

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

### Тема заняття: Розрахунок водень-катіонітових фільтрів

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, м<sup>3</sup>/год;

$g_n$  - корисна продуктивність всієї установки, м<sup>3</sup>/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  $Cl^-$ ).

\* Згідно [1] вміст сульфатів і хлоридів у вихідній воді не повинен перевищувати 4 мг-екв/л, а натрія – 1...2 мг-екв/л.

Приклад. Відповідно до табл. 1.2 вихідна лужність  $L = 5,0$  мг-екв/л. Задаємося лужністю зм'якшеної води. Припустимо, вона повинна бути не більше 0,4 мг-екв/л. Оскільки загальна продуктивність установка в даному прикладі дорівнює 180 м<sup>3</sup>/г, витрата води на Na-катіонітові фільтри:

$$g_n^{Na} = g_n - g_n^H = 180 - 83 = 97 \text{ м}^3 / \text{год}$$

З останнього виразу видно, що 46 % води необхідно пропустити через водень-катіонітові фільтри і 54% - через Na-катіонітові.

Об'єм катіоніта у водень-катіонітових фільтрах слід визначати за формулою [1]:

$$W_n = \frac{24 \cdot g_n \cdot (C_z + C)}{n_p \cdot E_p^n} = \frac{24 \cdot 85 \cdot (10 + 1)}{2 \cdot 446} = 24,5 \text{ м}^3,$$

де  $C^{Na}$  - концентрація у воді катіонів натрію, г-екв/м<sup>3</sup>,

$n_p$  – кількість регенерацій за добу.

Робоча обмінна ємність

$$E_p^n = \alpha_n \cdot E_n - 0,5 \cdot g_y \cdot C_k,$$

де  $\alpha_n$  - коефіцієнт ефективності регенерації водень-катіоніта (приймаємо по табл. 1.8);

$g_y$  - питома витрата води на відмивання катіоніта після регенерації (приймаємо 4-5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>);

$C_k$  - загальний вміст у воді катіонів кальцію, магнію, натрію і калію, мг-екв/м<sup>3</sup>.

Таблиця 1.1 - Питома витрата сірчаної кислоти на регенерацію

Питома витрата сірчаної кислоти на регенерацію, г/г-екв/м <sup>3</sup>	50	100	150	200
Коефіцієнт ефективності регенерації	0,68	0,85	0,91	0,92

$$E_p^n = 0,85 \cdot 550 - 0,5 \cdot 4 \cdot (10 + 1) = 446 \text{ г - екв/м}^3$$

Звідки загальна площа фільтрів

$$F^n = \frac{W_n}{H^n} = \frac{24,5}{2,5} = 9,8 \text{ м}^2$$

Приймаємо фільтри діаметром 2,6 м, висота завантаження сульфовугілля 2,5 м. Число фільтрів  $n = \frac{9,8}{5,2} = 1,88 \approx 2$ .

Приймаємо два робочих фільтра й один резервний. Сумарна площа двох робочих фільтрів  $\Sigma F^n = 2 \cdot 5,2 = 10,4 \text{ м}^2 > 9,8 \text{ м}^2$ .

Фактична швидкість фільтрування:

при нормальному режимі

$$V_H = \frac{83}{2 \cdot 5,2} = 8 \text{ м/год} < 15 \text{ м/год},$$

при форсованому режимі (один фільтр виключений)

$$V_H = \frac{83}{(2 - 1) \cdot 5,2} = 16,1 \text{ м/год} < 25 \text{ м/год},$$

що цілком припустимо.

Воду після водень-катионітових фільтрів (кислий фільтрат) змішують з водою, що пройшла Na-катионітові фільтри (лужний фільтрат). У результаті взаємної нейтралізації зм'якшена вода отримує задану лужність. Змішаний фільтрат подається в дегазатор для видалення CO<sub>2</sub>.

Витрату води Na-катионітовими фільтрами розраховуємо згідно [1].

### **Розрахунок витрати води на власні потреби водень-катионітових 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 1 м<sup>3</sup> 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-катионітових 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  $\rho_k$  - вміст кислоти в регенераційному розчині, %.

Витрата води на розпушення одного фільтра знаходимо за формулою:

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

де  $i^{\text{H}}$  – інтенсивність розпушування, л/(с·м<sup>2</sup>) [за табл. 1.6];

$f^{\text{H}}$  – площа фільтра, м<sup>2</sup>;

$\tau^{\text{H}}$  – тривалість розпушування, хв. [за табл. 1.6].

Витрата води на відмивання катіоніта одного фільтра від продуктів регенерації

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

$$\sum Q_{\text{год}}^{Na} = \frac{52,3 \cdot 2 \cdot 3}{24} = 13,09 \text{ м}^3 / \text{год} \quad \text{тобто } 7,7\%.$$

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

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

### Вихідні дані

	<b>Вихідні дані</b>
--	---------------------

№ варианта	Расход воды, м <sup>3</sup> /сут	Содержание в исходной воде, г/л				
		<i>CaCl<sub>2</sub></i>	<i>NaCl</i>	<i>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>	<i>Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></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	-	-	-

