

Контрольная по теплотехнике с решением

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №1

«Расчет характеристик газовой смеси»

Газовая смесь при нормальных условиях (н.у.), то есть при нормальной температуре $T_n = 273,15 \text{ К}$ и нормальном давлении $p_n = 101\,325 \text{ Па}$, имеет объем $V_{см}, \text{ м}^3$.

Химический состав смеси задан объемными процентами компонентов, входящих в смесь:

$\text{CO}_2; \text{CO}; \text{H}_2\text{O}; \text{O}_2; \text{N}_2; \text{H}_2$, об %.

В изобарном процессе за счет подвода теплоты смесь нагревается от начальной температуры t_1 до конечной $t_2, ^\circ\text{C}$.

Исходные данные:

$$r_{\text{CO}_2} = 0,08; r_{\text{CO}} = 0,01; r_{\text{H}_2\text{O}} = 0,21;$$

$$r_{\text{N}_2} = 0,69; r_{\text{H}_2} = 0,01; T_n = 273,15 \text{ К};$$

$$p_n = 101325 \text{ Па}; V = 8 \text{ м}^3;$$

$$t_1 = 10^\circ \text{C}; t_2 = 900^\circ \text{C}$$

Найти:

- 1) плотность смеси $\rho_{см}, \text{ кг/м}^3$;
- 2) массу смеси $M_{см}, \text{ кг}$;
- 3) приведенные объемы компонентов смеси при н.у.:
 $V_{\text{CO}_2}; V_{\text{CO}}; V_{\text{H}_2\text{O}}; V_{\text{N}_2}; V_{\text{H}_2}, \text{ м}^3$;
- 4) массовые доли компонентов смеси: $g_{\text{CO}_2}; g_{\text{CO}}; g_{\text{H}_2\text{O}}; g_{\text{N}_2}; g_{\text{H}_2}$;
- 5) массу каждого компонента смеси: $M_{\text{CO}_2}; M_{\text{CO}}; M_{\text{H}_2\text{O}}; M_{\text{N}_2}; M_{\text{H}_2}, \text{ кг}$;
- 6) газовую постоянную смеси $R_{см}, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$;
- 7) кажущуюся (среднюю) молярную массу смеси $\mu_{см}, \text{ Дж/моль}$;

- 8) парциальные давления компонентов смеси: P_{CO_2} ; P_{CO} ; P_{H_2O} ; P_{N_2} ; P_{H_2} , Па;
- 9) число молей смеси $\nu_{см}$, моль
- 10) число молей каждого компонента: ν_{CO_2} ; ν_{CO} ; ν_{H_2O} ; ν_{N_2} ; ν_{H_2} , моль;
- 11) рассчитать двумя способами плотность каждого компонента: ρ_{CO_2} ; ρ_{CO} ; ρ_{H_2O} ; ρ_{N_2} ; ρ_{H_2} , кг/м³, (исходя из определения плотности и из следствия закона Авогадро при н.у.);
- 12) в интервале от t_1 до t_2 рассчитать значения средних удельных теплоемкостей смеси
- изобарные: массовую $(Cp m_{см})_{t_1}^{t_2}$, кДж/(кг · К); объемную $(C'p m_{см})_{t_1}^{t_2}$, Дж/(м³ · К); мольную $(\mu C p m_{см})_{t_1}^{t_2}$, Дж/(моль · К);
- изохорные: массовую $(Cv m_{см})_{t_1}^{t_2}$, кДж/(кг · К); объемную $(C'v m_{см})_{t_1}^{t_2}$, Дж/(м³ · К); мольную $(\mu C v m_{см})_{t_1}^{t_2}$, Дж/(моль · К);
- 13) по полученным значениям средних удельных массовых теплоемкостей рассчитать значение показателя адиабаты k ;
- 14) для изобарного процесса, в котором температура смеси меняется от t_1 до t_2 , рассчитать теплоту процесса Q , Дж.

Решение:

1. Определим плотность смеси.

$$\rho_{см} = \sum r_i \cdot \rho_i,$$

ρ_i – плотности компонента смеси при н.у. взятые из таблицы.

$$\rho_{см} = 0,08 \cdot 1,977 + 0,01 \cdot 1,25 + 0,21 \cdot 0,804 + 0,69 \cdot 1,251 + 0,01 \cdot 0,09 = 1,21 \text{ кг/м}^3$$

2. Определим газовую постоянную смеси.

$$R_{см} = \frac{R_{\mu}}{\sum r_i \cdot \mu_i},$$

μ_i – молярная масса компонента взятые из таблицы.

$$R_{cm} = \frac{8314}{0,08 \cdot 44,01 + 0,01 \cdot 28,01 + 0,21 \cdot 18,016 + 0,69 \cdot 28,026 + 0,01 \cdot 2,016} = 309 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$$

3. Определим приведенные объемы компонентов смеси при н.у.

$$r_i = \frac{V_i}{V_{cm}} \Rightarrow V_i = r_i \cdot V_{cm}$$

$$V_{CO_2} = r_{CO_2} \cdot V_{cm} = 0,08 \cdot 8 = 0,64 \text{ м}^3$$

$$V_{CO} = r_{CO} \cdot V_{cm} = 0,01 \cdot 8 = 0,08 \text{ м}^3$$

$$V_{H_2O} = r_{H_2O} \cdot V_{cm} = 0,21 \cdot 8 = 1,68 \text{ м}^3$$

$$V_{N_2} = r_{N_2} \cdot V_{cm} = 0,69 \cdot 8 = 5,52 \text{ м}^3$$

$$V_{H_2} = r_{H_2} \cdot V_{cm} = 0,01 \cdot 8 = 0,08 \text{ м}^3$$

4. Определим массу смеси.

$$M_{cm} = \sum V_i \cdot \rho_i$$

$$M_{cm} = 0,64 \cdot 1,977 + 0,08 \cdot 1,25 + 1,68 \cdot 0,804 + 5,52 \cdot 1,251 + 0,08 \cdot 0,09 = 9,637 \text{ кг}$$

5. Определим массы компонентов.

$$M_i = \rho_i \cdot V_i$$

$$M_{CO_2} = \rho_{CO_2} \cdot V_{CO_2} = 1,977 \cdot 0,64 = 1,27 \text{ кг}$$

$$M_{CO} = \rho_{CO} \cdot V_{CO} = 1,25 \cdot 0,08 = 0,1 \text{ кг}$$

$$M_{H_2O} = \rho_{H_2O} \cdot V_{H_2O} = 0,804 \cdot 1,68 = 1,35 \text{ кг}$$

$$M_{N_2} = \rho_{N_2} \cdot V_{N_2} = 1,251 \cdot 5,52 = 6,91 \text{ кг}$$

$$M_{H_2} = \rho_{H_2} \cdot V_{H_2} = 0,09 \cdot 0,08 = 0,007 \text{ кг}$$

6. Определим массовые доли компонентов смеси.

$$g_i = \frac{M_i}{M_{cm}}$$

$$g_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_{cm}} = \frac{1,27}{9,637} = 0,136$$

$$g_{CO} = \frac{M_{CO}}{M_{cm}} = \frac{0,1}{9,637} = 0,01$$

$$g_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{M_{cm}} = \frac{1,35}{9,637} = 0,14$$

$$g_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_{см}} = \frac{6,91}{9,637} = 0,717$$

$$g_{H_2} = \frac{M_{H_2}}{M_{см}} = \frac{0,007}{9,637} = 0,0007$$

7. Определим кажущуюся (среднюю) молярную массу смеси.

$$\mu_{см} = \frac{R_{\mu}}{R_{см}} = \frac{8314}{309} = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг / моль}$$

8. Определим парциальные давления компонентов смеси.

$$p_i = r_i \cdot p_{см}$$

$$p_{CO_2} = 0,08 \cdot 101325 = 8106 \text{ Па}$$

$$p_{CO} = 0,01 \cdot 101325 = 1013,25 \text{ Па}$$

$$p_{H_2O} = 0,21 \cdot 101325 = 21278,25 \text{ Па}$$

$$p_{N_2} = 0,69 \cdot 101325 = 69914,25 \text{ Па}$$

$$p_{H_2} = 0,01 \cdot 101325 = 1013,25 \text{ Па}$$

9. Определим число молей смеси.

$$\nu_{см} = \frac{M_{см}}{\mu_{см}} = \frac{9,637}{27 \cdot 10^{-3}} = 356 \text{ моль}$$

10. Определим число молей каждого компонента.

$$\nu_i = \frac{M_i}{\mu_i}$$

$$\nu_{CO_2} = \frac{1,27}{44,01 \cdot 10^{-3}} = 28,85 \text{ моль}$$

$$\nu_{CO} = \frac{0,1}{28,01 \cdot 10^{-3}} = 3,57 \text{ моль}$$

$$\nu_{H_2O} = \frac{1,35}{18,016 \cdot 10^{-3}} = 74,93 \text{ моль}$$

$$\nu_{N_2} = \frac{6,91}{28,026 \cdot 10^{-3}} = 246,6 \text{ моль}$$

$$\nu_{H_2} = \frac{0,007}{2,016 \cdot 10^{-3}} = 34,7 \text{ моль}$$

11. Определим плотность каждого компонента двумя способами.

В этом файле выложены ознакомительные фрагменты работы. Вы можете заказать решение задач, контрольную или курсовую работу по своей теме и требованиям на [сайте МатБюро](http://www.MatBuro.ru).

Первый способ:

$$\rho_i = \frac{M_i}{V_i}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{1,27}{0,64} = 1,94 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{CO} = \frac{0,1}{0,08} = 1,25 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{H_2O} = \frac{1,35}{1,68} = 0,8036 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{N_2} = \frac{6,91}{5,52} = 1,252 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{H_2} = \frac{0,007}{0,08} = 0,0875 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Второй способ:

$$\rho_i = \frac{\mu_i}{V_m}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{44,01 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 1,965 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{CO} = \frac{28,01 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 1,25 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{H_2O} = \frac{18,016 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 0,8043 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{N_2} = \frac{28,026 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 1,251 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{H_2} = \frac{2,016 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 0,09 \text{ кг} / \text{м}^3$$

12. Определим значения средних удельных теплоемкостей смеси в интервале с 10⁰С до 900⁰С.

Изобарные:

Массовая средняя теплоемкость:

$$(C_{pm})_{t_1}^{t_2} = \frac{(C_{pm})_0^{t_2} \cdot t_2 - (C_{pm})_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1}$$

$$(Cp_{cm})_0^{t_1} = 0,136 \cdot 1,1045 + 0,01 \cdot 1,12 + 0,14 \cdot 2,1097 + 0,717 \cdot 1,1078 + 0,0007 \cdot 14,706 = 1,2613 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}$$

$$(Cp_{cm})_0^{t_1} = 0,136 \cdot 0,8199 + 0,01 \cdot 1,0362 + 0,14 \cdot 1,8607 + 0,717 \cdot 1,0393 + 0,0007 \cdot 14,2108 = 1,1375 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}$$

$$(Cp_{cm})_{t_1}^{t_2} = \frac{1,2613 \cdot 900 - 1,1375 \cdot 10}{900 - 10} = 1,2627 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}$$

Мольная средняя теплоемкость:

$$(\mu Cp_{cm})_{t_1}^{t_2} = (Cp_{cm})_{t_1}^{t_2} \cdot \mu_{cp} = 1,2627 \cdot 27 = 34,2 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$$

Объемная средняя теплоемкость:

$$(C'p_{cm})_{t_1}^{t_2} = \frac{(\mu Cp_{cm})_{t_1}^{t_2}}{V_m} = \frac{34,2}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 1,5268 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{K}$$

Изохорные:

Массовая средняя теплоемкость:

$$(Cv_{cm})_{t_1}^{t_2} = (Cp_{cm})_{t_1}^{t_2} - R_{cm} = 1,2627 - 0,309 = 0,9537 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}$$

Мольная средняя теплоемкость:

$$(\mu Cv_{cm})_{t_1}^{t_2} = (Cv_{cm})_{t_1}^{t_2} \cdot \mu_{cp} = 0,9537 \cdot 27 = 25,75 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$$

Объемная средняя теплоемкость:

$$(C'v_{cm})_{t_1}^{t_2} = \frac{(\mu Cv_{cm})_{t_1}^{t_2}}{V_m} = \frac{25,75}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 1,15 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{K}$$

13. Определим значение показателя адиабаты.

$$k = \frac{(Cp_{cm})_{t_1}^{t_2}}{(Cv_{cm})_{t_1}^{t_2}} = \frac{1,2627}{0,9537} = 1,32$$

14. Определим теплоту процесса для изобарного процесса.

$$Q_M = M_{cm} \cdot (Cp_{cm})_{t_1}^{t_2} \cdot (t_2 - t_1) = 9,637 \cdot 1,2627 \cdot (900 - 10) = 10830,09 \text{ кДж}$$

$$Q_V = V_{cm} \cdot (C'p_{cm})_{t_1}^{t_2} \cdot (t_2 - t_1) = 8 \cdot 1,15 \cdot (900 - 10) = 8188 \text{ кДж}$$

$$Q_v = v_{cm} \cdot (\mu Cp_{cm})_{t_1}^{t_2} \cdot (t_2 - t_1) = 356 \cdot 34,2 \cdot (900 - 10) = 10832,88 \text{ кДж}$$