

# ИДЕАЛЬНЫЙ КОМПРЕССОР

## ИДЕАЛЬНЫЙ КОМПРЕССОР

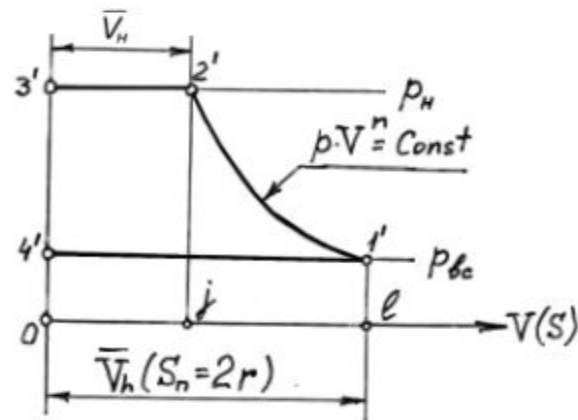
*Идеальный компрессор - это упрощенная мысленная модель действительного компрессора для решения практических задач, связанных с работой поршневого компрессора.*

### Упрощения и допущения:

- 1. Мертвый объем отсутствует.*
- 2. Неплотности рабочей полости цилиндра – отсутствуют.*
- 3. Тепловая инерция стенок цилиндра и крышки с поршнем отсутствуют.*
- 4. Гидравлических потерь нет.*
- 5. Параметры газа в цилиндре во время процессов всасывания и нагнетания неизменны.*
- 6. При всасывании газ не нагревается.  
При нагнетании газ не охлаждается.*
- 7. Всасывающие и нагнетательные клапаны самодействующие.*
- 8. Отсутствует механическое трение.*

*(В идеальном компрессоре отсутствуют все потери производительности и мощности, присущие действительному компрессору)*

ИНДИКАТОРНАЯ ДИАГРАММА  
ИДЕАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА



4'-1' - процесс всасывания,  
1'-2' - процесс сжатия,  
2'-3' - процесс нагнетания.

n - показатель политропы сжатия  
n = Const.

пл. 0-3'-2'-j - работа нагнетания

пл. j-2'-1'-l - работа сжатия

пл. 0-4'-1'-l - работа всасывания

**Внимание !** Необходимо учитывать правило знаков для работы

**Работа, необходимая для сжатия  
и перемещения газа**

**Работа всасывания**

$$L_{вс} = -p_{вс} \cdot F_n \cdot S_n = -p_{вс} \cdot V_1' = -p_{вс} \cdot \bar{V}_h.$$

**Работа сжатия:**  
(элементарная)

$$dL_{сж} = p \cdot F_n \cdot dS = p \cdot dV.$$

Отсюда полная работа процесса сжатия

$$L_{сж} = \int_{V_1'}^{V_2'} p \cdot dV.$$

$L_{сж}$  зависит от процесса

**Работа нагнетания:**

$$L_n = p_n \cdot F_n \cdot S_n = p_n \cdot \bar{V}_n = p_n \cdot V_2'.$$

**Работа сжатия и перемещения:**

$$L_{и.к} = -L_{вс} + L_n + L_{сж}.$$

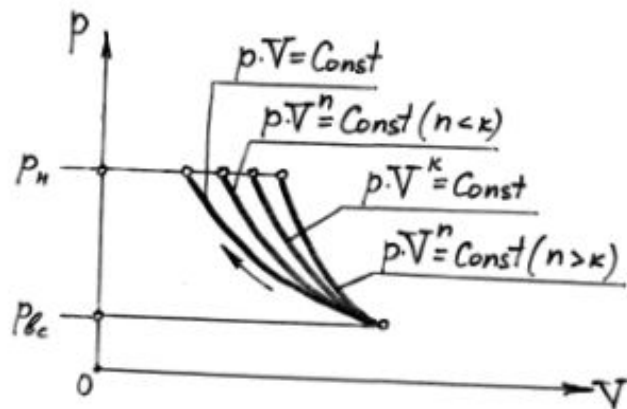
$$L_{\kappa} = -p_{bc} \cdot V_1' + p_H \cdot V_2' + \int_{V_2'}^{V_1'} p \cdot dV$$

или

$$L_{\kappa} = -p_{bc} \cdot \bar{V}_h + p_H \cdot \bar{V}_h + \int_{\bar{V}_h}^{\bar{V}_h} p \cdot dV$$



$L_{\kappa}$  зависит от характера изменения состояния газа в процессе сжатия



## ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА В ПРОЦЕССЕ СЖАТИЯ

Из первого закона термодинамики

$$d\ell = du + dq. \quad (A)$$

Вся подводимая извне во время процесса сжатия механическая энергия расходуется на изменение внутренней энергии газа и на внешний теплообмен.

Два пути:

1. использовать уравнение (A), если есть возможность определить  $dq$ ,
2. использовать уравнение политропы

$$dq = \frac{\kappa - n}{n(\kappa - 1)} \cdot d\ell_{\text{пол.}}$$

На самостоятельное изучение:

### 1) ТИПЫ ИДЕАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

см. § 2.5 уз. пособия Пластинина П.И.

### 2) ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ ИДЕАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА

см. § 2.6 уз. пособия Пластинина П.И.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И МОЩНОСТЬ  
ИДЕАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА

$$V_{e_{уд.к}} = V_h$$

$$N_{уд.к} = L_{уд.к} \cdot n_0$$

$$N_{из.к.из.} = p_{bc} \cdot V_h \cdot \ln \frac{p_H}{p_{bc}} ;$$

$$N_{из.к.аг} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot p_{bc} \cdot V_h \left[ \left( \frac{p_H}{p_{bc}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] ;$$

$$N_{из.к.пол.} = \frac{n}{n-1} \cdot p_{bc} \cdot V_h \left[ \left( \frac{p_H}{p_{bc}} \right)^{\frac{\kappa-1}{n}} - 1 \right] .$$

Предельный режим идеального компрессора

$$\varepsilon_{max} = \left( \frac{p_H}{p_{bc}} \right)_{max} = \left( \frac{T_{Hmax}}{T_{bc}} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$$

$$\varepsilon_{max} = \left( \frac{454}{293} \right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 4,57$$

(Исключение - малые компрессоры)

Влияние  $T_{bc}$  на работу (мощность) компрессора.

На 1 кг газа

$$l_{из.к.аг} = \frac{\kappa}{\kappa-1} p_{bc} \cdot v_{bc} \left[ \left( \frac{p_H}{p_{bc}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$$

или

$$l_{из.к.аг} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot R T_{bc} \left[ \left( \frac{p_H}{p_{bc}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] .$$



Необходимо избегать подогрев газа на всасывании



не правильно!



ПРАВИЛЬНО!

Влияние давления всасывания на индикаторную работу

(при  $p_H = \text{Const}$ )

$$N_{\text{иг.к.пол}} = \frac{n}{n-1} p_{bc} \cdot V_h \cdot \left[ \left( \frac{p_H}{p_{bc}} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{а) при } p_{bc} \rightarrow 0 \quad (==) \\ \text{б) при } p_{bc} \rightarrow p_H \quad (===) \end{array} \right\} N_{\text{иг.к.пол}} \rightarrow 0 \quad \begin{array}{l} p_{bc} \downarrow \\ p_{bc} \uparrow \end{array}$$

при  $p_{bc}^*$  имеем  $(N_{\text{иг.к.пол}})_{\text{max}}$ .

$$N_{\text{иг.к.пол}} = \frac{n}{n-1} V_h \left[ p_H^{\frac{n-1}{n}} \cdot p_{bc}^{\frac{1}{n}} - p_{bc} \right]$$

$$\frac{d}{dp_{bc}} N_{\text{иг.к.пол}} = \frac{n}{n-1} V_h \left[ \frac{1}{n} (p_{bc}^*)^{\frac{1}{n}-1} \cdot p_H^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = 0$$

Откуда

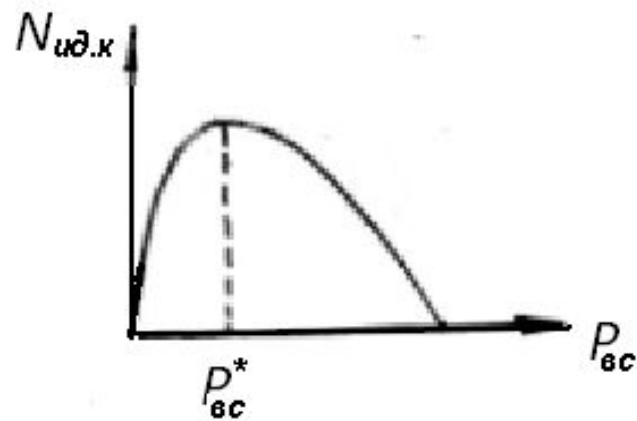
$$\frac{1}{n} (p_{bc}^*)^{\frac{1}{n}-1} \cdot p_H^{\frac{n-1}{n}} - 1 = 0 \quad \text{и} \quad \left( \frac{p_H}{p_{bc}^*} \right)^{\frac{n-1}{n}} = n$$

Тогда

$$\boxed{\varepsilon^* = \frac{p_H}{p_{bc}^*} = n^{\frac{n}{n-1}}}$$



При  $n=1,4$  имеем  $\varepsilon_{\text{из}}^* = 1,4^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 3,24$ ;  
При  $n=1,2$  имеем  $\varepsilon_{\text{из}}^* = 2,99$  ;  
При  $n=1,0$  имеем  $\varepsilon_{\text{из}}^* = 2,7$ .



Температура нагнетания

$$T_{\text{н}} = T_{\text{вс}} \left( \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{вс}}} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И МОЩНОСТЬ  
ИДЕАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА

Производительность

$$V_{e_{и.к}} = V_h$$

Мощность

$$N_{и.к} = L_k \cdot n_0$$

Для идеального изотермического компрессора

$$N_{и.к_{изот}} = p_{вс} \cdot V_h \cdot \ln \frac{p_H}{p_{вс}},$$

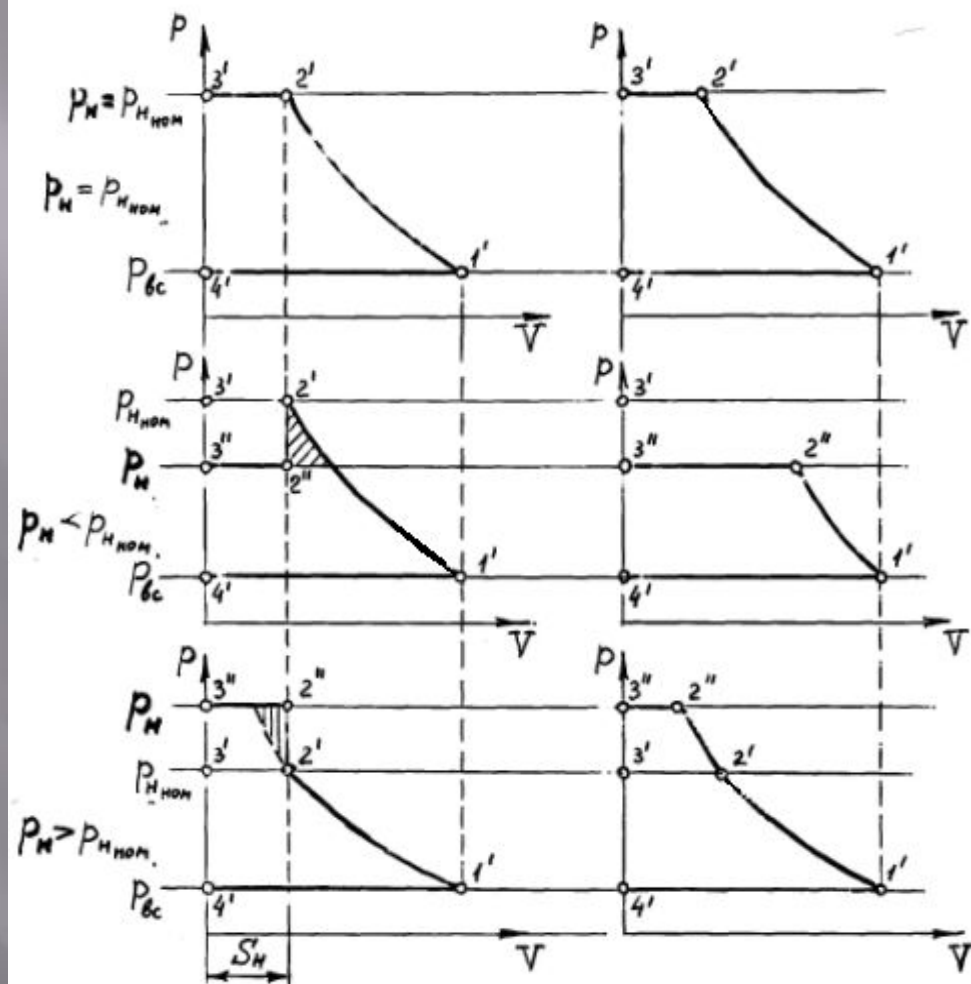
для идеального адиабатического компрессора

$$N_{и.к_{ад}} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot p_{вс} \cdot V_h \cdot \left[ \left( \frac{p_H}{p_{вс}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right],$$

для идеального политропического компрессора

$$N_{и.к_{пол}} = \frac{n}{n-1} \cdot p_{вс} \cdot V_h \cdot \left[ \left( \frac{p_H}{p_{вс}} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right].$$

(Изотермическую и адиабатическую мощность можно использовать в качестве эталонной мощности при определении КПД действительного компрессора)



Принудительно действующий  
клапан

(открывается в момент,  
когда поршень находится  
на расстоянии  $S_H$  от ВМТ)

Самодействующие  
клапаны