

Тема 4. Водний та матеріальний (сольовий) баланс систем водопостачання підприємств.

1. Визначення витрат води.
2. Розрахунок відстійників.
3. Складання балансової схеми.
4. Розрахунок продувочних вод.

1. Розрахункову витрату оборотної води в системі водопостачання кожного виробництва визначають за формулою

$$Q_p = \frac{n_v \cdot K_{год}}{T}, \quad (4.1)$$

де n_v - норма водоспоживання (кількість води на одиницю продукції), $\text{м}^3/\text{т}$;

$K_{год}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності

T - кількість годин роботи виробництва за рік, год

Втрата води в оборотному циклі:

$$P_{вир} = P_1 + P_2 + P_3, \quad (4.2)$$

де P_1 і P_2 – безповоротні втрати оборотної води при охолодженні на випаровування і винос вітром, %;

P_3 – величина продувки, %.

Втрати води в охолоджувачі залежать від типу охолоджувача, кліматичних умов, температур води на вході й виході з цеху і категорії водоспоживача.

Втрати води на випаровування в градирнях, % :

$$P_{вир} = 1,6 \cdot x \cdot \Delta t \quad (4.3)$$

де x – частка теплоти, що віддається охолоджуючою водою, за рахунок її випаровування в градирні (влітку 1,0, взимку – 0,5, весною і восени – 0,75)

Δt – зниження температури в градирні.

Втрати води з краплинним винесенням вітром залежать від типу охолоджувача. Для вентиляторних градирень ці втрати складають 0,2-0,5 % від витрати оборотної води, для баштових градирень – 0,5-1%.

Позначимо кількість води, що знаходиться в обороті $Q_{об}$, $\text{м}^3/\text{год}$, тоді

$$q_o = \frac{P_o \cdot Q_{об}}{100}; q_1 = \frac{P_1 \cdot Q_{об}}{100}; q_{пр} = \frac{P_3 \cdot Q_{об}}{100} \quad (4.4)$$

2. Горизонтальні відстійники

Площу зони осадження, м^2 , приймають залежно від питомого гідравлічного навантаження:

$$F = \frac{Q}{q} \quad (4.5)$$

Довжина відстійника

$$L = V_{cp} \cdot t, \quad (4.6)$$

де V_{cp} - середня швидкість руху води, приймається 5-10 мм/с.

t - час перебування води у відстійнику:

$$t = \frac{L}{u_0} \quad (4.7)$$

де H - глибина проточної частини, 1,5-4 м;

u_0 - гідравлічна крупність зважених речовин, мм/с.

Ширина відстійника:

$$B = \frac{Q}{V_{cp} \cdot H} \quad (4.8)$$

Ширину однієї секції приймають в межах 3-6 м, в окремих випадках 9 м в залежності від способу видалення осаду.

Радіальні відстійники

Найбільшого розповсюдження при очищенні стічних вод металургійних виробництв набули відстійники діаметром 30 м з камерою флокуляції конструкції НВО «Енергосталь». Камера флокуляції має діаметр 10м і розташована в центрі відстійника. Наявність камери флокуляції дозволяє збільшити гідравлічне навантаження в порівнянні із звичайними відстійниками.

Площа зони осадження радіальних відстійників, m^2 :

$$F = \frac{Q}{q_{nut}} \quad (4.9)$$

Площа осадження одного відстійника:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \quad (4.10)$$

де D, d – діаметр відстійника та флокулятора відповідно, м.

Число відстійників

$$n = \frac{F}{f_1} \quad (4.11)$$

Відкриті гідро циклони і флокулятори

Відкриті циклони доцільно застосовувати для очистки порівняно невеликої кількості стічних вод, що мають високу концентрацію суспензії та флокуляційні властивості.

Питоме гідравлічне навантаження для відкритих гідро циклонів визначають за формулою, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$: $q = 3.6 \cdot u_0$. (4.12)

Апарат працює без коагуляції та флокуляції за допомогою реагентів. Площа одного гідро циклона

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.13)$$

Продуктивність одного апарату, $\text{м}^3/\text{год}$: $Q_1 = q \cdot F$. (4.14)

Кількість споруд $n = \frac{Q}{Q_1}$. (4.15)

Порядок розрахунку флокуляторів наступний:

1) визначається витрата води на один апарат

$$Q_1 = q_{\text{нит}} \cdot S_{\text{ф}}, \quad (4.16)$$

де $q_{\text{нит}}$ - питоме гідравлічне навантаження на один апарат, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$
 $S_{\text{ф}}$ - площа флокулятора, приймається $S_{\text{ф}} = 113 \text{ м}^2$.

2) визначається кількість апаратів;

Об'єм камери флокуляції: $W_{\kappa} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{ф}}^2 - D_{\kappa}^2) \cdot H$, (4.17)

де $D_{\text{ф}}$ - діаметр флокулятора, $D_{\text{ф}} = 12 \text{ м}$;

D_{κ} - діаметр камери, $D_{\kappa} = 10,6 \text{ м}$;

H - висота флокулятора, H = 10 м.

3) Об'єм зони відступання:

$$W_{\text{відст}} = \frac{\pi \cdot D_{\kappa}^2}{4} \cdot H \quad (4.18)$$

Розрахунок охолоджувачів

Площу зрошування вентиляторних градирень із зрошувачем бризкального типу або краплинним зрошувачем визначають за формулою:

$$F_{\text{зр}} = \frac{Q_{\text{вит}} \cdot \sqrt[3]{10^3}}{K \cdot (V_{\text{в}} \cdot \rho)^{0.625} \cdot (t_1 - \tau)^{1.95}}, \quad (4.19)$$

де $Q_{\text{вит}}$ витрата охолоджуваної води, $\text{м}^3/\text{год}$

$t_1 - t_2$ температура відповідно охолоджуваної і охолодженої води, $^{\circ}\text{C}$;

K - коефіцієнт, який залежить від типу зрошувача, температури повітря за вологим термометром, ширини зони охолодження і тиску води перед соплами, визначається за таблицею Б.4. (додаток Б);

V_v - швидкість руху повітря через зрошувач, м/с;

ρ - щільність зовнішнього повітря залежно від температури за сухим термометром і його відносною вологістю, кг/м³;

τ - температура повітря за вологим термометром, приймається за таблицею Б.4. (додаток Б).

3. Приклад розв'язання завдання

Вихідні дані:

1	Річна продуктивність	$0,8 \cdot 10^6$ м ³ доменного газу
2	Норма споживання	8 м ³ /1000 м ³ газу
3	Кількість годин роботи за рік	8760
4	Вологовміст доменного газу при $t = 55^\circ\text{C}$	120 г/м ³
5	Втрати води у відстійниках	0,5%
6	Температура води перед градирнею	55 °С
7	Температура води після градирні	35 °С
8	Втрата води на градирні (з бризками)	0,25%
9	Втрати води на градирне випаровування	3%
10	Коефіцієнт випаровування оборотної води $K_{\text{вип}}$	2,4
11	Продуктивність скрубера по газу	100000 м ³ /год
12	Діаметр радіального відстійника	24 м
13	Час перебування в приймальній камері	5 хвилин

Розрахункова втрата оборотної води в системі водопостачання визначається за формулою

$$Q_p = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 4000}{8760} = 365297 \text{ , м}^3/\text{год}$$

$$Q_p = \frac{365297 \cdot 1,05}{10000} = 3068,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$\text{Втрати води з охолодженням газом} \\ Q = 365297 \cdot 0,12 = 43835 \text{ кг/год} = 43,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

У приймальну камеру і на радіальні відстійники надходить витрата

$$\text{води:} \\ Q = 3068,5 - 43,8 = 3024,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Втрати води на очисних спорудах приймаються 0,5 % від розрахункової витрати оборотної води. Таким чином, втрати зі шламом складуть:

$$Q = \frac{3024,7 \cdot 0,5}{100} = 15 \text{ м}^3/\text{год.}$$

На градирню надходить вода з витратою:

$$Q = 3024.7 - 15 = 3009.7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Далі вибирається тип охолоджувача. Для споживачів в Луганській області розрахункова температура повітря за вологим термометром $\tau = 18.8^\circ\text{C}$ за таблицею Б.4. (додаток Б). Необхідна різниця температури охолодженої води t_2 і $\tau = 18.8^\circ\text{C}$ складе $t_2 - \tau = 35 - 18.8 = 4.2^\circ\text{C}$. Таку різницю температур можуть забезпечити тільки вентиляторні градирні (таблиця додатку Б.4). При температурі повітря за сухим термометром 30.1°C (таблиця додатку Б.3) коефіцієнт випаровування $K_{\text{вип}}$ дорівнює 0,0015.

$$Q_{\text{вип}} = 3024.7 \cdot (35 - 35) \cdot 0.0015 = 90.7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для вентиляторної градирні з водоуловлювачем втрати води на віднесення вітром приймаються P_2 0,2 %. Тоді втрати на градирні через краплинне віднесення вітром:

$$Q_{\text{кр.вин.}} = \frac{3024.7 \cdot 0.2}{100} = 6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість продувки визначається, виходячи із заданого коефіцієнта випаровування:

$$K_{\text{вип}} = \frac{Q_{\text{вип}} + Q_{\text{кр.вин.}} + Q_{\text{прод}} + Q_{\text{інше}}}{Q_{\text{кр.вин.}} + Q_{\text{прод.}} + Q_{\text{інше}}}, \quad (4.20)$$

де $Q_{\text{вип}}$, $Q_{\text{кр.вин.}}$, $Q_{\text{прод}}$, $Q_{\text{інше}}$ втрати відповідно на випаровування, через краплинне віднесення вітром, з продувкою та інші втрати води зі шламом на очисних спорудах та з інших причин, $\text{м}^3/\text{год.}$

$$4. \text{ Необхідна кількість продувки } Q_{\text{прод}} = \frac{Q_{\text{вип}} + (Q_{\text{кр.вин.}} + Q_{\text{інше}}) \cdot (1 - K_{\text{вип}})}{K_{\text{вип.}} - 1}$$

(4.21)

$$Q_{\text{прод}} = \frac{(90.7 + 43.8) + (6 + 15) \cdot (1 - 2.4)}{2.4 - 1} = 75 \text{ м}^3/\text{год.}$$

При розрахунку треба враховувати втрати води із шламом. Сумарні втрати води при охолодженні:

$$Q_{\text{прод}} = 90.7 + 43.8 + 15 + 6 + 75 = 230.5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, треба додати свіжої води 230,5 $\text{м}^3/\text{год.}$ За результатами розрахунку складається балансова схема (рис.5).

Кількість скруберів

$$N_{\text{скр}} = \frac{365296.8}{100000} = 3.6 \text{ шт.}$$

Приймаємо 4 скрубери.

$$Q_{\text{пит}} = \frac{30024.7}{3.2} = 9382.7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймається типовий радіальний відстійник діаметром $D=24$ м. Площа зони осадження одного відстійника

$$F_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 24^2}{4} = 452 \text{ м}^2.$$

Кількість відстійників

$$N = \frac{945.2}{452} = 2 \text{ шт.}$$

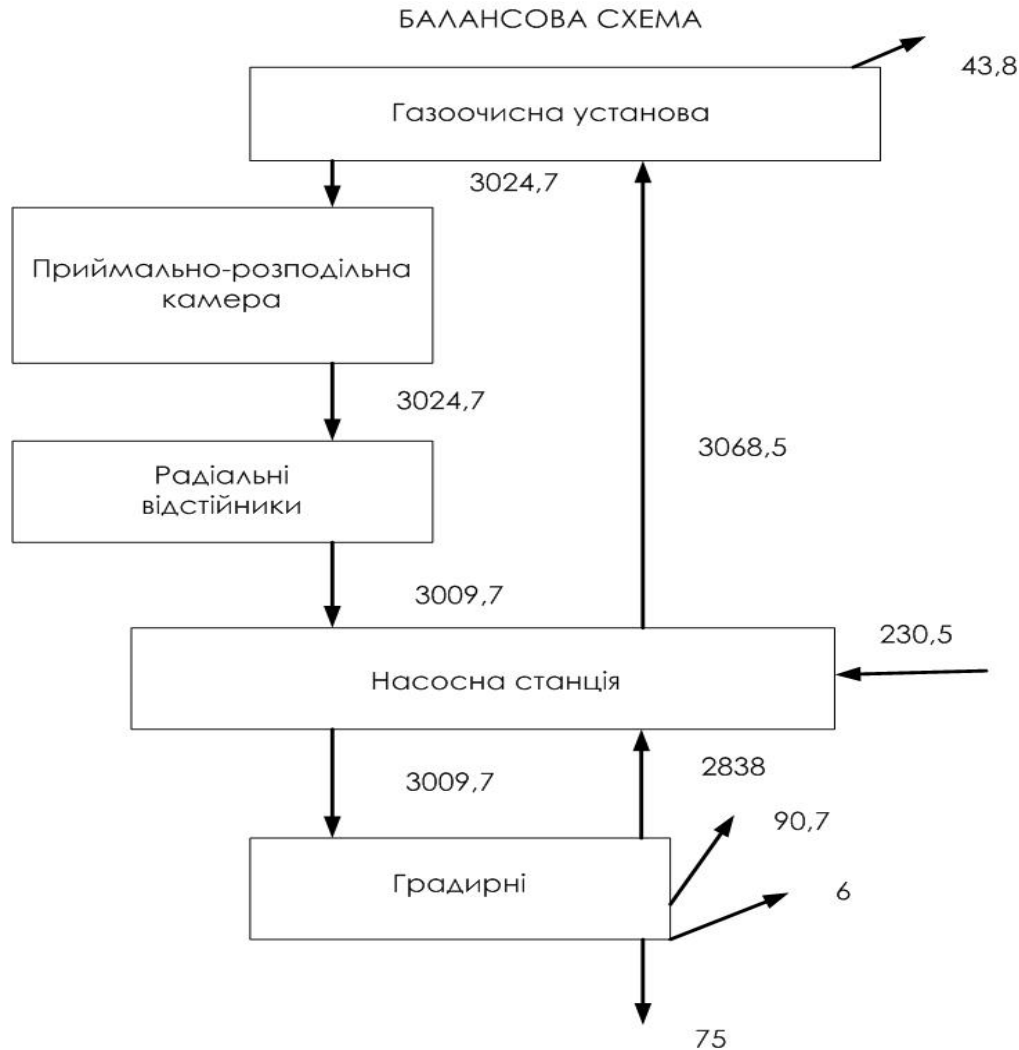


Рисунок 4.5 - Балансова схема

Об'єм приймально-розподільної камери

$$V = \frac{3024.7 \cdot 5}{60} = 252 \text{ м}^3.$$

При типовій глибині 5 м площа дзеркала води

$$f = \frac{252}{5} = 50.4 \text{ м}^2.$$

$\frac{50.4 \text{ м}^2}{4} = 12.6 \text{ м}^2$ Геометричні розміри камери приймаються довільно: наприклад, , тобто двохсекційна камера з розміром секції у плані 2*3 м.

Площа вентиляторних градирень із зрошувачем бризкального типу

$$F_{zp} = \frac{3009.7 \cdot 20 \cdot \sqrt{20} \cdot 10^3}{327 \cdot (2.6 \cdot 1.17)^{0.625} \cdot (55 - 18.8)^{1.95}} = 442 \text{ м}^2.$$

Кількість градирень визначається за необхідною площею зрошування та площею зрошування однієї типової градирні (секції F_1):

$$N = \frac{F_{zp}}{F_1} = \frac{442}{144} = 3 \text{ шт.}$$

Таким чином, втрати оборотної води 230,5 м³/год, що відповідає кількості свіжої води для підживлення, кількість радіальних відстійників Д-24 м-2шт., вентиляторних градирень - 3 секції.

Питання для повторювання

1. Як визначити витрати води в системі оборотного водопостачання?
2. Як визначити розміри відстійників?
3. За якими параметрами складають балансові схеми?
4. Що таке продувка?