

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення курсу, практичних занять та виконання
розрахунково-графічної роботи з дисципліни

**«ЗВОРОТНІ І БЕЗСТІЧНІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ»**

(для студентів 5 курсу денної форми навчання
спеціальності 8.06010302 – «Раціональне використання і охорона
водних ресурсів»)

Харків
ХНУМГ
2013

Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу, практичних занять та виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Зворотні і безстічні системи водопостачання промислових підприємств» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 8.06010302 – «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») / Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Т. С. Айрапетян – Х. : ХНУМГ, 2013. – 51 с.

Укладач: Т. С. Айрапетян

Рецензент: д.т.н., проф. С.С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання,
водовідведення та очистки вод,
протокол № 11 від 28.05. 2012 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
<i>ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ</i>	<i>4</i>
1. БАЛАНСИ ВОДИ І СОЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	5
2. ОБРОБКА ВОДИ В СИСТЕМАХ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	9
3. РОЗРАХУНОК СПОРУД ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СТІЧНИХ ВОД	18
4. РОЗРАХУНОК ОХОЛОДЖУВАЧІВ ЗВОРОТНОЇ ВОДИ	21
5. СТАБІЛІЗАЦІЯ ІОННОГО СКЛАДУ ЗВОРОТНОЇ ВОДИ У ЗВОРОТНИХ І ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМАХ	23
<i>ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....</i>	<i>27</i>
1. Структура і оформлення розрахунково-графічного завдання	27
2. Вказівки до виконання основних розділів РГЗ	27
<i>ІІІ. ЗМІСТ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЧАСТИНИ ДИСЦИПЛІНИ, КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ</i>	<i>42</i>
ДОДАТКИ	49
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	51

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Зворотні і безстічні системи водопостачання промислових підприємств» є розгляд шляхів вирішення проблеми створення оборотних і замкнених (безстічних) систем водного господарства промислових підприємств, що забезпечуватимуть охорону водних джерел від виснаження та забруднення і гарантуючих мінімальну екологічну шкоду навколишньому природному середовищу.

У ході вивчення теоретичної частини дисципліни розглядаються наступні основні питання:

- основні принципи створення зворотних і замкнених (безстічних) систем водного господарства промислових підприємств;
- методи і споруди для підготовки води з метою її повторного (багаторазового) використання в системах виробничого водопостачання;
- ускладнення, що виникають у роботі систем зворотного водопостачання і основні причини порушення водно-хімічного режиму їх роботи;
- охолодження зворотної води, охолоджуючі пристрої;
- використання біологічно очищених міських стічних вод і поверхневого стоку як джерела технічного водопостачання;
- стабілізація мінерального складу зворотної води у зворотних та безстічних системах;
- очистка і використання у зворотних системи водопостачання стічних вод основних цехів металургійних заводів;
- принципи створення маловідходних (безстічних) установок водопідготовки на ТЕС.

При вивченні дисципліни «Зворотні і безстічні системи водопостачання промислових підприємств» навчальним планом передбачено виконання розрахунково-графічної роботи (РГЗ).

ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

На практичних заняттях студенти під керівництвом викладача засвоюють теоретичний матеріал і набувають навички практичних розрахунків зворотних і замкнених систем промислового водопостачання.

Програма дисципліни «Зворотні і безстічні системи водопостачання промислових підприємств» передбачає набування досвіду проектування зворотних систем промислового водопостачання, засвоєння методики розрахунку водно-сольового балансу та прогнозування складу зворотної води й можливості утворення щільних сольових відкладень, тобто термостабільності води, розрахунку споруд з очистки й охолодження зворотної води.

Крім виконання практичних завдань, на заняттях передбачене вивчення теоретичних питань, що не ввійшли до лекційного матеріалу.

1. БАЛАНСИ ВОДИ І СОЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Визначення коефіцієнта концентрування добре розчинних солей через водний та сольовий баланси

У відкритих системах зворотного водопостачання відбуваються втрати води за рахунок випаровування частини її в охолоджувачі (P_1) та через краплинне винесення вітром (P_2). У результаті випаровування втрачається в середньому 0,15% охолоджуючої води при зниженні її температури на 1° , виноситься повітрям у градирнях 0,2—0,3% охолоджуючої води.

Втрати води на випаровування в градирнях, %:

$$P_1 = K_{\text{вип}} \cdot \Delta t \cdot 100, \quad (1.1)$$

де $K_{\text{вип}}$ – коефіцієнт, що враховує долю тепловіддачі випаровуванням в загальній тепловіддачі (табл. 1.1, дод.1);

Δt – перепад температур води, який визначається як різниця температури води, яка надходить до охолоджувача і температури охолодженої води, $^\circ\text{C}$.

Втрати води з краплинним винесенням вітром залежать від типу охолоджувача (табл. 1.4, дод.1).

При експлуатації зворотних систем водопостачання промислових підприємств дуже важливо знати динаміку зміни у воді концентрації окремих іонів і загального солевмісту. Вважається, що розчинені солі води, що випарилася (повністю або частково) залишаються у зворотній воді, підвищуючи їх концентрацію.

Підвищення концентрації солей може викликати процеси корозії теплообмінних систем і комунікацій або привести до інкрустації теплообмінних поверхонь трубопроводів і арматури.

Усі втрати води в охолоджувальній системі зворотного водопостачання компенсуються додаванням води з джерела водопостачання. Крім того, зазвичай зворотна вода освіжається продувкою, що знижує загальний солевміст і концентрацію окремих іонів. В результаті дії всіх цих чинників досягається свого роду рівновага, при якій концентрації, що встановилися залежать від співвідношення між кількістю води й розчинених речовин, що надходять і видаляються.

Ступінь підвищення концентрації розчинених речовин називають коефіцієнтом концентрування або коефіцієнтом випаровування. Чисельне значення цього коефіцієнта може бути виражене

а) за випаровуванням води:

$$K_{\text{вип}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3} = \frac{P_d}{P_d - P_1}, \quad (1.2)$$

б) за концентруванням солей:

$$K_{\text{к}} = \frac{C_{\text{об}}}{C_d} \quad \text{або} \quad K_{\text{Cl}} = \frac{Cl_{\text{об}}^-}{Cl_d^-}, \quad (1.3)$$

де P_1 — втрати води з системи за рахунок випаровування;

P_2 — втрати води з системи через винесення вітром;

P_3 — скид води з системи (продувка);

$C_{\text{зв}}$, C_d — концентрації розчинених солей відповідно у зворотній і підживлюючій воді;

$Cl^-_{зв}$, $Cl^-_д$ — концентрації іонів хлору відповідно у зворотній і підживлюючій воді.

При стабільності зворотної води (відсутності інкрустації поверхонь відкладаннями $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$ або змін складу води за рахунок продуктів корозії труб і теплообмінної апаратури) зберігається рівність коефіцієнтів випаровування, визначених за поступовим підвищенням у зворотній воді концентрацій різних іонів, - хлоридів, сульфатів і т. п.

$$K_{вип} = \frac{[Cl^-]_{зв}}{[Cl^-]_д} = \frac{[SO_4^{2-}]_{зв}}{[SO_4^{2-}]_д} = \dots = \frac{C_{зв}}{C_д} = \frac{C_д + \Delta C}{C_д} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3} \quad (1.4)$$

де p_1 , p_2 , p_3 – втрати води внаслідок випаровування, винесення крапель вітром та стабілізаційна витрат;

$C_{зв}$ – заданий за умовами забезпечення корозійної стійкості матеріалів солевміст зворотної води, мг/л;

$C_д$ – солевміст підживлюючої води, мг/л;

$\Delta C = C_{зв} - C_д$ – збільшення солевмісту зворотної води внаслідок випаровування;

$[Cl^-]_{зв}$ – концентрація іонів хлору у зворотній воді, мг/л;

$[Cl^-]_д$ – концентрація іонів хлору в підживлюючій воді, мг/л;

$[SO_4^{2-}]_{зв}$ та $[SO_4^{2-}]_д$ – концентрація іонів сульфату у зворотній та підживлюючій воді, мг/л.

Зміна концентрації іонів у зворотній воді залежить від умов експлуатації системи, тобто від величини продувки й методу обробки підживлюючої води, а також якості води в охолоджувачі.

Якщо концентрацію солей жорсткості в циркуляційній воді прийняти максимально допустимою, то з рівняння водно-сольового балансу можна визначити мінімально необхідну витрату продувки:

$$P_3 = \frac{C_д \cdot P_1}{C_{об} - C_д} - P_2, \quad (1.5)$$

де $C_д$ – концентрація солей жорсткості в підживлюючій воді, мг-екв/л;

$C_{об}$ – максимально допустима концентрація солей жорсткості в циркуляційній (оборотній) воді, мг-екв/л;

або

$$P_3 = \frac{Ж_{ДОБ}^K \cdot P_1}{Ж_{ГРАН}^K - Ж_д^K} - P_2. \quad (1.6)$$

Продувка системи ефективна тільки в тому випадку, якщо карбонатна жорсткість доданої води значно нижче за карбонатну жорсткість води у системі. Інакше необхідна настільки велика витрата підживлюючої води, що додавання її буде просто неекономічним, тому вигідніше буде застосувати хімічну обробку води.

Якщо система працює без продувки, то збільшення концентрації розчинених речовин у зворотній воді описують наступною залежністю:

$$C_{зв} = C_{вих} + \frac{q_д \cdot t}{V} C_д, \quad (1.7)$$

де $C_{вих}$ – вихідна концентрація речовин у воді, що заповнює систему (до включення охолоджувача у зворотний цикл);

q_d – кількість води, що додають до системи для компенсації втрат води на випаровування, м³/год;

V – об'єм води у системі, м³;

t – час роботи системи без продувки, год.

Якщо прийняти, що $C_{вих} = C_d$, формула (1.6) набуває простішого вигляду

$$C_{зв} = \left(1 + \frac{q_d \cdot t}{V}\right) C_d, \text{ мг/л.} \quad (1.8)$$

Концентрацію добре розчинних солей у зворотній воді $C_{зв}$ в залежності від вмісту цих солей у підживлюючій (свіжій) воді можна визначити за допомогою рівняння сольового балансу системи:

$$C_{зв} = K_K \cdot C_d, \quad (1.9)$$

звідси
$$K_K = 1 + \frac{q_d \cdot t}{V} \quad \text{або} \quad K_K = 1 + \frac{P_1 \cdot Q_{об}}{V} t, \quad (1.10)$$

де $Q_{зв}$ – кількість води, що знаходиться у звороті, м³/год;

P_1 – величина випаровування води у зворотній системі, % від витрати зворотної води.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 1. Визначити розмір продувки системи зворотного охолодження, що стабілізує циркуляційну воду й витрату підживлюючої води за наступних умов її роботи: карбонатна жорсткість підживлюючої води 2,2 мг-екв/л, гранична карбонатна жорсткість 4 мг-екв/л; перепад температур $\Delta t = 12^\circ\text{C}$, втрати води з краплинним винесенням вітром $P_2 = 0,5\%$.

Вирішення:

Втрати води на випаровування $P_{вип}$ визначають за формулою (1.1) або знаходять за формулою

$$P_1 = 0,16 \times \Delta t,$$

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.

Для осінньо-весняного періоду:

$$P_1 = 0,16 \cdot 0,75 \cdot 12 = 1,44\%.$$

Продувку системи знаходимо за формулою (1.6)

$$P_3 = \frac{1,44 \cdot 2,2}{4,0 - 2,2} - 0,5 = 1,26\%,$$

Тоді загальна витрата підживлюючої води буде дорівнювати

$$P_d = P_1 + P_2 + P_3 = 1,44 + 0,5 + 1,26 = 3,2\%;$$

Для літнього періоду:

$$P_1 = 0,16 \cdot 1,0 \cdot 12 = 1,92\%,$$

$$P_3 = \frac{1,92 \cdot 2,2}{4,0 - 2,2} - 0,5 = 1,85\%,$$

$$P_d = 1,92 + 0,5 + 1,85 = 4,27\%.$$

Приклад 2. Яку кількість води необхідно виводити зі зворотного циклу й скільки свіжої води слід до нього додавати, щоб підтримувати коефіцієнт випаровування на рівні 1,5? Витрата зворотної води складає $50 \cdot 10^3$ м³/год, витрата води на випаровування дорівнює 1,5%.

Вирішення:

З формули для визначення коефіцієнта концентрування добре розчинних солей або коефіцієнта випаровування через водний баланс знайдемо добавку свіжої (підживлюючої) води P_d , що додають до зворотної системи:

$$K_{\text{вип}} = \frac{P_1 + P_3}{P_3} = \frac{P_d}{P_d - 1}, \text{ звідки } P_d = \frac{K_{\text{вип}}}{K_{\text{вип}} - 1} \cdot P_1 = \frac{1,5}{1,5 - 1} \cdot 1,5 = 4,5 \, \%.$$

$$\text{Тоді } q_d = \frac{P_d \cdot Q_{\text{об}}}{100} = \frac{4,5 \cdot 50 \cdot 10^3}{100} = 2250 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Далі знаходимо кількість води, що необхідно виводити з оборотного циклу, тобто продувку системи (P_3):

$$P_3 = 4,5 - 1,5 = 3 \, \%.$$

$$\text{Тоді } q_3 = \frac{3 \cdot 50 \cdot 10^3}{100} = 1500 \text{ м}^3/\text{год}.$$

ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ № 1

Задача 1. Визначити основні параметри водно-хімічного режиму зворотного циклу (коефіцієнт випаровування і добавку свіжої води). Перевірити чи будуть у системі утворюватися карбонатні відкладення. Знайти концентрацію добре розчинних солей у зворотній воді залежно від вмісту цих солей у підживлюючій воді.

Таблиця 1 – Вихідні дані для виконання контрольної роботи за варіантами

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Лужність зворотної води $L_{\text{ц}}$, мг-екв/л	4,2	4,5	3,9	4,1	4,6
Витрата зворотної води, $Q_{\text{об}}$, м ³ /год	$6 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$6,5 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^3$
Лужність підживлюючої води, $L_{\text{д}}$, мг-екв/л	3,7	4,0	3,5	3,6	4,1
Перепад температур нагрітої та охолодженої води Δt , °C	8	10	12	9	6
Втрати води з продувкою, P_3 , %	3,0	2,5	1,8	3,2	2,3
Концентрація добре розчинних солей у підживлюючій воді $C_{\text{доб}}$, мг/л	550	570	610	450	490

Задача 2.

Об'єм води в басейні зворотного циклу електростанції дорівнює V , а кількість води у звороті $Q_{\text{зв}}$. Через скільки годин роботи зворотного циклу з моменту його пуску вихідна концентрація хлоридів у зворотній воді збільшиться у n разів ($C_{\text{зв}} = n C_{\text{вих}}$) за умови, якщо $C_{\text{вих}} = C_{\text{д}}$, і система працює без продувки?

Таблиця 2 – Вихідні дані для виконання контрольної роботи за варіантами

Параметри	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Об'єм води у басейні зворотного циклу, V , м^3	$3,8 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$
Кількість води у звороті $Q_{\text{об}}$, $\text{м}^3/\text{год}$	$2 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^4$
Втрати води на випаровування P_1 , %	0,02	0,025	0,02	0,008	0,02
Збільшення концентрації розчинних у зворотній воді речовин n	2,2	1,2	1,5	2,0	1,3

2. ОБРОБКА ВОДИ В СИСТЕМАХ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Головна вимога до водно-хімічного режиму систем зворотного водопостачання полягає в тому, що в системі повинні бути відсутні карбонатні відкладення і корозія устаткування та трубопроводів.

У системах водяного охолодження теплонавантажених елементів утворюються переважно відкладення карбонату кальцію при втраті вільної вуглекислоти через нагрівання води. При цьому відбувається розкладення бікарбонатних іонів HCO_3^- з утворенням карбонатних іонів CO_3^{2-} , які реагують з іонами Ca^{2+} і утворюють малорозчинні сполуки CaCO_3 , що осаджуються на стінках трубопроводів:



Якщо таке розкладання в системі відсутнє, то має місце співвідношення

$$L_{\text{зв}} = K_{\text{к}} \cdot L_{\text{д}}, \quad (2.1)$$

де $L_{\text{зв}}$, $L_{\text{д}}$ — лужність відповідно циркуляційної і добавочної води, мг-екв/л.

При співвідношенні $L_{\text{зв}} > K_{\text{вип}} \cdot L_{\text{д}}$ до системи додаються або поступають лужні речовини. Співвідношення $L_{\text{об}} < K_{\text{вип}} \cdot L_{\text{д}}$ свідчить про те, що в системі відбуваються розпад $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і утворення відкладень у кількості:

$$\Delta L = K_{\text{вип}} \cdot L_{\text{д}} - L_{\text{зв}}. \quad (2.2)$$

Необхідність обробки води для запобігання карбонатним відкладам визначається лужністю свіжої води, що додається, і коефіцієнтом випаровування зворотної води $K_{\text{к}}$ за умови, якщо

$$L_{\text{д}} \cdot K_{\text{вип}} \geq 3, \quad (2.3)$$

де $L_{\text{д}}$ - лужність підживлюючої води, мг-екв/л;

$K_{\text{вип}}$ - коефіцієнт випаровування або концентрування добре розчинних солей у зворотній воді.

При невеликій лужності підживлюючої води безнакипна робота теплообмінної апаратури може бути забезпечена шляхом продувки системи

зворотного водопостачання. В цьому випадку величину продувки у відсотках від витрати зворотної води знаходять за формулою (1.5).

Умовно всі методи обробки води, що застосовують для запобігання утворенню карбонатних відкладень у системах зворотного водопостачання, можна поділити на *реагентні* (ті, що основані на додаванні у зворотну або підживлюючу воду реагентів) і *безреагентні* (фізичні).

До першої групи відносять регулювання продувки, обробка кислотою (підкислення), димовими газами (рекарбонізація), реагентне і катіонітне зм'якшення, знесолення. До другої групи – фосфатування, додавання комплексонів, фізичні методи. Кислотно-фосфатна обробка води є комбінованим методом запобігання випадінню щільних сольових відкладень.

Метод підкислення

При підкисленні відбувається руйнування іона HCO_3^- , за рахунок цього досягається зниження лужності підживлюючої води на деяке значення ΔL_d і збільшення концентрації розчиненої вуглекислоти в циркуляційній воді. Обидва ці процеси сприяють стабілізації лужності води у зворотному циклі $L'_{зв}$.

Загальна лужність води, що додається:

$$L_d = L_{зал} + \Delta L_d. \quad (2.4)$$

Тоді $K_{вин} \cdot L_{зал} = L'_{зв}$, звідки $L_{зал} = \frac{L'_{зв}}{K_{вин}}$.

$$\text{Отже } \Delta L_d = L_d - \frac{L'_{зв}}{K_{вин}}, \quad (2.5)$$

де $L'_{зв}$ – гранична лужність зворотної води.

$$L'_{зв} = \frac{A[(100 - P_d)(CO_2)_{ц} + P_d \cdot ((CO_2)_d + 44L_d)] + 100b}{100 + 44P_3A}, \quad (2.6)$$

де A, b – коефіцієнти, що приймають за табл. 2.1;

$(CO_2)_{ц}$ і $(CO_2)_d$ – концентрації CO_2 відповідно у зворотній воді й підживлюючій воді, мг/л.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти A і b

Температура зворотної води, К	A	b			
		Окисність води, що додають мг/л O_2			
		5	10	20	30
303	0,26	3,2	3,8	4,3	4,6
313	0,17	2,5	3,0	3,4	3,8
323	0,10	2,1	2,6	3,0	3,2

При підкисленні води дозу кислоти з розрахунку на підживлюючу воду визначають за формулою

$$D_k = e(L_{доо} - \frac{L_{об}}{K_k}) \frac{100}{C_k}, \quad (2.7)$$

де C_k – вміст сірчаної або соляної кислоти, %;

e_k - еквівалентна маса кислоти, для сірчаної кислоти $e_k = 49$ мг/мг-екв, для соляної $e_k = 36,5$ мг/мг-екв.

Лужність зворотної води, мг-екв/л: (2.8)

$$L_{\text{ц}} = 0,1N \sqrt{4,84N^2(P - P_1)^2 + (100 - P)(CO_2)_{\text{охол}} + P(CO_2)_{\text{доб}} + 44PL_{\text{доб}} - 0,22N^2(P - P_1)},$$

де $P = P_1 + P_2 + P_3$ – добавка води до системи;

$$N = \frac{\psi}{\sqrt{K_{\kappa}(Ca^{2+})_D}}; \quad (2.9)$$

де ψ – коефіцієнт, що визначається залежно від загального солемісту зворотної води й температури охолодженої води (табл. 2.2);

$(CO_2)_{\text{охол}}$ – концентрація вуглекислоти у зворотній воді після охолоджувача, мг/л, що визначається залежно від лужності підживлюючої води й коефіцієнта концентрування води в системі (табл. 2.3).

Загальний солеміст зворотної води:

$$S_{\text{зв}} = S_D K_{\kappa}. \quad (2.10)$$

Сульфат кальцію не випадає в системі зворотного водопостачання, якщо добуток активних концентрацій іонів Ca^{2+} і SO_4^{2-} у зворотній воді не перевищує добуток розчинності сульфату кальцію:

$$f^2 \cdot C_{Ca} \cdot C'_{SO_4} \cdot K_y^2 \leq PP_{CaSO_4}, \quad (2.11)$$

де f – коефіцієнт активності двохвалентних іонів (табл. 2.4), що визначається залежно від іонної сили розчину зворотної води.

Іонна сила розчину зворотної води, г-іон/кг:

$$\mu = \frac{K_y}{2} [(C'_{Cl^-} + C_{HCO_3^-} + C_{Na^+}) + 4(C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}} + C'_{SO_4^{2-}})], \quad (2.12)$$

де $C_{HCO_3^-}$, C_{Na^+} , $C_{Ca^{2+}}$, $C_{Mg^{2+}}$ – концентрації іонів у підживлюючій воді, г-іон/кг.

C'_{Cl^-} , $C'_{SO_4^{2-}}$ – концентрації хлоридних і сульфатних іонів в підкисленій підживлюючій воді, г-іон/кг.

При підкисленні сірчаною кислотою:

$$C'_{SO_4} = C_{SO_4 \text{ дод}} + \frac{D_{\kappa} \cdot C_{\kappa}}{98000 \cdot 100}, \quad C'_{Cl} = C_{Cl \text{ доб}}. \quad (2.13)$$

При підкисленні соляною кислотою:

$$C'_{SO_4} = C_{SO_4 \text{ дод}}, \quad C'_{Cl} = C_{Cl \text{ дод}} + \frac{D_{\kappa} \cdot C_{\kappa}}{36500 \cdot 100} \quad (2.14)$$

Таблиця 2.2 - Визначення коефіцієнта ψ

Температура охлажденної води, t_2 °C	Солевміст охолодженої води, $S_{об}$, мг/л														
	200	400	600	800	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
5	8,29	8,96	9,49	9,93	10,32	11,11	12,10	12,65	13,29	13,74	14,28	14,70	15,13	15,47	15,89
10	8,09	8,75	9,26	9,69	10,07	10,84	11,81	12,34	12,97	13,41	13,93	14,35	14,76	15,10	15,50
15	7,82	8,47	8,96	9,38	9,75	10,49	11,42	11,94	12,55	12,97	13,48	13,89	14,29	14,61	15,00
20	7,53	8,14	8,62	9,02	9,37	10,09	10,99	11,49	12,07	12,48	12,98	13,35	13,74	14,05	14,43
25	7,18	7,76	8,22	8,60	8,94	9,62	10,48	10,96	11,51	11,90	12,37	12,74	13,10	13,40	13,76
30	6,83	7,39	7,82	8,18	8,50	9,15	9,97	10,42	10,95	11,32	11,77	12,12	12,47	12,75	13,09
35	6,38	6,90	7,31	7,64	7,95	8,55	9,31	9,74	10,23	10,58	10,99	11,32	11,65	11,91	12,23
40	5,91	6,39	6,76	7,08	7,92	8,62	9,02	9,47	9,79	10,18	10,18	10,48	10,78	11,03	11,32

Таблиця 2.3 - Концентрація $(\text{CO}_2)_{\text{охол}}$ у зворотній воді, охолодженій в градирнях

Лужність підживлюючої води $\text{Л}_{\text{д}}$, мг-екв/кг	Концентрація $(\text{CO}_2)_{\text{охол}}$, мг/кг, при коефіцієнті випаровування				
	1,2	1,5	2	2,5	3
1	-	0,6	0,6	0,5	0,5
2	2,2	2,1	2,1	2	2
3	3,6	2,8	2,5	2,3	2,2
4	5,3	4,6	3,8	3,5	3,4
5	9	6,4	5,1	4,5	4,3
6	16,3	9	7,6	6	5,4

Таблиця 2.4 - Коефіцієнт активності двохвалентних іонів

μ , г-іон/кг	f	μ , г-іон/кг	f	μ , г-іон/кг	f
0,01	0,67	0,06	0,45	0,11	0,36
0,02	0,58	0,07	0,43	0,12	0,35
0,03	0,53	0,08	0,41	0,13	0,34
0,04	0,5	0,09	0,39		
0,05	0,47	0,1	0,38		

Добуток розчинності сульфату кальцію при температурі 25-60°C, приймають $2,4 \cdot 10^{-5}$.

Витрату кислоти, необхідну для обробки води визначають за формулою

$$q_k = \frac{Q \cdot D_k}{1000}, \quad (2.15)$$

де Q – загальна кількість води, що додають до системи:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ м}^3/\text{год},$$

D_k – доза кислоти, г/м³.

Фосфатування

Як реагенти при фосфатуванні застосовують гексаметафосфат, тринатрійфосфат і суперфосфат. Граничне значення лужності 7 мг-екв/л.

Фосфатування успішно застосовують, якщо лужність додаткової води не перевищує 3,5-4 мг-екв/л. Інакше слід застосувати комбінований спосіб обробки – фосфатування разом з підкисленням.

Дозу технічного продукту (тринатрійфосфату або суперфосфату) для обробки добавочної води в системі можна розрахувати за формулою

$$D_\phi = (3 + 0,2 \frac{W}{q_{\text{доб}}}) \frac{100}{C}, \quad (2.16)$$

де W – об'єм води в системі (в резервуарах градирні, трубопроводах, лотках і газоочисних апаратах), м³;

$q_{\text{доб}}$ – кількість води, що додають до системи зворотного водопостачання, м³/год;

C – вміст P_2O_5 у технічному реагенті, %.

Витрату тринатрійфосфату, кг/год, визначають за формулою

$$G_{\phi} = \frac{D_{\phi} \cdot q_{\text{доб}}}{1000}. \quad (2.17)$$

Необхідну ємкість баку для приготування робочого розчину фосфатів, м³ визначають за формулою

$$V_p = \frac{0,1D \cdot q \cdot T}{1000 \cdot b}, \quad (2.18)$$

де b – міцність розчину, %;

T – тривалість роботи приготовленим розчином, год.

Витрата фосфату, г/м³:

$$Q = (d_{\phi} + \frac{5W}{24q_d}) \frac{100}{C_{\phi}}, \quad (2.19)$$

де C_{ϕ} – вміст P_2O_5 у технічному продукті % (для гексаметафосфату 50-52%, тринатрій фосфату 17-18%, суперфосфату 16-18%);

D_{ϕ} – доза P_2O_5 , приймають у межах 1,5-2,5 мг/л P_2O_5 .

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 5. Гранична лужність зворотної води дорівнює 4,5 мг-екв/л. Лужність підживлюючої води 4,2 мг-екв/л. Наскільки необхідно знизити підкисленням лужність води, що додають до системи, якщо втрати на випаровування і з продувкою системи відповідно складають 1,4 і 3%.

Вирішення

Знаходимо добавку води в систему P_d і коефіцієнт випаровування

$$P_d = P_1 + P_3 = 3 + 1,4 = 4,4\%$$

$$K_{\text{вип}} = \frac{P_d}{P_d - P_1} = \frac{4,4}{4,4 - 1,4} = 1,46$$

За формулою (2.5) знаходимо значення ΔL_d , на яке знизиться лужність підживлюючої води при її підкисленні:

$$\Delta L_d = 4,2 - \frac{4,5}{1,46} = 1,13 \text{ мг-екв/л.}$$

Приклад 6. Для охолодження конденсаторів турбін ТЕЦ передбачаються зворотне водопостачання з градирнями. Температура води після конденсаторів турбін T_1 в літньому режимі складає 13-17°C, в температура води після охолоджувача $T_2 = 5^0\text{C}$. Річна кількість годин роботи ТЕЦ $T = 3920$ год. Для технічного водопостачання ТЕЦ передбачено використання річкової води після проходження трьох послідовно працюючих ставків-освітлювачів.

Режим роботи ТЕЦ	Витрата охолоджуючої води, м ³ /год.	Безповоротні втрати					
		випаровування		винос вітром		продувка	
		м ³ /ч	%	м ³ /ч	%	м ³ /год	%
Літній	112750	1750	1,55	565	0,5	115	0,1

Склад води:

Жорсткість $J_{\text{заг}} = 7,3$ мг-екв/л;

Лужність $L_d = 6$ мг-екв/л;

$\text{Ca}^{2+}_{\text{д}} = 5 \text{ мг-екв/л} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}$;
 $\text{Mg}^{2+}_{\text{д}} = 2,3 \text{ мг-екв/л} = 1,155 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}$;
 $\text{Na}^{+}_{\text{д}} = 6,59 \text{ мг-екв/л} = 6,595 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}$;
 $\text{HCO}_3^{-}_{\text{д}} = 6 \text{ мг-екв/л} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}$;
 $\text{Cl}^{-}_{\text{д}} = 3,95 \text{ мг-екв/л} = 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}$;
 $\text{SO}_4^{2-}_{\text{д}} = 3,9 \text{ мг-екв/л} = 1,955 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}$;
 $\text{CO}_2_{\text{д}} = 12,9 \text{ мг/кг}$;
 Солевміст $S = 989 \text{ мг/кг}$.

Визначити необхідність обробки охолоджуючої води з метою запобігання випадінню карбонатних відкладень, підтвердити прийнятий відсоток продувки при обробці води методом підкислення, визначити витрату сірчаної кислоти на обробку.

Вирішення

1. *Визначення необхідності обробки охолоджуючої води з метою запобігання випадінню карбонатних відкладень.*

Обробку води слід передбачати за умови (2.3), якщо $L_{\text{д}} \cdot K_{\text{вин}} > 3$

$$K_{\text{вин}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3} = \frac{1,55 + 0,5 + 0,1}{0,5 + 0,1} = 3,6.$$

Отже маємо $6 \cdot 3,6 = 21,6 > 3$.

Це підтверджує необхідність обробки води, що додаються.

Безповоротні втрати води в системі складають $P = 1,55 + 0,5 + 0,1 = 2,15\%$.

Солевміст зворотної води визначаємо за формулою (2.10)

$S_{\text{об}} = 989 \cdot 3,6 = 3600 \text{ мг / кг}$. За табл. 2.2 знаходимо $\psi = 10,68$.

$$N = \frac{10,68}{\sqrt{3,6 \cdot 5}} = 2,5.$$

Концентрацію вуглекислоти у зворотній воді після охолоджувача визначаємо за табл. 2.3 $\text{CO}_{2\text{охол}} = 5,3 \text{ мг/кг}$.

Далі за формулою (2.8) знаходимо лужність зворотної води

$$L_{\text{об}} = 0,1 \cdot 1,33 \sqrt{4,84 \cdot 2,5^2 (2,15 - 1,55)^2 + (100 - 2,15) \cdot 5,3 + 2,15 \cdot 12,9 + 44 \cdot 2,15 \cdot 6 - 0,22 \cdot 2,5^2 (2,15 - 1,55)} = 4,2$$

2. *Підтвердження прийнятого відсотка продувки при обробці води, методом підкислення.*

Прийнята обробка охолоджуючої води сірчаною кислотою. Це рішення перевіряється на невинпадіння в осад сульфату кальцію в разі продувки системи $P_3 = 0,1\%$ (в літньому режимі). Винпадіння сульфату кальцію може відбутися, якщо коефіцієнт випаровування $K_{\text{вин}}$ досягне величини, за якої відбудеться неприпустиме збільшення концентрації сульфатів.

Перевіряємо співвідношення (2.11), тобто чи буде в системі винпадіння сульфату кальцію

$$0,48^2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,952 \cdot 10^{-3} \cdot 3,6^2 = 1,46 \cdot 10^{-5} < 2,4 \cdot 10^{-5}.$$

Отже сульфат кальцію не винпадає в системі зворотного водопостачання.

За табл. 2.4 знаходимо $f = 0,48$.

$$\mu = \frac{3,6}{2} \cdot 10^{-3} [(3,95 + 6 + 6,59) + 4(2,5 + 1,15 + 4,65)] = 0,045 \cdot \text{г-іон/кг}.$$

За формулою (2.13) одержуємо

$$C'_{Cl} = 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}; C'_{SO_4} = 1,95 + \frac{257 \cdot 92}{98000 \cdot 100} = 1,952 \cdot 10^{-3} \text{ г-іон/кг}.$$

Доза сірчаної кислоти з розрахунку на підживлюючу воду:

$$D_k = 49 \cdot \left(6 - \frac{4,2}{3,6}\right) \cdot \frac{100}{92} = 257 \text{ г/м}^3.$$

Якщо не передбачати продувку, то приблизні розрахунки покажуть, що співвідношення (2.11) не буде дотримуватись, тобто відбудеться випадіння сульфату кальцію в системі. Це зумовлює необхідність продувки системи в літньому режимі.

3. Визначення витрати сірчаної кислоти, що потрібна для обробки охолоджуючої води

Годинна витрата кислоти (2.15):

$$q_k = \frac{Q_d \cdot D_k}{1000} = \frac{2430 \cdot 257}{1000} = 624,5 \text{ кг/год}.$$

Загальна кількість підживлюючої води в системі:

$$Q_d = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1750 + 565 + 115 = 2430 \text{ кг/год}.$$

Річна витрата кислоти:

$$Q_k = \frac{q_k \cdot T}{1000} = \frac{624,5 \cdot 3920}{1000} = 2448 \text{ т}.$$

Приклад 7. Виробничий об'єкт має зворотне водопостачання з витратою $15 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год}$. Підживлююча вода має лужність 4,2 мг-екв/л, концентрація CO_2 у воді дорівнює 10 мг/л. Температура води складає 303 К. Розрахувати режим фосфатування циркуляційної води для літнього періоду при охолодженні зворотної води в градирнях, концентрація CO_2 в циркуляційній воді після охолоджувача дорівнює 5 мг/л, температура 10 К.

Вирішення:

$$P_1 = 0,16 \times \Delta t = 1,6\%,$$

$P_2 = 0,6$ - для баштових градирень.

Для економії приймаємо $P_3 = 0,6\%$, тоді коефіцієнт випаровування $K_{\text{вип}} = 2,3$.

Граничне значення лужності $L_{\text{Ц}} = 7$ мг-екв/л.

За табл. 2.3 при концентрації $(\text{CO}_2)_{\text{охол}} = 5$ мг/кг і $K_{\text{вип}} = 2,3$ лужність підживлюючої води становить $L_d = 3$ мг-екв/л, за вихідними даними вода, що додається має лужність $L_d = 4,2$ мг-екв/л. Отже одного підкислення недостатньо. Тому:

1) можна збільшити продувку до необхідного значення.

Для визначення продувки знаходимо значення $K_{\text{вип}} = \frac{7,0}{4,2} = 1,67$.

$$K_K = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3} \text{ або у спрощеному вигляді } K_K = 1 + \frac{P_1}{P_2 + P_3}, \text{ звідси продувка}$$

$$P_3 = \frac{P_1 - (K_{\text{вип}} - 1) \cdot P_2}{K_{\text{вип}} - 1} \quad (2.20)$$

$$P_3 = 1,8\%.$$

Таким чином продувка дорівнюватиме $P_3 = 1,8 + 0,6 = 2,4\%$ або $360 \text{ м}^3/\text{год}$;

- 2) застосувати тільки підкислення;
- 3) фосфатування разом з підкисленням.

Необхідно знизити лужність підживлюючої води на величину $\Delta l = 4,2 - 3 = 1,2$ мг-екв/л. Тоді коефіцієнт випаровування циркуляційної води дорівнюватиме

$$K_{\text{вип}} = \frac{L_{\text{гран}}}{L_{\text{д}}} = \frac{7}{3} = 2,4.$$

Кількість продувки при обробці води фосфатами для попередження утворення щільних сольових відкладень за формулою (2.20):

$$P_3 = 0,64\%.$$

Отже продувка $P_3 = 0,6 + 0,64 = 1,24\%$ або $185 \text{ м}^3/\text{год}$.

Витрата 75% - сірчаної кислоти складе

$$1,2 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 2,86 \cdot 10^{-2} \cdot 4910^{-6} \cdot 720 = 18 \text{ т/міс}.$$

Приклад 8. Розрахувати установку для фосфатування підживлюючої води в кількості $q_{\text{д}} = 200 \text{ м}^3/\text{год}$. Зворотну воду охолоджують на секційній вентиляторній градирні, об'єм води в системі $W = 5000 \text{ м}^3$.

Вирішення:

Для фосфатування підживлюючої води приймаємо тринатрійфосфат, що містить P_2O_5 у кількості $C = 18\%$.

Необхідну дозу тринатрійфосфату визначаємо за формулою (2.16)

$$D = (3 + 0,2 \frac{5000}{200}) \frac{100}{18} = 45 \text{ г/м}^3.$$

Витрату тринатрійфосфату розраховуємо за формулою (2.17)

$$G_{\text{ф}} = \frac{45 \cdot 200}{1000} = 9 \text{ кг/год}.$$

Робочий розчин тринатрійфосфату готуємо 2% міцністю. Тоді для роботи впродовж $T = 4$ год ємкість робочого баку за формулою (2.18):

$$V_p = 0,1 \frac{9 \cdot 4}{2} = 2 \text{ м}^3.$$

Приймаємо для розчинних бака круглої форми діаметром $1,45 \text{ м}$ і висотою $1,35 \text{ м}$, об'ємом $2,2 \text{ м}^3$, днище конічне.

Ємкість розчинного баку тринатрійфосфату $V_p' = 0,9 V_p = 0,9 \cdot 2,2 = 1,98 \text{ м}^3$

ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №3

Задача 1. Зворотну систему охолодження конденсаторів парових турбін електростанції підживлюють водою, якість якої наведено в табл. 3. Система працює з коефіцієнтом випаровування $K_{\text{вип}}$. Для попередження випадіння солей жорсткості передбачено обробку води сірчаною кислотою. Підкисленням досягається зниження лужності підживлюючої води на деяке значення Δl . Визначити чи буде при цьому в системі випадати гіпс (CaSO_4)?

Таблиця 3 - Вихідні дані для виконання контрольної роботи № 3 за варіантами

Параметри	Варіант				
	1	2	3	4	5
Склад підживлюючої води:					
Ca^{2+} , мг-екв/л	10,0	8,0	9,0	8,0	7,0
Mg^{2+} , мг-екв/л	2,5	2,0	2,0	1,8	2,5
Na^{+} , мг-екв/л	3,0	3,0	4,0	5,0	3,0
SO_4^{2-} , мг-екв/л	8,0	7,0	6,0	10,0	8,0
HCO_3^{-} , мг-екв/л	5,0	4,0	4,0	3,0	2,5
Cl^{-} , мг-екв/л	7,0	7,0	8,0	6,0	5,0
CO_2 , мг/л	12,9	12,0	12,5	11,9	10,0
Солевміст, мг/кг	1200	1000	900	2900	2500
Кількість води у звороті $Q_{\text{зв}}$, м ³ /год	$100 \cdot 10^3$	$90 \cdot 10^3$	$80 \cdot 10^3$	$70 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$
Коефіцієнт випаровування	1,7	1,9	2,1	2,4	2,2
Температура зворотної води, °C	25	25	27	30	27
ΔL , мг-екв/л	3,0	2,7	4,2	2,5	3,4

3. РОЗРАХУНОК СПОРУД ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СТИЧНИХ ВОД

Використання очищених стічних вод у системах зворотного водопостачання є центральним питанням загальної проблеми переведення промислових підприємств на замкнений режим роботи без скиду стічних вод.

3.1 Горизонтальні відстійники

Площу зони осадження, м², приймають залежно від питомого гідравлічного навантаження:

$$F = \frac{Q}{q_{\text{уд}}} . \quad (3.1)$$

$$\text{Довжина відстійника: } L = V_{\text{сер}} \cdot t , \quad (3.2)$$

де $V_{\text{сер}}$ - середня швидкість руху води, у проточній частині відстійника приймають 5-10 мм/с; t -час перебування води у відстійнику, с.

$$t = \frac{H}{U_0} , \quad (3.3)$$

де H - глибина проточної частини відстійника, приймають 1,5-4 м (при відношенні довжини до глибини 8-20);

U_0 - гідравлічна крупність частинок зважених речовин у стічній воді, мм/с.

Ширина відстійника, м

$$B = \frac{Q}{V_{\text{сер}} \cdot H} . \quad (3.4)$$

Ширину однієї секції приймають 3-6 м, в окремих випадках – до 9 м залежно від способу видалення осаду.

3.2 Радіальні відстійники

Найбільшого розповсюдження при очищенні стічних вод металургійних виробництв набули відстійники діаметром 30 м з камерою флокуляції.

Площа зони осадження радіальних відстійників, м^2 :

$$F = \frac{Q}{q_{\text{уд}}} . \quad (3.5)$$

Площа зони осадження одного відстійника, м^2 :

$$F_1 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} , \quad (3.6)$$

де D - діаметр відстійника, 30 м;

d – діаметр камери флокуляції, 10 м.

Число відстійників:

$$n = \frac{F}{F_1} . \quad (3.7)$$

3.3 Відкриті безнапірні гідроциклони і флокулятори

Відкриті гідроциклони доцільно застосовувати для освітлення порівняно невеликої кількості стічних вод ($100\text{-}200 \text{ м}^3/\text{год}$), що володіють значною концентрацією суспензії і високими флокуляційними властивостями.

Найбільшого поширення в чорній металургії одержали гідроциклони діаметром 6 м.

Ефект очищення у відкритих гідроциклонах визначається в основному гідравлічним навантаженням, яке встановлюється залежно від характеристики стічних вод, від ступеня очистки й геометричних розмірів гідроциклона.

Питоме гідравлічне навантаження для відкритих гідроциклонів визначають за формулою

$$q = 3,6 \cdot U_0 , \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) , \quad (3.8)$$

де U_0 - гідравлічна крупність, мм/с.

Апарат працює як без коагуляції і флокуляції за допомогою реагентів, так і особливо ефективно за допомогою цих речовин.

Ефект роботи гідроциклона значно збільшується при використанні коагулянтів. Так, стосовно до стічних вод газоочисток мартенівських печей і конверторів для досягання необхідної ефективності очистки (150 мг/л у проясненій воді) навантаження без коагуляції складає $5\text{-}6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, а із застосуванням коагулянтів – $10\text{-}12 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Площа одного гідроциклона:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} . \quad (3.9)$$

Продуктивність одного апарату, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$Q_1 = q \cdot F . \quad (3.10)$$

Кількість споруд:

$$n = \frac{Q}{Q_1}. \quad (3.11)$$

Порядок розрахунку флокуляторів наступний:

1) визначають витрату води на один апарат, м³/год:

$$Q_1 = q_{num} \cdot S_{\phi}, \quad (3.12)$$

де q_{num} - питоме гідравлічне навантаження на один апарат, м³/год;

S_{ϕ} - площа флокулятора, м², $S_{\phi}=113$ м².

2) визначають кількість апаратів, шт.

$$n = \frac{Q}{Q_1} \quad (3.13)$$

де Q - загальна витрата стічних вод, що поступають на очищення, м³/год.

3) коаксіально до корпусу флокулятора встановлена перфорована перегородка, що утворює камеру флокуляції. Об'єм камери флокуляції, м³:

$$W_{\kappa} = \frac{\pi}{4} (D_{\phi}^2 - D_{\kappa}^2) \cdot H, \quad (3.14)$$

де D_{ϕ} - діаметр флокулятора, м ($D_{\phi}=12$ м);

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

H - висота флокулятора, м ($H=10$ м).

3) об'єм зони відстоювання, м³:

$$W_{відст} = \frac{\pi \cdot D_{\kappa}^2}{4} \cdot H. \quad (3.15)$$

Для підведення води в апарат є 8-12 патрубків, які розташовані тангенціально в два-три яруси.

4.4 Напірні фільтри

Кількість напірних фільтрів визначають залежно від робочої площі фільтрування одного апарату.

Загальну площу фільтрування визначають за формулою, м²

$$F_{\phi} = \frac{\alpha \cdot Q}{V_{\phi}}, \quad (3.16)$$

де α - коефіцієнт, що враховує витрату освітленої води на власні потреби, приймають залежно від кількості промивок, $\alpha=1,03—1,1$;

Q - витрата води, яка підлягає фільтруванню, м³/год;

V_{ϕ} - швидкість фільтрування при нормальному режимі роботи, м/год.

Витрата води на промивку фільтру, м³/год:

$$q_{\phi} = \frac{F_{\phi} \cdot q_{np} \cdot t \cdot n}{24}, \quad (3.17)$$

де q_{np} - інтенсивність промивки фільтра, л/(с·м²), для піщаного завантаження і для завантаження з мармурової крихти – 15 л/(с·м²), для роздрібнюваного антрациту – 10 л/(с·м²);

t – тривалість промивки $t=30$ хв.;

n – число промивок за добу ($n=1-2$).

4. РОЗРАХУНОК ОХОЛОДЖУВАЧІВ ОБОРОТНОЇ ВОДИ

4.1 Вибір типу охолоджувача

Вибір типу охолоджувача здійснюють на підставі техніко-економічного порівняння варіантів. Тип охолоджувача приймають з урахуванням розрахункової витрати води, режиму роботи, умов розміщення на промисловому майданчику, розрахункової температури охолодженої води, перепаду температур води в системі, глибини охолодження, технологічних вимог до стабільного ефекту охолодження, особливостей експлуатації, хімічного складу води і її втрат на випаровування і винос вітром. При виборі охолоджувача слід враховувати також вимоги природоохоронних органів до роботи охолоджувача, як можливого джерела негативного впливу на стан навколишнього середовища (винос краплинної вологи, викид шкідливих речовин, шум).

Рекомендована область застосування (табл. 4.1) різних типів охолоджувачів води визначається їх якісними й кількісними характеристиками: гідравлічним навантаженням, тепловим навантаженням, шириною охолодження (перепадом температур) і глибиною охолодження (різницею температури охолодженої води й температури повітря за змоченим периметром), а також іншими факторами.

Вибір типу зрошувача проводять залежно від якості охолоджуваної води. За наявності у зворотній воді жирів, смол і нафтопродуктів застосовують градирні з краплинним зрошувачем, за наявності завислих речовин, які створюють відкладення, що не змиваються водою, – бризкальні градирні. Найкращим типом зрошувача є плівковий, оскільки він має найбільшу поверхню на одиницю об'єму градирні й низький аеродинамічний опір. Проте такі градирні більш матеріаломісткі. Плівкові зрошувачі застосовують тільки у випадках нестачі території для розміщення градирень.

Таблиця 4.1 - Рекомендовані області застосування охолоджувачів

Охолоджувач	Область застосування охолоджувача води		
	Питоме теплове навантаження, тис. ккал/м ² /год	Перепад температур води, °С	Різниця температури охолодженої води та температури атмосферного повітря за змоченим термометром, °С
Вентиляторні градирні	80-100 і вище	3-20	4-5
Баштові градирні	60-100	5-15	8-10
Бризкальні басейни	5-20	5-10	10-12
Водосховища-охолоджувачі	0,2-0,4	5-10	6-8
Радіаторні (сухі) градирні	-	5-10	25-30
Відкриті й бризкальні	7-15	5-10	10-12

Примітка: Показники в таблиці надані для води, що надходить на охолоджувач з температурою менше 40°С.

Орієнтовне гідравлічне навантаження (відношення витрати охолоджуваної води до площі градирні в плані), м³/(м²·год), приймають:

- при зрошувачі плівкового типу – 8-12;
- при зрошувачі краплинного типу – 6-10;
- при бризкальному зрошувачі – 5-6.

За умовами надійності, зручності й економічності експлуатації рекомендується від двох до дванадцяти секцій або градирень в одному оборотному циклі водопостачання. Якщо за технологічними розрахунками число секцій виходить за ці межі, слід вибрати інший типорозмір градирні.

4.2 Розрахунок вентиляторних градирень

Вихідними даними для розрахунку вентиляторних градирень є:

1. Гідравлічне навантаження $q_{\text{макс}}$, м³/год – максимальна годинна витрата води, що надходить у градирні.
2. Температура води на вході t_1 й виході t_2 з градирні, задається технологіями підприємства на підставі теплотехнічного розрахунку охолоджуваного устаткування.

Розрахунок градирень полягає у визначенні площі зрошувального пристрою і кількості градирень або їх секцій (якщо градирні секційні), які забезпечують охолодження заданої витрати води від температури на вході t_1 до температури на виході з градирні t_2 при заданих параметрах атмосферного повітря за сухим термометром θ , вологості повітря ϕ і температури за вологим термометром τ .

Параметри атмосферного повітря змінюються як протягом доби, так і в межах року. Розрахунок градирень здійснюють на найменш сприятливий літній період за середньодобовими температурами повітря за сухим і вологим термометрами за багаторічними спостереженнями при забезпеченості параметрів атмосферного повітря 1-10 %. Значення параметрів атмосферного повітря (температур θ і τ і вологості ϕ) для деяких міст наведено в табл. 1.3 (дод. 1).

Розрахунок площі зрошування і кількості вентиляторів градирень виконують за допомогою графіків і таблиць, складених за дослідно-виробничими даними, й теоретичними залежностями.

Площу зрошування вентиляторів градирень зі зрошувачем бризкального типу або краплинним зрошувачем визначають за формулою

$$F_{\text{оп}} = \frac{Q \cdot (t_1 - t_2) \cdot \sqrt{t_1 - t_2} \cdot 10^3}{K (V_{\text{в}} \cdot \rho)^{0,625} \cdot (t_1 - \tau)^{1,95}}, \quad (4.1)$$

де Q – витрата охолоджуваної води, м³/год;

$t_1 - t_2$ – температура відповідно охолоджуваної і охолодженої води °С;

K – коефіцієнт, що залежить від типу зрошувача, температури повітря за вологим термометром, ширини зони охолодження і тиску води перед соплами, визначають за табл. 1.2 (дод. 1);

$V_{\text{в}}$ – швидкість руху повітря через зрошувач, м/с;

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

τ – температура повітря за вологим термометром °С.

Швидкість руху повітря в градирні складає близько 2 м/с. Наприклад, у градирнях площею 16 м² ця швидкість становить 2,21 м/с; 64 м² – 2,17 м/с; 144 м² – 2,12 м/с; 192 м² – 1,9 м/с; 400 м² – 1,86 м/с; 380 м² – 1,97 м/с; 1200 м² – 2,3 м/с.

Щільність повітря при вологості 40-100 % приблизно приймають залежно від температури повітря за сухим термометром при $\theta=20^{\circ}\text{C}$ $\rho=1,17-1,18 \text{ кг/м}^3$; $\theta=22^{\circ}\text{C}$ $\rho=1,16-1,17 \text{ кг/м}^3$; $\theta=24^{\circ}\text{C}$ $\rho=1,15-1,16 \text{ кг/м}^3$; $\theta=26^{\circ}\text{C}$ $\rho=1,14-1,15 \text{ кг/м}^3$; $\theta=80^{\circ}\text{C}$ $\rho=1,13-1,14 \text{ кг/м}^3$.

Вказану формулу можна використовувати при ширині зони охолодження $t_1 - t_2=3-20^{\circ}\text{C}$, висоті зони охолодження $t_2 - \tau= 3-4^{\circ}\text{C}$, температурі повітря за вологим термометром $\tau=15-22^{\circ}\text{C}$, відносній вологості повітря $\varphi=30-70\%$.

5. СТАБІЛІЗАЦІЯ ІОННОГО СКЛАДУ ВОДИ У ЗВОРОТНИХ І ПОВНІСТЮ ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМАХ (СИСТЕМАХ БЕЗ ПРОДУВКИ)

У звичайних системах зворотного водопостачання, де циркулююча вода не забруднюється технологічними продуктами, підвищення мінералізації запобігають продувкою (скиданням частини зворотної води) й поповненням системи свіжою водою. Однак таке скидання і добавка доцільні лише тоді, коли карбонатна жорсткість (або загальний солевміст) води, що додають до системи зворотного водопостачання, менше карбонатної жорсткості (солевмісту) води, що знаходиться в системі зворотного водопостачання, а також якщо дозволяє потужність.

Кількість зворотної води, яку необхідно скинути для підтримки гранично допустимої (максимальної) величини карбонатної жорсткості оборотної води, визначають за формулою

$$P_3 = \frac{Ж_{\text{Д}}^{\text{К}} \cdot P_1}{Ж_{\text{ГРАН}}^{\text{К}} - Ж_{\text{Д}}^{\text{К}}} - P_2, \quad (5.1)$$

а кількість води, що необхідно при цьому додавати до системи:

$$P_{\text{Д}} = \frac{Ж_{\text{Д}}^{\text{К}} \cdot P_1}{Ж_{\text{ГРАН}}^{\text{К}} - Ж_{\text{Д}}^{\text{К}}}, \quad (5.2)$$

де $Ж_{\text{Д}}^{\text{К}}$ – карбонатна жорсткість води, що додається в систему, в мг-екв/л;

У ряді випадків у системах зворотного водопостачання з'являється необхідність у коректуванні рН оборотної води. Найбільш простий спосіб регулювання рН циркуляційної води – це підкислення або часткове H -катіонування, а також здійснення заходів, що знижують інтенсивність зростання солевмісту.

Вибір способу зниження рН залежить від допустимого вмісту в ній сульфат-іонів. Коли можлива продувка системи застосовують порівняно-дешевий метод - підкислення води сірчаною кислотою, у випадках коли продувка обмежена – часткове H -катіонування або комбінацію його з підкисленням, за повною відсутністю продувки – тільки часткове H -катіонування.

Необхідну кількість води, що піддають H -катіонуванню для зниження рН, визначають за формулою

$$\alpha = \frac{44L_{\text{H}} \cdot 10^{(pK_1 - pH_c)} - CO_2^H}{CO_2^K - CO_2^H + 44K + 44(L_{\text{H}} + K) \cdot 10^{pK_1 - pH_c}} \quad (5.3)$$

де α – кількість H -катіонованої води в долях від загальної витрати зворотної води;
 L_{H} – лужність води в водосховищі-охолоджувачі, мг-екв/л;

pK_1 – негативний логарифм константи першого ступеня дисоціації вуглекислоти (табл. 5.1);

pH_c – величина рН загальної витрати зворотної води після змішування з Н-катионованою водою;

Таблиця 5.1 – Значення показників pK_1 залежно від температури води

Значення показника pK_1	Температура води, ° С									
	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80
pK_1	6,58	6,48	6,39	6,37	6,34	6,31	6,30	6,29	6,30	6,31

CO_2^H – концентрація вільної вуглекислоти у воді водосховища-охолоджувача, мг/л;

CO_2^K – концентрація вільної вуглекислоти в Н-катионованій воді, що виділилася в результаті розпаду бікарбонатів у процесі Н-катионування, мг/л, $CO_2^K = 44L_H$;

K – кислотність Н-катионованої води, що визначається за концентрацією аніонів сильних кислот:

$$K = \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl^-}{35,36} + \frac{NO_3^-}{62,01}, \text{ мг-екв/ л,} \quad (5.4)$$

де SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- — відповідні концентрації вказаних аніонів.

Стабілізація зворотної води, що в звичайних зворотних системах водопостачання досягається продувкою, в *замкнених системах* (системах без продувки) здійснюється шляхом виведення частини оборотної води для коректування її мінерального складу й подальшого повернення в цикл окремо або спільно зі свіжою підживлюючою водою. Необхідний ступінь знесолення цієї частини води залежить від коефіцієнта випаровування зворотної води в системі й відносної кількості води, що виводиться з системи для обробки замість продувки.

Ця кількість води, що називається *стабілізаційною витратою* в замкнених системах зворотного водопостачання, обчислюється з урахуванням того, що об'єм підживлюючої свіжої води в замкнених системах водопостачання повинен компенсувати лише втрати від винесення води при її розбризкуванні й випаровуванні в охолоджувальних пристроях, а також втрати, обумовлені витратами води на власні потреби (тобто на експлуатацію споруд для коректування сольового складу й освітлення стабілізаційної витрати зворотної води).

Підживлююча вода при замкненому зворотному водопостачанні являє собою суміш свіжої (зазвичай освітленої і зм'якшеної) води і стабілізаційної витрати. Іонний склад її визначається складом і об'ємним співвідношенням обох компонентів суміші:

$$C_{д.} = \frac{C_{зм}(P_1 + P_2) + C_{стаб.в.}P_1}{P_1 + P_2 + P_3}, \quad (5.5)$$

де $C_{стаб.в.}$ — іонний склад води *стабілізаційної витрати* (після іонообмінного коректування мінерального складу й освітлення);

$C_{зм}$ — те ж саме, для зм'якшеної свіжої підживлюючої води.

Для попередніх розрахунків величину P_3 приймають 0,2-0,5% і потім уточнюють за формулою

$$P_3 = \frac{C_d K \cdot \Delta t - \Delta C \cdot P_2}{\Delta C} \quad (5.6)$$

де C_d — солевміст у підживлюючій воді, мг/л;

$\Delta C = C_{зв} - C_d$ — збільшення солевмісту у зворотній воді внаслідок випаровування;

Якщо зворотна вода стабільна і не забруднюється солями, що потрапляють з технологічних розчинів через різні нещільності в теплообмінній апаратурі, то загальний солевміст у ній знаходять, враховуючи коефіцієнт випаровування або концентрування за рівнянням сольового балансу системи.

Прояснення підживлюючої води й стабілізаційної витрати зворотного циклу

Необхідний ступінь прояснення підживлюючої води оцінюють величиною підживлення і балансом завислих речовин:

$$B_1 = \frac{Q_1 \cdot B_{зв} - P_1 \cdot B_{зв} - \sum Q_{вент} \cdot B_2}{P_1 + P_2 + P_3} \quad (5.7)$$

де B_1 — кількість зависі, що видаляється при проясненні підживлюючої води, мг/м³;

Q_1 — продуктивність системи зворотного водопостачання, м³/год;

$\sum Q_{вент}$ — продуктивність вентиляторів градирень (за повітрям), м³/год;

$B_{зв}$ — допустима концентрація завислих речовин у системі зворотного водопостачання (приймають 40-50 г/м³, іноді 12-15 г/м³);

B_2 — концентрація пилу й піску в повітрі (звичайно 103,5 мг/м³);

P_1, P_2 — втрати води з системи зворотного водопостачання, м³/год;

P_3 — стабілізаційна витрата, що визначають за умовами збереження допустимої концентрації завислих речовин.

Приклад розрахунку безпродувочної системи водопостачання

Визначити кількість води, що направляють на катіонування, і вміст CaCO_3 у суміші катіонованої і зм'якшеної води. Система зворотного водопостачання проектується для азотного підприємства. Кількість води, що знаходиться у звороті, становить 42500 м³/год. Концентрація солей у джерелі водопостачання — 200 мг/л. Розрахункова концентрація солей в системі зворотного водопостачання — 3000 мг/л. Вміст розчиненого CaCO_3 у зм'якшеній підживлюючій воді — 5,6 мг/л або 0,28 мг-екв/л.

Температура споживаної води +28°C, нагрітої +40°C; температурний перепад води в системі зворотного водопостачання $\Delta t = 12^\circ\text{C}$. Сума аніонів Cl^- і SO_4^{2-} у зворотній воді дорівнює 30+270=300 мг/л, або 0,86+5,6 мг-екв/л. Гранично допустимий вміст іонів Ca^{2+} 4 мг-екв/л, завислих речовин у системі - не більше 50 мг/л.

Втрати води на випаровування при температурі зовнішнього повітря за сухим термометром +20°C і коефіцієнті долі тепловіддачі на випаровування $K_{\text{вип}} = 0,14$ дорівнюють

$$P_1 = K_{\text{вип}} \cdot \Delta t \cdot 100 = 0,0014 \cdot 12 \cdot 100 = 1,7\% \text{ або } 723 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Втрати води через винесення вітром і розбризкування в вентиляторних градирнях — 0,5% або 212 м³/год.

Усього витрата підживлюючої води становить 935 м³/год.

В якості підживлюючої води застосовують попередньо прояснену й зм'якшену аміаком річкову воду наступного складу: Ca^{2+} – 1,1 мг-екв/л; Mg^{2+} – 0,3 мг-екв/л; Cl^- – 0,37 мг-екв/л або 13,0 мг/л; SO_4^{2-} – 0,5 мг-екв/л або 24 мг/л; CO_3^{2-} – 3,7 мг-екв/л; OH^- – 4,8 мг-екв/л; NO_3^- – 0,02 мг-екв/л; загальний солевміст – 200 мг/л; вміст завислих речовин – 1,0 мг/л.

Розрахунок величини стабілізуючої витрати

Визначаємо P_3 для умов загального солевмісту, допустимого вмісту аніонів Cl^- і SO_4^{2-} та катіонів Ca^{2+} .

$$P_3 = \frac{C_d P_1 - \Delta C \cdot P_2}{\Delta C}.$$

За умовами загального солевмісту:

$$P_3 = \frac{200 \cdot 1,7 - 2800 \cdot 0,5}{2800} = -0,38\%$$

Отже в даному випадку виходячи з умов загального солевмісту продувка системи не потрібна. Система стабілізується краплинним винесенням на градирнях.

Підтримання концентрації розчиненого $CaCO_3$ у зворотному циклі в межах 0,28 мг-екв/л досягається змішуванням зм'якшеної і катіонованої води, з якої вилучені іони Ca^{2+} .

За умовами концентрації Cl^- і SO_4^{2-} - іонів

$$\sum Cl^- + SO_4^{2-} = 13 + 24 = 37 \text{ мг/л}, \quad \Delta C = 300 - 37 = 263 \text{ мг/л}$$

$$P_3 = \frac{37 \cdot 1,7 - 263 \cdot 0,5}{263} = -0,26\%$$

Аніонування води не потрібне, система стабілізується краплинним винесенням на градирнях.

Приріст вмісту хлоридів і сульфатів у зворотній воді дорівнюватиме:

$$P_3 = \frac{C_d K \cdot \Delta t - \Delta C \cdot P_2}{\Delta C} = 0$$

$$\frac{37,0 \cdot 1,7 - (\Delta C_{Cl,SO_4}^{36} - 37,0) \cdot 0,5}{\Delta C_{Cl,SO_4}^{36} - 37,0} = 0, \text{ звідки } \Delta C_{Cl,SO_4}^{36} = 163 \text{ мг/л}.$$

Коефіцієнт випаровування води знаходимо з рівняння сольового балансу:

$$K_{вип} = \frac{C_{36}}{C_d} = \frac{163}{37} = 4,4$$

Таким чином, аніонний склад зворотної води встановиться наступний:

$$Cl^- = 13,0 \cdot 4,4 = 57,0 \text{ мг/л} = 1,63 \text{ мг-екв/л};$$

$$SO_4^{2-} = 24,0 \cdot 4,4 = 106,0 \text{ мг/л} = 2,2 \text{ мг-екв/л};$$

$$CO_3^{2-} = 3,7 \cdot 4,4 = 16,3 \text{ мг-екв/л};$$

$$NO_3^- = 0,02 \cdot 4,4 = 0,09 \text{ мг-екв/л};$$

За умовами збереження концентрації катіонів Ca^{2+} нижче гранично допустимого значення ($\Delta C = 4 - 1,1 = 2,9$)

$$P_3 = \frac{1,1 \cdot 1,7 - 2,9 \cdot 0,5}{2,9} = 0,14\%.$$

Отже, за умовами збереження допустимої кількості сульфат-аніонів і хлор-аніонів у воді не потребується аніонування води. Вміст катіонів Ca^{2+} перевищує гранично допустиму концентрацію в оборотній воді. Тому необхідно декатіонування води, повністю декатіонована вода знову повертається до системи.

Для попередніх розрахунків задаємося кількістю води, що виводиться на H -катіонування, 0,5% від витрати оборотної води. Тоді іонний склад підживлюючої води визначається сумішшю зм'якшеної і катіонованої води.

Концентрацію CaCO_3 в суміші катіонованої і зм'якшеної підживлюючої води, визначаємо з пропорціонального співвідношення, тобто за формулою (5.5) з заміною загального солевмісту на вміст іонів Ca^{2+} .

Вміст катіонів Ca^{2+} у підживлюючій воді:

$$C_{\text{Ca}} = \frac{1,1 \cdot 2,2 + 0,5 \cdot 0}{2,2 + 0,5} = 0,89 \text{ мг-екв/л.} \quad \text{CaCO}_3 = \frac{0,28 \cdot 2,2 + 1,7 \cdot 0}{3,9} = 0,158 \text{ мг-екв/л.}$$

За допомогою формули (5.6), визначаємо кількість води, що надходить на катіонування:

$$P_3 = \frac{0,158 \cdot 1,7 - (0,28 - 0,158) \cdot 0,5}{0,28 - 0,158} = 1,7\% \text{ або } 722,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1. Структура й оформлення РГЗ

Метою розрахунково-графічної роботи є вивчення особливостей використання води на підприємствах чорної металургії і розрахунок зворотної системи одного з основних виробництв металургійного заводу.

У процесі виконання РГЗ студенти закріплюють теоретичні знання і оволодівають навичками проектування і розрахунку систем виробничого водопостачання, які суттєво відрізняються від систем централізованого водопостачання населених пунктів як за схемами, так і за складом споруд.

Розрахунково-графічна робота складається з таких елементів:

- титульний аркуш;
- зміст;
- основна частина, що містить короткий опис характеристики підприємства, його основних цехів, джерел утворення стічних вод, обґрунтування методу й технологічної схеми очистки відповідно до плану розрахунково-пояснювальної записки;
- розрахункова частина, що містить розрахунок споруд системи зворотного водопостачання;
- список літератури.

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки становить 12-15 сторінок друкованого тексту з рисунками і схемами.

2. Вказівки до виконання основних розділів РГЗ

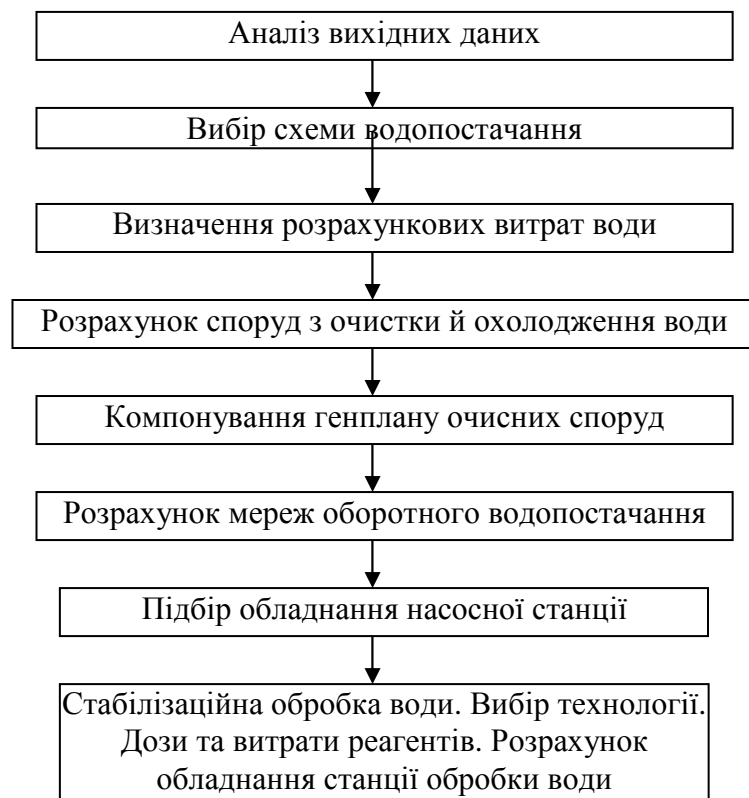
Студенти починають виконувати завдання на практичних заняттях і завершують його у вигляді самостійної роботи.

Відповідно до завдання студенти для заданого зворотного циклу виконують розрахунок охолоджувачів води, очисних споруд, насосної станції, трубопроводів і лотків, якщо необхідно передбачають стабілізаційну обробку для запобігання карбонатних відкладень.

Студенту слід ретельно проаналізувати вихідні дані, ознайомитися з технологіями, які застосовують у металургійному виробництві й намітити можливі системи виробничого водопостачання. У сучасних умовах, коли вирішальне значення набули вимоги екології і раціонального використання води, застосовують оборотні, послідовні й замкнені схеми водопостачання металургійних підприємств.

Характеристика металургійних підприємств, класифікація стічних вод від основних цехів, основні види забруднень і методи їх очистки з метою повторного (багаторазового) використання в системах зворотного водопостачання детально висвітлені в літературі [3-5].

Блок-схема виконання РГЗ



Витрати і втрати води у зворотних циклах водопостачання і необхідну витрату свіжої води, яку необхідно додавати, розраховують на підставі заданих річної продуктивності цехів, тривалості їх роботи протягом року, а також норм водоспоживання. Розрахунки виконують для всіх основних циклів підприємства чи заводу. Отримані значення витрат води є основою для складання балансової схеми водоспоживання.

Розрахункову витрату оборотної води в системі водопостачання кожного виробництва визначають за формулою (чистий цикл)

$$Q_p = \frac{n_s \cdot N \cdot K_q}{T}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.1)$$

де n_g – норма водоспоживання (кількість води на одиницю продукції), $\text{м}^3/\text{т}$;
 N – річна продуктивність заводу (цеху), $\text{т}/\text{год}$;
 $K_{\text{год}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності;
 T – кількість годин роботи виробництва за рік, год.

При розрахунку витрат оборотної води в газоочистках металургійних агрегатів (доменних, мартенівських, конверторних, електросталеплавильних) слід враховувати, що норму водоспоживання вимірюють в м^3 на 1000 м^3 газу, що виділяється.

Розрахункову витрату оборотної води в системі газоочисток визначають за формулою, $\text{м}^3/\text{год}$

$$Q_p = \frac{n_g \cdot N \cdot N_z \cdot K_q}{1000 \cdot T}, \quad (1.2)$$

де N_z – кількість газу, що виділяється під час плавки 1 т металу.

При виплавці 1 т металу виділяється така кількість газу:

доменного – 4000 м^3 ;

мартенівського – 5000 м^3 ;

конверторного - 400 м^3 (при роботі без допалювання CO);
 - 1200 м^3 - 1600 м^3 (з допалюванням CO);

електросталеплавильного - 1500 м^3 .

2.1. Розрахунок очисних споруд

Від механічних домішок стічні води найчастіше очищують відстоюванням. Залежно від кількості стічних вод, що очищують, характеру забруднюючих речовин і засобу обробки осаду, що виділяється зі стічних вод, обирають тип відстійників або інших відстійних споруд.

Розрахунок очисних споруд полягає у визначенні розмірів і кількості споруд залежно від витрати води у зворотному циклі з урахуванням витрат води й кількості підживлюючої води.

При виконанні розрахункової частини РГЗ необхідно використовувати методики розрахунків, викладені в наступних джерелах:

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986.
2. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. – М.: Стройиздат, 1990.
3. Айрапетян Т.С. Водне господарство промислових підприємств: навч. посібник. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 280 с.
4. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии Красавцев Г.Н., Ильичев Ю.И., Кашуба А.И. - М.:Металлургия, 1989. – 288 с.
5. Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972. – 296 с.

Проектування систем зворотного водопостачання окремих цехів металургійного заводу

Доменне виробництво

Продукцією доменного виробництва є чавун. Чавун виплавляють у безперервно діючих доменних печах. Чавун, що отримують направляють для подальшої переробки у сталеплавильне виробництво.

У доменному цеху воду витрачають на зволоження шихти, охолодження доменних печей і арматури повітрянагрівачів, очистку доменного газу, грануляцію шлаку, охолодження чавуну на розливальних машинах і гідроприбирання підбункерних приміщень.

На 1 т чавуну витрачають до 24 м^3 води, в тому числі свіжої 3-4%.

Подачу води до цих споживачів здійснюють за замкненою оборотною схемою. Для доменних печей і повітрянагрівачів повинна забезпечуватись безперервна подача охолоджуючої води, оскільки навіть тимчасове припинення подачі води може спричинити аварію, прогар конструкції доменної печі. Для цього передбачають, окрім робочих, не менше двох резервних насосів. Кількість трубопроводів для підведення і відведення води доменного виробництва приймають не менше двох. Кожен з водоводів розраховують на пропуск 100 % витрати води.

Витрати охолоджуючої води на 1 доменну піч коливаються від 2 до 3 тис. $\text{м}^3/\text{год}$. Системи водяного охолодження доменних печей, як правило, організують за зворотною схемою з підживленням свіжою технічною водою, з продувкою у кількості до 5% від витрати циркулюючої в системі води. При водяному охолодженні доменних печей утворюються умовно чисті стічні води, що несуть тільки термальне забруднення.

Газоочистка доменних печей

Водопостачання здійснюють за зворотною схемою.

Витрати води на газоочистку досягають 5000 - 6000 $\text{м}^3/\text{год}$.

Кількість завислих речовин у стічних водах після газоочистки складає 500 - 2000 мг/л. Гідралічна крупність завислих речовин дорівнює 0,1 - 0,9 мм/с.

Водовідведення газоочистки здійснюють по двох лотках (трубопроводах), кожен з яких розраховують на пропуск 100% витрати води.

Очистку стічних вод від завислих речовин здійснюють:

- при витраті води до 2000 $\text{м}^3/\text{год}$ - у флокуляторах $d = 12 \text{ м}$ [5]; питоме навантаження на апарат при реагентній обробці приймають 9 - 10 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$;
- при витраті води більше 2000 $\text{м}^3/\text{год}$ - у радіальних відстійниках $d = 30 \text{ м}$ з камерою флокуляції [3, 5]; питоме гідралічне навантаження при реагентній обробці приймають до 4 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, без коагуляції – 1,5 - 2 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Для реагентної обробки використовують поліакриламід (ПАА) з дозою 1 мг/л (за активною речовиною) і сірчаноокислий алюміній дозою 30 мг/л за $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Реагенти використовують у вигляді розчинів з концентрацією ПАА 0,1 %, сірчаноокислого алюмінію – 5-10 %. Реагенти вводять перед очисними спорудами.

Після очищення концентрація завислих речовин повинна бути не більше 300 мг/л [3].

Для запобігання утворенню карбонатних відкладень у зворотних системах газоочисток використовують триполіфосфат натрію дозою 1-2 мг/л (за P_2O_5). Реагент використовують у вигляді 0,5% розчину. Введення реагенту передбачають після очисних споруд.

Шламову пульпу після відстійників з концентрацією твердого шламу 100 г/л видаляють ґрунтовими або пісковими насосами продуктивністю 100 $\text{м}^3/\text{год}$ з інтервалами 4-6 год. Після зневоднення шлами направляють на утилізацію.

Охолодження оборотної води здійснюють на вентиляторних градирнях зі зрошувачами бризкального типу. Температура охолодженої води не повинна перевищувати 35°C.

Підбункерні приміщення доменних печей

Воду використовують на гідрозмив («брудний» цикл). Загальний вміст завислих речовин (часток руди, коксу, вапна) у воді після використання приймають до 6000 мг/л.

Для системи гідрозмиву використовують очищені стічні води власного оборотного циклу.

Очистку стічних вод здійснюють у горизонтальних відстійниках з питомим гідравлічним навантаженням 2,6 - 3,0 м³/м²·год [3, 5].

Шлам системи гідрозмиву містить до 40-50 % заліза, тому його направляють до заводської системи утилізації для використання на аглофабриці.

Підживлюючу воду додають до зворотного циклу перед відстійником.

Розливальні машини

Систему водопостачання розливальних машин слід проектувати тільки за зворотною схемою ("брудний" цикл).

Характеристика стічних вод: завислі речовини – 1 - 2,5 г/л, жорсткість – 3-5 мг-екв/л, температура – 55 - 80°C.

Воду в системі зворотного водопостачання використовують для охолодження форм (мульд), що заповнені чавуном, а також чавунних чушок до температури 60 - 70°C.

При охолодженні чавуну в розливальних машинах до 20% води випаровується, вода насичується шматками ламаного чавуну й вапна. Тому перед охолодженням воду спочатку відстоюють у відстійнику.

Якщо очисні споруди розташовані від розливальних машин на відстані більше 15-30 м, то перед транспортуючими лотками слід встановлювати піскоуловлювачі для затримання крупних механічних домішок. Піскоуловлювачі розраховують за умови перебування води в ньому протягом 2-3 хвил.

Транспортування стічних вод до очисних споруд слід здійснювати по лотках. Лотки за всією довжиною перекривають плитами для можливості періодичної очистки. Ухил лотків повинен забезпечувати самоочищувальну швидкість потоку.

Для освітлення стічних вод використовують горизонтальні відстійники. Кількість завислих речовин у очищеній воді дорівнює 150 - 200 мг/л [5].

При проектуванні відстійників приймають: питоме навантаження - 2 м³/м²·год; кількість уловленого шламу - 4 кг (у сухому вигляді) на 1 т чавуну; ущільнення шламу до вологості 70 % при об'ємній щільності 1,2 т/м³; щільність сухого шламу - 2,6 т/м³; середню концентрацію завислих речовин в ущільненому осаді - 340 г/л.

Шлам містить до 30-40 % активного вапна. Видалення шламу з горизонтальних відстійників передбачають механізоване (кран з грейфером).

Продувка системи зворотного водопостачання не потрібна. Поповнення системи свіжою (річковою) водою передбачають перед очисними спорудами.

Вапняні шлами з відстійників утилізують у відділеннях нейтралізації і на аглофабриках.

Безповоротні втрати води в системі приймають у розмірі 10 % від витрати оборотної води або $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$ чавуну.

Грануляційні установки

Систему водопостачання грануляційних установок проектують за оборотною схемою без скиду стічних вод ("брудний" цикл).

Концентрація завислих речовин у вихідній стічній воді в середньому становить 2000 мг/л .

Очисними спорудами в системі служать горизонтальні відстійники з механічним або ерліфтным засобом видалення шламу [5].

Питоме навантаження на очисні споруди приймають $3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. При цьому вміст завислих речовин у проясненій воді не повинен перевищувати $150 - 200 \text{ мг/л}$.

Кількість уловленого шламу приймають у розмірі 3 кг/т шлаку, що розливається. Ущільнення шламу закінчується через 10-12 хвил. відстоювання. Вологість його при цьому складає 68 - 77 %, об'ємна маса - $1,2 - 1,3 \text{ г/см}^3$, питома маса сухого шламу - $2,75-2,85 \text{ г/см}^3$. До складу осаду входять силікати, карбонати й сульфати кальцію.

Шлам має властивість твердіти під водою на 6-10 добу. Механічне перемішування перешкоджає їх твердінню. Очистку відстійника передбачають через 2 - 3 дні.

Підживлення системи свіжою водою передбачають перед очисними спорудами.

Резервуари проясненої води після відстійників приймають відкритими й круглими в плані. Дно резервуара проектують конусним з кутом 50° . Для установки продуктивністю $1,5 \text{ млн. т}$ шлаку за рік ємність резервуара складає 800 м^3 .

Безповоротні втрати води в системі приймають у розмірі $0,7 - 0,8 \text{ м}^3/\text{т}$ гранульованого шлаку, в тому числі на випаровування - $0,5 - 0,6 \text{ м}^3$, на винос зі шлаком - $0,2 \text{ м}^3$.

Сталеплавильні виробництва

У сталеплавильному виробництві головними водоспоживачами є [5, 6]:

- конвертори, мартенівські й електросталеплавильні печі;
- газоочистки мартенівських печей;
- газоочистки електросталеплавильних печей;
- газоочистки конверторів;
- машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ).

Для конверторів і сталеплавильних печей необхідна чиста технічна вода на охолодження їх конструктивних елементів.

Для охолодження елементів печей застосовують водяне охолодження або охолодження пароводяною сумішшю (випарне охолодження).

При виконанні РГЗ слід проектувати водяне охолодження печей.

Схему водопостачання для вказаних споживачів приймають оборотною.

Газоочистки мартенівських печей

Водопостачання здійснюється за оборотною схемою. Кількість стічних вод від газоочистки однієї мартенівської печі складає $150-200 \text{ м}^3/\text{год}$.

Концентрація завислих речовин коливається від 100 до 17000 мг/л, досягаючи максимальної величини в період продувки плавильної ванни киснем. Середня концентрація - 3 г/л.

Швидкість осідання завислих речовин при коагуляції складає 0,4 - 0,6 мм/с. Стічні води мають кислу реакцію.

Очистку стічних вод від завислих речовин здійснюють:

- при витраті води до 600 м³/год – в безнапірних (відкритих) гідроциклонах діаметром 6 м [5]. Питоме гідравлічне навантаження при реагентній обробці води приймають 10 м³/м²·год;
- при витраті води більше 600 м³/год -у флокуляторах діаметром 12 м [5]. Питоме гідравлічне навантаження при реагентній обробці приймають 8-9 м³/м²·год.

Реагентну обробку передбачають поліакриламідом (ПАА), дозою 1 мг/л за активною речовиною і вапняним молоком у вигляді 5 %-го розчину за СаО. Доза вапна за активною речовиною складає 70 мг/л. Реагенти вводять до очисних споруд.

Залишковий вміст завислих речовин у воді після очистки не повинен перевищувати 300 мг/л.

Для запобігання утворенню гіпсових відкладень у системі зворотного водопостачання передбачають скид частини води у вигляді продувки. Кількість води, що скидають з продувкою визначається розрахунком і складає приблизно 1-2 % від витрати води у зворотному циклі.

Воду, що скидають з продувкою використовують для зволоження шихти в агломераційному виробництві або для гасіння шлаку.

Свіжу підживлюючу воду для поповнення оборотного циклу вводять перед очисними спорудами. Охолодження оборотної води не передбачають.

Склад твердої фази в шламовій пульпі, що направляють на збезводнення, повинен бути не менше 300 г/л. Після збезводнення шлами підлягають утилізації.

Конверторне виробництво

У киснево-конверторних цехах воду витрачають на охолодження фурм, зрошення й охолодження газів, на очистку газів та інші потреби. Залежно від способу охолодження конвертору, відведення й очистки газів, що відходять витрати води складають від 5 до 13,5 м³/т сталі, яку виплавляють. З цієї кількості приблизно 35% води, що витрачається не стикається з продуктом і не забруднюється, а тільки нагрівається, що дозволяє використовувати її повторно. Решта води стикається з газами, що відходять, забруднюється частками пилу і потребує належної очистки для можливості її повторного використання чи скиду до водойми.

Газоочистка конверторів

Систему водопостачання газоочисток киснево-конверторного цеху («брудний цикл») проектують за зворотною схемою, з очищенням і охолоджуванням води на градирнях.

Витрата стічних вод від газоочистки одного 100 - 130 т конвертора складає 200 - 300 м³/год, а для 250 - 300 т конвертора - 2000 м³/год.

Стічні води конверторної газоочистки окрім високого вмісту завислих речовин характеризуються завищеним солевмістом. Концентрація завислих речовин нерівномірна і протягом плавки коливається від 1 до 10 - 15 г/л.

Швидкість осадження завислих речовин складає 0,1 - 0,3 мм/с без введення коагулянту і 0,4 - 0,6 мм/с – з використанням коагулянтів.

Стічні води газоочисток конвертерів можуть бути слабколужними, лужними або кислими.

Передбачають попереднє уловлювання завислих часток крупністю 500 мкм, прояснення в радіальних відстійниках або флокуляторах і подальше охолодження на градирнях.

Для видалення у разі необхідності вільного оксиду вуглецю, вміст якого в стічній рідині складає до 3 г/л, влаштовують закриту двохсекційну камеру дегазації, обладнану каскадним лотковим водозливом. Камеру встановлюють перед очисними спорудами. Залишковий вміст оксиду вуглецю - 50 мг/л. Камеру дегазації найчастіше суміщають з установкою уловлювання крупних фракцій. Віддувка вільного оксиду вуглецю потрібна для того, щоб поблизу освітлювачів приземна її концентрація не перевищувала рівня, небезпечного для обслуговуючого персоналу.

Очистку стічних вод від завислих речовин здійснюють:

- при витратах води до 2000 м³/год у флокуляторах діаметром 12 м [5]. Питоме гідравлічне навантаження при реагентному обробленні приймають 6-7 м³/м²·год, без оброблення реагентами – 3-3,5 м³/м²·год;
- при витратах більших за 2000 м³/год - у радіальних відстійниках діаметром 30 м з камерою флокуляції [5, 6]. Питоме гідравлічне навантаження приймають 1-1,5 м³/м²·год, при реагентній обробці – 3 м³/м²·год.

Залишковий вміст завислих речовин у воді не повинен перевищувати 300 мг/л.

Видалення шламової пульпи з відстійників передбачають ґрунтовими або пісковими насосами продуктивністю 50-100 м³/год. Після збезводнення шлами підлягають утилізації.

Підживлюючи воду слід подавати перед очисними спорудами.

Охолодження оборотної води здійснюють на вентиляторних градирнях зі зрошувачами бризкального типу. Температура охолодженої води не повинна перевищувати 35°C.

Для реагентної обробки приймають поліакриламід дозою 1 мг/л за активною речовиною. Його вводять у воду перед відстійниками або флокуляторами у вигляді 0,1 % розчину.

Залежно від технології виробництва передбачають також і реагентну стабілізаційну обробку:

- поліфосфатом натрію дозою 5-10 мг/л за Р₂О₅ на 1 л оборотної води після відстійників у вигляді розчину концентрацією 5 % за Р₂О₅;
- при надлишку в стічній воді кислих компонентів - вапняним молоком концентрацією 5 % за СаО перед відстійниками.

Для систем оборотного водопостачання газоочистки конверторних цехів вибір методу стабілізаційної обробки залежить від величини гідратної лужності й температури води.

Вапно, що застосовують у киснево-конвертерному процесі для його інтенсифікації, потрапляє в потік газів, що відходять, і розчиняється у воді. Кількість розчинного вапна залежить від її якості й способу подачі. У зв'язку з цим збіль-

шується гідратна лужність оборотної води. Насичена вапном зворотна вода при повторному використанні реагує з вуглекислою газів, що відходять, в газоочисних апаратах. У результаті цього в системі подачі води до сопел камери уприскування і скрубера утворюються дуже тверді відкладення карбонату кальцію з невеликим вмістом оксиду заліза, що обмежують подачу води з витратою, необхідною для належного очищення газу.

Для подібних систем слід передбачати методи обмеження розчинення вапна, що поступає у воду і зниження гідратної лужності стічних вод. Найбільш ефективними реагентами є — силікатний реагент (рідке скло) і фосфорвміщуючий реагент (триполіфосфат натрію).

При величині гідратної лужності більше 5 мг-екв/л і температурі оборотної води нижче 35 °С найбільш ефективним способом запобігання щільним сольовим відкладенням є обробка силікатним реагентом. При обробці води оптимальними дозами рідкого скла (50 мг/л) гідратна лужність оборотної води знижується з 20 –25 мг-екв/л до 0,5-1 мг-екв/л.

Газоочистка електросталеплавильних печей

Водопостачання газоочисток електропечей здійснюють за оборотною схемою без продувки.

Питома витрата води на газоочистку - 1-2 м³ на 1000 м³ газу. При виплавці 1 т сталі виділяється 1500 м³ газу.

Концентрація завислих речовин у воді змінюється протягом плавки від 1 до 10 г/л.

Очищення стічних вод здійснюють у відкритих гідроциклонах діаметром 6 м [4]. Питоме гідравлічне навантаження при реагентному обробленні приймають 4 м³/м²·год. Передбачають використання поліакриламідну дозою 1 мг/л за активною речовиною 0,1% розчином і вапняним молоком з концентрацією 50 мг/л у вигляді 5%-го розчину за СаО. Реагенти вводять перед очисними спорудами.

Залишкова концентрація завислих речовин у очищеній воді після очистки не більше 300 мг/л.

Підживлюючу воду вводять перед очисними спорудами. Охолодження оборотної води не передбачають.

Склад твердої фази в шламовій пульпі, що направляється на збезводнення, складає 100 - 200 г/л. Шлам після збезводнення утилізують.

Машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ)

Для водопостачання МБЛЗ передбачають 2 оборотних цикли:

1. зворотний цикл умовно-чистої води для охолодження кристалізаторів і обладнання зони вторинного охолодження (роликів, рольгангів та ін.);
2. зворотний цикл забруднених стоків від вторинного охолодження (форсуночне охолодження, гідротранспорт окалини).

При безперервному розлитті сталі 10 % умовно-чистих вод надходять в оборотний цикл забрудненої води й утворюють з ним загальний стік МБЛЗ.

Загальний стік МБЛЗ містить крупну й дрібну окалину, масла й нафтопродукти. Кількість завислих речовин до первинних відстійників складає 300-1000 мг/л, масел - 50-70 мг/л.

Систему водопостачання вторинного охолодження застосовують оборотну, з очисткою стічних вод у три етапи і охолодженням оборотної води на градирнях.

Первинне очищення передбачають у заглиблених відстійниках. Первинний відстійник слід проектувати з двома або більше секціями для можливості відключення кожної секції для прочистки. Розрахунковий час перебування води у відстійнику - не менше 10 хвил. Для видалення масел і нафтопродуктів слід передбачати встановлення маслосбірного пристрою. Величину осадочної частини первинного відстійника слід розраховувати на зберігання двохдобового об'єму окалини, що осідає у відстійнику.

Вторинне очищення стічних вод МБЛЗ передбачають у горизонтальних і радіальних відстійниках залежно від продуктивності оборотного циклу.

При витраті води до $1500 \text{ м}^3/\text{год}$ очистку здійснюють у горизонтальних відстійниках з механізованим видаленням осаду [5], при цьому питоме гідравлічне навантаження приймають до $2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Збезводнення шлам, що видаляється, передбачають у бункерах збезводнення, аналогічно збезводненню після первинних відстійників. При витраті води більше $1500 \text{ м}^3/\text{год}$ приймають радіальні відстійники діаметром 30 м з камерою флокуляції [4] і питомим навантаженням до $4 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. У всіх випадках передбачають застосування поліакриламід у якості коагулянту. На цьому етапі вміст окалини знижується до 75-100 мг/л, а масел – до 10 мг/л.

При будь-яких витратах води допускається використовувати флокулятори діаметром 12 м, якщо для очищення стічних вод газоочисток сталеплавильних агрегатів також прийняті флокулятори. Питоме навантаження при цьому слід приймати 3,5 - $4,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Доочищення стічних вод передбачають на напірних одношарових піщаних фільтрах або двошарових фільтрах з антрацито-кварцевим завантаженням, після яких остаточний вміст завислих речовин у воді 10-15 мг/л, а вміст масел – до 5 мг/л. Питоме гідравлічне навантаження на одношарові фільтри приймають до 20, а на двошарові – до $\text{м}^3/\text{год} \cdot \text{м}^2$.

Технологічні параметри роботи напірних фільтрів з антрацито-кварцевим завантаженням:

- середня швидкість фільтрування - 30-50 м/год;
- брудосмкість фільтруючого завантаження - до 100 кг/л;
- тривалість промивання - 30 хвилин;
- втрати напору в фільтрі та в трубопроводах вихідної води - до 10 м;
- концентрація завислих речовин у вихідній воді - до 150 мг/л, ефект очистки - до 90 %;
- концентрація масел і нафтопродуктів у вихідній воді - до 100 мг/л, ефект очищення - до 70 %.

Основний режим роботи фільтрувальної станції безперервний, з виведенням окремих фільтрів на промивку за заданим режимом. На станціях з кількістю фільтрів до 20 передбачають можливість виключення одного фільтра на ремонт, при більшій кількості - двох фільтрів.

Промивання фільтрів здійснюють у два етапи:

1. подача повітря і води протягом 15 хвил. Інтенсивність подачі повітря - $60 \text{ нм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, води - $50 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$;

2. подача води з інтенсивністю $50 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ протягом 5 хвил.

Очистку промивних вод фільтрів слід проводити в додаткових горизонтальних і радіальних відстійниках з питомим гідравлічним навантаженням не більше $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Освітлену воду необхідно повертати у вторинні відстійники. При використанні коагулянтів навантаження може бути підвищене до $1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Зворотну воду оброблюють інгібіторами корозії. Для попередження випадіння солей жорсткості на роликах машини, підживлення зворотної системи здійснюють зм'якшеною водою з загальною жорсткістю не більше 1 мг-екв/л, для чого свіжу воду зм'якшують содо-вапняним методом.

Вибір метода стабілізаційної обробки води зворотного циклу МБЛЗ залежить від якості підживлюючої води і може здійснюватись або підкисленням, або обробкою поліфосфатами.

Охолодження зворотної води слід здійснювати на вентиляторних градирнях зі зрошувачами бризкального типу. Температура охолодженої води не повинна перевищувати 35°C .

Цехи гарячого прокату

Виробництво гарячого прокату належить до найбільш водоемких виробництв на металургійному заводі.

У цехах гарячого прокату воду використовують для охолодження елементів нагрівальних печей, охолодження обладнання стану (валків і підшипників валків, рольгангів, роликів, повітряохолоджувачів), охолодження смуги металу, що прокачують і моталок, для гідрозбивання та гідрозмиву окалини.

Водопостачання цехів гарячого прокату слід передбачати за оборотною схемою без продувки.

Концентрація завислих речовин перед первинними відстійниками в залежності від типу прокатного стану коливається від 300 до 2000 мг/л. Концентрація масел і нафтопродуктів становить 50-100 мг/л.

Якісний склад стічних вод різних прокатних станів наведений в табл. 2.1

Для гідрозмиву й гідротранспорту окалини якість води не нормується, тому для цих потреб достатня очистка стічних вод у одну стадію в первинному відстійнику. Окалина, що видаляється у первинних відстійниках після бункерів збездводнення має вологість 6 - 7 % і містить 0,05 - 0,7 % масел і нафтопродуктів.

Таблиця 2.1 – Якісний склад стічних вод прокатних станів

Прокатний стан	Кількість окалини у відсотках від ваги металу, що прокачують	Вміст окалини в стічних водах, що надходять до відстійників, мг/л	
		Первинні	Вторинні
Крупносортний (блюмінг, слябінг)	2-3	1500-2000	300
Середньосортний	2-3	500-1500	100-300
Листопрокатний тонколистовий	1-3,5	300-800	100-200
Листопрокатний товстолистовий	1-3,5	300-800	100-200
Дрібносортний	1-3	300-800	100-200

Стічні води в процесі виробництва нагріваються на 3-5°C. Охолодження оборотної води слід здійснювати на вентиляторних градирнях бризкального типу. Для забезпечення потрібних показників температури достатньо охолоджувати до 30 % витрати води, яка циркулює в системі.

Необхідну якість води, що подається на стани гарячого прокату з оборотного циклу забрудненої води, наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Необхідні показники якості води для окремих споживачів станів гарячого прокату

Споживачі води	Концентрація завислих речовин, мг/л	Концентрація масел, мг/л	Розмір окаліни, мкм	Темпе- ратура °C
Охолодження роликів, рольгангів, валків чорнових клітин	50-150	50-60	40	40-45
Охолодження чистових клітин	50-100	50-60	40	40-45
Охолодження прокату	50-75	до 35	40	37-40
Гідрозбивання окаліни	20-50	50-60	40	40-45

Очищення стічних вод передбачають у 3 стадії: первинне, вторинне очищення і глибоке очищення.

Первинне очищення здійснюють у горизонтальному відстійнику з двома секціями для можливості відключення кожної секції для очищення від осаду. Розрахунковий термін перебування води становить не менше 10 хвил. Первинний відстійник обладнують решітками з механізованою очисткою від грубих домішок.

Для видалення масел з поверхні первинного відстійника передбачають улаштування маслосбірного пристрою сітчастого типу.

Величину осадочної частини первинного відстійника розраховують на зберігання двохдобового об'єму окаліни.

Збезводнення окаліни, що виходить з відстійника, здійснюють у бункері ємкістю, що дорівнює двохдобовому об'єму окаліни. Видалення окаліни з бункера проводять грейферним краном, а потім її направляють на утилізацію до аглофабрики.

Вторинне очищення здійснюють:

- при витраті води до 1000 м³/год для всіх типів прокатних станів - у горизонтальних відстійниках з механізованим видаленням осаду [5]. Питоме гідрравлічне навантаження приймають 1 м³/м²·год без використання реагентів;
- при витраті води більшій за 1000 м³/год для листопрокатних, дрібно-сортних і трубопрокатних станів - у радіальних відстійниках діаметром 30 м з камерою флокуляції [3, 5]. Питоме гідрравлічне навантаження при реагентному обробленні води приймають 3 м³/м²·год, при безреагентній обробці – до 1,5 м³/м²·год;
- при витраті води більше 1000 м³/год для середньо-, крупносортовних і заготівельних станів - у радіальних відстійниках діаметром 30 м з камерою флокуляції. Питоме гідрравлічне навантаження при реагентній обробці приймають до 4 м³/м²·год, без коагуляції - до 1,5 м³/м²·год. Усі споруди повинні бути обладнані пристроями для уловлювання масел.

Для реагентної обробки використовують сірчанокиисле залізо дозою 5-10 мг/л в комплексі з поліакриламідом дозою 1-2 мг/л. Сірчанокиисле залізо використовують

у вигляді 20-30%-го розчину, а поліакриламід - у вигляді 0,1 %-го розчину за активною речовиною. Реагенти вводять перед відстійниками. При введенні сірчаноокислого заліза може виникнути необхідність підлюговування води. В такому випадку використовують вапняне молоко з концентрацією 5% за CaO, яке також вводять перед відстійниками.

Третій ступінь очистки (доочищення) - використовують для споживачів станів гарячої прокатки, які пред'являють завищені вимоги до якості вихідної води. Доочищення здійснюють у двохшарових фільтрах з антрацито-кварцевим завантаженням [5].

Режим роботи станції передбачають автоматичним з зупинкою фільтрів на промивку через 12-48 годин.

Для очистки промивних вод фільтрів передбачають додаткові горизонтальні або радіальні відстійники з питомим гідравлічним навантаженням не більше 0,5 м³/м²·год. Освітлену воду повертають у вторинні відстійники. При використанні коагулювання води навантаження можна підвищити до 1 м³/м²·год.

Надлишкові води після глибокого очищення використовують для поповнення брудних і умовно-чистих оборотних циклів.

Для стабільності води у зворотних циклах необхідно забезпечувати карбонатну жорсткість зворотної води в межах 4-5 мг-екв/л.

2.3 Розрахунок мереж виробничого водопостачання

Мережі виробничого водопостачання можуть бути напірними й безнапірними з залізобетонних, чавунних і сталевих труб.

Число ниток трубопроводів призначають залежно від категорії надійності подачі води. При відключенні одного з трубопроводів у випадку аварії другий трубопровід повинен забезпечити пропуск 70-100% загальної витрати залежно від вимог виробництва.

На генплані очисних споруд визначають розрахункові ділянки. Довжину розрахункових ділянок визначають за масштабом на генплані.

При розрахунку напірних трубопроводів визначають діаметр і втрати напору за швидкостями руху води, що рекомендуються, і розрахунковими витратами [9, 10].

Напірні трубопроводи розраховують за економічними швидкостями. Діаметри напірних труб призначають за витратами при нормальному режимі роботи, а для розрахунку напору насосів використовують дані розрахунку при аварійному режимі (під час аварії на одній з ділянок мережі вона повинна пропустити аварійну витрату у кількості 70-100% від розрахункової).

Втрати напору в напірних трубопроводах визначають за формулою

$$\Delta h = 1,5 \cdot 1000i \cdot 10^{-3}, \text{ м} \quad (2.3.1)$$

де 1,5 - коефіцієнт, що враховує місцеві опори в комунікаціях (цей коефіцієнт збільшений в порівнянні зі звичайними значеннями, оскільки довжина трубопроводів на майданчику порівняно невелика);

1000i - гідравлічний ухил;

l - довжина ділянки, м (визначають за генпланом).

Самопливні лінії розраховують за критичними швидкостями, при яких не випадають у осад зважені частки. Критичні швидкості, при яких не осаджуються завислі речовини, приймають 1,5-2,5 м/с.

Трубопроводи або лотки проектують у дві нитки. Під час розрахунку самопливних трубопроводів або лотків визначають діаметри й ухили з урахуванням швидкостей, що рекомендуються, наповнень і розрахункових витрат [11, 12].

Розрахунки виконують у вигляді таблиць гідравлічного розрахунку (табл. 1.6-1.8) при використанні [9-12].

Гідравлічно вигідним перерізом для прямокутних лотків є переріз зі співвідношенням висоти до ширини, що дорівнює 2.

Дані з розрахунку напірних і самопливних трубопроводів, а також самопливних лотків заносять в табл. 1.6-1.8.

Таблиця 1.6 - Самопливні лотки

№діл	Довжина ділянки L, м	Q, м ³ /год	Q, л/с	Нормальний режим					Аварійний режим		
				0,5Q л/с	B, м	V, м/с	i	h/d	Q, л/с	V, м/с	h/d

Таблиця 1.7 - Напірні трубопроводи

Номер ділянки	Довжина ділянки L, м	Загальна витрата води на ділянці		Нормальний режим				Аварійний режим			
		м ³ /год	л/с	Розрахункова витрата, л/с 0,5	Діаметр d, мм	Швидкість V, м/с	Втрати напору 1000i, м	Витрата Q, л/с	Швидкість V, м/с	Втрати напору 1000i, м	Втрати напору на ділянці, h=i·L, м

Таблиця 1.8 - Самопливні трубопроводи

Номер ділянки	Довжина ділянки L, м	Загальна витрата на ділянці		Нормальний режим					Аварійний режим		
		м ³ /год	л/с	Розрахункова витрата, л/с 0,5	Діаметр d, мм	Швидкість V, м/с	Ухил, i	Наповнення, h/d	Витрата Q, л/с	Швидкість V, м/с	Наповнення, h/d

2.4 Розрахунок насосної станції. Вибір насосів

Особливістю проектування насосних станцій металургійних заводів є необхідність забезпечення підвищеної надійності водопостачання металургійних печей, необхідність перекачування нагрітої води або стічних вод з високою концентрацією абразивних завислих речовин.

Для кожної групи насосів передбачають водоприймальні камери, що складаються з аванкамери й ряду приймальних камер за кількістю встановлених насосів.

Споживачам, які працюють на водяному охолодженні, подавати воду слід двома самостійними водоводами, виходячи з умови забезпечення 100% витрати води до всіх металургійних печей, а до інших споживачів - не менше 70%.

Розглянемо вибір насосів для оборотного циклу водопостачання газоочистки доменного цеху.

Для забезпечення безперебійної подачі охолодженої води напірні трубопроводи на газоочистку прокладають із сталевих труб зі сталюю арматурою.

Кожен з двох напірних і відвідних трубопроводів розраховують на пропуск 100% витрати води.

Насосні станції газоочисток доменних печей відносять до першої категорії надійності. У насосній станції розташовуються дві групи насосів:

I група насосів – насоси, що подають очищену нагріту воду на градирні для охолодження;

II група – насоси, що подають охолоджену воду на газоочистку доменного цеху.

Насоси підбирають за максимальною витратою і напором води в системі.

Потрібний напір визначають за формулою

$$H_{\text{п}} = H_{\text{г}} + h_{\text{вс}} + h_{\text{нс}} + h_{\text{в}} + H_{\text{в}}, \quad (2.4.1)$$

де $H_{\text{г}}$ - геометрична висота підйому води, що визначається як різниця відміток землі біля цеху (для насосів I групи) або біля градирні (для насосів II групи) і мінімального рівня води в приймальній камері;

$h_{\text{вс}}$ – втрати напору у всмоктувальному трубопроводі, $h_{\text{вс}} = 0,5-1$ м;

$h_{\text{нс}}$ – втрати напору в комунікаціях насосної станції, $h_{\text{нс}} = 4-6$ м;

$h_{\text{вод}}$ - втрати напору у водоводах (визначають як суму втрат напору води за аварійним режимом);

$H_{\text{в}}$ – вільний напір, м.

Для насосів I групи вільний напір дорівнює робочому напору перед водорозподільником градирні або визначається як сума висоти підйому води від поверхні землі біля градирень до водорозподільного пристрою і робочого напору перед розбризкувачем. Для насосів II групи вільний напір приймають за завданням викладача.

З резервуару градирні вода надходить до приймальної камери насосної станції. Після відстійників рух води може бути як напірним, так і безнапірним.

При напірному режимі руху води відмітка рівня води в приймальній камері:

$$Z_{\text{np}} = Z_{\text{с}} - h_{\text{н}} - h_{\text{р}}, \quad (2.4.2)$$

де Z_c - відмітка рівня води у споруді, з якої вода надходить до приймальної камери;

h_n - втрати напору в трубопроводі (визначають з гідравлічного розрахунку трубопроводів), м;

h_p - втрати напору на решітці або сітці, що встановлюються у приймальній камері. В решітці втрати напору $h_p=0,05-0,1$ м, в сітці $h_p=0,15-0,2$ м.

При безнапірному режимі руху води відмітка рівня води в приймальній камері складає:

$$Z_{np} = Z_c - i \cdot L - h - h_p \quad (2.4.3)$$

де i – ухил лотку або трубопроводу;

L – довжина лотку або трубопроводу;

h - глибина лотку.

ЗМІСТ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЧАСТИНИ ДИСЦИПЛІНИ, КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

ЗМ 1.1. ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

ТЕМА 1. ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1. Системи промислового водопостачання.
2. Використання води в промисловості, типи водоспоживання.
3. Схеми виробничого водопостачання.
4. Вимоги споживачів до якості води.

Контрольні запитання

1. Які основні завдання повинна виконувати система промислового водопостачання?
2. Які споруди входять до складу систем промислового водопостачання?
3. Як класифікують системи виробничого водопостачання?
4. Поясніть схеми оборотного водопостачання з очисткою і охолодженням води. Наведіть приклади.
5. Як класифікують споживачів води?
6. Які вимоги ставлять різні категорії споживачів до використовуваної води?
7. Від яких параметрів залежить вибір схеми виробничого водопостачання?
8. Критерії використання води у виробництві.

ТЕМА 2. ЗВОРОТНІ ТА БЕЗСТІЧНІ СИСТЕМИ ПРОМИСЛОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

1. Раціональні схеми використання води на промислових підприємствах.
2. Критерії ефективності використання води.
3. Основні принципи створення зворотних і повністю замкнених (безстічних) систем водного господарства промислових підприємств.

Контрольні запитання

1. Якими факторами обумовлюється необхідність і доцільність створення замкнених систем виробничого водопостачання?

2. На яких принципах базується створення зворотних і повністю замкнених систем водопостачання?

ТЕМА 3. БАЛАНСИ ВОДИ Й СОЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

1. Втрати води у зворотних системах.
2. Водний і сольовий баланси систем зворотного водопостачання. Поняття коефіцієнта концентрування солей або коефіцієнта випаровування.
3. Рівняння водно-сольового балансу.
4. Водно-хімічний режим зворотних систем.

Контрольні запитання

1. Назвіть безповоротні втрати води у відкритих системах зворотного водопостачання.
2. Які труднощі виникають у зворотних системах при зменшенні продувки? Що являє собою продувка і з якою метою її здійснюють?
3. Що характеризує коефіцієнт концентрування добре розчинних солей і чому дорівнює його величина?
4. Наведіть рівняння водно-сольового балансу систем зворотного водопостачання
5. Наведіть вираз для визначення коефіцієнта концентрування добре розчинних солей через водний баланс.
6. За якої умови в системах зворотного водопостачання буде спостерігатися стабілізація сольового складу?
7. Наведіть рівняння водно-сольового балансу, що застосовують для розрахунків зворотних систем газоочисток металургійних печей.

ТЕМА 4. ОХОЛОДЖЕННЯ ВОДИ

1. Класифікація систем охолодження
2. Система водяного охолодження, принцип і схеми;
3. Випарне охолодження, принцип і схеми.
4. Техніко-економічні показники систем охолодження

Контрольні запитання

1. Наведіть класифікацію систем охолодження води.
2. Від чого залежить витрата охолоджуючої води?
3. Як здійснюється охолодження холодною водою?
4. У чому полягають переваги випарного охолодження у порівнянні з водяним?

ТЕМА 5. ОХОЛОДЖУВАЧІ ВОДИ

1. Процеси охолодження в охолоджувачах.
2. Класифікація споруд для охолодження води.
3. Якісна і кількісна характеристики роботи охолоджувачів.
4. Водосховища-охолоджувачі
5. Бризкальні басейни.
6. Типи градирень та їх конструкції.

Контрольні запитання

1. Класифікація споруд для охолодження води за способом передачі тепла й підведення повітря.
2. За яких умов доцільне застосування водосховищ-охолоджувачів?
3. Переваги й недоліки застосування водосховищ-охолоджувачів і бризкальних басейнів.
4. Типи градирень.
5. Водорозподільні системи й зрошувальні устрої градирень.
6. Типи зрошувачів.
7. Як відбувається охолодження води в градирнях відкритого типу?
8. Конструкція та умови використання баштових градирень.
9. В яких випадках застосовують вентиляторні градирні
10. Малогабаритні градирні для охолодження води.

ТЕМА 6. ОБРОБКА ВОДИ В СИСТЕМАХ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

1. Причини й види заростання труб і теплообмінних апаратів.
2. Поняття стабільності води, рівняння вуглекислотної рівноваги.
3. Обробка води для попередження карбонатних відкладень, корозії труб і теплообмінних апаратів, попередження біообростань.

Контрольні запитання

1. Основні причини порушення водно-хімічного режиму роботи систем зворотного водопостачання.
2. Що таке вуглекислота рівновага? Які води називають стабільними?
3. Визначення стабільності води.
4. Назвіть основні методи запобігання щільним сольовим відкладенням у зворотних системах водопостачання.
5. Які методи обробки води застосовують у системах водопостачання газоочисток конверторних цехів?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Водне господарство промислових підприємств: навч. посібник / Т.С. Айрапетян – Х.: ХНАМГ, 2010.– 280 с.
2. Аксенов В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справ. пособие– М.: Теплотехник, 2005. – 640с.
3. Иванов В.Г. Водоснабжение промышленных предприятий: Учеб. пособ. - СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2003. – 537с.
4. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов.–М.: Стройиздат, 1984.– 272 с.
5. Попов А.И., Малюта Г.Н. Безотходные системы очистки сточных вод и водоподготовок в промышленной энергетике. – Саратов: Изд-во университета. 1992.- 199 с.
6. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.

ЗМ 1.2 ОЧИСТКА Й ПОВТОРНЕ (БАГАТОРАЗОВЕ) ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБНИЧИХ СТИЧНИХ ВОД У СИСТЕМАХ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

ТЕМА 7. ЗВОРОТНІ ТА ЗАМКНЕНІ СИСТЕМИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1. Водне господарство підприємств чорної металургії.
2. Обробка стічних вод на локальних очисних спорудах.
3. Підготовка води в системах промислового водопостачання, конструкції споруд для очищення виробничих стічних вод.

Контрольні запитання

1. Назвіть основних споживачів води в доменному виробництві.
2. Як здійснюють очистку газів доменних печей?
3. Водяне й випарне охолодження доменних печей.
4. Назвіть зворотні цикли водопостачання машин безперервного розлиття заготовок.
5. Основні категорії стічних вод, що утворюються при виробництві сталі в кисневих конверторах.
6. Використання води на прокатних станах.
7. Як здійснюють очистку стічних вод прокатних станів («брудний цикл»)?
8. Переваги й недоліки вертикальних і горизонтальних відстійників.
9. Принцип дії відкритих і напірних гідроциклонів.
10. Конструктивні особливості і принцип роботи флокулятора.
11. Сучасні споруди для очистки промислових стічних вод.
12. Конструкції фільтрів, що застосовують для очистки виробничих стічних вод.

ТЕМА 8. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ПРАКТИКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАМКНЕНИХ (БЕЗСТИЧНИХ) Й БЕЗВІДХОДНИХ СИСТЕМ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА МЕТАЛУРГІЙНИХ ВИРОБНИЦТВ

1. Особливості створення замкнених систем.
2. Досвід створення безстічних і безвідхідних систем.
3. Значення хвостових установок.

Контрольні запитання

1. На яких основних принципах базується створення замкнених систем?
2. Каскадний принцип подачі води споживачам в єдиному комплексі водного господарства.
3. Основні джерела утворення мінералізованих стічних вод.
4. Значення установок демінералізації стічних вод і хвостових установок при створенні замкнених зворотних систем.
5. Методи обробки осадів, що утворюються під час очистки й повторного використання стічних вод.
6. Методи знесолення продувочних стічних вод.

ТЕМА 9. БЕЗСТІЧНІ СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ТЕС

1. Сучасні технології підготовки води на ТЕС
2. Стоки установок хімічної підготовки води та їх вплив на навколишнє середовище.
3. Принципи створення маловідходних (безстічних) технологій водопідготовки.
4. Установки безстічного зм'якшення води.
5. Створення безстічних схем зворотного охолодження на ТЕС

Контрольні запитання

1. За якими напрямками ведеться створення безстічних установок підготовки води?
2. Безстічні методи зм'якшення катіонуванням з відновленням й повторним використанням стічних вод.
3. Які питання вирішують під час створення замкнених систем водяного охолодження й систем з мінімальним скидом води на ТЕС?
4. Схеми обробки води, що додається до систем зворотного охолодження.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Браславский И.И., Семенюк В.Д., Когановский А.М., Киевский М.И., Евстратов В.Н. Проектирование бессточных схем промышленного водоснабжения. - К.: Будівельник, 1977. – 204 с.
2. Айрапетян Т.С. Водне господарство промислових підприємств: навч. посібник – Х.: ХНАМГ, 2010.– 280 с.
3. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии/ Красавцев Г.Н., Ильичев Ю.И., Кашуба А.И. - М.: Металлургия, 1989. – 288 с.
4. Вахлер Б.Л. Водоснабжение и водоотведение на металлургических предприятиях: Спр-к. – М.: Металлургия, 1977.– 320 с.

ЗМ 1.3 НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ПРОМИСЛОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ. КОМПЛЕКСНІ СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

ТЕМА 10. МЕТОДИ ОЧИСТКИ ВОДИ І СТІЧНИХ ВОД, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ЗАМКНЕНИХ ЗВОРОТНИХ СИСТЕМ

1. Формування сольового складу і стабілізація іонного складу води в безпродувочних системах зворотного водопостачання.
2. Прояснення підживлюючої води і стабілізуючої витрати зворотної води.

Контрольні запитання

1. Стабілізація зворотної води за допомогою продувки.
2. Як здійснюють стабілізацію зворотної води в замкнених (безпродувочних) системах?
3. Як визначають іонний склад підживлюючої води при замкненому зворотному водопостачанні?
4. Які методи застосовують для забезпечення стабільності зворотної води?
5. Для чого необхідно здійснювати зм'якшення підживлюючої води?
6. Які спороди використовують для прояснення й хімічної обробки підживлюючої води?

ТЕМА 11. ІОНООБМІННЕ КОРЕКТУВАННЯ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ОЧИЩЕНИХ СТІЧНИХ ВОД Й СТАБІЛІЗУЮЧОЇ ВИТРАТИ ПЕРЕД ПІДЖИВЛЕННЯМ ЗАМКНЕНИХ ЗВОРОТНИХ СИСТЕМ

1. Іонообмінне знесолення та зм'якшення стічних вод, очищених від органічних домішок.
2. Іонний обмін в апаратах безперервної дії.

Контрольні запитання

1. Які методи застосовують для коректування мінерального складу води, призначеної для підживлення замкнених зворотних систем? Чи достатньо тільки реагентного зм'якшення води?
2. Які апарати застосовують для іонообмінного коректування мінерального складу підживлюючої води?
3. Установки безперервного іонного обміну.
4. Фільтри безперервної дії зі змішаним шаром іонітів, їх недоліки.

ТЕМА 12. ВИКОРИСТАННЯ ДООЧИЩЕНИХ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ЯК ДЖЕРЕЛА ТЕХНІЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

1. Вимоги до якості очищених стічних вод, що застосовують для підживлення зворотних систем водопостачання.
2. Технологічні схеми підготовки стічних вод для використання у промисловості.
3. Доочистка біологічно очищених стічних вод коагулянтами та активним вугіллям.
4. Зм'якшення та зменшення мінералізації біологічно очищених стічних вод після адсорбційної очистки.

Контрольні запитання

1. Чим обумовлюється доцільність використання очищених стічних вод як джерела технічного водопостачання.
2. Умови використання для технічного водопостачання очищених міських промислових стічних вод і поверхневого стоку.
3. Які методи доочищення міських стічних вод застосовують з метою їх використання в системах технічного водопостачання?
4. Які вимоги ставляться до біологічно очищених стічних вод, що використовують для підживлення зворотних систем?
5. Застосування активованого вугілля для глибокої очистки стічних вод від органічних домішок.
6. Як впливає застосування коагулянтів перед адсорбційною доочисткою біологічно очищених стічних вод?

ТЕМА 13 ПОВЕРХНЕВИЙ СТІК – РЕЗЕРВ ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.

1. Особливості складу поверхневого стоку.
2. Приклади використання поверхневого стоку в системах технічного водопостачання.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні системи відведення поверхневого стоку з територій промислових підприємств.
2. Особливості формування складу й основні види забруднень поверхневого стоку.
3. Методи й споруди для очистки поверхневого стоку.
4. Наведіть приклади використання поверхневого стоку в системах технічного водопостачання.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Браславский И.И., Семенюк В.Д., Когановский А.М., Киевский М.И., Евстратов В.Н. Проектирование бессточных схем промышленного водоснабжения. - К.: Будівельник, 1977. – 204 с.
2. Красавцев Г.Н., Ильичев Ю.И., Кашуба А.И. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии.– М.: Металлургия, 1989. – 288 с.
3. Левин Г.М., Пантелют Г.С., Ванштейн И.А., Супрун Ю.М. Защита водоемов от загрязнения сточными водами предприятий черной металлургии.– М.: Металлургия 1978.-216с.
4. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л.: Стройиздат, 1990.– 224 с.
5. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территории городов промышленных площадок. – М.: Стройиздат, 1977. – 104 с.
6. Соколов Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий. - М.: Изд-во АСВ, 1997. – 256 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1

Таблиця 1.1 - Коефіцієнти $K_{вип}$ для градирень

Температура повітря за сухим термометром, °C	0	10	20	30	40
$K_{вип}$	0,001	0,0012	0,0014	0,0015	0,0016

Таблиця 1.2 - Значення коефіцієнта K для вентиляторних градирень с
крапельним зрошувачем або зрошувачем бризкального типу

Напір води перед соплом, м	Температура повітря за вологим термометром, τ °C							
	15	16	17	18	19	20	21	22
$\Delta t = 5^\circ\text{C}$								
4,5	442/395	461/408	485/422	506/436	528/450	549/466	570/485	592/505
3,5	420/380	441/392	461/406	481/419	502/433	522/448	543/467	563/486
2	388/358	407/369	426/381	445/493	464/407	483/422	502/439	521/458
$\Delta t = 10^\circ\text{C}$								
4,5	404/367	423/374	442/386	461/398	480/410	499/425	518/441	537/458
3,5	384/347	403/338	421/379	438/394	457/410	475/410	493/425	511/442
2	355/325	372/355	389/347	504/358	422/371	439/386	456/399	473/418
$\Delta t = 15^\circ\text{C}$								
4,5	363/324	380/335	397/346	414/357	432/370	450/384	457/398	484/417
3,5	344/311	361/321	377/332	394/343	411/355	428/369	448/383	461/402
2	316/291	322/301	348/311	364/322	379/333	395/346	410/360	426/379
$\Delta t = 20^\circ\text{C}$								
4,5	317/283	334/293	351/305	368/317	386/330	404/343	421	348/370
3,5	298/258	315/275	331/287	348/299	365/312	382/327	398	415/358
2	270/245	286/256	302/268	318/280	333/293	349/397	364	380/338

Таблиця 1.3 - Параметри атмосферного повітря

Пункти спостереження	Забезпеченість параметрів атмосферного повітря, %								
	1			5			10		
	θ	φ	τ	θ	φ	τ	θ	φ	τ
Астрахань	30,4	52	23,2	28,8	55	22,4	27,8	56	21,6
Горький	26,8	48	19,6	24,0	52	17,8	22,7	56	17,3
Іркутськ	22,0	63	17,6	20,5	68	16,9	19,7	71	16,5
Казань	26,8	43	18,7	24,6	51	18,2	23,4	55	17,8
Краснодар	28,0	55	21,6	26,5	57	20,6	25,5	59	20,1
Красноярськ	24,4	55	18,6	22,5	61	17,8	21,4	64	17,2
Санкт-Петербург	26,0	56	20,1	23,2	60	18,3	21,7	63	17,4
Луганськ	30,1	30	18,8	27,0	37	17,8	25,7	44	18,0
Москва	27,0	55	20,8	24,5	57	19,0	22,9	59	17,9
Новосибірськ	25,4	54	19,3	23,3	59	18,2	22,0	63	17,6
Омськ	27,4	44	19,4	24,1	50	17,6	22,5	55	17,0
Свердловськ	25,8	49	18,8	23,2	57	17,8	21,5	62	17,0
Ташкент	31,2	37	21,0	29,4	38	19,8	28,6	40	19,6
Тула	25,5	56	19,6	23,1	60	18,2	21,6	63	17,3
Уфа	27,6	44	19,5	25,3	48	18,3	23,8	53	17,8
Харків	28,5	38	19,2	26,4	45	18,8	24,9	52	18,6

Таблиця 1.4 - Втрати води з краплинним винесенням вітром у процесі охолодження

Тип охолоджуючих пристроїв	P₂, %
Бризкальні басейни з площею зрошування < 400 м ²	1,5-3,5
≥ 400 м ²	1,0-2,5
Відкриті градирні	1-3
Баштові градирні з площею зрошування, м ² До 150	0,5-1,0
Більше 150	0,5
Більше 150 (з краплеуловлювачами)	0,05
Вентилятори градирні з краплеуловлювачами	0,2-0,5

Таблиця 1.4 - Типи вентиляторних градирень

Площа секції, м²	Розмір однієї секції, м²	Вид зрошувача	Висота зрошувача, м	Тип вентилятора	Подача повітря вентилятором	Номер проекту
16	4 × 4	плівковий	3,81	2ВГ-25	140	901-6-56
		краплинний	3,86		110	
		бризкальний	2,50		140	
16	4 × 4	плівковий	3,42	2ВГ-25	140	901-6-59
		краплинний	3,60		110	
		бризкальний	3,40		135	
24	4 × 6	бризкальний	1,76	3ВГ-25	180	901-6-67.83
64	8 × 8	плівковий	3,36	ИВГ-50	585	901-6-51
		краплинний	3,48		490	
		бризкальний	3,00		570	
64	8 × 8	плівковий	3,68	ИВГ-50	580	901-6-29
		краплинний	3,68		465	
		бризкальний	3,80		550	
144	12 × 12	плівковий	3,36	2ВГ-70	1290	901-6-48
192	12 × 16	бризкальний	2,00	2ВГ-70	1425	901-6-62
192	12 × 16	краплинний	3,67	2ВГ-70	1130	901-6-61
192	12 × 16	краплинний	3,80	2ВГ-70	1240	901-6-43
		бризкальний	3,60		1400	

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Айрапетян Т.С. Водне господарство промислових підприємств: навч. посібник. – Х.: ХНАМГ, 2010.– 280 с.
2. СНиП 11-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий.– М.: Стройиздат, 1981.
3. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Под ред. В.Н. Самохина. Изд 2-е. М.: Стройиздат, 1981.-639с.
4. Красавцев Г.Н., Ильичев Ю.И., Кашуба А.И. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии.– М.: Металлургия, 1989. – 288 с.
5. Левин Г.М., Пантелют Г.С., Ванштейн И.А., Супрун Ю.М. Защита водоемов от загрязнения сточными водами предприятий черной металлургии.– М.: Металлургия 1978.-216с.
6. Водоснабжение и водоотведение на металлургических предприятиях: Справочник. Вахлер Б.Л. - М.: Металлургия, 1977. – 320 с.
7. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. - М.: Стройиздат, 1977
8. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84) / ВНИИ ВОДГЕО - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989 – 190 с.
9. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.- М.:Стройиздат, 1985.
10. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ. пособие.- М.: Стройиздат, 1984.
11. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.- М.: Стройиздат, 1986
12. Лукиных А. А., Лукиных Н. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле академика Н. Н. Павловского. - М.: Стройиздат, 1974.
13. Кучеренко Д. И., Гладков В. А. Обратное водоснабжение (системы водяного охлаждения).- М.: Стройиздат, 1980.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до самостійного вивчення курсу, практичних занять та виконання
розрахунково-графічної роботи з дисципліни

«Зворотні і безстічні системи водопостачання промислових підприємств»

(для студентів 5 курсу денної форми навчання
спеціальності 8.06010302 – «Рациональне використання і охорона
водних ресурсів»).

Укладач: **Айрапетян** Тамара Степанівна

Редактор *З. І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2012, поз. 105 М

Підп. до друку 11.06.2012
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 3,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.