

Тема 1. ГАЗООБРАЗНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА

ВАРИАНТ	А	Б	В	МАССОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ, %			Т ₁ , К	Т ₂ , К	Р ₂ , МПа
				А	Б	В			
3	N ₂	CH ₄	C ₃ H ₈	8	23	69	350	390	10

Задача №1. В таблице 1 приведен массовый состав (%) смеси газов А, Б, В. При давлении $P_1 = 101325$ Па и температуре T_1 (см. табл. 1) смесь подчиняется законам идеальных газов.

Вычислите: а) объемный состав смеси;

б) парциальные давления компонентов;

в) объем 1 кг смеси.

1) **Решение.** В 1 кг смеси содержится:

$$m(N_2) = 80 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \quad m(CH_4) = 230 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \quad m(C_3H_8) = 690 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

$$M(N_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad M(CH_4) = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad M(C_3H_8) = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

Согласно уравнению это соответствует следующему числу молей:

$$\nu_{N_2} = 80 \cdot 10^{-3} / 28,0 \cdot 10^{-3} = 2,86 \text{ молей};$$

$$\nu_{CH_4} = 230 \cdot 10^{-3} / 16,0 \times 10^{-3} = 14,38 \text{ молей};$$

$$\nu_{C_3H_8} = 690 \cdot 10^{-3} / 44,0 \times 10^{-3} = 15,68 \text{ молей}.$$

Общее число молей равно: $\nu_{CM} = 2,86 + 14,38 + 15,68 = \mathbf{32,92}$ молей.

По уравнению молярные доли газов равны:

$$y_{N_2} = 2,86 / 32,92 = 0,087;$$

$$y_{CH_4} = 14,38 / 32,92 = 0,437;$$

$$y_{C_3H_8} = 15,68 / 32,92 = 0,476.$$

Объемные концентрации идеальных газов (%) равны их молярным долям. Умноженным на 100 (1.8). Таким образом, объемный состав смеси следующий: азот – 8,7%; метан – 43,7%; пропан – 47,6%.

2). Парциальные давления газов равны общему давлению газовой смеси, умноженному на молярную долю газа:

$$P_{N_2} = P_{CM} \times y_{N_2} = 101325 \times 0,087 = \mathbf{8815,3 \text{ Па}};$$

$$P_{CH_4} = P_{CM} \times y_{CH_4} = 101325 \times 0,437 = \mathbf{44279,0 \text{ Па}};$$

$$P_{C_3H_8} = 101325 \times 0,476 = 48230,7 \text{ Па.}$$

3) Объем 1 кг смеси вычисляется по уравнению Клапейрона-Менделеева (1.11):

$$V_{CM} = \nu_{CM} \frac{RT}{P_{CM}} = (32,92 \times 8,314 \times 350) / 101325 = 0,945 \text{ м}^3.$$

Здесь ν_{CM} – число молей газов в 1 кг смеси.

Задача №2. Вычислите плотность смеси при температуре T_2 и внешнем давлении P_2 (см. табл. 1). Критические параметры газов приведены в таблице 2. Коэффициент сжимаемости найдите по графику (рис.1) и таблице 3.

Решение. При данных условиях (P_{CM} больше P_{KP}) плотность реальных газов (ρ) рассчитывается по уравнению:

$$\rho_{CM} = \frac{P_{CM} M_{CM}}{z_{CM} RT}.$$

Для вычисления z_{CM} выпишем из таблицы 1.2 критические параметры газов:

Газ	Критическая температура T_{KP}, K	Критическое давление $P_{KP}, \text{МПа}$
N_2	126,2	3,39
CH_4	190,7	4,70
C_3H_8	369,8	4,3

Молярные доли газов равны (см. задачу 1):

$$y_{N_2} = 0,087; \quad y_{CH_4} = 0,437; \quad y_{C_3H_8} = 0,476.$$

По уравнениям вычислим псевдокритические параметры газовой смеси.

$$T_{PKP} = T_{KP}(N_2) \times y_{N_2} + T_{KP}(CH_4) \times y_{CH_4} + T_{KP}(C_3H_8) \times y_{C_3H_8} = 126,2 \times 0,087 + 190,7 \times 0,437 + 369,8 \times 0,476 = 269,94 \text{ К};$$

$$P_{PKP} = P_{KP}(N_2) \times y_{N_2} + P_{KP}(CH_4) \times y_{CH_4} + P_{KP}(C_3H_8) \times y_{C_3H_8} = 3,39 \times 0,087 + 4,70 \times 0,437 + 4,3 \times 0,476 = 4,39 \text{ МПа}$$

Приведенные критические параметры равны:

$$T_{ПР} = T_{CM} / T_{PKP} = 390 / 269,94 = 1,44; \quad P_{ПР} = P_{CM} / P_{PKP} = 10,0 / 4,39 = 2,28.$$

Коэффициент сжимаемости $z_{см}$ находим по приведенным параметрам, используя график (см. рис.1.1): $z_{см} = 0,77$.

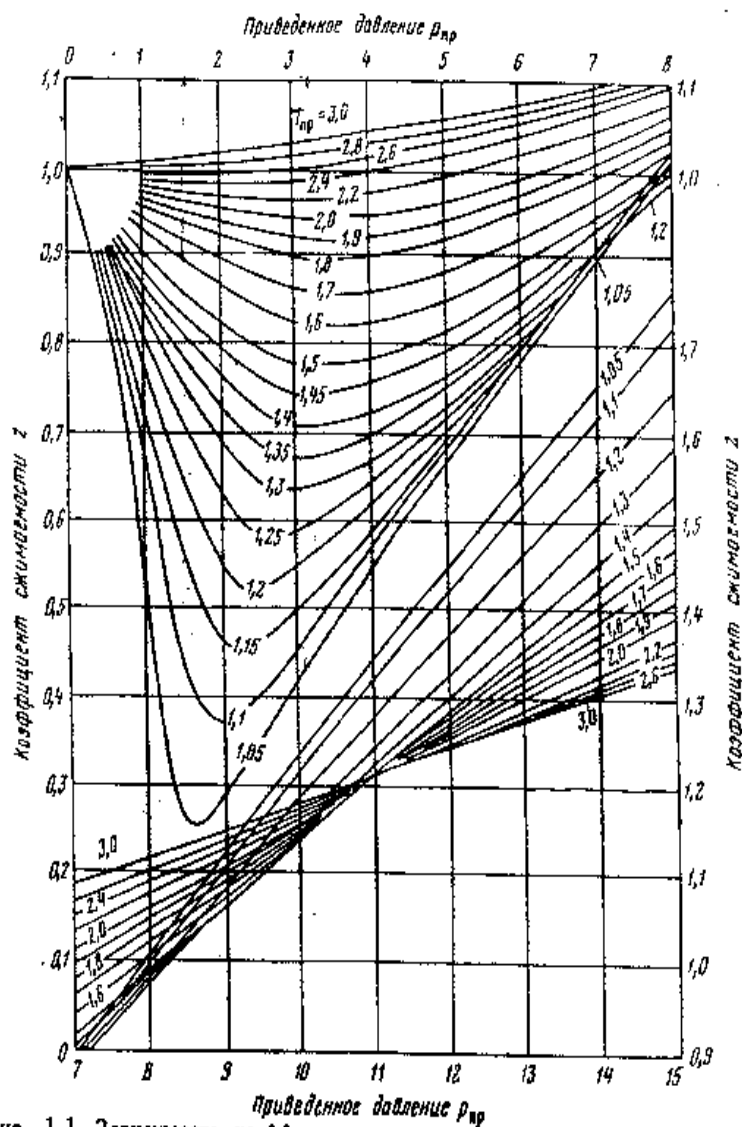


Рис. 1.1 Зависимость коэффициента сжимаемости углеводородных газов z от приведенных абсолютных давления $p_{пр}$ и температуры $T_{пр}$

Средняя молярная масса газовой смеси равна :

$$M_{CM} = M_{N_2} \times y_{N_2} + M_{CH_4} \times y_{CH_4} + M_{C_3H_8} \times y_{C_3H_8} = \\ (28,0 \times 0,087 + 16,0 \times 0,437 + 44,0 \times 0,476) \times 10^{-3} = 30,4 \times 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

Плотность газовой смеси будет равна:

$$\rho_{CM} = \frac{P_{CM} M_{CM}}{z_{CM} R T}$$

$$\rho_{CM} = (10,0 \times 10^6 \times 30,4 \times 10^{-3}) / (0,77 \times 8,314 \times 390) = 1,22 \times 10^2 \text{ кг/м}^3$$