

# Системный анализ процессов переработки нефти и газа

## Лабораторная работа №1

### Основы программирования на языке Python

#### Задание 1

Абсолютная плотность газов и паров  $[\text{кг}/\text{м}^3]$  вычисляется по формуле:

$$\rho = \frac{M}{22.4} \cdot \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0}$$

где  $M$  - молярная масса газа или пара,  $[\text{кг}/\text{кмоль}]$ ;

$T_0 = 273.15$  - нормальная температура,  $[\text{K}]$ ;

$T$  - температура, при которой определяется плотность,  $[\text{K}]$ ;

$P_0 = 101325$  - нормальное давление,  $[\text{Па}]$ ;

$P$  - давление, при котором определяется плотность,  $[\text{Па}]$ .

Необходимо определить плотность метана ( $\text{CH}_4$ ) при  $P = 200$  кПа и температуре  $T \in [200; 500]$  с шагом  $h = 50$   $[\text{K}]$ .

#### Задание 2

Выполните расчет молекулярной массы, температуры кипения и плотности нормальных алканов  $C_1 - C_5$ . Общая формула для алканов  $C_n H_{2n+2}$ . Результаты расчетов сохраните в виде списков.

1. Температуру кипения можно определить по следующей формуле:

$$T_b = 1090 - \exp \left( 6.9955 - 0.11193 \cdot N_C^{2/3} \right)$$

где  $N_C$  - число атомов углерода в молекуле алкана.

2. Формула для вычисления плотности:

$$\rho = 1.07 - \exp \left( 3.56073 - 2.93886 \cdot MW^{0.1} \right)$$

где  $MW$  - молекулярная масса алкана.

#### Задание 3

По имеющимся исходным данным определите состав потока в объемных долях, используя следующую формулу:

$$\varphi_i = \frac{\frac{\omega_i}{\rho_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{\rho_i}}$$

где  $\varphi_i$  - объемная доля  $i$ -го компонента;  $\omega_i$  - массовая доля  $i$ -го компонента;  $\rho_i$  - плотность  $i$ -го компонента;  $n$  - число компонентов в системе;  $i$  - индекс компонента в системе.

Исходные данные

Параметр	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$iC_4$	$nC_4$	$iC_5$	$nC_5$	$nC_6$
$\omega_i$	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.05	0.03	0.02
$\rho_i, \text{г/см}^3$	0.416	0.546	0.585	0.5510	0.6	0.616	0.6262	0.6594

Задание 4

**Коэффициент сжимаемости** учитывает отклонение реального газа от уравнения состояния идеального газа. При точных расчетах коэффициент сжимаемости определяют по формуле:

$$z = 1 + \frac{P_r}{T_r} \cdot \left( 0.144 + 0.073 \cdot \omega - \frac{0.33 - 0.46 \cdot \omega}{T_r} - \frac{0.138 + 0.5 \cdot \omega}{T_r^2} - \frac{0.012 + 0.097 \cdot \omega}{T_r^3} - \frac{0.0073 \cdot \omega}{T_r^8} \right)$$

где  $\omega$  - ацентрический фактор, вычисляемый по уравнению:

$$\omega = \frac{3}{7} \cdot \left( \frac{\lg P_r - 5}{\frac{T}{T_r \cdot T_b} - 1} \right) - 1$$

$T_r$  - приведенная температура:  $T_r = \frac{T}{T_c}$

$P_r = 0.2634$  - приведенное давление;  $T_b = 272.65$  - температура кипения, [K];  $T_c = 425.15$ , [K].

Необходимо реализовать расчет фактора сжимаемости  $z$  при  $T \in [200; 400]$  с шагом  $h = 25$  [K].

Задание 5

Определение концентрации ионов  $[H^+]$  в растворе с учетом константы диссоциации кислоты  $K_a$  и концентрации кислоты  $c$  происходит посредством последовательного применения формулы:

$$[H^+]_{n+1} = \sqrt{(K_a \cdot (c - [H^+]_n))}$$

при начальном значении  $[H^+]_n = 0.0$ . Итерации продолжаютсЯ до тех пор, пока изменение значения  $[H^+]$  не станет меньше, чем некоторая предварительно заданная малая пороговая величина допустимого отклонения.

Используя данный метод, определите концентрацию ионов водорода и, соответственно,  $pH$  раствора ( $pH = -\log_{10} [H^+]$ ) для раствора уксусной кислоты с концентрацией  $c = 0.01\text{M}$ ,  $K_a = 1.78 \times 10^{-5}$ . Величину допустимого отклонения принять как  $\varepsilon = 1.0E-10$ .