

# Теплоёмкость газов

**Теплоёмкость** - количество тепла, которое необходимо сообщить телу (газу), чтобы повысить температуру какой-либо количественной единицы его на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Удельная массовая теплоёмкость:

$$c = \frac{c_{\mu}}{\mu}$$

$$\left[ \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$$

$$c' = c \cdot \rho$$

Удельная объёмная теплоёмкость:

$$c' = \frac{c_{\mu}}{22,4}$$

$$\left[ \frac{\text{кДж}}{\text{нм}^3 \cdot \text{К}} \right]$$

Уравнение Майера:

$$c_p - c_v = R$$

Показатель адиабаты:

$$k = \frac{c_p}{c_v}$$

Теплоёмкость смеси газов:

$$c_{p\text{см}} = g_1 \cdot c_{p1} + g_2 \cdot c_{p2} + \dots$$

$$c_{v\text{см}} = g_1 \cdot c_{v1} + g_2 \cdot c_{v2} + \dots$$

Среднее значения теплоёмкости

в диапазоне температур от  $t_1$  до  $t_2$

$$c_{cp} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c_{cp} \Big|_0^{t_2} t_2 - c_{cp} \Big|_0^{t_1} t_1}{t_2 - t_1}$$

1. Определить удельные массовые, мольные, объемные (на нормальный м<sup>3</sup>) изохорные и изобарные теплоемкости кислорода O<sub>2</sub> (32 кг/кмоль), считая его идеальным газом с “жесткими” молекулами.

2. Найти среднюю теплоемкость  $c_{p(cp)}$  и  $c'_{p(cp)}$  углекислого газа в пределах от 400 до 1000 °С, считая зависимость теплоемкости от температуры криволинейной.

Таблица 14 – Истинная массовая теплоемкость газов при  $p = \text{const}$  ( $c_p$ , кДж/кг·К)

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Воздух
0	0,915	1,039	14,195	1,040	0,815	1,859	1,004
100	0,934	1,043	14,564	1,045	0,913	1,892	1,012
200	0,963	1,053	14,620	1,058	0,993	1,942	1,026
300	0,994	1,069	14,649	1,080	1,057	2,002	1,046
400	1,024	1,092	14,684	1,106	1,110	2,066	1,070
500	1,048	1,116	14,779	1,132	1,155	2,134	1,094
600	1,069	1,140	14,896	1,157	1,192	2,203	1,116
700	1,088	1,162	15,049	1,179	1,223	2,275	1,137
800	1,100	1,182	15,236	1,199	1,249	2,347	1,157
900	1,112	1,199	15,434	1,216	1,272	2,417	1,172
1000	1,122	1,216	15,642	1,231	1,290	2,485	1,186
1100	1,132	1,229	15,861	1,244	1,306	2,548	1,199
1200	1,140	1,242	16,077	1,255	1,320	2,606	1,210

3. Найти количество тепла, необходимое для нагрева  $1 \text{ м}^3$  воздуха от  $300$  до  $1100 \text{ }^\circ\text{C}$  при  $p = \text{const}$ , считая зависимость теплоемкости от температуры криволинейной.

4. Найти количество тепла, необходимое для нагрева  $1 \text{ м}^3$  смеси газов от  $100$  до  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  при  $p = \text{const}$ , если состав смеси по объему следующий:  $\text{CO}_2 = 13,5 \%$ ;  $\text{O}_2 = 7,5 \%$ ;  $\text{N}_2 = 79,0 \%$ .

Таблица 14 – Истинная массовая теплоемкость газов при  $p = \text{const}$  ( $c_p$ , кДж/кг·К)

$t, ^\circ\text{C}$	$\text{O}_2$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$	$\text{CO}$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	Воздух
0	0,915	1,039	14,195	1,040	0,815	1,859	1,004
100	0,934	1,043	14,564	1,045	0,913	1,892	1,012
200	0,963	1,053	14,620	1,058	0,993	1,942	1,026
300	0,994	1,069	14,649	1,080	1,057	2,002	1,046
400	1,024	1,092	14,684	1,106	1,110	2,066	1,070
500	1,048	1,116	14,779	1,132	1,155	2,134	1,094
600	1,069	1,140	14,896	1,157	1,192	2,203	1,116
700	1,088	1,162	15,049	1,179	1,223	2,275	1,137
800	1,100	1,182	15,236	1,199	1,249	2,347	1,157
900	1,112	1,199	15,434	1,216	1,272	2,417	1,172
1000	1,122	1,216	15,642	1,231	1,290	2,485	1,186
1100	1,132	1,229	15,861	1,244	1,306	2,548	1,199
1200	1,140	1,242	16,077	1,255	1,320	2,606	1,210

Формулы для расчёта термодинамических процессов

Процесс	Соотношение между параметрами	Работа, Дж/кг	Теплота, Дж/кг; теплоёмкость, Дж/кг	Изменение энтропии, Дж/(кг·К)
Изохорический $V = const$	$P_1 T_2 = P_2 T_1$	$l = 0$	$q = C_v (T_2 - T_1); C = C_v$	$\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$
Изобарический $P = const$	$V_1 T_2 = V_2 T_1$	$l = P(V_2 - V_1)$	$q = C_p (T_2 - T_1) = h_2 - h_1;$ $C = C_p$	$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$
Изотермический $PV = const$	$P_1 V_1 = P_2 V_2$	$l = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$	$q = l \cdot C = \pm \infty$	$\Delta S = R \ln \frac{P_1}{P_2} = R \ln \frac{V_2}{V_1}$
Адиабатический $PV^K = const$	$P_1 V_1^K = P_2 V_2^K$ $T_1 V_1^{K-1} = T_2 V_2^{K-1}$	$l = \frac{R}{K-1} (T_1 - T_2)$	$q = 0;$ $C = 0$	$\Delta S = 0$
Политропический $PV^n = const$	$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$ $T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}$ $T_1 P_2^{\frac{n-1}{n}} = T_2 P_1^{\frac{n-1}{n}}$	$l = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2)$	$q = C_v \frac{n-\kappa}{n-1} (T_2 - T_1)$ $C_n = C_v \frac{n-\kappa}{n-1}$	$\Delta S = C_v \frac{n-\kappa}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1}$