



3. **Температура воздуха после компрессора**  $T_k = T_0 \pi_k^{(n_k - 1)/n_k}$

где  $T_0 = 273 + t_0$  — температура воздуха на входе в компрессор, К;  $n_k$  — показатель политропы сжатия в компрессоре (для центробежных компрессоров с охлажденным корпусом  $n_k = 1,6 - 1,8$ ; для поршневых насосов  $n_k = 1,4 - 1,6$ ),

4. **Температура воздуха в ресивере** (в К) зависит от температуры заборной воды  $t_{зв}$ , величины поверхностей теплообмена воздухооохладителя, количества прокачиваемой воды и технического состояния охладителя:  $T_s = 273 + t_{зв} + (15 - 20^\circ\text{C})$ . При этом степень охлаждения воздуха должна находиться в пределах  $E_x = (T_k - T_s) / (T_k - T_0)$ .

5. **Температура воздуха в рабочем цилиндре** с учетом подогрева ( $\Delta t$ ) от стенок камеры (в К)  $T'_s = T_s + \Delta t$ , где  $\Delta t = 5 - 10^\circ\text{C}$ .

6. **Температура смеси воздуха и остаточных газов** в конце процесса наполнения (в К)  $T_a = (T'_s + \gamma_r T_r) / (1 + \gamma_r)$ , где  $\gamma_r$  — коэффициент остаточных газов;  $T_r$  — температура остаточных газов.

При расчете рабочего цикла значением коэффициента остаточных газов задаются, используя опытные данные для дизелей:

четырёхтактных: с наддувом  $\gamma_r = 0,01 - 0,04$ ;

без наддува  $\gamma_r = 0,04 - 0,06$ ;

двухтактных: с прямой продувкой  $\gamma_r = 0,04 - 0,08$ ;

с петлевой продувкой:

фирмы МАН  $\gamma_r = 0,08 - 0,09$ ;

фирмы «Зульцер»  $\gamma_r = 0,09 - 0,12$ ;

с поперечной продувкой  $\gamma_r = 0,12 - 0,14$ .

7. **Температура остаточных газов**  $T_r$  зависит от степени сжатия  $\epsilon$ , нагрузки и частоты вращения вала двигателя. С уменьшением  $\epsilon$  (уменьшается степень расширения газов), увеличением нагрузки и частоты вращения (увеличивается нагрев деталей ЦПГ) значение  $T_r$  возрастает. Температура  $T_r$  близка к температуре газов  $T_g$  за выпускными органами цилиндра и лежит в пределах

600—900К (меньшие значения относятся к двухтактным двигателям).

8. **Коэффициент наполнения**, отнесенный к полезному ходу поршня (действительный коэффициент наполнения),

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

В этом выражении значения  $p_a$ ,  $p_s$ ,  $T_s$ ,  $T_a$  и  $\gamma_c$  уже известны. Значение действительной степени сжатия  $\varepsilon$  необходимо взять из технической документации на двигатель или выбрать. Выбор  $\varepsilon$  зависит от типа двигателя, способа смесеобразования, наличия наддува, конструктивных особенностей и т. д.

Нижний предел выбирают из условия получения минимально необходимой температуры  $T_C^{min}$  в конце процесса сжатия, обеспечивающей надежное самовоспламенение топлива при пуске холодного двигателя (при температуре воздуха в машинном отделении до 8°C и более). Для этого температура  $T_C^{min}$  должна превышать температуру самовоспламенения топлива  $T_{с.в.}$  на 100—200°C. Температура распыленного дизельного топлива при  $p = 3$  МПа равна приблизительно 473 К.

Верхний предел  $\varepsilon$  ограничивается значениями  $p_c$  и  $p_z$ , которые определяют механическую нагрузку на детали ЦПГ, кривошипно-шатунного механизма, остова и влияют на значение механического КПД двигателя. Значение степени сжатия лежит в пределах у судовых дизелей: малооборотных — 10—18; среднеоборотных — 13—15; высокооборотных — 15—18.

9. **Коэффициент наполнения**, отнесенный к рабочему ходу поршня (условный коэффициент наполнения),

$$\eta'_n = \eta_n (1 - \psi_s),$$

где  $\psi_s = h_s/s$  относительный потерянный ход поршня.

При расчете рабочего цикла можно принимать для двухтактных двигателей:

с контурной петлевой продувкой,

фирмы МАН  $\psi_s = 0,20-0,226$ ;

фирмы «Зульцер»  $\psi_s = 0,214-0,22$ ;

с контурной поперечной продувкой  $\psi_s = 0,25-0,27$ ;

с прямоточно-клапанной продувкой  $\psi_s = 0,08-0,12$ .

Для четырехтактных двигателей  $\psi_s = 0$  и  $\eta'_n = \eta_n$ .

Рабочий объем цилиндра (в м<sup>3</sup>)  $v_s = nD^2/4S$ ,

Рабочий объём цилиндра с учётом потерянного хода поршня  $v'_s = v_s \cdot \psi_s$

Плотность наддувочного воздуха (в кг/м<sup>3</sup>)  $\gamma_s = p_s / (RT_s)$ , где  $R = 287$  Дж/(кг·град) - газовая постоянная,  
 Заряд воздуха, отнесенный к рабочему объему цилиндра с учётом потерянного хода поршня (в кг/цикл),

$$G'_s = v'_s \eta'_n \gamma_s \frac{1}{1 + 1.61d}$$

где  $d$  — влагосодержание воздуха, определяемое в зависимости от температуры  $t_o$  и относительной влажности  $\phi_o$  (табл. 1),

Таблица 1

$t_o, C$	$\phi_o = 70\%$	$\phi_o = 80\%$	$\phi_o = 90\%$	$\phi_o = 100\%$
10	0,005	0,006	0,007	0,008
20	0,010	0,012	0,013	0,015
30	0,019	0,022	0,025	0,028
40	0,034	0,039	0,045	0,050

## Расчёт

**Цель расчёта.** Определить параметры конца процесса наполнения  $p_a, T_a, G'_v$ .

### Ход расчёта

1. Давление воздуха перед компрессором

$$p'_0 = p_0 - \Delta p_\phi$$

2. Давление воздуха после компрессора

$$p_k = p_s + \Delta p_x$$

3. Степень сжатия в компрессоре

$$\pi_k = p_k / p_0$$

4. Давление воздуха в начале сжатия

$$p_a = (0,96 - 1,12) p_s$$

5. Температура воздуха после компрессора

$$T_k = T_0 \pi_k^{(n_k - 1)/n_k}$$

6. Температура воздуха в ресивере

$$T_s = 273 + t_{3,6} + (15 - 20^\circ C)$$

7. Степень охлаждения воздуха

$$T'_s = T_s + \Delta t, \text{ где } \Delta t = 5 - 10^\circ$$

$$T_a = (T'_s + \gamma_r T_r) / (1 + \gamma_r)$$

$$T_r = 600 - 900 K$$

$$\gamma_r = 0,04 - 0,08$$

8. Коэффициент наполнения отнесенный к полезному ходу поршня (действительный коэффициент наполнения)

$$\eta_H = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{p_a}{p_s} \frac{T_s}{T_a} \frac{1}{1 + \gamma_s}$$

$$\eta'_H = \eta_H (1 - \psi_s)$$

$$\psi_s = h_s / s$$

9. Заряд воздуха

$$G'_e = v'_s \eta'_H \gamma_s \frac{1}{1 + 1.61d}$$

$$v_s = \pi D^2 / 4S$$

$$v_s = \pi D^2 / 4S * (1 - \psi_s)$$

10. Плотность наддувочного воздуха (в кг/м<sup>3</sup>)

$$\gamma_s = p_s / (RT_s)$$

d - влагосодержание воздуха.

### Контрольные вопросы.

1. В чём состоит основная задача газообмена?
2. В чём причины уменьшения заряда воздуха?
3. Что называется коэффициентом остаточных газов?
4. Что называется коэффициентом наполнения?
5. Какие климатические факторы влияют на снижение заряда воздуха в цилиндре?
6. Какие эксплуатационные факторы влияют на снижение заряда воздуха в цилиндре?

### Литература.

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 382 с Стр. 24-30

2. Методические рекомендации по курсовому проектированию для мореходных и арктического училищ по предмету «Судовые дизельные энергетические установки».—М.: В/О «Мортехинформреклама», 1987. —80 с. Стр. 3-6