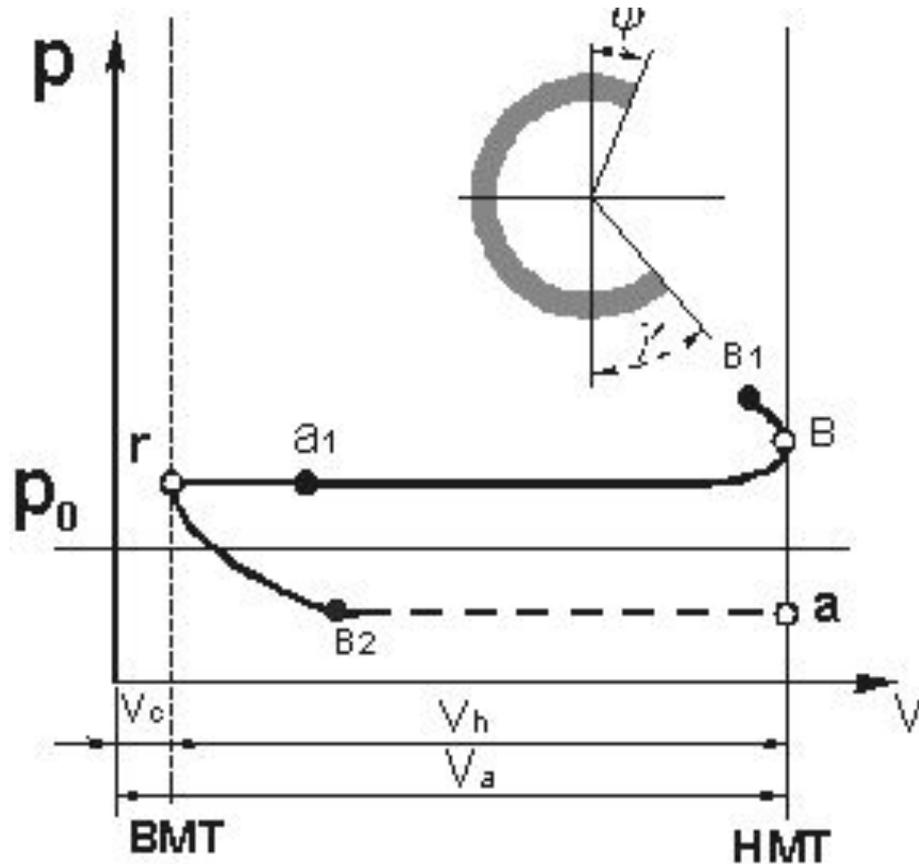
- догоранием на линии расширения (у бензиновых двигателей оно мало, у дизелей до  $100^\circ$  п.к.в. после ВМТ);
- непрерывная передача теплоты к окружающим деталям в условиях переменных давлений, поверхностей охлаждения, перепада температур, продолжительности отдачи тепла;
- частичная и переменная утечка газов из цилиндра.

Реальный процесс расширения происходит по политропе с переменным показателем  $n_2$ .

Таким образом:

- при  $n'_2 \leq k'_2$  происходит интенсивный подвод теплоты;
- при  $n_2 = 0$ ,  $n_2 < k'_2$  подвод теплоты уменьшается;
- при  $n_2 = k'_2$  процесс расширения происходит по адиабате, т.е. подвод теплоты равняется отводу;
- при  $n_2 > k'_2$  отвод теплоты становится больше подвода.

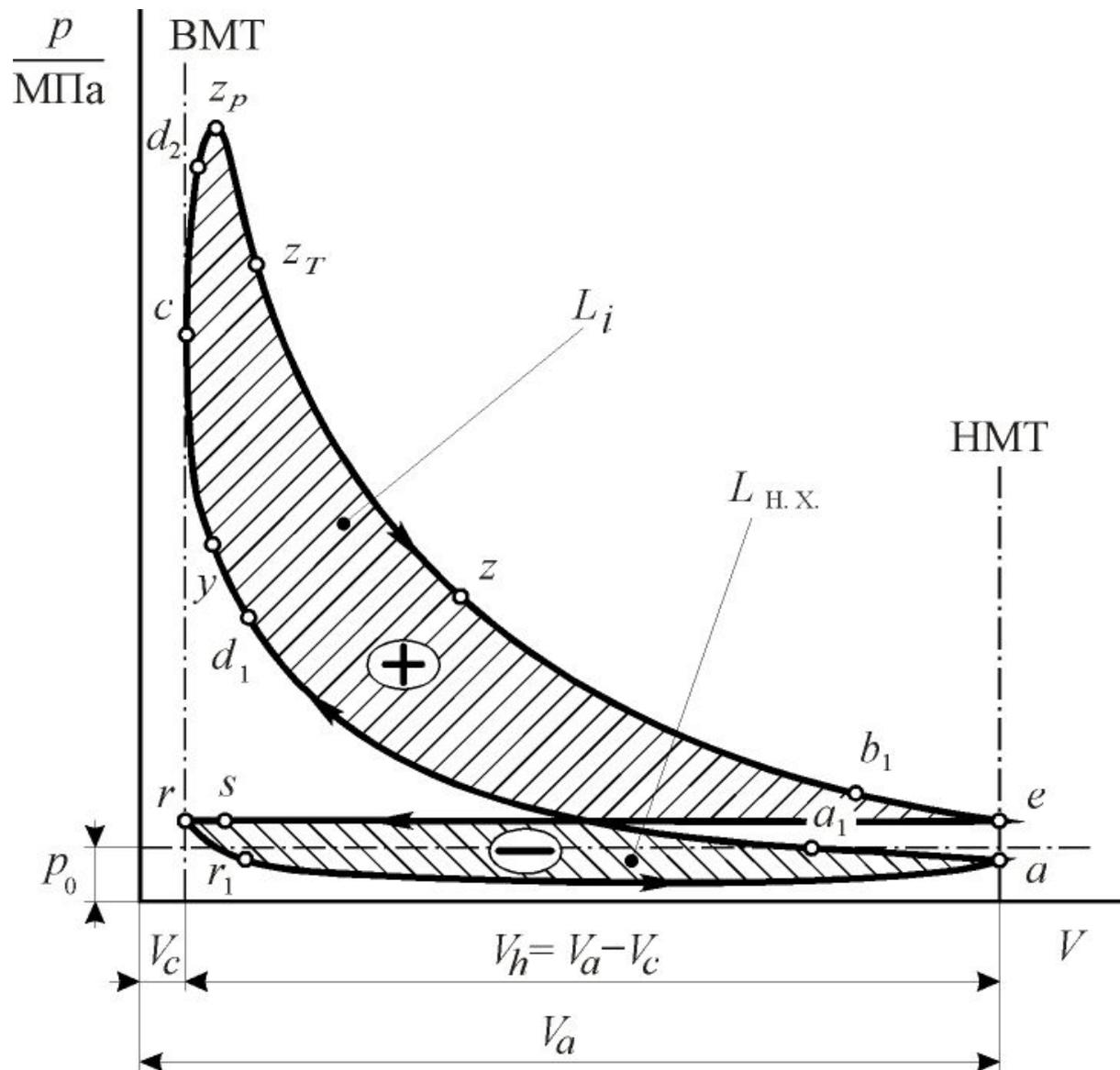
# Процесс выпуска



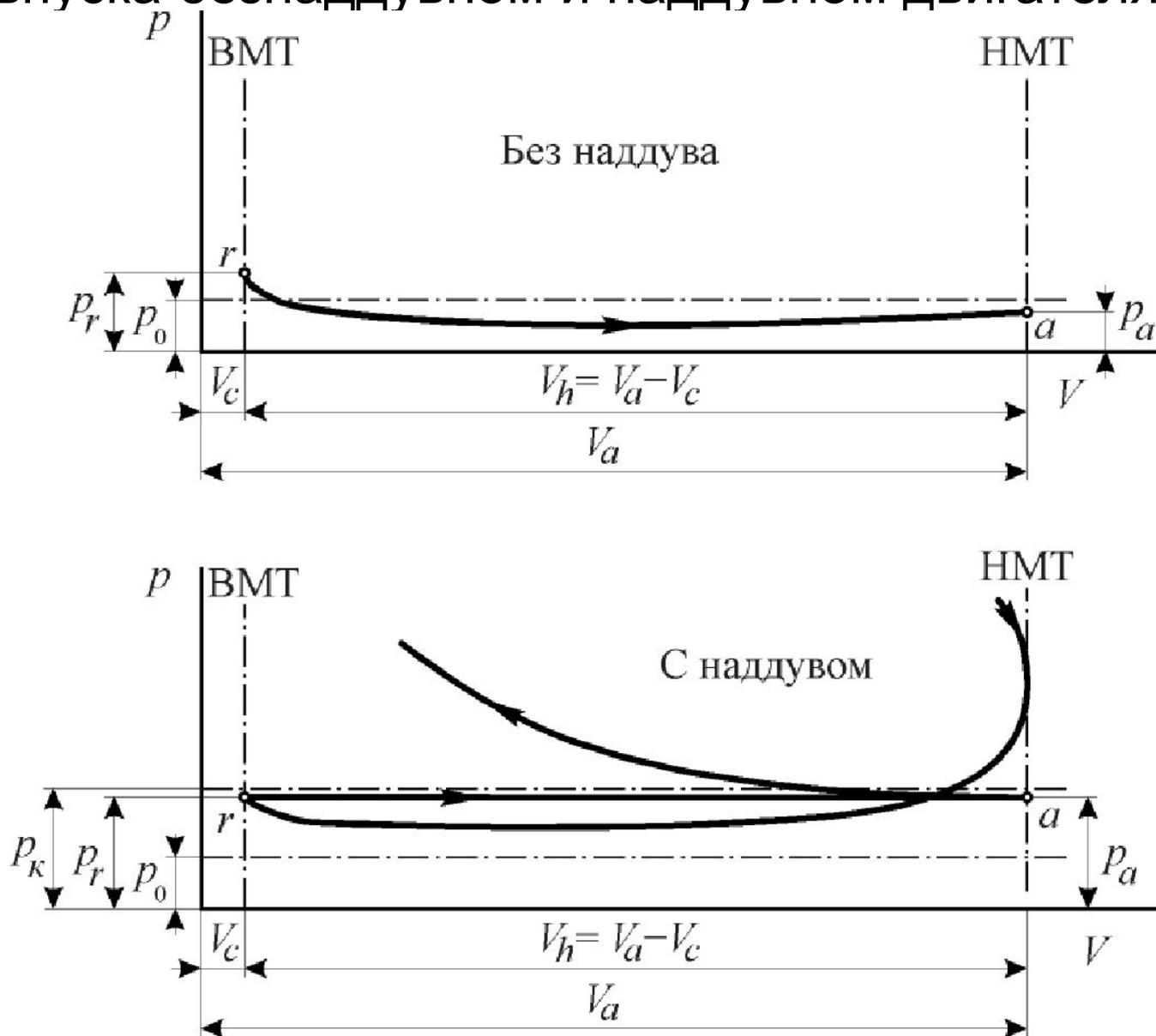
Процесс выпуска начинается с момента открытия выпускного клапана, когда еще идет такт расширения и поршень ещё не дошел до нижней мертвой точки (точка  $B_1$ ), и заканчивается после ВМТ (точка  $B_2$ ), т.е. процесс выпуска также длится более  $180^\circ$  на величину опережения открытия ( $\gamma$ ) и запаздывания закрытия выпускного клапана ( $\phi$ ).

В период от точки  $a_1$  до  $B_2$  открыты оба клапана. Угол опережения открытия впускного клапана  $\phi$  определяется по минимуму потерь на выталкивание отработавших газов и минимума потерь работы расширения. Давление в конце выпуска обычно берётся на основании экспериментальных данных.

# Индикаторная « $p - V$ »-диаграмма четырёхтактного безнаддувного дизеля



# Схемы изменения давления рабочего тела в процессах впуска безнаддувном и наддувном двигателях



# Индикаторная « $p - V$ »-диаграмма четырёхтактного бензинового двигателя

