

Практическое занятие 1

Расчет физических свойств газа
при условиях перекачки.

Задание 1

По газопроводу протяженностью L перекачивается природный газ. Трубопровод условно горизонтальный; наружный диаметр и толщина стенки соответственно равны D_n и δ (мм).

Начальное и конечное давление (МПа) соответственно равны P_n и P_k . Средняя температура газа (К) на участке равна T_{cp} . Коэффициент гидравлического сопротивления равен λ .

Определить:

- физические свойства газа при расчетных параметрах перекачки.

Исходные данные для расчета:

Компонентный состав газа, %:

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	и- C_4H_{10}	н- C_5H_{12}	CO_2	N_2

Протяженность трубопровода L , км ;

Начальное давление P_n , МПа ;

Конечное давление P_k , МПа ;

Средняя температура газа $T_{\text{ср}}$, К ;

Наружный диаметр D_n , мм ;

Толщина стенки трубы δ , мм ;

коэффициент гидравлического сопротивления λ .

Свойства компонентов природного газа

Компонент	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	и-C ₄ H ₁₀	н-C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂
Плотность $\rho_{\text{СТ}}$, кг/м ³	0,668	1,260	1,864	2,488	3,174	1,839	1,165
Молярная масса M_i , кг/кмоль	16,04	30,07	44,10	58,12	72,15	44,01	28,02
Критическое давление $P_{\text{кр}}$, МПа	4,60	4,88	4,25	3,65	3,36	7,39	3,39
Критическая температура $T_{\text{кр}}$, К	190,55	305,83	369,82	408,13	469,69	304,2	126,2

1 Расчет характеристик транспортируемого газа

При стандартных условиях:

Плотность (кг/м³)

$$\rho_{СТ} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \rho_{СТ i}$$

Молярная масса (кг/кмоль)

$$M_{Г} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot M_{Г i}$$

Псевдокритическое давление (МПа)

$$P_{ПК} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot P_{КР i}$$

Псевдокритическая температура (К)

$$T_{ПК} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot T_{КР i}$$

Газовая постоянная (кДж/(кмоль·К))

$$R = \frac{\bar{R}}{M_{Г}}$$

Относительная плотность газа по воздуху

$$\Delta = \frac{\rho_{СТ}}{\rho_{ВОЗД}}$$

Среднее давление газа (МПа)

$$P_{CP} = \frac{2}{3} \cdot \left(P_H + \frac{P_K^2}{P_H + P_K} \right).$$

Приведенные давление и температура

$$P_{ПР} = \frac{P_{CP}}{P_{ПК}}$$

$$T_{ПР} = \frac{T_{CP}}{T_{ПК}}$$

Средний коэффициент сжимаемости

$$Z_{CP} = 1 + A_1 \cdot P_{ПР} + A_2 \cdot P_{ПР}^2$$

$$A_1 = -0,39 + \frac{2,03}{T_{ПР}} - \frac{3,16}{T_{ПР}^2} + \frac{1,09}{T_{ПР}^3}$$

$$A_2 = 0,0423 - \frac{0,1812}{T_{ПР}} + \frac{0,2124}{T_{ПР}^2}$$

Плотность газа при условиях перекачки (P_{CP} и T_{CP})

$$\rho_{Г} = \frac{P_{CP}}{Z_{CP} \cdot R \cdot T_{CP}}$$

Теплоемкость, кДж/(кг·К)

$$C_P = R \cdot (E_0 + E_1 \cdot P_{ПР} + E_2 \cdot P_{ПР}^2 + E_3 \cdot P_{ПР}^3)$$

$$E_0 = 4,437 - 1,015 \cdot T_{ПР} + 0,591 \cdot T_{ПР}^2$$

$$E_1 = 3,29 - \frac{11,37}{T_{ПР}} + \frac{10,9}{T_{ПР}^2}$$

$$E_2 = 3,23 - \frac{16,27}{T_{ПР}} + \frac{25,48}{T_{ПР}^2} - \frac{11,81}{T_{ПР}^3}$$

$$E_3 = -0,214 + \frac{0,908}{T_{ПР}} - \frac{0,967}{T_{ПР}^2}$$

R - газовая постоянная смеси, (кДж/(кг·К))

Динамическая вязкость газа (Па·с)

$$\mu_{\Gamma} = \mu_0 \cdot \left(1 + B_1 \cdot P_{\text{ПР}} + B_2 \cdot P_{\text{ПР}}^2 + B_3 \cdot P_{\text{ПР}}^3 \right)$$

$$\mu_0 = (1,81 + 5,95 \cdot T_{\text{ПР}}) \cdot 10^{-6}$$

$$B_1 = -0,67 + \frac{2,36}{T_{\text{ПР}}} - \frac{1,93}{T_{\text{ПР}}^2}$$

$$B_2 = 0,8 - \frac{2,89}{T_{\text{ПР}}} + \frac{2,65}{T_{\text{ПР}}^2}$$

$$B_3 = -0,1 + \frac{0,354}{T_{\text{ПР}}} - \frac{0,314}{T_{\text{ПР}}^2}$$

Коэффициент Джоуля-Томсона (К/МПа)

$$D_i = H_0 + H_1 \cdot P_{\text{ПР}} + H_2 \cdot P_{\text{ПР}}^2 + H_3 \cdot P_{\text{ПР}}^3$$

$$H_0 = 24,96 - 20,3 \cdot T_{\text{ПР}} + 4,57 \cdot T_{\text{ПР}}^2$$

$$H_1 = 5,66 - \frac{19,92}{T_{\text{ПР}}} + \frac{16,89}{T_{\text{ПР}}^2}$$

$$H_2 = -4,11 + \frac{14,68}{T_{\text{ПР}}} - \frac{13,39}{T_{\text{ПР}}^2}$$

$$H_3 = 0,568 - \frac{2,0}{T_{\text{ПР}}} + \frac{1,79}{T_{\text{ПР}}^2}$$