

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ АДСОРБЦИИ ГАЗОВ

Цель работы: Применение приобретенных знаний при расчете процесса адсорбции и аппарата адсорбера

Основные положения

При проектировании адсорбера необходимы следующие исходные данные:

- объемный расход очищаемого газа (воздуха) Q , м³/с;
- концентрация примеси C_0 , кг/м³ ;
- свойства очищаемого газа (температура, плотность, вязкость);
- давления отходящих газов.

Методика расчета

1. Выбирают рабочую температуру (минимально возможную) и тип сорбента. Выбор сорбента проводится по изотерме адсорбции при данных t и C_0

В данной расчетной работе параметры сорбента приведены в таблице исходных данных (вариантов).

2. Рассчитывают коэффициент диффузии примеси в воздухе D , м /с:

$$D = \frac{0,00435 \cdot T^{1,5}}{P(V_{mA} + V_{mB})} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}},$$

где T - температура потока, К; P - давление (атмосферное), Па;

V_{mA} , V_{mB} , M_A и M_B - мольные объемы ($\text{см}^3/\text{моль}$) и массы ($\text{кг}/\text{кмоль}$) соответственно примеси (А) и воздуха (В).

Мольные объемы определяют как сумму атомных объемов элементов.

Мольные массы определяют как сумму атомных масс элементов.

Для воздуха: $V_{mB} = 29,9 \text{ см}^3/\text{моль}$; $M_B = 29 \text{ кг}/\text{кмоль}$.

Методика расчета

3. Рассчитывают коэффициент массопередачи **K**, 1/с:

$$K = 1,6 \cdot \frac{D \cdot v_0^{0,54}}{v^{0,54} \cdot d_3^{1,46}},$$

где **D** – коэффициент диффузии, м²/с;

v - кинематическая вязкость очищаемого газа, м²/с

(для воздуха, при 20 °С $v=16 \cdot 10^{-6}$ м²/с, плотность $\rho=1,2$ кг/м³);

d₃ -размер зерна сорбента, м.

4. Определяют время процесса адсорбции **τ**, с:

$$\tau = \left(\sqrt{\frac{C \cdot H}{v_0 \cdot C_0}} - b \cdot \sqrt{\frac{C}{K \cdot C_0}} \right)^2,$$

где **C=α·ρн** - концентрация адсорбируемого вещества в адсорбенте,

равновесная с концентрацией потока, кг/м³; **H** - высота слоя адсорбента, принимаем **H=1м**;

u₀ - скорость газового потока, поступающего в адсорбер, принимаем **u₀=0,5 м/с**.

Коэффициент **b** определяется в зависимости от концентрации примеси на входе адсорбера **C₀**, и требуемой концентрации примеси на выходе адсорбера **C₁** (табл. 1), принимаем **C₁=0,1 мг/м³**.

Методика расчета

Таблица 1. Значения коэффициента **b**

| | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C_1/C_0 | 0,005 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,009 | 0,010 | 0,012 | 0,014 | 0,030 |
| b | 1,84 | 1,80 | 1,76 | 1,73 | 1,70 | 1,67 | 1,62 | 1,58 | 1,35 |

5. Определяют минимально необходимую массу сорбента **m**, кг:

$$m = \frac{Q \cdot C_0 \cdot \tau}{\alpha \cdot K_3}$$

где α - статическая поглотительная способность сорбента в рабочих условиях, кг/кг. $K_3=1,2$ - коэффициент запаса.

6. Коэффициент формы зерен, учитывающий неравную доступность всей поверхности зерна обдуваемому потоку:

$$K_\phi = \frac{1,5 \cdot d_3 \cdot l_3}{(l_3 + 0,5 \cdot d_3) \cdot (1,5 d_3^2 \cdot l_3)^{1,3}}$$

где d_3 - диаметр зерен, мм

Методика расчета

7. Пористость слоя сорбента:

$$\Pi = \frac{\rho_k - \rho_n}{\rho_k},$$

где ρ_k и ρ_n - кажущаяся и насыпная плотность сорбента, кг/м³.

8. Эквивалентный диаметр зерен $d_{\text{Э}}$,
м.

$$d_{\text{Э}} = \frac{\Pi \cdot d_3 \cdot l_3}{(1 - \Pi) \cdot (0,5 \cdot d_3 + l_3)^{1,3}} = \frac{\Pi \cdot d_3}{1,5 \cdot (1 - \Pi)},$$

где d_3 – диаметр зерен, м; Π – пористость слоя сорбента.

Методика расчета

9. Критерий Рейнольдса, учитывающий характер потока:

$$Re = \frac{v_0 \cdot d_{\text{э}} \cdot \rho_{\text{г}}}{\mu},$$

где $v_0=0,5$ м/с; $\rho_{\text{г}}=1,2$ кг/м³; $\mu=19,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

10. Коэффициент гидравлического сопротивления:

при $Re < 50$

$$R = 220/Re,$$

при $50 \leq Re < 7200$

$$R = 11,6/Re^{0,25}.$$

11. Определяют скорость потока газа u (м/с) через адсорбер в зависимости

с

и газа:

$$v = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot K_{\text{ф}} \cdot \Delta P \cdot d_{\text{э}} \cdot \Pi \cdot \rho_{\text{н}} \cdot Q}{3 \cdot R \cdot \rho_{\text{г}} \cdot (1 - \Pi) \cdot m}},$$

где ΔP – падение давления,
Па.

Методика расчета

12. Диаметр адсорбера D_A ,

М:

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot \Pi}}.$$

13. Длина (высота) слоя сорбента L ,

М:

$$L = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot \rho_H \cdot D_A^2}.$$

14. Длина (высота) слоя сорбента L ,

М:

$$H = 1.2 \dots 1.5 D,$$

М:

Исходные данные

| № вар. | Q, м ³ /ч | Вещ. | V _{мА} см ³ /МОЛЬ | C ₀ мг/м ³ | d _э мм | ρ _н ^ρ кг/м ³ | ρ _к ^ρ кг/м ³ | α, кг/кг | ΔP, кПа |
|--------|-------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------|--|--|----------|---------|
| 1 | 600 | SO ₃ | 30,7 | 100 | 4 | 500 | 750 | 0,30 | 1,4 |
| 2 | 650 | NO ₂ | 44,8 | 90 | 3 | 450 | 700 | 0,29 | 1,5 |
| 3 | 700 | CO | 23,6 | 80 | 5 | 400 | 650 | 0,28 | 1,6 |
| 8 | 300 | SO ₂ | 25,8 | 70 | 2 | 350 | 550 | 0,27 | 1,7 |
| 5 | 350 | NO | 32,9 | 60 | 6 | 550 | 800 | 0,26 | 1,8 |
| 6 | 500 | NH ₃ | 48,4 | 50 | 4 | 600 | 850 | 0,25 | 1,9 |
| 7 | 550 | H ₂ S | 96,0 | 40 | 7 | 500 | 750 | 0,29 | 2,0 |
| 8 | 400 | F ₂ | 24,6 | 65 | 5 | 450 | 700 | 0,27 | 2,1 |
| 9 | 450 | C ₆ H ₆ | 71,5 | 85 | 6 | 400 | 650 | 0,26 | 2,2 |
| 10 | 500 | Cl ₂ | 34,6 | 75 | 3 | 500 | 750 | 0,27 | 2,0 |
| 11 | 400 | I ₂ | 27,1 | 55 | 5 | 450 | 700 | 0,28 | 1,6 |
| 12 | 350 | CO | 67,8 | 100 | 5 | 400 | 650 | 0,26 | 1,4 |
| 13 | 550 | SO ₂ | 42,5 | 90 | 4 | 350 | 550 | 0,29 | 1,5 |
| 14 | 450 | NO | 50,1 | 80 | 3 | 550 | 800 | 0,27 | 1,6 |
| 15 | 600 | NH ₃ | 30,7 | 70 | 5 | 600 | 850 | 0,30 | 1,7 |
| 16 | 650 | H ₂ S | 44,8 | 60 | 2 | 500 | 750 | 0,29 | 1,8 |
| 17 | 700 | F ₂ | 23,6 | 50 | 6 | 450 | 700 | 0,28 | 1,9 |
| 18 | 300 | C ₆ H ₆ | 25,8 | 40 | 4 | 400 | 650 | 0,27 | 2,0 |
| 19 | 350 | Cl ₂ | 32,9 | 65 | 7 | 500 | 750 | 0,26 | 2,1 |
| 21 | 500 | I ₂ | 48,4 | 85 | 5 | 430 | 710 | 0,25 | 2,2 |
| 21 | 550 | SO ₃ | 96,0 | 75 | 6 | 330 | 650 | 0,29 | 2,2 |
| 22 | 400 | NO ₂ | 24,6 | 55 | 4 | 350 | 680 | 0,27 | 1,9 |
| 23 | 450 | CH ₄ | 71,5 | 95 | 3 | 440 | 800 | 0,26 | 1,7 |