

Практическое занятие № 4

Удаление примесей из воды

Концентрация иона PO_4^{3-} в котловой воде не должна быть ниже некоторого значения i , мг/кг, которое может быть определено по следующей формуле:

$$i = N + 0,1C_{\text{SiO}_3^{2-}} + 0,01C_{\text{SO}_4^{2-}}$$

где N – постоянная величина, равная 5 мг/кг, для котлов без ступенчатого испарения и 3 мг/кг для чистых отсеков котлов со ступенчатым испарением; $C_{\text{SO}_4^{2-}}$ – концентрация

этих ионов в воде, мг/кг.

Количество технического фосфата Φ_1 , кг, которое вводится в котел, может быть определено по приближенной формуле

$$\Phi_1 = \frac{V_K i}{10C_\Phi}$$

где V_K – водяной объем котла, м^3 ; C_Φ – содержание PO_4^{3-} в техническом продукте, %.

Количество тринатрийфосфата, вводимое в работающий котел, определяется по следующим формулам:

$$\Phi_2 = \frac{100}{C_\Phi} (28,5\mathcal{J}_O + P_B i); \quad \Phi_3 = \frac{D_{\text{П.В}}}{100C_\Phi} (28,5\mathcal{J}_O + P_B i);$$

$$\Phi_3' = \frac{D_{\text{П}}}{100C_\Phi} (28,5\mathcal{J}_O (1 + p_{\text{П}}) + P_{\text{П}} i);$$

среднюю жесткость питательной воды, мг-экв/кг, за некоторый промежуток времени Δt :

$$\mathcal{J}_O = \frac{10\Phi_3 \Delta t C_\Phi - D_{\text{П.В}} P_B i \Delta t}{28,5 D_{\text{П.В}} \Delta t}; \quad \mathcal{J}_O' = \frac{10\Phi_3' \Delta t C_\Phi - D_{\text{П.В}} P_{\text{П}} i \Delta t}{28,5 D_{\text{П.В}} \Delta t (1 + p_{\text{П}})};$$

где произведения $\Phi_3 \Delta t$, $D_{\text{П}} \Delta t$ и $D_{\text{П.В}} \Delta t$ означают соответственно расход фосфата, кг, выработку пара, т, и количество поданной в котлы питательной воды, т, за промежуток времени Δt , ч.

Количество щелочного реагента, которое необходимо ввести в питательную воду при питании котлов мягкой водой, может быть определено по следующим формулам:

$$q_{\text{Щ}}' = \frac{P_{\text{П}}}{P_{\text{П}} +} \text{Щ}'_{\text{К.В}} - \text{Щ}''_{\text{К.В}},$$

или

$$q_{\text{Щ}}'' = \left(\frac{P_{\text{П}}}{P_{\text{П}} +} \text{Щ}'_{\text{К.В}} - \text{Щ}''_{\text{К.В}} \right) \mathcal{E},$$

где $\text{Щ}'_{\text{К.В}}$ – требуемая или, допустимая щелочность котловой воды, мг-экв/кг; $\text{Щ}''_{\text{К.В}}$ – фактическая (до подщелачивания) щелочность питательной воды, мг-экв/кг; \mathcal{E} – Эквивалент данного щелочного реагента.

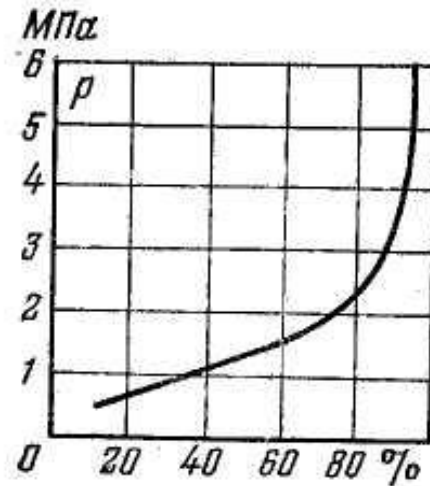


Рис. 1. Разложение Na_2CO_3 в зависимости от давления в котле.

количество переходящей в пар углекислоты, мг/кг, будет равно:

$$C_{\text{CO}_2} = 22[\text{Щ}_B(1 + \alpha) + \alpha\text{Щ}_K].$$

Если $\text{Щ}_O = \text{Щ}_Г + \text{Щ}_K$, то $C_{\text{CO}_2} = 22\text{Щ}_K$,

где α — степень гидролиза Na_2CO_3 , выраженная в долях.

Задачи

Задача 1. По анализу концентрация в котловой воде SiO_3^{2-} , составляет 10 мг/кг и SO_4^{2-} , 50 мг/кг. Определить избыток фосфатов PO_4^{3-} если котел не оборудован устройствами ступенчатого испарения.

Решение. Подставив численные значения в формулу, получим:

$$i = 5 + 0,1 \cdot 10 + 0,01 \cdot 50 = 6,5 \text{ мг/кг.}$$

Задача 2. Определить количество 12-водного тринатрийфосфата, которое необходимо ввести в подготовленный к пуску котел, оборудованный ступенчатым испарением и имеющий водяной объем 70 м^3 . Концентрация в котловой воде чистого отсека SiO_3^{2-} равна 15 и SO_4^{2-} 114 мг/кг.

Решение. Вначале по формуле определяем необходимый избыток фосфатов, который будет равен:

$$i = 3 + 0,1 \cdot 15 + 0,01 \cdot 114 = 5,64 \text{ мг/кг.}$$

Затем, подставив численные значения в формулу, найдем количество фосфата:

$$\Phi = \frac{70 \cdot 5,64}{25 \cdot 10} = 1,58 \text{ кг,}$$

где C_Φ принята равной 25% (для $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).

Задача 3. Установленные в котельной три котла паропроизводительностью 150 т/ч каждый, не оборудованные устройствами ступенчатого испарения, питаются водой жесткостью 8 мкг-экв/кг. Определить расход, кг/сут, тринатрийфосфата на все котлы, а также то его количество в процентах, которое удаляется с продувочной водой. Концентрация в котловой воде SiO_3^{2-} 61 мг/кг, SO_4^{2-} 346 мг/кг; продувка $p_{II} = 3\%$. Значение C_ϕ принять равным 23,8%.

Решение. Необходимый избыток фосфатов i в соответствии с формулой равен:

$$i = 5 + 0,1 \cdot 61 + 0,01 \cdot 346 = 14,6 \text{ мг/кг.}$$

Для определения расхода фосфата используем формулу, поскольку продувка приведена в процентах от паропроизводительности котла. Подставив численные значения величин, найдем расход фосфата на все три котла:

$$\Phi'_3 = \frac{3 \cdot 150}{10 \cdot 23,8} (28,5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,03 + 0,03 \cdot 14,6) = 1,27$$

или 30,5 кг в сутки.

На умягчение воды, т. е. на связывание накипеобразователей, расходуется 0,44 кг/ч, или $(0,44/1,27) \cdot 100 = 34,6\%$, остальное количество уходит с продувочной водой.

Задача 4. За $\Delta t = 120$ ч работы котельной, рассмотренной в примере 1.8, израсходовано 180 кг тринатрийфосфата с содержанием $\text{PO}_4^{3-} = 24,5\%$. За этот период средние значения i и p_{II} были равны: $i = 17,2$ мг/кг и $p_{II} = 3,1\%$. Средняя нагрузка котельной по пару составляла 432 т/ч. Определить среднюю жесткость питательной воды.

Решение. Для определения жесткости питательной воды воспользуемся формулой. При этом следует учесть, что $\Phi_3 \Delta t = 180,0$ кг. Находим

$$Ж_0 = \frac{10 \cdot 180 \cdot 24,5 - 432 \cdot 120 \cdot 0,031 \cdot 17,2}{28,5 \cdot 432 \cdot 120 \cdot 1,031} = 0,011 \text{ мг-экв/кг.}$$

Следовательно, в отдельные периоды времени жесткость питательной воды была заметно больше того значения (8 мкг-экв/кг), которое приведено в предыдущей задаче по данным разовых определений.

Задача 5. Определить суточный расход едкого натра на щелочение питательной воды котельной, оборудованной четырьмя котлами паропроизводительностью 150 т/ч каждый. Исходные данные следующие: $p_{II} = 3\%$; $Щ_{К,В} = 8$ мг-экв/кг; $Щ'_{П,В} = 200$ мкг-экв/кг.

Решение. Подставив приведенные значения в формулу, определим расход NaOH на 1 т питательной воды

$$q''_{Щ} = \left(\frac{0,03}{1,03} 8 - 0,2 \right) 40 = 1,32 \text{ г/т.}$$

Следует обратить внимание на то, чтобы все входящие в формулу величины были выражены в соответствующих единицах измерения.

Задача 6. Общая щелочность питательной воды состоит из бикарбонатной $Щ_Б = 0,15$ и карбонатной $Щ_К = 0,2$ мг-экв/кг. Определить количество CO_2 в паре котлов,

работающих при давлении 3,0 МПа.

Решение. По графику, представленному на рис. 1, определяем степень разложения карбоната натрия в котле, которая для этого давления равна 0,9. Тогда по формуле получим:

$$C_{CO_2} = 22 \cdot (0,15 \cdot 1,9 + 0,9 \cdot 0,2) = 10,23 \text{ мг/кг.}$$

Задача 7. Промышленная котельная оборудована двумя котлами паропроизводительностью 3 т/ч каждый. Питательной водой служит речная вода с жесткостью общей 2,6 и карбонатной 1,3 мг-экв/кг. Определить расход кальцинированной соды, кг/ч, и концентрацию шлама в котловой воде при $p_{II} = 5\%$, $Ш_{К.В} = 10$ мг-экв/кг и $Э_C = 43$.

Решение. Доза соды равна:

$$C_{Na_2CO_3} = (Ж_О - Ш_{К.В})(1 + p_{II}) + p_{II} Ш_{К.В}$$
$$C_{Na_2CO_3} = 1,3 \cdot 1,05 + 0,05 \cdot 10 \approx 1,87 \text{ мг-экв/кг.}$$

Тогда расход кальцинированной соды составит:

$$q_{Na_2CO_3} = \frac{1,87 \cdot 53 \cdot 2 \cdot 3}{1000} = 0,6 \text{ кг/ч.}$$

Ежечасно в котле образуется следующее количество шлама:

$$B' = 3(1 + 0,05)2,6 \cdot 43 = 352 \text{ г/ч,}$$

концентрация которого в котловой воде достигнет

$$B' = (1,05 / 0,05)2,6 \cdot 43 = 2348 \text{ мг/кг.}$$