



Ученые записки

**УДК 628.33:669.1**

**Г. С. ПАНТЕЛЯТ**, докт. техн. наук, профессор, заведующий лабораторией,

**Л. Н. КУЗНЕЦОВА**, заместитель директора ПИ «Энергосталь»

УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

## ВОДНЫЙ И СОЛЕВОЙ (МАТЕРИАЛЬНЫЙ) БАЛАНСЫ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Приведены математические зависимости, характеризующие водно-химический режим работы систем оборотного водоснабжения различных производств. Использование полученных закономерностей позволяет обосновать создание замкнутых систем водоснабжения этих предприятий, исключающих сброс сточных вод в водные объекты.

**водно-химический режим, замкнутые системы, скорость коррозии, оборотные циклы, солесодержание, стабилизационная обработка, коэффициент концентрирования**

Возможность создания замкнутых систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий во многом зависит от надежности их эксплуатации. Устойчивая работа таких систем обеспечивается эффективными технологиями стабилизационной обработки воды, циркули-

рующей в указанных системах. При этом важно определить роль общего солесодержания воды и его основных компонентов (хлоридов, сульфатов и др.) для предотвращения образования плотных солевых отложений и интенсивности коррозионного разрушения металла.

Другими словами, необходимо владеть особенностями и закономерностями, характеризующими водно-химический режим различных систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий, включая металлургические заводы и комбинаты [1–6].

Предложены математические зависимости для характеристики водно-химического режима работы систем оборотного водоснабжения различных производств применительно к заводам, имеющим любое количество систем оборотного водоснабжения (оборотных циклов). Эти формулы являются результатом систематизации существующих зависимостей и предложенных авторами закономерностей:

$$\sum_{p=1}^{N_c} C_{Cl_p} Q_{sep} = \sum_{i=1}^{N_c} K_i C_{Cl_i} Q_{hi} K_i \quad (1)$$

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_{isp}} Q_{hi,j}^i + \sum_{m=1}^{N_m} Q_{mm}^i}{\sum_{m=1}^{N_m} Q_{mm}^i} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{isp}} Q_{hi,j}^i}{\sum_{m=1}^{N_m} Q_{mm}^i} + 1 \quad (2)$$

где  $N_c$  – количество циклов;  
 $K_i$  – коэффициент концентрирования в  $i$ -м цикле;  
 $C_{Cl_i}$  – концентрация хлоридов в подпиточной воде  $i$ -го цикла;  
 $Q_{hi}$  – потери капельной влаги на градирне и со шламом в  $i$ -м цикле;  
 $K_i$  – коэффициент рассеивания хлоридов, содержащихся в капельной влаге  $i$ -го цикла;  
 $N_{isp}$  – количество источников испарения в  $i$ -м цикле;  
 $Q_{isp,j}$  – расход воды на испарение в  $j$ -м источнике  $i$ -го цикла;  
 $N_m$  – количество источников механических потерь воды в  $i$ -м цикле;  
 $Q_{mm}$  – расход воды на механические потери в  $m$ -м источнике  $i$ -го цикла;  
 $N_{cb}$  – количество источников поступления хлоридов со свежей водой из внешних источников;  
 $C_{Cl_p}$  – концентрация хлоридов в свежей воде из  $p$ -го цикла;  
 $Q_{sep}$  – расход свежей воды из  $p$ -го источника.

Кроме того, прогнозирование концентраций растворимых солевых компонентов в замкнутых системах оборотного водоснабжения осуществляется путем использования более простого уравнения водно-солевого баланса, которое является общим выражением равенства прихода солей в систему и вывода из нее в условиях равновесия:

$$C_1(P_1+P_2+P_3+P_4+P_5)=C_2(P_2+P_3+P_4+P_5) \quad (3)$$

где  $C_2, C_1$  – концентрация хорошо растворимых солей соответственно в оборотной и добавочной воде,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;

$P_1, P_2, P_3$  – потери воды в системе водоснабжения соответственно на испарение, капельный унос на водоохраняющем оборудовании и испарение в производстве,  $\text{м}^3/\text{час}$  или в % от расхода циркулирующей в системе воды;

$P_4, P_5$  – потери воды в системе водоснабжения соответственно на продувку и переливы (утечки),  $\text{м}^3/\text{час}$  или в % от расхода циркулирующей в системе воды.

Наряду с указанной зависимостью, другим важным показателем, характеризующим водно-химический режим работы систем оборотного водоснабжения, является коэффициент концентрирования хорошо растворимых солей  $K_k$ . Для наиболее точных расчетов следует использовать концентрацию хлоридов. Менее точным, но достаточным с практической точки зрения является использование концентрации сульфатов или общего солесодержания. Величину  $K_k$  можно определить, используя уравнение солевого (материального) баланса (3) и уравнения (4), (5):

$$K_k = C_2 / C_1 \quad (4)$$

$$K_k = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) / (P_2 + P_4 + P_5) \quad (5)$$

Решая систему двух уравнений, получим:

$$C_2 / C_1 = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) / (P_2 + P_4 + P_5) \quad (6)$$

Таким образом, зная только концентрации хлоридов в подпиточной и оборотной воде, возможно с достаточной степенью точности определить значение коэффициента  $K_k$  а также расход продувочных вод ( $P_4$ ):

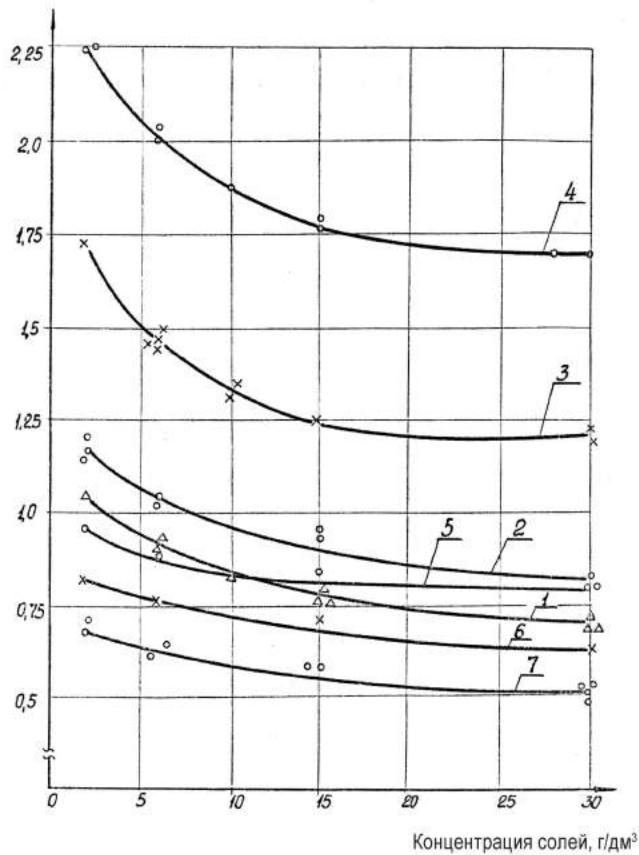
$$P_4 = [C_1 (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) - C_2 (P_2 + P_4 + P_5)] / (C_2 - C_1) \quad (7)$$

Расчеты, выполненные с использованием приведенных выше зависимостей для одного из металлургических заводов России, показали, что в оборотной воде установится следующий солевой состав: общее солесодержание – от 440 до 3950  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , хлориды – от 74 до 918  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , сульфаты – от 132 до 1799  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , общая жесткость – от 5,0–30  $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$ , щелочность карбонатная – 3,0–5,0  $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$ . Проведенные исследования показали, что такой химический состав воды не опасен как с точки зрения образования плотных солевых отложений, так и с точки зрения коррозионного износа металла (рис. 1). Из приведенных на рисунке графиков видно, что чем выше величина общего солесодержания, тем меньше скорость коррозии. Указанная закономерность характерна для нейтральных



водных сред, которые имеют место во всех охлаждающих системах промышленного водоснабжения.

Скорость коррозии  $h$ , г/м<sup>2</sup> час



**Рис. 1. Влияние солесодержания на скорость коррозии**  
**Ст. 3 в условиях перемешивания при температурах:**  
 1 – 20; 2 – 30; 3 – 40; 4 – 50 °C (скорость движения воды 1,5 м/с),  
 5 – 50; 6 – 40; 7 – 30 °C (скорость движения воды 0,8 м/с).

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований, обобщения имеющихся данных и опыта эксплуатации предложены зависимости, определяющие водно-химический режим работы систем оборотного водоснабжения металлургических предприятий. Использование полученных

Наведені математичні залежності, які характеризують водно-хімічний режим роботи систем оборотного водопостачання на різних виробництвах. Використання отриманих закономірностей дозволяє обґрунтувати створення замкнутих систем водопостачання цих підприємств, що включають можливість скидання стічних вод у водні об'єкти.

закономірностей позволяет обосновать создание замкнутых систем водоснабжения этих предприятий, исключающих сброс сточных вод в водные объекты.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Пантелят Г. С., Андронов В. А., Галкин Ю. А. Системы водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий России и Украины // Материалы семинара научно-практической конференции – Екатеринбург, 2003. – С. 17–20.
- Пантелят Г. С., Андронов В. А. Направления совершенствования методов предотвращения плотных солевых (карбонатных) отложений // Водоснабжение и санитарная техника. – 1997. – № 3. – С. 17–18.
- Пантелят Г. С., Андронов В. А. Обработка и очистка промышленно-ливневых сточных вод коксохимических предприятий с целью их использования в замкнутых системах оборотного водоснабжения // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2003. – Вип. 24. – С. 116–119.
- Андронов В. А. Особенности систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Применение комплексных ингибиторов // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Харьков, 2003. – № 15. – С. 47–50.
- Пантелят Г. С., Кузнецова Л. Н., Андронов В. А. Водный и солевой балансы систем оборотного водоснабжения основных металлургических производств и предприятий в целом // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков: Райдер, 2004. – С. 106–109.
- Пашенко А. В. Перспективы применения растворимых биоцидных полимеров для обеззараживания городских сточных вод // Науковий вісник будівництва. – Харків, ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002. – Вип. 18. – С. 264–266.

Mathematical dependences defining water-chemical mode of circulating water supply systems' operation at various productions are resulted. Application of the laws being obtained enables substantiating the creation of closed water supply systems at these enterprises excluding effluent disposal into water objects.