

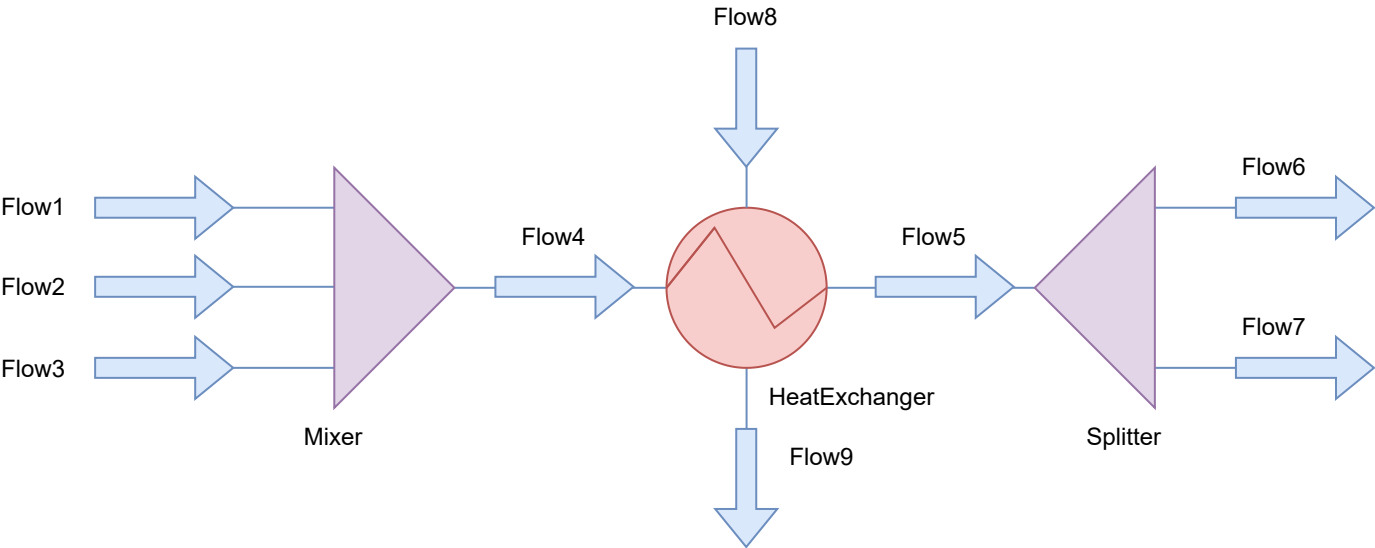
# Python для задач химической технологии

## Лабораторная работа №6

### Введение в объектно-ориентированное программирование

#### Задание

Рассчитать химико-технологическую систему (определить составы и свойства всех потоков):



Для решения поставленной задачи необходимо реализовать объектную модель: каждый элемент химико-технологической системы должен быть описан как отдельный класс.

Состав, расход и температуру потоков можно задать произвольно.

#### Описание класса `Flow`

#### Рекомендуемые атрибуты:

Атрибут	Описание
<code>mass_flow_rate: float</code>	Массовый расход, кг / ч
<code>mole_flow_rate: float</code>	Мольный расход, кмоль / ч
<code>volume_flow_rate: float</code>	Объемный расход, м <sup>3</sup> / ч
<code>mass_fractions: np.ndarray</code>	Массовые доли
<code>mole_fractions: np.ndarray</code>	Мольные доли
<code>volume_fractions: np.ndarray</code>	Объемные доли
<code>temperature: float</code>	Температура потока, К
<code>density: float</code>	Плотность потока, г / см <sup>3</sup>

Атрибут	Описание
<code>average_mol_mass: float</code>	Средняя молекулярная масса потока, г / моль
<code>cp: float</code>	Массовая теплоемкость потока, кДж / кг
<code>def __init__(self, mass_flow_rate: float, mass_fractions: np.ndarray, temperature: float) -&gt; None</code>	Создает новый экземпляр класса Flow , заполняя все поля

## Функции для пересчета составов

1. Пересчет массовых долей в объемные:

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

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.

2. Пересчет массовых долей в мольные:

$$\chi_i = \frac{\frac{\omega_i}{M_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{M_i}}$$

где  $\chi_i$  - мольная доля  $i$ -го компонента;  $\omega_i$  - массовая доля  $i$ -го компонента;  $M_i$  - молярная масса  $i$ -го компонента;  $n$  - число компонентов в системе;  $i$  - индекс компонента в системе.

## Функции для расчета плотности и средней молекулярной массы

1. Расчет плотности:

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

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

2. Расчет средней молекулярной массы потока:

$$m = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{M_i}}$$

где  $m$  - средняя молекулярная масса потока;  $\omega_i$  - массовая доля  $i$ -го компонента;  $M_i$  - молярная масса  $i$ -го компонента;  $n$  - число компонентов в системе;  $i$  - индекс компонента в системе.

## Функции для расчета теплоемкости потока

Расчет теплоемкости потока в зависимости от состава потока и температуры среды осуществляется следующим образом:

1. Определяется теплоемкость компонентов потока при температуре среды:

$$Cp_i = \sum_{j=1}^5 j \cdot k[i, j] \cdot T^{j-1}$$

где  $Cp_i$  - теплоемкость  $i$ -го компонента, кДж / кг;  $k[i, j]$  - коэффициенты аппроксимации температурной зависимости энтальпии для  $i$ -го компонента;  $T$  - температура потока, К.

2. Определяется общая теплоемкость потока:

$$Cp = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot Cp_i$$

где  $\omega_i$  - массовая доля  $i$ -го компонента;  $Cp_i$  - теплоемкость  $i$ -го компонента, кДж / кг;  $n$  - число компонентов в системе.

Коэффициенты для температурной зависимости теплоемкости представлены в таблице:

Номер компонента	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$
1	0.071254	0.002979	-0.0000007	0	0
2	13.83761	0.0003	0.000000346	-0.0000000000097	0.000000000000000773
3	-0.09689	0.003473	-0.0000013	0.000000000256	-0.0000000000000014
4	0.9985	-0.00018	0.000000557	-0.00000000032	0.00000000000000637

Плотность компонентов:

Номер компонента	Плотность, г/см <sup>3</sup>
1	0.821537454674234
2	8.57E-05
3	0.634118153548788
4	0.0138331933625558

Молярная масса компонентов:

Номер компонента	Молярная масса, г/моль
1	128.1332
2	2.02
3	131.82935
4	34.01

Описание класса `Mixer`

Рекомендуемые атрибуты

Атрибут	Описание
<code>def mix(self, *flows: Flow) -&gt; Flow</code>	Реализация метода смешения потоков. Возвращает результирующий поток в виде объекта класса <code>Flow</code>
<code>def __calculate_temperature(self) -&gt; float</code>	Закрытый метод, необходимый для расчета температуры смешевого потока

## Материальный и тепловой балансы смешения

Состав смешевого потока (в массовых долях) можно найти следующим образом:

$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n G_j \cdot \omega_{i,j}}{\sum_{j=1}^n G_j}$$

где  $\omega_i$  - массовая доля  $i$ -го компонента;  $G_j$  - массовый расход  $j$ -го потока, кг/ч;  $\omega_{i,j}$  - массовая доля  $i$ -го компонента в  $j$ -ом потоке;  $n$  - количество смешиваемых потоков.

Теплоемкость смешевого потока можно найти следующим образом:

$$Cp = \frac{\sum_{i=1}^n G_i \cdot Cp_i}{\sum_{i=1}^n G_i}$$

где  $Cp$  - теплоемкость смешевого потока, кДж/кг · К;  $G_i$  - массовый расход  $i$ -го потока, кг/ч;  $Cp_i$  - теплоемкость  $i$ -го потока, кДж/кг · К;  $n$  - количество смешиваемых потоков.

Температура смешевого потока определяется следующим образом:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n G_i \cdot Cp_i \cdot T_i}{G \cdot Cp(T)}$$

где  $T$  - температура смешевого потока, К;  $G_i$  - массовый расход  $i$ -го потока, кг/ч;  $Cp_i$  - теплоемкость  $i$ -го потока, кДж/кг · К;  $n$  - количество смешиваемых потоков;  $G$  - массовый расход смешевого потока, кг/ч;  $Cp(T)$  - теплоемкость смешевого потока, кДж/кг · К, являющаяся функцией от температуры.

В итоге получаем нелинейное уравнение, корнем которого является искомое значение температуры смешевого потока.

## Описание класса `HeatExchanger`

Будем рассматривать теплообменник типа "труба в трубе".

### Рекомендуемые атрибуты

Атрибут	Описание
<code>def __init__(self, d_in: float = .1, d_out: float = .25, length: float = 3.0, k: float = 4900) -&gt; None</code>	Конструктор класса <code>HeatExchanger</code>

Атрибут	Описание
<code>def calculate(self, hot: Flow, cold: Flow) -&gt; tuple[Flow]:</code>	Расчет теплообменного аппарата. В качестве результата возвращается кортеж, состоящий из двух элементов: горячего и холодного потоков (объекты класса <code>Flow</code> )

## Расчет теплообменного аппарата в стационарном режиме

В стационарном режиме уравнения теплового баланса теплообменного аппарата примут следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dT_h}{dl} = -\frac{k \cdot \pi \cdot d}{v_h \cdot \rho_h \cdot Cp_h} \cdot (T_h - T_c) \\ \frac{dT_c}{dl} = \frac{k \cdot \pi \cdot d}{v_c \cdot \rho_c \cdot Cp_c} \cdot (T_h - T_c) \end{cases}$$

где  $T_h$  и  $T_c$  - температуры горячего и холодного потоков, соответственно, К;  $k$  - коэффициент теплопередачи;  $d$  - диаметр трубы, м;  $v_h$  и  $v_c$  - объемные скорости горячего и холодного теплоносителей,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\rho_h$  и  $\rho_c$  - плотности горячего и холодного потоков,  $\text{кг/м}^3$ ;  $Cp_h$  и  $Cp_c$  - теплоемкости горячего и холодного потоков,  $\text{кДж/кг} \cdot \text{К}$ .

## Описание класса `Splitter`

Атрибут	Описание
<code>def calculate(self, flow: Flow, *ratio: float) -&gt; list[Flow]:</code>	Расчет делителя потока; возвращает в качестве результата список объектов <code>Flow</code>