

## Процесс наполнения цилиндра

Схема системы  
 воздухообеспечения судового  
 дизеля: Т-газовая турбина; К-  
 центробежный компрессор; 1-  
 поплавковый датчик уровня  
 конденсата; 2 –  
 автоматический клапан; 3 –  
 сброс конденсата;  $t_{w1}, t_{w2}$  –  
 температуры воды на входе  
 и выходе из  
 воздухоохладителя

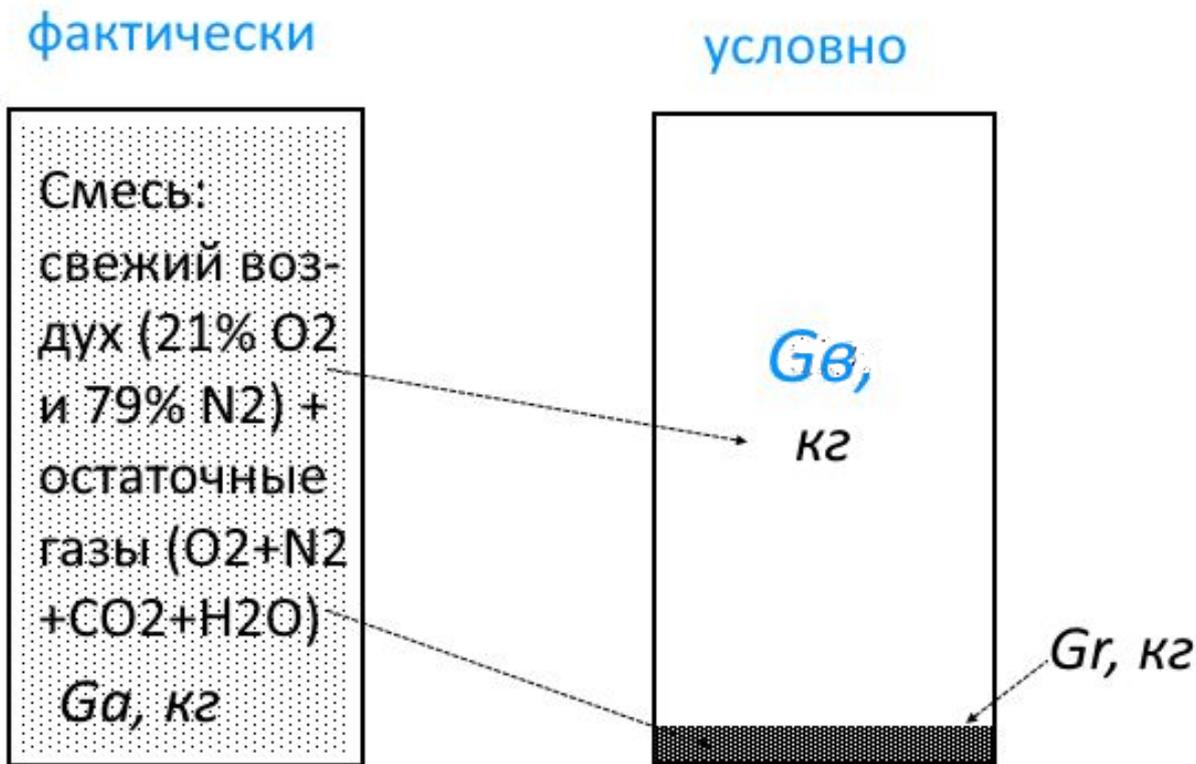
В процессе газообмена из цилиндра удаляются отработавшие газы – продукты сгорания углеводородного топлива и избыточный воздух. В идеальном варианте в конце газообмена (точка «а») весь объем цилиндра  $V_h$  заполнен свежим воздухом с параметрами  $p_s$   $T_s$ . Этот идеальный заряд свежего воздуха определится произведением плотности на объем:

$$G_h = \rho_s V_h$$

Действительный свежий заряд  $G_B$  меньше  $G_h$  из-за потерь в процессе наполнения:

- 1-  $p_a$  меньше  $p_s$  (дросселирование на впуске)
- 2-  $T_a$  больше  $T_s$  (подогрев воздуха от стенок ЦПГ и от смешивания с горячими остаточными газами  $T_r = 800$  K)
- 3- часть объема  $V_h$  заполнена остаточными газами
- 4- в 2-х тактных ДВС дополнительно теряется заряд на участке потерянного рабочего объема цилиндра

# Состав рабочего тела в цилиндре в конце процесса наполнения (начале сжатия)



Массовый баланс в точке "a":

$$G_a = G_b + G_r$$

коэффициент остаточных газов:

$$\gamma_r = \frac{G_r}{G_B}$$

Коэффициент наполнения

$$\eta_n = \frac{G_B}{G_h} = \frac{G_B}{V_h \rho_s}$$

**Вывод формулы для расчета  $\eta_n$  наполнения 4-х тактного ДВС**

$$G_a = G_B + G_r = G_B \left( 1 + \frac{G_r}{G_B} \right) = G_B (1 + \gamma_r)$$

подставим в это уравнение  $G_B = \eta_n \rho_s V_h$  и  $G_a = \rho_a V_a$

получим  $\rho_a V_a = \eta_n \rho_s V_h (1 + \gamma_r)$

далее подставим  $V_a = V_c \varepsilon$  и  $V_h = V_c (\varepsilon - 1)$  получим  $V_c \varepsilon \rho_a = V_c (\varepsilon - 1) \rho_s \eta_n (1 + \gamma_r)$

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_s} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} \quad \text{где} \quad \rho_a = \frac{p_a}{R \cdot T_a} \quad \text{и} \quad \rho_s = \frac{p_s}{R \cdot T_s}$$

окончательно для 4 - х тактного ДВС

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_s} \cdot \frac{T_s}{T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r}$$

Аналогично выводится формула для 2 - х тактн. ДВС

$$\eta_H = \frac{\varepsilon_D}{\varepsilon_D - 1} \cdot \frac{p_a}{p_s} \cdot \frac{T_s}{T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} \cdot (1 - \psi)$$

$$T_a = \frac{T_B + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}$$

$$T_B = T_s + \Delta t_{\text{нод}} \quad \Delta t_{\text{нод}} = (10 \div 15) \text{ К}$$

*Значения  $\kappa$ -тов наполнения и остаточных газов для судовых дизелей:*

$$\eta_H = 0,85 \div 0,95; \quad \gamma_r = 0,01 \div 0,03 \quad \text{- четырехтактные;}$$

$$\eta_H = 0,65 \div 0,75; \quad \gamma_r = 0,04 \div 0,08$$

*- двухтактные малооборотные с изобарным наддувом*

После расчета  $k$ -та наполнения необходимо проверить укладывается ли полученное значение в диапазоны, указанные выше.

Итогом расчета процесса наполнения является расчет свежего заряда воздуха:

$$G_B = \eta_n \rho_s V_h$$

Для обеспечения полного сгорания топлива заряд должен обеспечивать необходимый избыток воздуха (для судовых дизелей примерно 2-х кратный)

Коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{G_B}{14,35 \cdot g_{\text{ц}}},$$

где  $g_{\text{ц}} = \frac{N_e \cdot g_e \cdot m}{60 \cdot n \cdot i}$ , кг/цикл

- цикловая подача топлива