

## Индивидуальные задания к лабораторной работе №6

### Расчет свойств газа по компонентному составу

1. Средняя молекулярная масса газовой смеси может быть вычислена по составу:

$$M_{см} = \sum_{i=1}^n y_i \cdot M_i \quad (1)$$

где  $y_i = v_i$  или  $N_i$  в долях единицы и по формуле:

$$M_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i \cdot M_i}{100}, \quad (2)$$

где  $y_i = v_i$  или  $N_i$  в процентах.

Тогда весовая доля компонента:

$$g_i = y_i \cdot \frac{M_i}{M_{см}}. \quad (3)$$

Кроме того:

$$M_{см} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{M_i}}, \quad (4)$$

$$M_{см} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \rho_i}{\sum_{i=1}^n \frac{y_i \cdot \rho_i}{M_i}} \quad (5)$$

2. Плотность газовой смеси, как аддитивное свойство, можно рассчитать по составу газа и плотности каждого компонента:

$$\rho_{см} = \sum_{i=1}^n y_i \cdot \rho_i \quad (6)$$

где  $y_i = N_i$  или  $v_i$  в долях единицы;  $\rho_i$  – плотность компонента.

Плотность компонентов газа можно взять из справочников (табл. 6.11) или рассчитать через молярный объем – объем 1 моля газа. Тогда плотность смеси газов:

- при нормальных условиях (н.у.):

$$\rho_{см} = \frac{M_{см}}{22,4}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (7)$$

- при стандартных условиях (с.у.):

$$\rho_{см} = \frac{M_{см}}{24,055}, \quad \frac{кг}{м^3} \quad (8)$$

- при условиях отличных от н.у. или с.у., например, в условиях сепаратора, трубопровода и т. д., плотность может быть определена из уравнения состояния реальных газов с учетом коэффициента сверхсжимаемости  $Z$ :

$$\rho_{см} = \rho_{см}^o \cdot \frac{P \cdot T_o}{P_o \cdot T \cdot Z}, \quad (9)$$

где  $P_o, T_o$  – давление (Па) и температура (К) при нормальных условиях,  $P, T$  – давление и температура при рабочих условиях.

- Коэффициент сверхсжимаемости  $Z$  характеризует отклонение свойств реального газа от свойств идеального газа при одинаковых давлении и температуре.

**3. Относительная плотность газа** представляет собой отношение массы газа к массе такого же объема воздуха:

$$\rho^- = \frac{\rho_{г}}{\rho_{в}} = \frac{M_{г}}{M_{в}} = \frac{M_{г}}{28,97} = \frac{\rho_{г}}{1,293} = \frac{\rho_{г}}{1,205}, \quad (10)$$

где 1,293 и 1,205 – плотность воздуха,  $кг/м^3$ , при н.у. и с.у., соответственно.

**4. Коэффициенты сверхсжимаемости реальных газов** определяют экспериментально или с определенной степенью точности они могут быть взяты из графика.

Чтобы воспользоваться графиком, необходимо иметь данные о *приведенных псевдокритических* значениях давления и температуры. Для этого сначала определим *псевдокритические* (средние критические) *давление и температуру*:

$$P_r = \sum_{i=1}^n y_i \cdot P_{Ci} \quad (11)$$

$$T_r = \sum_{i=1}^n y_i \cdot T_{Ci} \quad (12)$$

где  $P_r$  и  $T_r$  – псевдокритические давление и температура, соответственно;  $y_i$  – объемное или мольное содержание компонента в смеси;  $P_C$  и  $T_C$  – критические давления и температуры компонентов газа (табл. 6.12).

Затем находим величины *приведенных псевдокритических* значений давления и температуры по соотношениям:

$$P_R = \frac{P}{P_r}, \quad (13)$$

$$T_R = \frac{T}{T_r}, \quad (14)$$

где  $P_R$  и  $T_R$  – соответственно значения приведенных псевдокритических давления и температуры;  $P$  и  $T$  – абсолютные значения давления, Па, и температуры,  $K$ , при которых находится газ.

На основании найденных значений  $P_R$  и  $T_R$  по графику (рис.) определим величину коэффициента сверхсжимаемости  $Z$ .





Таблица 3

*Температурная зависимость плотности идеального газа*

Давление смеси, МПа	Плотность смеси при н.у., кг/м <sup>3</sup>	P <sub>0</sub> , МПа	T <sub>0</sub> , К	Температура смеси, °С	Температура смеси, К	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
2				0		
				10		
				20		
				40		
				50		

Таблица 4

*Температурная зависимость плотности реального газа*

Давление смеси, МПа	Плотность смеси при н.у., кг/м <sup>3</sup>	P <sub>0</sub> , МПа	T <sub>0</sub> , К	Температура смеси, °С	Температура смеси, К	Z	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
2				0			
				10			
				20			
				40			
				50			
20				0			
				10			
				20			
				40			
				50			

## Приложение

Таблица 5

### *Плотность и молекулярная масса газов*

Газ	Плотность, кг/м <sup>3</sup> , при		Молекулярная масса, г/моль	Молярный объем при н.у., м <sup>3</sup> /кмоль
	0 °С	20 °С		
Метан	0,7172	0,6673	16	22,36
Этан	1,3548	1,2507	30	22,16
Пропан	2,0090	1,8342	44	21,82
Изобутан	2,6803	2,4176	58	21,75
Н-бутан	2,7010	2,4176	58	21,50
Изопентан	3,4531	3,0013	72	20,87
Н-пентан	3,4531	3,0013	72	20,87
Гексан	3,7484	3,5848	86	22,42
Гептан	4,4731	4,1680	100	22,42
Диоксид углерода	1,9767	1,8307	44	22,26
Сероводород	1,5358	1,4311	34	22,14
Оксид углерода	1,2499	1,1652	28	22,41
Водород	0,0898	0,0837	2	22,43
Азот	1,2501	1,1654	28	22,40
Гелий	0,1784	0,1664	4	22,42
Аргон	1,7843	1,6618	40	22,39

Таблица 6

### *Критические параметры газов*

Газ	Критические параметры		
	Температура, К	Давление, МПа	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Метан	190,77	4,626	163,5
Этан	306,33	4,871	204,5
Пропан	369,85	4,247	218,5
Изобутан	408,13	3,647	221,0
Н-бутан	425,16	3,796	226,1
Изопентан	460,39	3,381	236,0
Н-пентан	469,65	3,369	227,8
Гексан	507,35	3,013	234,0
Гептан	540,00	2,700	-
Диоксид углерода	304,20	7,381	468
Сероводород	373,60	9,007	359
Азот	126,26	3,398	311
Гелий	5,20	0,229	69,2