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,** м/с;
- концентрация примеси $\mathbf{C_0}$**,** кг/м^3 ;
- 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 $\mathbf{C_0}$

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

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

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

где T - температура потока, К; P - давление (атмосферное), Па;
V_{mA}, V_{mB}, M_A и $M_в$ - мольные объемы (см^3/моль) и массы (кг/кмоль) соответственно примеси (A) и воздуха (B).
Мольные объемы определяют как сумму атомных объемов элементов.
Мольные массы определяют как сумму атомных масс элементов.
Для воздуха: V_{mB} =29,9 см^3/моль; $M_в$=29 кг/кмоль.

Методика расчета

3. Рассчитывают коэффициента массопередачи **К,** 1/с:

$$K = 1{,}6 \cdot \frac{D \cdot \upsilon_0^{0{,}54}}{\nu^{0{,}54} \cdot d_3^{1{,}46}},$$

где D – коэффициент диффузии, м /с;
v - кинематическая вязкость очищаемого газа, $м^2/с$
(для воздуха, при 20 °С $v=16*10^{-6}$ $м^2/с$, плотность р=1,2 $кг/м^3$);
d_3 -размер зерна сорбента, м.

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

$$\tau = \left(\sqrt{\frac{C \cdot H}{\upsilon_0 \cdot C_0}} - b \cdot \sqrt{\frac{C}{K \cdot C_0}} \right)^2,$$

где **C=α·ρн** - концентрация адсорбируемого вещества в адсорбенте,
равновесная с концентрацией потока, кг/м ; Н - высота слоя адсорбента, принимаем Н=1м;
υ_0 - скорость газового потока, поступающего в адсорбер, принимаем υ_0=0,5 м/с.
Коэффициент b определяется в зависимости от концентрации примеси на входе адсорбера C_0,
и требуемой концентрации примеси на выходе адсорбера C_1 (табл. 1), принимаем C_1=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:

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

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

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

$$K_ф = \frac{1{,}5 \cdot d_з \cdot l_з}{(l_з + 0{,}5 \cdot d_з) \cdot (1{,}5 d_з^{\,2} \cdot l_з)^{1{,}3}},$$

где $d_з$ - диаметр зерен, мм

Методика расчета

7. Пористость слоя сорбента:

$$\Pi = \frac{\rho_к - \rho_н}{\rho_к},$$

где $\rho_к$ и $\rho_н$ - кажущаяся и насыпная плотность сорбента, кг/м ^{3}.

8. Эквивалентный диаметр зерен **dЭ, м** :

$$d_э = \frac{\Pi \cdot d_з \cdot l_з}{(1-\Pi)\cdot(0{,}5\cdot d_з + l_з)^{1{,}3}} = \frac{\Pi \cdot d_з}{1{,}5\cdot(1-\Pi)},$$

где dЗ – диаметр зерен, м; П – пористость слоя сорбента.

Методика расчета

9. Критерий Рейнольдса, учитывающий характер потока:

$$Re = \frac{\upsilon_0 \cdot d_э \cdot \rho_г}{\mu},$$

где υ_0=0,5 м/с; $\rho_г$=1,2 кг/м^3; μ=19,2·10^{-6} Па·с.

10. Коэффициент гидравлического сопротивления:

при Re<50 R=220/Re,

при 50≤Re<7200 R=11,6/Re0,25.

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

с и газа:

$$\upsilon = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot K_ф \cdot \Delta P \cdot d_э \cdot \Pi \cdot \rho_н \cdot Q}{3 \cdot R \cdot \rho_г \cdot (1 - \Pi) \cdot m}},$$

где ΔP – падение давления,
Па.

Методика расчета

12. Диаметр адсорбера **D_A**, **м:**

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

13. Длина (высота) слоя сорбента **L**, **м:**

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

14. Длина (высота) слоя сорбента **L**, **м:**

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

м:

Исходные данные

№ вар.	Q, $м^3/ч$	Вещ.	V_{mA} $см^3/моль$	C_0 $мг/м^3$	$d_Э$ мм	$\rho_н$, $кг/м^3$	$\rho_к$, $кг/м^3$	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_2S	96,0	40	7	500	750	0,29	2,0
8	400	F2	24,6	65	5	450	700	0,27	2,1
9	450	C_6H_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_2S	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_6H_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