

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE WATER-CHEMICAL REGIME OF RECOVERED WATER OF THE TPP

Isakhodzhaev Khairulla, Norbutaev Umid, Azizova Gulnoza
Tashkent State Technical University

Abstract: In the article, based on the results of calculating the concentration of carbon dioxide, ions, , , indicator and experimental dependence, the specific gravity and thickness of deposits on the heat exchange tubes of the condenser predicted over a period of time are calculated.

Key words: water chemistry, circulating water systems, circulation pump, coagulant

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОБОРОТНЫХ ВОД ТЭС

Исаходжаев Хайрулла, Норбутаев Умид, Азизова Гулноза
Ташкентский государственный технический университет

Аннотация: В статье на основании результатов расчета концентрации углекислоты CO_2 , ионов HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , показателя pH и экспериментальной зависимости $j_{omi} = f(\mathcal{K}_{Ca})$ рассчитывается прогнозируемая за отрезок времени удельная масса и толщина отложений на теплообменных трубках конденсатора.

Ключевые слова: водно-химический режим, систем оборотных вод, циркуляционный насос, коагулянт

Перспективным направлением методов совершенствования водно-химического режима (ВХР) оборотных систем охлаждения ТЭС является введение ингибиторов отложений накипеобразователей и использование комплексных оборотных систем охлаждения с включением в систему установок кондиционирования добавочной и циркуляционной вод, со структурными изменениями и минимизацией сбросов продувок в окружающую среду и обоснование методов расчета ВХР комплексной оборотной системы охлаждения (КОСО) с долгосрочным прогнозированием результатов их эффективной эксплуатации [1÷3].

В работе на примере разомкнутой КОСО с рециркуляционной очисткой части продувки на предвключенной ВПУ и продувками осветлителя и циркуляционного контура (рис. 1) с подпиткой речной водой показана методика расчета водно-химического режима системы с прогнозируемой толщиной отложений за выбранный отрезок времени.

При направлении части продувки P_3' на осветлители необходимо исследовать соблюдение граничных условий растворимости солей $Mg(OH)_2$ и $CaSO_4^{2-}$ в процессе известкования и упаривания в цикле КОСО. Выпадение этих солей из раствора в процессе известкования речной воды в смеси с добавком циркуляционной возможно для рассматриваемой схемы.

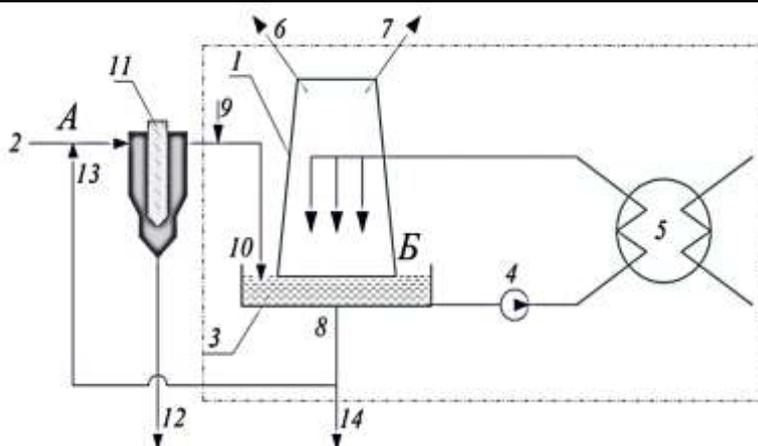


Рис. 1. Схема ВХР разомкнутой КОСО с рециркуляционной очисткой части циркуляционной воды на предвключенной ВПУ и организованными продувками циркуляционного контура и осветлителя: 1 – градирня, 2 – добавочная вода, 3 – приямок градирни, 4 – насос, 5 – конденсатор, 6 – удельные потери воды на испарение P_1 , 7 – удельные потери воды с капельным уносом P_2 , 8 – удельные потери воды на продувку P_3 , 9 – ввод реагентов, 10 – кондиционированная вода, 11 – осветлитель, 12 – сброс продувки осветлителя $P_{осв}$, 13 – отбор части продувки КОСО на известкование P_3' , 14 – сброс продувки P_3'' .

На первом этапе расчета рассматривается материальный баланс потоков системы и их соотношения, и оцениваются удельные величины:

$$P = P_1 + P_2 + P_3'' + P_{осв}, \quad (1)$$

$$P = P_3' + P_3'' \quad (2)$$

где $P_3' = \gamma \cdot P_3$, $P_3'' = (1 - \gamma) \cdot P_3$, γ – доля рециркуляции продувки, $(1 - \gamma)$ – доля сброса продувки, $P_{осв} = (P + P_3') \cdot \gamma_{осв}$, $\gamma_{осв}$ – доля продувки осветлителя.

Тогда из (1) и (2):

$$P_{осв} = (P_1 + P_2 + P_3'' + P_{осв} + P_3') \cdot \gamma_{осв} \quad (4)$$

или

$$P_{осв} = \frac{\gamma_{осв}}{(1 - \gamma)} (P_1 + P_2 + P_3). \quad (5)$$

С учетом (5) и (1) получим:

$$P = P_1 + P_2 + (1 - \gamma) \cdot P_3 + \frac{\gamma_{осв}}{(1 - \gamma)} (P_1 + P_2 + P_3). \quad (6)$$

Отсюда:

$$P = \frac{\gamma_{осв}}{(1 - \gamma)} (P_1 + P_2 + P_3) - \gamma \cdot P_3. \quad (7)$$

Величина K_y ВХР КОСО определяется как соотношение ионов $[Na^+]$, $[Cl^-]$ в добавочной воде и циркуляционной воде. В связи с тем, что ионы натрия и хлорид-ионы при рециркуляции всегда проходят осветлитель транзитом, а ионы $[Mg^{2+}]$ и $[SO_4^{2-}]$ – только при некоторых режимах, материально-солевой баланс в первом приближении составляется для схемы, ограниченной пунктиром в точке Б (рис. 1).

Материально-солевой баланс системы, ограниченной пунктирной линией, составляется для определения концентраций ионов $[Na^+]$, $[Cl^-]$ а также $[Mg^{2+}]$ и $[SO_4^{2-}]$ – в граничных условиях растворимости дигидрата магния и сульфата кальция:

$$P \cdot [i]^{ухв} = P_1 \cdot 0 + P_2 \cdot [i]^{осо} + P_{осв} \cdot [i]^{изб} + P_3'' \cdot [i]^{осо}. \quad (8)$$

Так как для этих примесей $[i]^{изв} = [i]^{см}$:

$$P \cdot [i]^{ucx} = P_1 \cdot 0 + P_2 \cdot [i]^{oco} + P_{ocв} \cdot \frac{P \cdot [i]^{ucx} + P_3' \cdot [i]^{oco}}{P + P_3'} + P_3'' \cdot [i]^{oco}. \quad (9)$$

Отсюда:

$$P \cdot [i]^{ucx} = \frac{P_{ocв} \cdot P [i]^{ucx}}{P + P_3'} + \frac{P_{ocв} \cdot P_3' [i]^{oco}}{P + P_3'} + P_2 \cdot [i]^{oco} + P_3'' \cdot [i]^{oco}. \quad (10)$$

Следовательно:

$$[i]^{oco} = [i]^{ucx} \cdot \frac{P - P \cdot \frac{P_{ocв}}{P + P_3'}}{\frac{P_{ocв} + P_3'}{P + P_3'} + P_2 + P_3''} \quad (11)$$

$$K_y = \frac{P - P \cdot \frac{P_{ocв}}{P + P_3'}}{\frac{P_{ocв} + P_3'}{P + P_3'} + P_2 + P_3''}. \quad (12)$$

Материально-солевой баланс удельных величин добавочной воды P и рециркуляции продувки P_3' , а также их соледержания в точке смешения A выразится следующим образом:

$$(P + P_3') \cdot [i]^{см} = P \cdot [i]^{ucx} + P_3' \cdot [i]^{oco}. \quad (13)$$

Тогда для отдельно взятого иона:

$$[i]^{см} = \frac{P \cdot [i]^{ucx} + P_3' \cdot [i]^{oco}}{P + P_3'}. \quad (14)$$

Если учесть, что концентрации ионов $[Na^+]$, $[Cl^-]$, $[Mg^{2+}]$, $[SO_4^{2-}]$ на входе и выходе из осветлителя остаются неизменными, то:

$$[Na^+]^{см} = [Na^+]^{изв}, [Cl^-]^{см} = [Cl^-]^{изв}, [Mg^{2+}]^{см} = [Mg^{2+}]^{изв}, [SO_4^{2-}]^{см} = [SO_4^{2-}]^{изв}. \quad (15)$$

Концентрации ионов $[HCO_3^-]$, $[CO_3^{2-}]$, $[OH^-]$ в процессе умягчения контролируются заданным режимом известкования. Концентрацию ионов $[Ca^{2+}]$ в умягченной воде с учетом (11), (13) и (14) можно определить на основании закона электронейтральности:

$$[Ca^{2+}] = \sum An - [Mg^{2+}]^{изв} - [Na^+]^{изв} \quad (16)$$

$[Щ_о]^{oco}$ рассчитывается по

$$[i]^{oco} = [i]^{изв} \cdot K_y \quad (17)$$

Затем в циркуляционной воде рассчитываются концентрации ионов $[Na^+]$, $[Cl^-]$, $[Mg^{2+}]$, $[SO_4^{2-}]$, для чего рассматривается материально-солевой баланс системы, ограниченной штрихпунктирной линией (точка Б):

$$(P + P_3' - P_{ocв}) \cdot [i]^{изв} = P_1 \cdot 0 + P_2 \cdot [i]^{oco} + P_3 \cdot [i]^{oco} \quad (18)$$

На основании (17) получим уравнение для определения концентраций отдельных ионов для различных ВХР:

$$[i]^{oco} = [i]^{изв} \cdot \frac{P + P_3' - P_{ocв}}{P_2 + P_3}, \quad (19)$$

$$K_y = \frac{P + P_3' - P_{ocв}}{P_2 + P_3}. \quad (20)$$

Достоверность расчетов подтверждается равенством концентрации $[Na^+]$ и $[Cl^-]$, рассчитанным по (19) и (11).

По уравнению (21), полученному на основании системных лабораторных исследований, а также промышленных испытаниях для различных классов вод рассчитывается скорость отложений, которую можно интерпретировать в величины удельной массы отложений (22) и толщин отложений (23):

$$|j_{oml}|_3^{oco} = A \cdot \mathcal{K}_{Ca}, \quad (21)$$

где A – коэффициент зависящий от дозы ингибитора отложений.

Удельная масса отложений $|m_{oml}|_3^{oco} \left(\frac{г}{м^2} \right)$, на теплообменной поверхности конденсаторов за отрезок время τ (час), рассчитывается по формуле:

$$|m_{oml}|_3^{oco} = |j_{oml}|_3^{oco} \cdot \tau, \quad (22)$$

Толщина σ_3 (метр), $(\rho_{CaCO_3} = 1600 \frac{кг}{м^3})$ рассчитывается по формуле:

$$\sigma_3 = \frac{|m_{oml}|_3^{oco}}{\rho_{CaCO_3}} \quad (23)$$

Полученные расчетные данные соответственно трансформируются в графические зависимости реальных значений массы $|m_{oml}|_3^{oco}$ (рис. 2) в зависимости от продувки (P_3) и качества кондиционирования добавочной воды (\mathcal{W}_0).

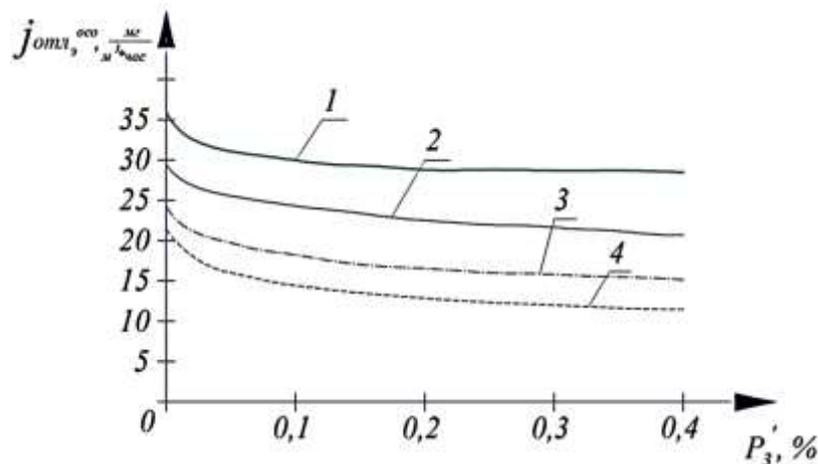


Рис. 2. Зависимость скорости отложения от величины продувки для различного качества добавочной воды: 1 – $\mathcal{W}_0 = 2 \frac{мг-экв}{дм^3}$, 2 – $\mathcal{W}_0 = 1,5 \frac{мг-экв}{дм^3}$, 3 – $\mathcal{W}_0 = 1 \frac{мг-экв}{дм^3}$, 4 – $\mathcal{W}_0 = 0,7 \frac{мг-экв}{дм^3}$

Приведенная методика расчета может быть использована в качестве теоретического обоснования при разработке новых нормативных документов для ведения ВХР КОСО с прогнозируемыми результатами долгосрочной эффективной эксплуатации.

Литература

1. Терентьев, В. И. Выбор оптимального водно-химического режима работы водооборотных систем охлаждения с градирнями / В. И. Терентьев, С. В. Караван // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – № 3. – С. 20–22.
2. Кишнеvский, В. А. К расчету водно-химических режимов оборотных систем охлаждения с испарительными охладителями / В. А. Кишнеvский, Е. В. Кишнеvский, В. В. Чиченин // Вода и водоочистные технологии. Научно-технические вестн. – 2011. – №2(4). – С. 59–63.