

Практичне заняття 7

Завдання: розрахувати водень-катіонітові фільтри.

Інформація до розв'язання

При зм'якшенні води Na-катіонітовим методом лужність води не міняється. Якщо, крім того, необхідно знизити лужність, застосовують H-катіонітовий метод зм'якшення. Співвідношення витрат води, що подається на водень-катіонітові і Na-катіонітові фільтри (при паралельному H-катіонуванні), визначають по формулах [1]:

$$g_n^H = g_n \cdot \frac{L - C}{A + L} = 180 \cdot \frac{5,0 - 0,4}{5,0 + 5,0} = 82,8 \approx 83 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (1)$$

де g_n^H - корисна витрата води, що подається на водень-катіонітові фільтри, м³/год;

g_n - корисна продуктивність всієї установки, м³/год;

L - лужність вихідної води, мг-екв/л;

C - необхідна лужність зм'якшеної води, мг-екв/л;

A - сумарний вміст у зм'якшеній воді аніонів сильних кислот, мг-екв/л (у цьому випадку SO_4^{2-} й Cl^-).

Розрахунок витрати води на власні потреби водень-катіонітових фільтрів

Витрата 100%-ної сірчаної кислоти на регенерацію одного фільтра

$$P_p^H = \frac{F^H \cdot H^H \cdot E_p^H \cdot q_y^H}{1000} = \frac{5,2 \cdot 2,5 \cdot 446 \cdot 90}{1000} = 525 \text{ кг}$$

де q_y^H - питома витрата сірчаної кислоти на регенерацію 1м³ фільтра (приймаємо 90г/ г-екв).

Знаходимо добову витрату кислоти для регенерації всіх фільтрів:

$$\sum_{i=1}^n P_p^H = \frac{P_p^H \cdot n_p \cdot 100}{96} = 2 \cdot \frac{525 \cdot 2 \cdot 100}{96} = 2188 \frac{\text{кг}}{\text{доб}} = 2,19 \frac{\text{т}}{\text{доб}},$$

де 96- вміст кислоти в товарному продукті, %.

Регенерація водень-катіонітових фільтрів здійснюється 1,0...1,5% - ною сірчаною кислотою. Тому витрату води на приготування регенераційного розчину обчислюємо за формулою

$$Q_p^H = \frac{P_p^H \cdot 100}{1000 \cdot \rho_k} = \frac{525 \cdot 100}{1000 \cdot 1,5} = 35 \text{ м}^3,$$

де ρ_k - вміст кислоти в регенераційному розчині, %.

Витрата води на розпушення одного фільтра знаходимо за формулою:

$$Q_{\text{роз}}^H = \frac{i^H \cdot f^H \cdot \tau^H \cdot 60}{1000} = \frac{3 \cdot 5,2 \cdot 15 \cdot 60}{1000} = 14 \text{ м}^3,$$

де i^H – інтенсивність розпушування, л/(с·м²) [за табл. 1.6];

f^H – площа фільтру, м²;

τ^H – тривалість розпушування, хв. [за табл. 1.6].

Витрата води на відмивання катіоніта одного фільтра від продуктів регенерації

$$Q_{\text{відм}}^H = q_{\text{відм}} \cdot f^H \cdot H^H = 4 \cdot 5,2 \cdot 2,5 = 52,7 \text{ м}^3,$$

Загальна додаткова витрата води за добу при дворазовій регенерації двох водень-катіонітових фільтрів

$$Q_{\text{доб}} = 2 \cdot (Q_p^H + Q_{\text{роз}}^H + Q_{\text{відм}}^H)$$

$$Q_{\text{доб}} = 2 \cdot (35 + 14 + 52,1) = 404,5 \frac{\text{м}^3}{\text{доб}} = \frac{16,8 \text{ м}^3}{\text{год}},$$

тобто $16,8 \cdot 100 / 180 = 9,3\%$.

Для скорочення витрати води можна половину відмивної води використовувати для розпушення, завантаження і готування регенераційного розчину. Тоді витрату додаткової води можна скоротити:

$$Q_{\text{доб}} = 2 \cdot (Q_p^H + Q_{\text{роз}}^H + \frac{Q_{\text{відм}}^H}{2}) = 2 \cdot (35 + 14 + \frac{52,1}{2}) = 300,2 \frac{\text{м}^3}{\text{доб}} = \frac{12,5\text{м}^3}{\text{год}},$$

тобто $12,5 \cdot 100 / 180 = 6,9\%$.

Витрату води на Na-катіонітові фільтри знаходимо згідно з раніше наведеною методикою.

Витрата солі на регенерацію одного Na-катіонітового фільтра

$$G^{Na} = \frac{318 \cdot 5,2 \cdot 2,5 \cdot 150}{10^3} = 624,8 \text{кг} \approx 625 \text{кг}$$

Добова витрата солі

$$\sum G^{Na} = \frac{625 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 100}{93} = 4031 \text{кг} / \text{доб} = 4,031 \text{т} / \text{доб}$$

Витрата води на розпушення одного фільтра

$$Q_{\text{роз}}^{Na} = \frac{3 \cdot 5,2 \cdot 60 \cdot 15}{100} = 14 \text{ м}^3$$

Витрата води на регенерацію одного фільтра

$$Q_p^{Na} = \frac{625 \cdot 100}{1000 \cdot 1,034 \cdot 5} = 12,8 \text{ м}^3$$

Витрата води на відмивання катіоніта

$$Q_{\text{відм}}^{Na} = 4 \cdot 5,2 \cdot 2,5 = 51 \text{ м}^3$$

Загальна витрата води на одну регенерацію:

без використання відмивної води

$$\sum Q^{Na} = 14 + 12,8 + 51 = 77,8 \text{ м}^3 ;$$

з використанням 50% відмивної води на розпушення

$$\sum Q^{Na} = 14 + 12,8 + \frac{51}{2} = 52,3 \text{ м}^3$$

Середня годинна витрата води на власні потреби Na-катіонітових фільтрів:

без врахування відмивної води

$$\sum Q_{\text{год}}^{Na} = \frac{77,8 \cdot 2 \cdot 3}{24} = 19,45 \text{ м}^3 / \text{год} ;$$

з врахуванням відмивної води

$$\sum Q_{год}^{Na} = \frac{52,3 \cdot 2 \cdot 3}{24} = 13,09 \text{ м}^3 / \text{год}$$

тобто 7,7%.

Загальна додаткова витрата води на водень-натрій-катіонітові фільтри з врахуванням відмив очної води

$$Q^{H+Na} = 12,5 + 13,09 = 25,59 \text{ м}^3 \text{ або } 14,2\%.$$

Вихідні дані

| № варіанта | Вихідні дані | | | | | |
|---------------|--|---------------------------------|-------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| | Расход воды, м ³ /сут | Содержание в исходной воде, г/л | | | | |
| | | <i>CaCl₂</i> | <i>NaCl</i> | <i>Na₂SO₄</i> | <i>Ca(HCO₃)₂</i> | <i>K₂SO₄</i> |
| 1. | 1800 | 0,4 | 0,2 | - | 1,2 | 0,4 |
| 2. | 2100 | - | 0,8 | 0,2 | 0,3 | 0,8 |
| 3. | 4000 | 0,1 | - | - | 1,5 | 0,6 |
| 4. | 3200 | 1,1 | - | 0,6 | - | 0,3 |
| 5. | 2500 | 0,4 | 0,6 | - | 1,2 | - |
| 6. | 3600 | 1,0 | - | - | 0,7 | 0,7 |
| 7. | 1500 | 0,9 | 1,3 | - | - | - |
| 8. | 1900 | 0,1 | - | 0,9 | 0,9 | - |
| 9. | 2000 | - | 0,5 | - | 0,9 | 0,5 |
| 10. | 4100 | 1,1 | - | 0,7 | - | - |
| 11. | 3000 | - | - | 0,5 | 1,0 | 0,3 |
| 12. | 1200 | 0,4 | - | 0,2 | 1,2 | 0,1 |
| 13. | 1800 | 0,4 | 0,3 | - | 0,5 | 0,3 |
| 14. | 3000 | - | - | 0,4 | 0,6 | 0,7 |
| 15. | 2500 | 0,6 | - | - | 1,2 | - |
| 16. | 3500 | - | - | 0,5 | 0,8 | 0,5 |
| 17. | 4000 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | - | 0,1 |

| | | | | | | |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 18. | 2500 | - | 0,5 | 0,5 | 1,0 | - |
| 19. | 3000 | - | - | 0,3 | 1,2 | 0,1 |
| 20. | 4500 | - | - | 0,2 | 1,0 | 0,3 |
| 21. | 4800 | 0,6 | - | - | 0,9 | - |
| 22. | 4100 | 0,2 | - | 0,4 | 0,8 | - |
| 23. | 3900 | - | 0,3 | 0,5 | 0,7 | - |
| 24. | 3500 | - | 0,3 | - | 0,8 | 0,5 |
| 25. | 3200 | 1,0 | 0,6 | - | - | - |