

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**;

v₀ - скорость газового потока, поступающего в адсорбер, принимаем **v₀=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:

$$\Pi = \frac{\rho_{\text{к}} - \rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{к}}},$$

где $\rho_{\text{к}}$ и $\rho_{\text{н}}$ - 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

(

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