

Остальные обозначения указаны непосредственно в тексте.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА РЕГУЛИРУЕМОЙ СРЕДЫ

3.1. Определение абсолютного давления

Абсолютное давление - P потока среды определяют как сумму избыточного P_u и барометрического давлений P_s

$$P = P_u + P_s \quad (1)$$

3.2. Определение температуры газа

Абсолютную температуру потока среды находят как сумму

$$T = T_n + t \quad (2)$$

3.3. Определение плотности газа

3.3.1. Плотность смеси сухих газов при нормальных условиях определяется по формуле

$$\rho_n = N_1 \rho_1 + N_2 \rho_2 + \dots + N_i \rho_i, \quad (3)$$

где ρ_1, ρ_i - плотность компонентов газовой смеси при нормальных условиях, кг/м³, определяется по обязательному приложению I;

N_1, N_i - молярная концентрация компонентов газовой смеси в долях единицы определяется по формуле

$$N_i = \frac{m_i}{M}, \quad (4)$$

где m_i - число молей газовой смеси определяется по формуле

$$m_i = \frac{y_i \cdot \rho_i}{M_i}, \quad (5)$$

где M - число молей газовой смеси определяется по формуле

$$M = \frac{y_1 \rho_1}{M_1} + \frac{y_2 \rho_2}{M_2} + \dots + \frac{y_i \rho_i}{M_i}, \quad (6)$$

где y_i - объемная доля компонентов газовой смеси, определяется по формуле

$$y_i = \frac{y_n}{100}, \quad (7)$$

где y_n - компонент газовой смеси в процентах;

M_i - молекулярный вес компонентов газовой смеси определяется по приложению I.

Для газов молярная концентрация компонентов газовой смеси равна объемной доли компонентов газовой смеси. Поэтому для практических расчетов молярную концентрацию компонентов газовой смеси следует определять по упрощенной формуле

$$N_i = \frac{y_n}{100} \quad (8)$$

3.3.2. Плотность газовой смеси в рабочих условиях определяется по формуле

$$\rho = \frac{\rho_n \cdot P \cdot T_n}{P_n \cdot T \cdot K} \quad (9)$$

где T_n - абсолютная температура газа принимается равной 273,15 К для смеси газов, плотность (ρ_n), которой определялась при $t = 0^\circ\text{C}$ и равной - 293,15 К для смеси газов, плотность которой определялась при $t = 20^\circ\text{C}$.

3.3.3. Пример. Расчет по определению плотности природного газа

Исходные данные

Состав газа

Наименование компонентов газовой смеси	Содержание компонентов в газовой смеси в %
Метан CH_4	$y_{n1} = 94,16$

Наименование компонентов газовой смеси		Содержание компонентов в газовой смеси в %	
Этан	C_2H_6	$y_{п2}$	= 2,49
Пропан	C_3H_8	$y_{п3}$	= 0,38
Бутан	C_4H_{10}	$y_{п4}$	= 0,24
Углекислый газ	CO_2	$y_{п5}$	= 0,13
Азот	N_2	$y_{п6}$	= 2,6

Температура газа $t = 5^{\circ}C$.

Избыточное давление газа $P_i = 0,5 \text{ МПа}$

Барометрическое давление $P_s = 0,1034 \text{ МПа}$

Расчет

Определяемая величина	Приложение, таблица, рис., формула	Расчет	Результат
1. Абсолютная температура потока среды, T	Формула 2	$T = T_n + t =$ $= 273,15 + 5 =$	278,15 К
2. Абсолютное давление среды, P	Формула I	$P = P_i + P_s =$ $= 0,5 + 0,1034 =$	0,6034 МПа
3. Молярная концентрация компонентов газовой смеси:	Формула 8		
N_1		$N_1 = \frac{y_{п1}}{100} = \frac{94,16}{100} =$	0,9416
N_2		$N_2 = \frac{y_{п2}}{100} = \frac{2,49}{100} =$	0,0249
N_3		$N_3 = \frac{y_{п3}}{100} = \frac{0,38}{100} =$	0,0038

Определяемая величина	Приложение, таблица, рис., формула	Расчет	Результат
N_4		$N_4 = \frac{Y_{п4}}{100} = \frac{0,24}{100} =$	0,0024
N_5		$N_5 = \frac{Y_{п5}}{100} = \frac{0,13}{100} =$	0,0013
N_6		$N_6 = \frac{Y_{п6}}{100} = \frac{2,6}{100} =$	0,026
4. Плотность компонентов газовой смеси при $t = 0^\circ\text{C}$	Приложение I		
$P_H = 0,10132 \text{ МПа}$			
ρ_1			0,7172 кг/м ³
ρ_2			1,3548 кг/м ³
ρ_3			2,009 кг/м ³
ρ_4			2,68 кг/м ³
ρ_5			1,9767 кг/м ³
ρ_6			1,25 кг/м ³
5. Плотность газовой смеси при $t = 0^\circ\text{C}$ и $P_H = 0,10132 \text{ МПа}$	Формула 3	$P_H = \rho_1 N_1 + \rho_2 N_2 + \dots + \rho_i N_i =$ $= 0,9416 \cdot 0,7172 +$ $+ 0,0249 \cdot 1,3548 +$ $+ 0,0038 \cdot 2,009 +$ $+ 0,0024 \cdot 2,68 +$ $+ 0,0013 \cdot 1,9767 +$ $+ 0,026 \cdot 1,25 =$	0,758 кг/м ³

Определяемая величина	Приложение, Таблица, рис., формула	Расчет	Результат
6. Плотность газовой смеси в рабочих условиях	Формула 9	$\rho = \frac{\rho_n \cdot P \cdot T_n}{P_n \cdot T \cdot K}$ $= \frac{0,758 \cdot 0,6034 \cdot 273,15}{0,10132 \cdot 278,15 \cdot 1} =$	$= 4,433 \text{ кг/м}^3$

3.4. Определение коэффициента сжимаемости газовой смеси

3.4.1. Коэффициент сжимаемости учитывает отклонение свойств реальных газов и их смесей от свойств идеальных газов.

Коэффициенты сжимаемости некоторых газов и воздуха в зависимости от температуры и давления, могут быть определены по графикам рекомендуемого приложения 2.

Для воздушной среды с давлением до 5 МПа и при температуре от минус 25 до плюс 25°C коэффициент сжимаемости следует принимать равным 0,9996.

Коэффициент сжимаемости смесей природных газов плотностью $\rho_n = 0,55-0,90 \text{ кг/м}^3$ определяют по обязательному приложению 3, в зависимости от псевдоприведенного избыточного давления $P_{ип}$ (МПа), псевдоприведенной температуры t_n (°C).

3.4.2. Псевдоприведенное избыточное давление и температура природных газов определяется по формулам

$$P_{ип} = P_u \cdot K_p \quad (I0)$$

$$t_n = K_T (t + 273,15) - 273,15 \quad (II)$$

где K_p и K_T - комплексные коэффициенты приведения избыточного давления и температуры соответственно.

3.4.3. Комплексные коэффициенты приведения избыточного давления и температуры природных газов определяют по формулам для смесей газов, не содержащих CO_2 и N_2

$$K_p = \frac{26,1082}{26,832 - P_H}; \quad (I2)$$

$$K_T = \frac{1,2864}{0,56364 + P_H}; \quad (I3)$$

для смесей газов, содержащих CO_2 и N_2 ($N_{CO_2} \neq 0$ и $N_{N_2} \neq 0$) - молярные концентрации в мольных % соответственно

$$K_p = \frac{156,48}{5,993(26,831 - P_H) + (N_{CO_2} + 0,392 N_{N_2})}, \quad (I4)$$

$$K_T = \frac{226,29}{175,91(0,5636 + P_H) - (N_{CO_2} + 1,681 N_{N_2})}, \quad (I5)$$

где N_{CO_2} и N_{N_2} - молярные концентрации в мольных % CO_2 и N_2 соответственно.

По найденным значениям K_p и K_T вычисляют P_{HH} и t_H и определяют соответствующее им значение K по приложению 3.

3.4.4. Коэффициент сжимаемости смеси природного газа допускается также определять по формуле

$$K = N_1 K_1 + N_2 K_2 + \dots + N_i K_i, \quad (I6)$$

где K_i - коэффициенты сжимаемости компонентов газовой смеси при давлении и температуре определяются по графикам приложения 2;

N_i - молярные концентрации компонентов смеси в долях единицы.

3.5. Определение псевдокритических и приведенных параметров газа

3.5.1. Псевдокритические давление и температуру смеси газов определяют по формулам

$$P_{пк} = N_1 P_{к1} + N_2 \cdot P_{к2} + \dots + N_i P_{ки} \quad (17)$$

$$T_{пк} = N_1 T_{к1} + N_2 \cdot T_{к2} + \dots + N_i T_{ки} \quad (18)$$

где $P_{ки}$ и $T_{ки}$ - критические значения давления и температуры i -го компонента смеси газов соответственно принимают по обязательному приложению 4;

N_i - молярная концентрация i -го компонента смеси газов в долях единицы.

3.5.2. Приведенное давление и приведенную температуру определяют по формулам

$$P_{пр} = \frac{P}{P_{пк}} \quad (19)$$

$$T_{пр} = \frac{T}{T_{пк}} \quad (20)$$

3.6. Определение вязкости газов

3.6.1. Динамическая вязкость смеси природных газов в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} \mu_{см} = 5,0747 \cdot 10^{-6} [1 + P_H(1,104 - \\ - 0,25 \cdot P_H)] \cdot [T_{пр}(1 - 0,1038 T_{пр}) + \\ + 0,037] \cdot \left[1 + \frac{(9,81 \cdot P_{пр})^2}{30(T_{пр} - 1)} \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

3.6.2. Кинематическая вязкость газовой смеси в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$\nu = \frac{\mu_{см}}{9,81 \cdot \rho} \quad (22)$$

3.7. Определение показателя адиабаты газов

Показатель адиабаты смеси газов при давлениях, близких к атмосферному определяют по формуле

$$\chi = N_1 \chi_1 + N_2 \chi_2 + \dots + N_i \chi_i, \quad (23)$$