

О.А. СИРОВАТСЬКИЙ, кандидат технічних наук

О.Ю. ГЛУЩЕНКО, студентка

Харківський національний університет будівництва і архітектури

ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ОХОЛОДЖУЮЧИХ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Викладені питання прогнозування якісного складу оборотної води охолоджуючих систем водопостачання. Запропоновано залежності для визначення кількості основних сольових компонентів в оборотній воді при різних водно-хімічних режимах роботи системи.

Ключові слова: оборотна вода; накипоутворення; стабільність води; лужність; коефіцієнт концентрування.

Изложены вопросы прогнозирования качественного состава оборотной воды охлаждающих систем водоснабжения. Предложены зависимости для определения количества основных солевых компонентов в оборотной воде при различных водно-химических режимах работы системы.

Ключевые слова: оборотная вода; накипеобразование; стабильность воды; щелочность; коэффициент концентрирования.

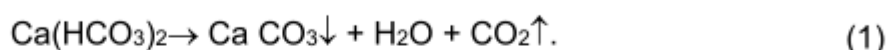
In the article outlines the issues of forecasting qualitative composition of recycled water of cooling water systems. Suggested dependencies to the definition number of the main salt components in recycled water under different water-chemical modes of operation of the system.

Key words: recycled water; scale formation; stability; water alkalinity; the concentration ratio.

У практиці промислового водопостачання найбільш широке розповсюдження набули відкриті системи оборотного водопостачання з охолодженням води на градирнях [1, 2]. Використана в обороті вода в результаті фізико-хімічних і біологічних процесів зазнає істотних змін, що пов'язані з концентруванням добре розчинних солей, випаданням малорозчинних солей і підвищенням температури оборотної води. Замкнуті системи дають можливість раціонально використовувати водні ресурси, скоротивши до мінімуму забір води з природних джерел, при цьому підживлююча вода витрачається тільки на поповнення безповоротних втрат, а скидання води у водоймища виключається.

Створення замкнутих систем водопостачання "умовно-чистих" оборотних циклів з мінімальною величиною продувки (скиду) або повним її виключенням викликає необхідність прогнозування хімічного складу оборотної води в зазначених умовах і визначення можливості нормальної експлуатації систем, що виключає явища корозії і сольових відкладень при прогнозованому складі.

Так, відкладення систем водяного охолодження "умовно-чистих" циклів характеризуються, головним чином, вмістом карбонату кальцію. Найбільш інтенсивно ці відкладення утворюються на поверхнях теплообміну внаслідок порушення вуглекислотної рівноваги, яке інтенсифікується з підвищенням температури:



На інтенсивність, з якою відбувається відкладення солей, впливають, перш за все, величина рН, концентрація іонів, температура води, інтенсивність теплообміну між водою і поверхнею контакту, склад води, спосіб її обробки, конструкція теплообмінного обладнання, тривалість перебування води в системі.

Наявність та інтенсивність утворення карбонатних відкладень залежить від форм сполук вугільної кислоти, що знаходиться в оборотній та підживлюючій воді.

Якщо в розчині, що знаходиться в рівновазі, зменшити концентрацію CO_2 , що має місце при аерації оборотної води в градирні, то рівновага зрушиться у бік утворення карбонат-іонів. Останні реагують з іонами кальцію і утворюють малорозчинний осад - карбонатні відкладення:



Прогнозування концентрацій розчинних сольових компонентів (хлоридів, сульфатів) у замкнутих системах визначали по рівнянню водно-сольового балансу, яке є загальним виразом рівності приходу солей у систему та виводу з неї в умовах рівноваги [3]:

$$K_k = \frac{C}{C_1} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}{P_2 + P_4 + P_5}, \quad (3)$$

де $P_1 \dots P_5$ – втрати води ($\text{м}^3/\text{год}$) на випаровування в охолоджувачі; краплиновиніс в охолоджувачі; випаровування у виробництві; краплиновиніс у виробництві; продування системи; K_k – коефіцієнт концентрування добре розчинних солей; C_1 – концентрація добре розчинних солей в підживлюючій воді, мг/л ; C – концентрація добре розчинних солей в продувній (оборотній) воді, мг/л .

Розрахувати зазначеним способом концентрації бікарбонатної лужності і кальцію, які є основними показниками, що визначають стабільність води, неможливо через накопичення в оборотних системах концентрації бікарбонату кальцію вище рівноважної і його розпадом, що супроводжується

випаданням карбонату кальцію у вигляді відкладень. У зв'язку з цим розраховані по рівнянню водно-сольового балансу концентрації іонів кальцію і бікарбонатів будуть значно вище фактичних [2].

Авторами роботи виконано аналіз результатів досліджень у цьому напрямку при роботі різних умовно-чистих охолоджуючих систем в різних температурних і водно-хімічних умовах [4-6]. Так, наприклад, на рис.1 і рис.2 показані залежності зміни лужності оборотної води і вмісту іонів кальцію при різних значеннях коефіцієнта концентрування добре розчинних солей і температури оборотної води [4]. Подібні дані при різних умовах були також

отримані і іншими авторами [2, 5, 6].

Із рисунків 1 і 2 видно, що описати показані залежності зручно рівняннями:

$$\text{Щ} = b + \frac{a}{K_k^3}, \text{ мг-екв/л} \quad (4)$$

$$\text{Ca}^{2+} = m \times e^{n/K_k}, \text{ мг-екв/л} \quad (5)$$

де a , b , m , n – відповідно, емпіричні коефіцієнти, які залежать від температури оборотної води t , °С.

Обробка

експериментальних і дослідно-промислових даних авторів [1-6] методом найменших квадратів дозволила нам побудувати залежність зазначених коефіцієнтів від температури оборотної води і визначити їх чисельно:

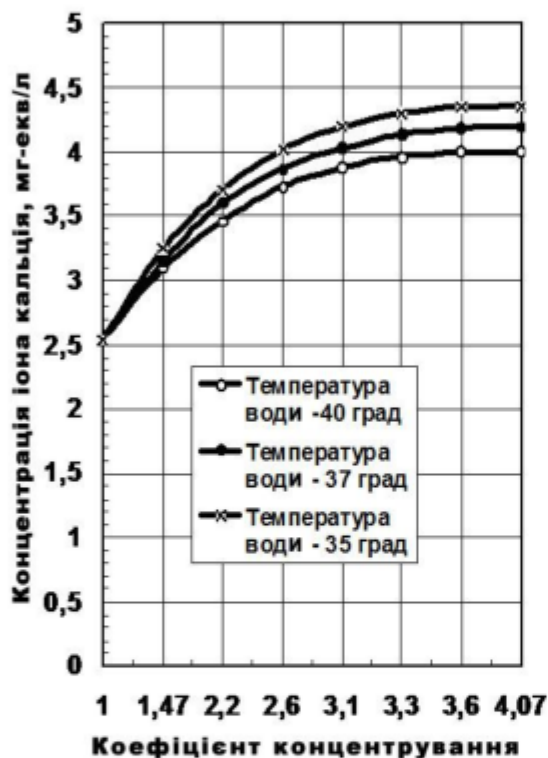


Рис.1. Залежність концентрації іонів кальцію від коефіцієнта концентрування і температури оборотної води

$$a = \frac{t}{-0,93 \times t + 19,5}$$

$$m = 3,5 + \frac{77870}{t^3}$$

$$b = 4,2 + \frac{57060}{t^3} \quad (6)$$

$$n = -3,94 + 0,9 \ln t$$

Отримані дані показують наступне: лужність оборотної води практично не залежить від величини коефіцієнта концентрування добре розчинних солей K_k . При цьому величина сталої лужності води Щ_y в більшій мірі залежить від температури оборотної води [4].

Величина загальної лужності, введеної з підживлюючою водою в циркуляційну систему, яка перевищує рівноважну лужність, розкладається, а утворений карбонат кальцію випадає у вигляді щільних відкладень по тракту руху води або у вигляді інертного осаду. Встановлено [1-4], що при

збільшенні K_k . кількість щільних сольових відкладень скорочується, а кількість інертного осаду зростає. Концентрації хлоридів і сульфатів збільшуються

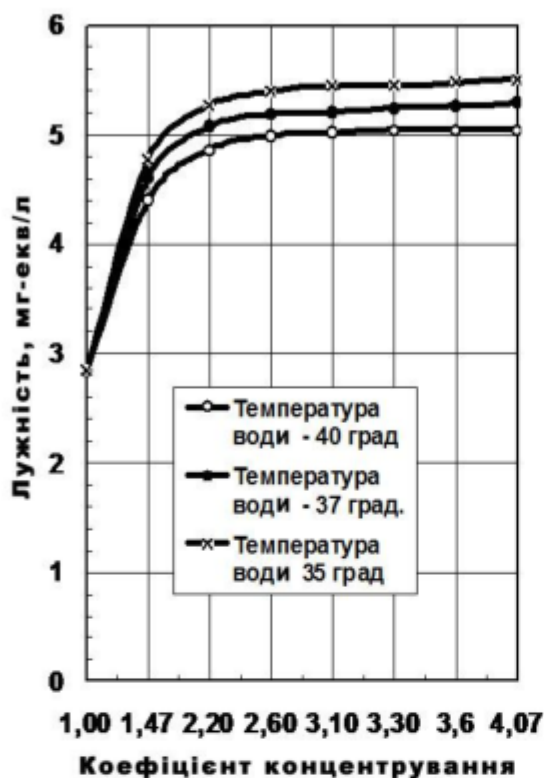


Рис.2. Залежність величини сталої лужності від коефіцієнта концентрування і температури оборотної води

пропорційно величині K_k . Відкладення гіпсу в системі у розглянутих умовах практично не утворюються [2, 4-6].

Таким чином, використовуючи отримані залежності, можна з достатньою для інженерних розрахунків точністю визначити концентрації всіх сольових компонентів в умовно-чистій охолоджуючій воді оборотної системи при можливих температурних ($t = 35...42^{\circ}\text{C}$) і водно-хімічних режимах роботи ($K_k = 1,0...4,3$). При цьому лужність підживлюючої води і вміст іонів кальцію в ній, відповідно, знаходяться в діапазоні $\text{Щ} = 2,0...6,0$ мг-екв/л і $\text{Ca}^{2+} = 1,8...5,2$ мг-екв/л. Або, вирішуючи зворотну задачу, можна визначити розмір

продувки системи для досягнення необхідних концентрацій сольових компонентів, що підлягають змінам в таких системах (лужності і кальцію).

Список літератури

1. Кучеренко Д.И., Гладков В.А. Обратное водоснабжение (Системы водяного охлаждения). – М.: Стройиздат, 1980. – 168 с.
2. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. – М.: Стройиздат, 1984. – 272 с.
3. Пантелеят Г.С., Сыроватский А.А., Колотило А.Н. Системы обратного водоснабжения передельных мини-заводов черной металлургии // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – №5. – С.17-22.

4. Сыроватский А.А. Прогнозирование качественного состава оборотной воды замкнутых систем водоснабжения металлургического комбината «Запорожсталь» // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Экология. Математика. Электроэнергетика. – Харьков, 1997. – Вып. 8. – С. 30-35.

5. Пантелят Г. С., Андронов В. А., Кузнецов В.Я., Хвесько В.Н. Предотвращение плотных солевых отложений в системах оборотного водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – №3. – С. 19-20.

6. Гладков В.А., Алексеев Л.С. Обеспечение работы системы оборотного водоснабжения без сброса продувки // Опреснение воды и ее использование в системах водного хозяйства промышленных предприятий. – М., 1982. – С. 37-39.