

Расчет магистрального газопровода

Практическое занятие 4

Этап 1. Расчет физических свойств газа. Определение числа компрессорных станций.

Исходные данные для технологического расчета

Компонентный состав газа, %: (из исходных данных практического занятия 1)

Годовая пропускная способность Q_{Γ} , млрд.м³/год;

Протяженность трассы L , км;

Данные о грунте:

- тип грунта (песок; суглинок; смешанный);

- температура грунта на глубине оси t_0 , °С;

- влажность грунта $\omega_{\Gamma P}$, %;

- плотность грунта $\rho_{\Gamma P}$, т/м³;

Температура воздуха $t_{\text{возд}}$, °С;

Высота расположения КС

над уровнем моря H , м;

Тип привода

Нагнетатель

Дополнительные сведения

Наружный диаметр газопровода $D_n=1420$ мм;

Толщина стенки трубы $\delta=$ мм;

Глубина заложения над верхом трубы $h=1$ м;

Снеговой покров отсутствует;

Скорость ветра $u=5$ м/с;

Температура газа на входе

в линейный участок $t_H=35$ °С;

Коэффициент эффективности $E=0,95$.

1.1 Выбор рабочего давления

Современные газопроводы работают с рабочим (избыточным) давлением 75 кгс/см^2 .

При этом абсолютное давление на нагнетании $P_{\text{НАГ}}$ центробежного нагнетателя (ЦН) не должно превышать 76 кгс/см^2 ($76 \cdot 0,0981 = 7,456 \text{ МПа}$).

1.2 Выбор давления на входе в компрессорный цех

Анализ характеристик ЦН показывает, что давление на всасывании ЦН лежат в пределах $4,93 \dots 52,8 \text{ кгс/см}^2$.

Значение $P_{\text{ВС}}$ принимаем по **таблице 5** для соответствующего типа ЦН .

1.3 Расчет характеристик транспортируемого газа (по данным практического задания 1)

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 (Дж/(кмоль·К))

$$R = \frac{\bar{R}}{M_{Г}}$$

Относительная плотность газа по воздуху

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

1.4 Средние давления и температура в первом приближении

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

$$T_{CP} = \frac{T_H + T_O}{2}$$

1.5 Приведенные давления и температура в первом приближении

$$P_{ПР} = \frac{P_{CP}}{P_{ПК}}$$

$$T_{ПР} = \frac{T_{CP}}{T_{ПК}}$$

1.6 Средний коэффициент сжимаемости

$$Z = 1 + A_1 \cdot P_{\text{ПР}} + A_2 \cdot P_{\text{ПР}}^2$$

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

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

1.7 Коэффициент гидравлического сопротивления

$$\lambda_{TP} = 0,067 \cdot \left(\frac{2 \cdot k_{\text{Э}}}{D} \right)^{0,2};$$

$$\lambda = \frac{\lambda_{TP}}{E^2}.$$

1.8 Среднее ориентировочное расстояние между компрессорными станциями

$$l_{KC} = \frac{K^2 \cdot D^5 \cdot (P_H^2 - P_K^2)}{Q^2 \cdot \lambda \cdot Z_{CP} \cdot \Delta \cdot T_{CP}}$$

1.9 Ориентировочное число КС, которое округляется до целого n_{KC}

$$n_0 = \frac{L}{l_{KC}}$$

1.10 Уточненное среднее расстояние между КС

$$l_{KC} = \frac{L}{n_{KC}}.$$

1.11 Коэффициент теплопроводности грунта $\lambda_{гр}$ (Вт/(м·К)) рассчитывается по формулам:

для песка (34)

$$10^3 \cdot \lg \lambda_{гр} = -134,2 + 23,89 \cdot \omega_{гр} - 2,389 \cdot T_{гр} + 442,98 \cdot \rho_{гр} - 0,276 \cdot \omega_{гр}^2$$

для суглинка (35)

$$10^3 \cdot \lg \lambda_{гр} = -711,8 + 8,25 \cdot \omega_{гр} + 2,48 \cdot T_{гр} - 17,2 \cdot \rho_{гр}$$

для смешанного грунта (36)

$$10^3 \cdot \lg \lambda_{гр} = -920,27 + 13,9 \cdot \omega_{гр} + 3,26 \cdot T_{гр} + 18,6 \cdot \rho_{гр} - 0,36 \cdot \omega_{гр}^2$$

1.12 Коэффициент теплоотдачи от поверхности грунта в атмосферу α_B (Вт/(м²·К)

$$\alpha_B = 6,2 + 4,2 \cdot v,$$

где v - скорость ветра, м/с.

1.13 Эффективная глубина заложения трубопровода, м

$$h_{0Э} = h_0 + \lambda_{гр} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{CH}}{\lambda_{CH}} \right),$$

где h_0 – глубина заложения оси трубопровода от поверхности грунта, м

$$h_0 = h + \frac{D_H}{2}.$$

1.14 Средний коэффициент теплопередачи от газа в окружающую среду K_{CP} (Вт/(м²·К))

$$K_{CP} = \frac{\lambda_{gp}}{D_H} \cdot \left[0,65 + \left(\frac{D_H}{h_{0Э}} \right)^2 \right]$$