

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

### Тема заняття: Розрахунок фільтрів першого ступеня

#### Питання для самоконтролю

1. Які витрати води існують в оборотних системах?
2. Які параметри характеризують тепловий режим охолоджувачів води?
3. Які види солей присутні в оборотних системах?
4. В яких межах коливається температура та твердість води?
5. Що показує індекс стабільності води?

#### Завдання

При розрахунку слід мати на увазі, що в установці повинно бути не менше двох робочих фільтрів і додатково один резервний. Оскільки в нашому прикладі твердість води досить висока (10 мг-екв/л), а залишкова твердість не повинна перевищувати 0,01 мг-екв/л, приймаємо двоступінчасту схему На-катіонування.

#### Розрахунок фільтрів першого ступеня

Знаходимо необхідний об'єм катіоніта:

$$W = \frac{24 \cdot Q_{1\text{ст}}^{Na} \cdot T_o}{E_p^{Na} a}$$

де  $Q_{1\text{ст}}^{Na}$  – витрата води на фільтри першого ступеня, м<sup>3</sup>/год,

$$Q_{1\text{ст}}^{Na} = 180 \cdot 1,1 = 198 \text{ м}^3/\text{год}$$

$T_o$  – загальна твердість вихідної води, г-екв/м<sup>3</sup>:

$E_p^{Na}$  - робоча ємність катіоніта, г-екв/м<sup>3</sup>

$$E_p^{Na} = \alpha_e \cdot \beta \cdot E_n - 0,5 \cdot g_y \cdot T_o$$

$\alpha_e$  - коефіцієнт ефективності регенерації залежно від питомої витрати солі /по табл. 1.7 приймаємо 150 г-екв, тому  $\lambda=0,74/;$

$\beta$  - коефіцієнт, що враховує зниження обмінної ємності катіоніта по  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$  за рахунок вмісту  $Na^+$  (приймаємо по табл. 1.7);

$E_n$  - повна обмінна ємність катіоніта, г-екв/м<sup>3</sup>;

$g_y$  - питома витрата води на відмивання катіоніта (по табл.1.6 приймаємо 4м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>);

$a$  - число регенерацій катіоніта на добу (не більше трьох, приймаємо 2).

Підставляючи числові значення в першу формулу, отримуємо

$$W = \frac{24 \cdot 200 \cdot 10}{318 \cdot 2} = 75.47 \approx 75.5 \text{ м}^3$$

Таблиця 1.1 - Питома витрата солі на регенерацію катіоніта

Питома витрата солі на регенерацію катіоніта, г-екв, робочої обмінної ємності	100	150	200	250	300		
Коефіцієнт ефективності регенерації катіоніта	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9		
$T_o$	0,01	0,03	0,05	0,07	0,1	0,3	0,5
	0,7	1,0	3,0	5,0	7,01	10,0	
$\beta$	0,93	0,91	0,88	0,86	0,83	0,77	0,7
	0,68	0,65	0,60	0,54	0,52	0,5	

У табл. 1.7  $C_{Na^+} = \frac{[Na^+]}{23}$

Для даного прикладу по табл. 1.1  $C_{Na} = \frac{1}{10} = 0.1$ . Отже за табл. 1.7 знаходимо,

що  $\beta = 0,83$ .

Тоді  $E_p = 0.74 \cdot 0.83 \cdot 550 - 0.5 \cdot 4 \cdot 10 \approx 318 \text{ г - екв/м}^3$ .

Приймаємо висоту завантаження катіоніта 2,5 м і фільтри діаметром 3,4м. Необхідна сумарна площа фільтрів

$$F = \frac{V'}{H_{1cm}^{Na}} = \frac{1000}{2.5} = 30 \text{ м}^2$$

де  $H_{ICT}^{Na}$  - висота шару завантаження фільтра першого ступеня.

Далі визначаємо число робочих фільтрів:

$$n = \frac{V'}{f} = \frac{30 \cdot 2}{9.1} = 3.3 \approx 4$$

Приймаємо чотири робочих фільтра й один резервний. Потім визначаємо швидкості фільтрування води:

$$\text{при нормальному режимі } V_H = \frac{Q_{ICT}^{Na}}{f \cdot n} = \frac{200}{9.1 \cdot 4} = 5.5 \text{ м/год};$$

$$\text{при форсованому режимі } V_\Phi = \frac{Q_{ICT}^{Na}}{f \cdot (n-1)} = \frac{200}{9.1 \cdot 3} = 7 \text{ м/год}.$$

При низьких швидкостях фільтрування знижується обмінна ємність катіоніта. У нашому прикладі швидкості досить низькі, тому необхідно зменшити кількість фільтрів і розрахувати швидкості фільтрування при трьох робочих фільтрах:

$$V_H = \frac{200}{9.1 \cdot 3} = 7.7 \text{ м/год} < 15 \text{ м/год}$$

$$V_H = \frac{200}{9.1 \cdot 2} = 11 \text{ м/год} < 25 \text{ м/год}$$

Необхідна кількість регенерацій

$$a = \frac{24 \cdot Q_{1cm} I_o}{f H_{1cm} E_p^{Na} n} = \frac{24 \cdot 200 \cdot 10}{9.1 \cdot 2.5 \cdot 3 \cdot 318} = 2.2$$

Таким чином, доцільно прийняти три робочих фільтра й один резервний. Кількість регенерацій: дві (при збільшенні витрати солі на регенерацію до 200г/ г-екв) або три, що відповідає нормам [1].

### **Розрахунок витрати води на власні потреби установки.**

Визначаємо витрату солі на одну регенерацію:

$$\delta_{1cm}^{Na} = \frac{E_p^{iva} JH_{KICT} g_1}{10} = \frac{318 \cdot 9.1 \cdot 2.5 \cdot 150}{10^3} = 1060 \text{ кг}$$

де  $g_1$  - питома витрата солі на регенерацію, г/г-екв.

Знаходимо добову витрату технічної солі (93%) для регенерації всіх фільтрів:

$$\sum \delta_{1ct}^{Na} = \frac{\delta_{1ct}^{Na} \cdot a \cdot n \cdot 100}{93} = \frac{1060 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 100}{93} = 6839 \text{ кг/доб},$$

де 93 – вміст  $NaCl$  у технічній солі, %.

Процес регенерації складається із трьох операцій: розпушення, власне регенерації і відмивання. Загальна тривалість процесу регенерації (якщо катіонітом є сульфовугілля) становить 2 год (табл. 1.6).

Витрата води на розпушення одного фільтра першого ступеня

$$Q_{розп1ct}^{Na} = \frac{i \cdot f \cdot 60 \cdot \tau_{роз}}{1000} = \frac{3 \cdot 9.1 \cdot 60 \cdot 15}{1000} = 24.5 \text{ м}^3.$$

Об'єм води для приготування розчину солі, необхідного на одну регенерацію одного фільтра, визначають по наступній формулі:

$$Q_{розч1ct}^{Na} = \frac{\delta_{1ct} \cdot 100}{1000 \cdot \rho \cdot b} = \frac{1060 \cdot 100}{1000 \cdot 1.034 \cdot 5} = 20.5 \text{ м}^3,$$

де  $\rho$  - щільність розчину, кг/м<sup>3</sup>;

$b$  - концентрація розчину, %.

Визначаємо витрату води на відмивання катіоніта від продуктів регенерації:

$$Q_{відм1ct}^{Na} = g_{отм} \cdot f \cdot H_K = 4 \cdot 9.1 \cdot 2.5 = 90 \text{ м}^3.$$

Де  $g_{отм}$  – питома витрата на відмивання катіоніта, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (див. табл. 1.6).

Загальна витрата води на одну регенерацію:

без використання відмивної води

$$\sum Q_{1ct}^{Na} = Q_{розп1ct}^{Na} + Q_{розч1ct}^{Na} + Q_{відм1ct}^{Na} = 24.5 + 20.5 + 90 = 135 \text{ м}^3;$$

з використанням 50% відмивної води на розпушення

$$\sum Q_{1cm}^{Na} = 24,5 + 20,5 + \frac{90}{2} = 90 \text{ м}^3$$

Середня годинна витрата на власні потреби фільтрів першого ступеня без врахування відмивної води

$$Q_{вл1ст}^{Na} = \frac{\sum Q_{1ст}^{Na} \cdot a \cdot n}{24} = \frac{135 \cdot 3 \cdot 3}{24} \approx 51 \text{ м}^3/\text{год},$$

що становить 18,4% /у вихідних даних прийнято 10%/;

з врахування відмивної води

$$Q_{вл1ст}^{Nf} = \frac{90 \cdot 3 \cdot 3}{24} \approx 34 \text{ м}^3 = 10,8\%$$

Отже, при визначенні собівартості очищення води необхідно прийняти витрату води на власні потреби фільтрів першого ступеня, отриману розрахунком (10,8%), або зменшити число регенерацій і провести перерахування.

Міжрегенерацийний період роботи фільтра потрібно встановлювати таким, щоб виключити збіг промивань:

$$T = \frac{24}{a} - \sum \tau_{рег} = \frac{24}{3} - 2,25 = 5,75 \text{ год},$$

$$\sum \tau_{рег} = \tau_{роз} + \tau_p + \tau_{від},$$

де  $\tau_{роз}$  - час розпушення (по табл. 1.6 приймаємо 15 хв);

$\tau_p$  - час пропущення розчину солі:

$$\tau_p = \frac{Q_{роз1cm} \cdot 60}{V_p f} = \frac{20,5 \cdot 5 \cdot 60}{4 \cdot 9,1} = 33,8 \approx 34,0 \text{ хв}$$

$V_p$  - швидкість води при регенерації (див. табл. 1.6);

$\tau_{від}$  - час відмивання, хв.;

$$\tau_{\text{від}} = \frac{Q_{\text{відм1см}}^{Na} \cdot 60}{V_{\text{відм}} \cdot f} = \frac{90 \cdot 60}{7 \cdot 9.1} = 85 \text{ хв},$$

$V_{\text{відм}}$  – швидкість води при відмиванні (див. табл. 1.6).

Тоді  $\sum \tau_p = 15 + 34 + 85 = 134 \text{ хв} = 2,25 \text{ год}$ .

Кількість одночасних регенерацій по фільтрах першого ступеня

$$П = \frac{n \cdot \sum \tau_{\text{рег}}}{24} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 2,25}{24} = 0,84,$$

$П < 1$ , отже, збігу регенерації немає.