Курсовая работа

**“Подготовка и конденсация воды”**

Одесса 2010

**Введение**

В настоящее время вода широко используется в различных областях промышленности в качестве теплоносителя и рабочего тела, чему способствует широкое распространение воды в природе и ее особые термодинамические свойства, связанные со строением молекул. Полярность молекул воды, характеризуемая дипольным моментом, определяет большую энергию взаимного притяжения молекул воды (ориентационное взаимодействие) при температуре 10…30 С и соответственно большую теплоту фазового перехода при парообразовании, высокую теплоемкость и теплопроводность. Значение диэлектрической постоянной воды, также зависящей от дипольного момента, определяет своеобразие свойств воды как растворителя.

При нагреве воды на поверхностях нагрева образуются твердые отложения накипеобразующих солей. При испарении воды в пар переходят коррозионно-активные газы, которые способствуют разрушению поверхности охлаждения и генерируют новые вещества, образующие отложения из продуктов коррозии.

Надежность работы энергетического оборудования на станции непосредственно связана с качеством подпиточной воды котлов. Правильно рассчитанный, смонтированный и эксплуатируемый комплекс водоподготовки, дополненный химической программой коррекции котловой воды, является необходимым условием долговечной и экономичной работы любого котлоагрегата.

В условиях эксплуатации энергетического оборудования на ТЭС или АЭС при организации водного режима необходимо создавать условия, при которых обеспечиваются минимальные значения скорости коррозии и снижение накипных отложений. Отложения могут образовываться из примесей, поступающих в воду теплоэнергетических установок от внешних и от внутренних источников.

**Исходные данные**

Исходной водой является вода Бассейны Ингула со следующим химическим составом:

-биогенные компоненты:

=1,66 мг/л;;

NO2+=0,030 мг/л;

NO3+=0,11 мг/л;

Fe=0,11 мг/л;

P=0,060мг/л;

Si=5,9 мг/л;

-окисляемость:

БО=28,4 мгО2/л;

ПО=7,8мгО2/л;

-главные ионы:

HCO3-=294,7 мг/л;

SO42-=67,8 мг/л;

Cl-=55,7 мг/л;

Ca2+=92,3 мг/л;

Mg2+=15,9 мг/л;

Na++K+=38,5мг/л;

-Жо=5,9 мг-экв/л;

Блоки: 210МВт 6шт.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | Общая концентрация | | | | | | Электро  провод  ность, χ=Сλf  мкСм/см | |
| Молекуля  рная масса "М" | Эквива  лентная масса "Э" | Обозначения | Исх. концентрация | | Скорректированная концентрация | | | |
| [H] мг/кг | [C]мг-экв/кг | [H] мг/кг | [C] мг-экв/кг | [N] моль/кг | % |
| 40,08 | 20,04 | Ca2+ | 51,8 | 2,585 | 51,8 | 2,585 | 0,0013 | 0,005 | 110,67 | |
| 24,03 | 12,01 | Mg2+ | 10,8 | 0,899 | 10,8 | 0,899 | 0,0004 | 0,001 | 40,8 | |
| 23 | 23 | Na+ | 6,4 | 0,278 | 11,884 | 0,517 | 0,0005 | 0,001 | 23,84 | |
| 1 | 1 | H+ |  |  |  |  |  |  |  | |
|  |  | Сумма Kt |  | 3,762 |  | 4,001 |  |  |  | |
| 17 | 17 | OH- |  |  |  |  |  |  |  | |
| 61 | 61 | HCO3- | 199,7 | 3,274 | 199,7 | 3,274 | 0,0033 | 0,020 | 134,18 | |
| 60 | 30 | CO32- |  |  |  |  |  |  |  | |
| 96 | 48 | SO42- | 17,3 | 0,360 | 17,3 | 0,360 | 0,0002 | 0,002 | 20,75 | |
| 35,46 | 35,46 | Cl- | 13,0 | 0,367 | 13,0 | 0,367 | 0,0004 | 0,001 | 25,78 | |
|  |  | Сумма An |  | 4,001 |  | 4,001 |  |  |  | |
| Обозначения | Значения | Обозначения и расчетные формулы | | | | | | | Значения |
| NH4-,мг/л | 0,60 | моль/л | | | | | | | 0,006 |
| NO2-, мг/л | 0,02 | f’ | | | | | | | 0,921 |
| NO3-, мг/л | 0,11 | f“ | | | | | | | 0,720 |
| Fe, мг/л | 0,10 | CО2ф,моль/л | | | | | | | 0,00002 |
| P, мг/л | 0,04 | СО2р,моль/л | | | | | | | 0,00016 |
| Si, мг/л | 0,00 | рНф | | | | | | | 8,59 |
| БО, мгО2/л | 10,7 | рНр | | | | | | | 7,75 |
| ПО, мгО2/л | 4,00 | Ис | | | | | | | 0,84 |
| Жо, мг-экв/л | 3,7 | Жо-расчетное значение, мг-экв/л | | | | | | | 3,48 |
| СС,мг/л |  | СС, расчетное значение мг/л | | | | | | | 304,48 |
|  |  | Электропроводность,Сf,мкСм/см | | | | | | | 356,02 |

**Расчёт и корректировка исходного состава воды**

Для начала найдём эквивалентные массы ионов:

Э = М/Z,

где М- молярная масса иона;

Z- заряд иона.

Э(Са2+) = 40,08/2 = 20,04 г-экв;

Эквиваленты остальных ионов считаются аналогично.

Расчет начинаем с анионного состава воды:

[С] = [Н]/Э,

где [Н]- концентрация иона, выраженная в мг/л,

Э- эквивалент иона.

С(HCO3-) =3,274мг-экв/кг;

С(SO42-) = 0,360мг-экв/кг;

C(Cl-) = 0,367 мг-экв/кг.

Σ An = 4,001мг-экв/кг.

Рассчитаем катионный состав воды:

С(Са2+) = 2,585мг-экв/кг;

С(Mg2+) = 0,899мг-экв/кг;

С(Na+) = 0,278мг-экв/кг;

Σ Kt = 3,762мг-экв/кг.

Правильность определения концентраций катионов и анионов, т.е. солей, образованных эквивалентным количеством ионов, проверяют на основании закона электронейтральности по уравнению:

Σ Kt=ΣAn.

При несоблюдении этого условия, следует скорректировать состав воды. Это достигается путём добавления натрия Na+.

Т.о. закон электронейтральности соблюдается.

Пересчитаем значения концентраций примесей в другие виды концентраций: [N]= [Н]/(М.1000), моль/л;

Пересчёт остальных концентраций осуществляется аналогично.

[С]= [Н]/104,%

Ионная сила раствора равна полусумме произведений молярных концентраций на квадраты их зарядов.

μ = 0,5 

Коэффициент активности – функция ионной силы раствора:

lg f' = -0.5Zi2 ,

f = 10,

Концентрация в природных водах недиссоциированных молекул Н2СО3 составляет обычно лишь доли процента от общего количества свободной углекислоты, под которым понимают сумму Н2СО3+ СО2.

Равновесное значение суммы Н2СО3+ СО2, моль/кг

Н2СО3+ СО2 = ,

и рН – равновесное



Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Молекуляр- | Эквивалент- | Обозначения | Концентрации после коагуляции | | | | Электропровод- |
| ная масса "М" | ная масса "Э" | [H] мг/кг | [C] мг-экв/кг | [N] моль/кг | % | ность, мкСм/см |
| 40.08 | 20.04 | Ca2+ | 51.800 | 2.585 | 0.0013 | 0.005 | 109.97 |
| 24.03 | 12.01 | Mg2+ | 10.800 | 0.899 | 0.0004 | 0.001 | 40.54 |
| 23 | 23 | Na+ | 11.884 | 0.517 | 0.0005 | 0.001 |  |
| 1 | 1 | H+ |  |  |  |  |  |
|  |  | Сумма Kt |  | 4.001 |  |  |  |
| 17 | 17 | OH- |  |  |  |  |  |
| 61 | 61 | HCO3- | 169.200 | 2.774 | 0.003 | 0.017 | 113.50 |
| 60 | 30 | CO32- |  |  |  |  |  |
| 96 | 48 | SO42- | 41.300 | 0.860 | 0.000 | 0.000 | 49.23 |
| 35.46 | 35.46 | Cl- | 13.000 | 0.367 | 0.000 | 0.001 | 25.74 |
|  |  | Сумма An |  | 4.001 |  |  |  |
| Обозначения | Значения | Обозначения и расчетные формулы | | | | | Значения |
| NH4+, мг/л | 0.300 | моль/л | | | | | 0.006 |
| NO2-, мг/л | 0.011 | f' | | | | | 0.920 |
| NO3-, мг/л | 0.055 | f'' | | | | | 0.715 |
| Fe, мг/л | 0.030 | СО2 моль/л | | | | | 0.0005 |
| P, мг/л | 0.022 | pH | | | | | 7.153 |
| Si, мг/л | 0.000 | Жо - расчетное значение, мг-экв/л | | | | | 3.484 |
| БО, мгО2/л | 5.350 | CC, расчетное значение мг/л | | | | | 297.984 |
| ПО, мгО2/л | 2.000 | Электропроводность, СfмкСм/см | | | | | 362.783 |
| Dk,мг-экв/л | 0.500 |  |  |  |  |  |  |

Вывод: Величина pH имеет оптимальное значение, т.к. входит в интервал 5,5-7,5. Бикарбонатная щелочность увеличилась на дозу коагулянта, а содержание сульфатов увеличилось.

**Коагуляция исходной воды**

В данном случае, в качестве коагулянта использовался сернокислый алюминий Al2(SO4)3.

Доза добавляемого коагулянта:

Dk = 0,07.ПО = 0,12.8,1 = 0,972мг-экв/л.

Т.к. Dk>0,5 принимаем это значение равное 0,5 мг-экв/л.

Оптимальное значение рН при коагуляции с сернокислым алюминием находится в интервале 5,5 – 7,5. Значение величины рН среды при коагуляции оказывает влияние на скорость и полноту гидролиза.

При коагуляции в обрабатываемой воде увеличивается содержание сульфатов, но уменьшается бикарбонатная щелочность на дозу коагулянта. Катионный состав воды не меняется.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Молекуляр- | Эквивалент- | Обозначения | Концентрации(С СаСl2,Ca=HCO3) | | | | | | | | | После гидратного известкования | | | | | | | | Электропровод- | |
| ная масса "М" | ная масса "Э" | [H] мг/кг | | [C] мг-экв/кг | | [N] моль/кг | | % | | | [H] мг/кг | | [C] мг-экв/кг | | [N] моль/кг | | | % | ность,мкСм/см | |
| 40,08 | 20,04 | Ca2+ | 65,606 | | 3,274 | | 0,0016 | | 0,0066 | | | 31,088 | | 1,551 | | 0,0008 | | | 0,0031 | 69,44 | |
| 24,03 | 12,01 | Mg2+ | 10,8 | | 0,899 | | 0,0004 | | 0,0011 | | | 7,782 | | 0,648 | | 0,0003 | | | 0,0008 | 30,74 | |
| 23 | 23 | Na+ | 11,884 | | 0,517 | | 0,0005 | | 0,0012 | | | 11,884 | | 0,517 | | 0,0005 | | | 0,0012 | 24,11 | |
| 1 | 1 | H+ |  | |  | |  | |  | | |  | |  | |  | | |  |  | |
|  |  | Сумма Kt |  | | 4,69 | |  | |  | | |  | | 2,716 | |  | | |  |  | |
| 17 | 17 | OH- |  | |  | |  | |  | | | 5,100 | | 0,300 | | 0,0003 | | | 0,0005 | 55,4 | |
| 61 | 61 | HCO3- | 199,7 | | 3,274 | | 0,0033 | | 0,02 | | | 19,215 | | 0,315 | | 0,0003 | | | 0,0019 | 13,05 | |
| 60 | 30 | CO32- |  | |  | |  | |  | | | 5,550 | | 0,185 | | 0,0001 | | | 0,0006 | 9,65 | |
| 96 | 48 | SO42- | 17,3 | | 0,360 | | 0,0002 | | 0,0017 | | | 41,3 | | 0,860 | | 0,0004 | | | 0,0041 | 51,8 | |
| 35,46 | 35,46 | Cl- | 37,43 | | 21,056 | | 0,0011 | | 0,0037 | | | 37,43 | | 1,056 | | 0,0011 | | | 0,0037 | 75,06 | |
|  |  | Сумма An |  | | 4,69 | |  | |  | | |  | | 2,716 | |  | | |  |  | |
| Обозначения | Значения | Обозначения и расчетные формулы | | | | | | | | | Значения | |  | | | |  |  | |  |
| NH4+, мг/л | 0,3 | моль/л | | | | | | | | | 0,004 | |  | | | |  |  | |  |
| NO2-, мг/л | 0,011 | f' | | | | | | | | | 0,931 | |  | | | |  |  | |  |
| NO3-, мг/л | 0,055 | f'' | | | | | | | | | 0,752 | |  | | | |  |  | |  |
| Fe, мг/л | 0,33 | СО2 моль/л | | | | | | | | | 0,0005 | |  | | | |  |  | |  |
| P, мг/л | 0,022 | pH | | | | | | | | | 10,446 | |  | | | |  |  | |  |
| Si, мг/л | 0 | Жо - расчетное значение, мг-экв/л | | | | | | | | | 2,199 | |  | | | |  |  | |  |
| БО, мгО2/л | 5,35 | CC, расчетное значение мг/л | | | | | | | | | 154,249 | |  | | | |  |  | |  |
| ПО, мгО2/л | 2 | Электропроводность, СfмкСм/см | | | | | | | | | 329,249 | |  | | | |  |  | |  |
| Dk,мг-экв/л | 0,5 |  | | | | | | | |  |  | |  | | | |  |  | |  |
| Dи,мг-экв/л | 3,78 |  | | | |  |  | |  |
| Иизв,мг-экв/л | 0,300 |  | | | |  |  | |  |
| DCaCl2,мг-экв/л | -0,689 |  | | | |  |  | |  |
|  |  | Mg2+max | | 0,596 | |  | |  | |  |  | | | |  | |  |  | |  |

**Коагуляция с известкованием исходной воды (гидратный режим)**

Гидратный режим известкования благоприятен для удаления магния, соединений железа, кремния и для осветления воды.

Для расчёта данной таблицы использовали коагулянт – сернокислое железо FeSO4 и гашёную известь Са(ОН)2. Оптимальное значение рН находится в интервале 9 – 10,5. Доза коагулянта Dk = 0,5 мг-экв/л.

Т.к. воды относятся к III группе и являются щелочными, т.е содержание ионов НСО3- находится в избытке по сравнению с остаточной жесткостью, то известкование в этом случае является нецелесообразным. Воду из III группы переводят в I путем добавления CaCl2 эквивалентно содержанию HCO3-.

Доза извести считается следующим образом:

Dи = СО2исх + ΔНСО3- + Dk+Ии, мг-экв/л;

Приняв значение ОН, определяем остаточную концентрацию иона Mg2+.

Mg2+ост =  мг-экв/л.

Используя закон электронейтральности, находим остаточную концентрацию ионов Са2+:

Концентрация сульфатов увеличивается на дозу коагулянта.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Молекуляр- | Эквивалент- | Обозначения | Концентрации(С СаСl2,Ca=HCO3) | | | | После бикарбонатного известкования | | | | | Электропровод- | |
| ная масса "М" | ная масса "Э" | [H] мг/кг | [C] мг-экв/кг | [N] моль/кг | % | [H] мг/кг | [C] мг-экв/кг | | [N] моль/кг | % | ность, мкСм/см | |
| 40,08 | 20,04 | Ca2+ | 51,8 | 2,585 | 0,0013 | 0,0052 | 21,443 | 1,07 | | 0,0005 | 0,0021 | 48,48 | |
| 24,03 | 12,01 | Mg2+ | 10,8 | 0,899 | 0,0004 | 0,0011 | 10,8 | 0,899 | | 0,0004 | 0,0011 | 43,17 | |
| 23 | 23 | Na+ | 11,884 | 0,517 | 0,0005 | 0,0012 | 11,884 | 0,517 | | 0,0005 | 0,0012 | 24,18 | |
| 1 | 1 | H+ |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | |
|  |  | Сумма Kt |  | 4,001 |  |  |  | 2,486 | |  |  |  | |
| 17 | 17 | OH- |  |  |  |  | 1,190 | 0,070 | | 0,0001 | 0,0001 | 12,97 | |
| 61 | 61 | HCO3- | 199,7 | 3,274 | 0,0033 | 0,02 | 23,485 | 0,385 | | 0,0004 | 0,0023 | 16,0 | |
| 60 | 30 | CO32- |  |  |  |  | 3,450 | 0,115 | | 0,0001 | 0,0003 | 6,07 | |
| 96 | 48 | SO42- | 17,3 | 0,36 | 0,0002 | 0,0017 | 41,3 | 0,86 | | 0,0004 | 0,0041 | 52,42 | |
| 35,46 | 35,46 | Cl- | 37,43 | 1,056 | 0,0011 | 0,0037 | 37,43 | 1,056 | | 0,0011 | 0,0037 | 75,28 | |
|  |  | Сумма An |  | 4,69 |  |  |  | 2,486 | |  |  |  | |
| Обозначения | Значения | Обозначения и расчетные формулы | | | | | Значения | |  |  |  |  |
| NH4+,мг/л | 0,3 | моль/л | | | | | 0,004 | |  |  |  |  |
| NO2-, мг/л | 0,011 | f' | | | | | 0,934 | |  |  |  |  |
| NO3-, мг/л | 0,055 | f'' | | | | | 0,761 | |  |  |  |  |
| Fe, мг/л | 0,03 | СО2 моль/л | | | | | 0,0005 | |  |  |  |  |
| P, мг/л | 0,022 | pH | | | | | 9,816 | |  |  |  |  |
| Si, мг/л | 0 | Жо - расчетное значение, мг-экв/л | | | | | 1,969 | |  |  |  |  |
| БО, мгО2/л | 5,35 | CC, расчетное значение мг/л | | | | | 149,792 | |  |  |  |  |
| ПО, мгО2/л | 2,0 | Электропроводность, СfмкСм/см | | | | | 278,574 | |  |  |  |  |
| Dk,мг-экв/л | 0,5 |  | | | | |  | |  |  |  |  |
| Dи,мг-экв/л | 3,481 |  | |  |  |  |  |
| Иизв,мг-экв/л | 0,07 |  | |  |  |  |  |
| DCaCl2,мг-экв/л | 0 |  | |  |  |  |  |

**Коагуляция и известкование исходной воды (карбонатный режим)**

В качестве коагулянта используется сернокислое железо, доза которого Dk = 0,5 мг-экв/л.

Доза извести считается следующим образом:

Dи = СО2исх + ΔНСО3- + Dk+Ии, мг-экв/л;

Приняв значение ОН, определяем остаточную концентрацию иона Mg2+.

Mg2+ост =  мг-экв/л.

Концентрацию магния не изменяется.

Остаточная концентрация кальция рассчитывается из закона электронейтральности (концентрация ионов магния и натрия не изменяется):

Карбонатный режим применяют: 1) когда вынужденно приходится использовать в качестве коагулянта сернокислый алюминий; 2) при необходимости исключить выделение магниевых соединений, чтобы в случае соблюдения определённых гидравлических условий получать при известковании крупнокристаллический осадок. При карбонатном режиме несколько уменьшается расход извести (по сравнению с гидратным режимом).

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Молекуляр- | Эквивалент- | Обозначения | Концентрации(С СаСl2,Ca=HCO3) | | | | | | | | | После известкования и содирования | | | | | Электропровод- | |
| ная масса "М" | ная масса "Э" | [H] мг/кг | | [C] мг-экв/кг | | [N] моль/кг | | % | | | [H] мг/кг | [C] мг-экв/кг | [N] моль/кг | % | | ность,мкСм/см | |
| 40,08 | 20,04 | Ca2+ | 65,606 | | 3,274 | | 0,0016 | | 0,0066 | | | 1,922 | 0,096 | 0,00005 | 0,0002 | | 4,54 | |
| 24,03 | 12,01 | Mg2+ | 10,8 | | 0,899 | | 0,0004 | | 0,0011 | | | 5,185 | 0,432 | 0,0002 | 0,0005 | | 21,64 | |
| 23 | 23 | Na+ | 11,884 | | 0,517 | | 0,0005 | | 0,0012 | | | 11,884 | 2,238 | 0,0005 | 0,0012 | | 105,89 | |
| 1 | 1 | H+ |  | |  | |  | |  | | |  |  |  |  | |  | |
|  |  | Сумма Kt |  | | 4,69 | |  | |  | | |  | 8,199 |  |  | |  | |
| 17 | 17 | OH- |  | |  | |  | |  | | | 5,950 | 0,350 | 0,0004 | 0,0006 | | 65,54 | |
| 61 | 61 | HCO3- | 199,7 | | 3,274 | | 0,0033 | | 0,02 | | | 12,200 | 0,200 | 0,0002 | 0,0012 | | 8,4 | |
| 60 | 30 | CO32- |  | |  | |  | |  | | | 9,000 | 0,300 | 0,0002 | 0,0009 | | 16,53 | |
| 96 | 48 | SO42- | 17,3 | | 0,36 | | 0,0002 | | 0,0017 | | | 41,3 | 0,86 | 0,0004 | 0,0041 | | 54,74 | |
| 35,46 | 35,46 | Cl- | 37,43 | | 1,056 | | 0,0011 | | 0,0037 | | | 37,43 | 1,056 | 0,0011 | 0,0037 | | 76,1 | |
|  |  | Сумма An |  | | 4,69 | |  | |  | | |  | 2,766 |  |  | |  | |
| Обозначения | Значения | Обозначения и расчетные формулы | | | | | | | | | Значения | |  |  |  |  | |
| NH4+, мг/л | 0,3 | моль/л | | | | | | | | | 0,003 | |  |  |  |  | |
| NO2-, мг/л | 0,011 | f' | | | | | | | | | 0,944 | |  |  |  |  | |
| NO3-, мг/л | 0,055 | f'' | | | | | | | | | 0,795 | |  |  |  |  | |
| Fe, мг/л | 0,030 | СО2 моль/л | | | | | | | | | 0,0005 | |  |  |  |  | |
| P, мг/л | 0,022 | pH | | | | | | | | | 10,519 | |  |  |  |  | |
| Si, мг/л | 0 | Жо - расчетное значение, мг-экв/л | | | | | | | | | 0,528 | |  |  |  |  | |
| БО, мгО2/л | 5,35 | CC, расчетное значение мг/л | | | | | | | | | 158,519 | |  |  |  |  | |
| ПО, мгО2/л | 42,0 | Электропроводность, СfмкСм/см | | | | | | | | | 353,369 | |  |  |  |  | |
| Dk,мг-экв/л | 0,5 |  | |  | | | | | |  |  | |  |  |  |  | |
| Dи,мг-экв/л | 3,948 |  |  |  |  | |
| Иизв,мг-экв/л | 0,350 |  |  |  |  | |
| Dс,мг-экв/л | 1,722 |  |  |  |  | |
| DCaCl2,мг-экв/л | -0,689 |  |  |  |  | |
|  |  | Mg2+max | | 0,403 | |  | |  | |  |  | |  |  |  |  | |
|  |  | Са2+мах | | 0,088 | |  | |  | |  |  | |  |  |  |  | |

**Коагуляция с известкованием и содированием исходной воды**

Доза извести считается следующим образом:

Dи = СО2исх + ΔНСО3- + Dk+Ии, мг-экв/л;

Происходящие при известково-содовом умягчении основные химические процессы описываются следующими уравнениями:

а2СО3 → 2 Nа+ + СО32-;

Са(ОН)2 → Са2+ +2ОН-;

СО2 + 2ОН- → СО32- + Н2О;

Н+ + ОН- → Н2О

НСО3- → Н+ + СО32-

НСО3- + ОН- = СО32- + Н2О;

Са2+ + СО32- → СаСО3↓;

Мg2+ + 2ОН- → Мg(ОН)2↓.

Приняв значение ОН- определяем остаточную концентрацию ионов кальция и магния. Концентрация сульфатов увеличивается на дозу коагулянта.

Т.о. остаточную концентрацию натрия определяем из закона электронейтральности.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Молекуляр- | Эквивалент- | Обозначения | Концентрации(С СаСl2,Ca=HCO3) | | | | | | | После известкования с обескремниванием | | | | | | | Электропровод- | |
| ная масса "М" | ная масса "Э" | [H] мг/кг | [C] мг-экв/кг | | [N] моль/кг | | % | | [H] мг/кг | | [C] мг-экв/кг | | | [N] моль/кг | % | ность, мкСм/см | |
| 40,08 | 20,04 | Ca2+ | 65,606 | 3,274 | | 0,0016 | | 0,0066 | | 33,328 | | 1,663 | | | 0,00108 | 0,0033 | 74,53 | |
| 24,03 | 12,01 | Mg2+ | 108 | 0,899 | | 0,0004 | | 0,0011 | | 6,440 | | 0,536 | | | 0,0003 | 0,0006 | 25,46 | |
| 23 | 23 | Na+ | 11,884 | 0,517 | | 0,0005 | | 0,0012 | | 11,884 | | 0,517 | | | 0,0005 | 0,0012 | 24,12 | |
| 1 | 1 | H+ |  |  | |  | |  | |  | |  | | |  |  |  | |
|  |  | Сумма Kt |  | 4,69 | |  | |  | |  | | 0,276 | | |  |  |  | |
| 17 | 17 | OH- |  |  | |  | |  | | 5,100 | | 0,300 | | | 0,0003 | 0,0005 | 55,42 | |
| 61 | 61 | HCO3- | 1997 | 3,274 | | 0,0033 | | 0,02 | | 23,485 | | 0,385 | | | 0,0004 | 0,0023 | 15,96 | |
| 60 | 30 | CO32- |  |  | |  | |  | | 3,450 | | 0,115 | | | 0,0001 | 0,0003 | 6,00 | |
| 96 | 48 | SO42- | 17,3 | 0,36 | | 0,00202 | | 0,0017 | | 41,3 | | 0,86 | | | 0,0004 | 0,0041 | 51,85 | |
| 35,46 | 35,46 | Cl- | 37,43 | 1,056 | | 0,0011 | | 0,0037 | | 37,43 | | 1,056 | | | 0,0011 | 0,0037 | 75,08 | |
|  |  | Сумма An |  | 4,69 | |  | |  | |  | | 2,716 | | |  |  |  | |
| Обозначения | Значения | Обозначения и расчетные формулы | | | | | | | | Значения | |  | | |  |  |  |
| NH4+, мг/л | 0,3 | моль/л | | | | | | | | 0,004 | |  | | |  |  |  |
| NO2-, мг/л | 0,011 | f' | | | | | | | | 0,932 | |  | | |  |  |  |
| NO3-, мг/л | 0,055 | f'' | | | | | | | | 0,753 | |  | | |  |  |  |
| Fe, мг/л | 0,03 | СО2 моль/л | | | | | | | | 0,00052 | |  | | |  |  |  |
| P, мг/л | 0,022 | pH | | | | | | | | 10,446 | |  | | |  |  |  |
| Si, мг/л | 0 | Жо - расчетное значение, мг-экв/л | | | | | | | | 2,199 | |  | | |  |  |  |
| БО, мгО2/л | 5,35 | CC, расчетное значение мг/л | | | | | | | | 157,317 | |  | | |  |  |  |
| ПО, мгО2/л | 2,0 | Электропроводность, СfмкСм/см | | | | | | | | 328,418 | |  | | |  |  |  |
| Dk,мг-экв/л | 0,5 |  | | | | | | | |  | |  | | |  |  |  |
| Dи,мг-экв/л | 3,711 |  | | |  |  |  |
| Иизв,мг-экв/л | 0,300 |  | | |  |  |  |
| DCaCl2,мг-экв/л | 0,689 |  | | |  |  |  |
|  |  | Mg2+max | | | 0,493 | |  | |  | |  | |  |  |  |  |  |

Вывод: Для данных вод с содержанием ГДП>2 мг/л, Ок>4 мгО2/л, Жк>2 мг-экв/л, Жнк<10 мг-экв/л, концентрацией Si<3 мг/л оптимальной схемой предочистки является К+Иг+Ф и К+Иб+Ф.

**Коагуляция с известкованием и магнезиальным обескремниванием исходной воды**

Основным из числа методов магнезиального обескремнивания воды является метод обескремнивания каустическим магнезитом. Одновременно с обескремниванием воды проводят её известкование и коагуляцию.

Известкование при магнезиальном обескремнивании производится для того, чтобы снизить щёлочность воды и создать должную величину рН. При рН<10удаление кремнекислых соединений будет затруднено из-за недостаточной диссоциации Н2SiО3. Кроме того, вследствие низкой концентрации в воде ионов ОН- обескремнивающий реагент будет взаимодействовать с бикарбонат-ионами исходной воды, свободной угольной кислотой, а также введённым в воду коагулянтом:

МgО + Н2О → Мg(ОН)2 → Мg2+ + 2ОН-;

ОН- + Н+ → Н2О;

НСО3- → СО32- + Н+;

СО2 + Н2О → Н2СО3 → Н+ + НСО3- → 2 Н+ + СО32-;

СО32- + Са2+ → СаСО3↓;

2 ОН- + Fе2+ → Fе(ОН)2.

Экспериментальные данные подтверждают, что обескремнивание наиболее эффективно происходит в узком интервале величин рН=10,1 – 10,3, достигая в отдельных случаях 10,4. Оптимум рН несколько различен для разных вод.

Доза извести считается следующим образом:

Dи = СО2исх + ΔНСО3- + Dk+Ии, мг-экв/л;

При расчёте данной таблицы использовали коагулянт FeSO4, доза которого Dk = 0,5 мг-экв/л, остаточную концентрацию кальция определяем из закона электронейтральности.

Таблица 7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение | Ед. изм. | Числ. Знач. |
| N | МВт | 210 |
| Qдв=(Q01+Q02+Q03+Q04+Q05) | т/ч | 215.6 |
| Q01=nrD1 | т/ч | 126.63 |
| Q02 | т/ч | 25 |
| Q03=0,12\*0,15\*0,7\*n\*N | т/ч | 42.34 |
| Q04=nr1D1z | т/ч | 2.01 |
| Q05=0,1\*(Q01+Q02+Q03+Q04) | т/ч | 19.6 |
| D1 | т/ч | 670 |
| n | шт | 6 |
| r | доли | 0.03 |
| X1 | доли | 0.05 |
| X | доли | 0.02 |
| r1 | доли | 0.03 |
| z | доли | 0.1 |
| Qдвб=(1+X) (1+X1)\*Qдв | т/ч | 446,29 |

Вывод: Количество воды, поступающей в осветлители на обработку известью и другими реагентами составляет Qдвб=446,9 т/ч.

**Расчет производительности ВПУ**

Производительность ВПУ по обессоленной воде:

,

где - потеря суммарной паропроизводительности парогенераторов, т/ч:

,

r – доля потери пара и конденсата в контуре блока;

n=6 - количество энергоблоков на станции;

 - паропроизводительность парогенератора, т/ч;

 - дополнительная производительность установки, зависящая от мощности блока, т/ч;

 - дополнительная производительность ВПУ, связанная с возможной потерей конденсата при разогреве мазута, т/ч. Для АЭС =0;

 - потери пара конденсата, которые возникают в теплосетях, т/ч:

,

z – доля потери конденсата в подогревателях воды тепловых сетей;

r1 – доля отбора пара на подогрев воды в тепловых сетях;

 - дополнительная производительность для компенсации отпуска воды на другие объекты, т/ч:



Количество исходной воды, поступающей в осветлитель, т/ч:



х - доля потери воды с продувкой воды (при обезвоживании шлама и возврате фугата в осветлитель х=0);

х1 - доля потери на собственные нужды.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчет оборотной системы охлаждения | | | | | | | | |
| Обознач. | Ед. изм. | Исх. вода | ОСО 1 | +H2SO4 | ОСО 2 | +H2SO4 | OCO 3 | |
| Ca2+ | мг-экв/л | 5,87 | Нецелесообразно, т.к концентрация HCO3- в исходной воде превышает нормированное значение 3 мг-экв/л | 5,87 | 39,09 | 5,87 | 41,36 | |
| Mg2+ | мг-экв/л | 2,96 | 2,96 | 19,75 | 2,96 | 20,89 | |
| Na+ | мг-экв/л | 3,82 | 3,82 | 25,43 | 3,82 | 26,91 | |
| ∑Кt | мг-экв/л | 12,65 | 12,65 | 84,27 | 12,65 | 89,16 | |
| OH- | мг-экв/л | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| HCO3- | мг-экв/л | 5,09 | 0,45 | 3,00 | 0,45 | 6,00 | |
| Cl- | мг-экв/л | 3,56 | 3,56 | 23,69 | 3,56 | 25,07 | |
| SO42- | мг-экв/л | 4,00 | 8,64 | 57,58 | 8,64 | 58,10 | |
| ∑An | мг-экв/л | 12,65 | 12,65 | 84,27 | 12,65 | 89,16 | |
| µ | моль/л | 0,01907 |  | 0,14249 |  | 0,14934 | |
| f' |  | 0,8696305 |  | 0,72942858 |  | 0,72549367 | |
| f" |  | 0,571925 |  | 0,28309428 |  | 0,27703492 | |
| СО2р | моль/л | 0,00061 |  | 0,00049 |  | 0,00201 | |
| pHр |  | 7,3260001 |  | 7,11390278 |  | 6,80012363 | |
| Dк |  |  |  | 4,64149119 |  | 4,24 | |
| p1 |  |  |  | 1,2 |  | 1,2 | |
| p2 |  |  |  | 0,05 |  | 0,05 | |
| p3 |  |  |  | 0,1619375 |  | 0,1483932 | |
| ∆t | °С | 10 |  |  |  |  |
| К |  | 0,12 |  |  |  |  |
| Ку |  |  |  | 6,6620463 |  | 7,0485945 | |
| Dпг | т/ч |  |  | 6160 |  | 6160 | |
| n | шт |  |  | 3 |  | 6 | |
| r | кДж/кг |  |  | 2424,34 |  | 2424,34 | |
| Dn | т/ч |  |  | 18480 |  | 18480 | |
| Dk | т/ч |  |  | 11088 |  | 11088 | |
| D3 | т/ч |  |  | 1731,5256 |  | 1586,70235 | |
| D3 | т/год |  |  | 12120679,6 |  | 11106916,4 | |
| D2 | т/ч |  |  | 534,627723 |  | 534,627723 | |
| D2 | т/год |  |  | 3742394,06 |  | 3742394,06 | |
| D1 | т/ч |  |  | 12831,0654 |  | 12831,0654 | |
| D1 | т/год |  |  | 89817457,5 |  | 89817457,5 | |
| Do | т/ч |  |  | 1069255,45 |  | 1069255,45 | |
| Добавочная вода |  |  |  | 15097,2187 |  | 14952,3954 | |
| Ca2+\*f''\*SO42-\*f" |  |  |  | 4,51E-05 |  | 4,61E-05 | |
| ПРCaSO4 |  |  |  | 2,50E-05 |  | 2,50E-05 | |
|  |  |  |  |  | -80,41826 |  | -84,43813 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обознач. | Ед. изм. | Исх. вода | Изв г.р. | +H2SO4 | ОСО 4 | Изв б.р. | +H2SO4 | ОСО 4 | Изв с. | +H2SO4 |
| Ca2+ | мг-экв/л | 5,87 | 3,62 | 3,62 | 60,78 | 1,07 | 1,07 | 26,75 | 0,10 | 0,10 |
| Mg2+ | мг-экв/л | 2,96 | 0,65 | 0,65 | 10,89 | 2,96 | 2,96 | 74,10 | 0,43 | 0,43 |
| Na+ | мг-экв/л | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 64,16 | 3,82 | 3,82 | 95,44 | 7,60 | 7,60 |
| ∑Кt | мг-экв/л | 12,65 | 8,08 | 8,08 | 135,829 | 7,85 | 7,85 | 196,29 | 8,13 | 8,13 |
| OH- | мг-экв/л | 0 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 |
| HCO3- | мг-экв/л | 5,09 | 0,50 | 0,36 | 6,00 | 0,50 | 0,24 | 6,00 | 0,50 | 0,24 |
| Cl- | мг-экв/л | 3,56 | 2,78 | 2,78 | 46,72 | 2,78 | 2,78 | 69,49 | 2,78 | 2,78 |
| SO42- | мг-экв/л | 4,00 | 4,50 | 4,95 | 82,11 | 4,50 | 4,83 | 120,80 | 4,50 | 5,11 |
| ∑An | мг-экв/л | 12,65 | 8,08 | 8,08 | 135,83 | 7,85 | 7,85 | 196,29 | 8,13 | 8,13 |
| µ | моль/л | 0,01907 |  |  | 0,21322 |  |  | 0,307 |  |  |
| f' |  | 0,8696305 |  |  | 0,6951114 |  |  | 0,663 |  |  |
| f" |  | 0,571925 |  |  | 0,2334628 |  |  | 0,1935 |  |  |
| СО2р | моль/л | 0,00061 |  |  | 0,00229 |  |  | 0,00076 |  |  |
| pHр |  | 7,326 |  |  | 6,726 |  |  | 7,187021 |  |  |
| Dк |  |  | 0,44 |  |  | 0,33 |  |  | 0,61 |  |
| p1 |  |  |  |  | 1,2 |  |  | 1,2 |  |  |
| p2 |  |  |  |  | 0,05 |  |  | 0,05 |  |  |
| p3 |  |  |  |  | 0,026 |  |  | 0 |  |  |
| ∆t | °С | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К |  | 0,12 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ку |  |  |  |  | 16,807 |  |  | 25 |  |  |
| Dпг | т/ч |  |  |  | 6160 |  |  | 6160 |  |  |
| n | шт |  |  |  | 3 |  |  | 3 |  |  |
| r | кДж/кг |  |  |  | 2424,34 |  |  | 2424,34 |  |  |
| Dn | т/ч |  |  |  | 18480 |  |  | 18480 |  |  |
| Dk | т/ч |  |  |  | 11088 |  |  | 11088 |  |  |
| D3 | т/ч |  |  |  | 277,1124 |  |  | 0 |  |  |
| D3 | т/год |  |  |  | 1939786,7 |  |  | 0 |  |  |
| D2 | т/ч |  |  |  | 534,62772 |  |  | 534,628 |  |  |
| D2 | т/год |  |  |  | 3742394,1 |  |  | 3742394,1 |  |  |
| D1 | т/ч |  |  |  | 12831,065 |  |  | 12831,065 |  |  |
| D1 | т/год |  |  |  | 89817457,5 |  |  | 89817457 |  |  |
| Do | т/ч |  |  |  | 1069255,4 |  |  | 1069255,4 |  |  |
| Добавочная вода |  |  |  |  | 13642,805 |  |  | 13365,693 |  |  |
| Ca2+\*f''\*SO42-\*f" |  |  |  |  | 6,88E-05 |  |  | 3,03E-05 |  |  |
| ПРCaSO4 |  |  |  |  | 2,50E-05 |  |  | 2,50E-05 |  |  |
|  |  |  |  |  | 16,81 |  |  | 25 |  |  |

Вывод: оптимальным является режим с минимальной величиной продувки, в данном случае - бикарбонатный режим известкования и известкование с содированием.

**Оборотные системы охлаждения (ОСО)**

Расчет потерь воды в ОСО

В результате циркуляции по замкнутому циклу в системе охлаждения часть оборотной воды выводится из системы вследствие испарения , часть выносится из градирни в виде капельного уноса  и, наконец, еще одна ее часть выводится из системы в виде продувки или на технологические нужды .

Коэффициент концентрирования не выпадающих в осадок солей:

,



где к – зависит от температуры воздуха,

∆t - охлаждение воды в градирне, принимается 5-10.

 выбирается в зависимости от вида градирни. Выбираем башенную градирню c каплеуловителем. Для неё:

=0,05.

 задаемся в каждом случае отдельно.

ОСО1

Т.к. концентрация НСО3- в исходной воде больше 3 мг-экв/л, расчет не производится, т.к. система является нецелесообразной

ОСО2

Для предупреждения выпадения гипса необходимо выдерживать такое неравенство:

Ca2+ < .

Где, CaSO4 = 2,5  10-5 (моль/кг)2.

Доза серной кислоты:



Рассчитываем  для данной системы охлаждения:

.



ОСО3

Добавляем оксиэдилдифосфоновую (ОЭДФК) и серную кислоты. Проверяем выпадет ли в осадок :

<2,5·10-5

(табличное значение),значит не выпадет.

Рассчитываем  для данной системы охлаждения:

Доза серной кислоты:



ОСО4

Добавляем оксиэдилдифосфоновую (ОЭДФК) и серную кислоты. Проверяем выпадет ли в осадок :

<2,5·10-5

(табличное значение),значит не выпадет.

Добавляем известь и серную кислоту, проверяем, выпадет ли в осадок .

<2,5·10-5

(табличное значение),значит не выпадет.

Рассчитываем  для данной системы охлаждения:



Таблица 9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поверочный расчёт производительности осветлителя | | |
|  | 4 осветлителя 250-И |  |
| Обознач. | Ед. изм. | Числ. Знач. |
| Qр | т/ч | 253.46 |
| Fкс | м2 | 53,00 |
| Vo | мм/с | 1,33 |
| Co | мг/л | 0,109 |
| П | м | 3 |
| aс |  | 0,907 |
| Hc | м | 2,3 |
| aк | % | 6,17 |
| Dк | мг-экв/л | 0,567 |
| Э |  | 36 |
| ГДПбв | мг/л | 330,94 |
| ГДП | мг/л | 11 |
| ГДПнк | мг/л | -140,15 |
| ГДПк | мг/л | 460 |
| Vy | мм/с | 2,15 |
| t | °C | 20 |

Вывод: т.к.,(|898.2- 250\*4|/898.2)\*100= 11.34 % выбранные осветлители 250-И подходят по производительности.

**Поверочный расчет осветлителя**

Выбор осветлителя: необходимо выбирать не менее двух одинаковых осветлителей (т.к. обязательно нужен резервный на случай выхода из строя одного из осветлителей) и не более трех, т.к. на их обслуживание идут большие экономические затраты.

Выбираем 4 осветлителя 250-И.

Производительность осветлителя, :

.

где  - площадь поперечного сечения зоны контактной среды, :

=11,

 - расчетная скорость восходящего движения воды на выходе из контактной зоны осветлителя, :

:

где  - условная скорость свободного осаждения шлама, мм/с (находим по ):



где  - доза коагулянта, мг-экв/л,

Э – эквивалент коагулянта,

t – температура воды в интервале С;

 - объемная концентрация шлама в зоне контактной среды осветлителя, мл/мл:

,

где П – прозрачность воды по кресту, см:

П=300,

=1 (по диаметру осветлителя),

Приведенная высота зоны контактной среды осветлителя, м:

=1,8 м,

 - суммарное количество грубодисперсных примесей, поступающих в осветлитель и образующихся в нем, мг/л.

Выбранный осветлитель 250-И подходит нам по производительности.

Выводы: Для данной исходной воды с содержанием ГДП>2 мг/л, Ок>4 мгО2/л, Жк>2 мг-экв/л, Жнк<10 мг-экв/л, концентрацией Si<3 мг/л оптимальным является гидратный режим известкования (стр 31[1]), при котором величина продувки имеет минимальное значение и затраты на реагенты меньшие.

**Список использованной литературы**

1. Кишневский В.А. Современные методы обработки воды в энергетике: Учебное пособие. - Одесса: ОГПУ,1999-196 с.

2. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: Процессы и аппараты: Учеб. пособие для вузов.-М.: Энергоатомиздат,1990-272с.

3. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод.-Киев: Вища школа. Головное изд-во,1981.-328 с.

4. Стерман Л.С. и др.Тепловые и атомные электростанции: Учебник для вузов.- М.: Энергоиздат,1982.-456 с., ил.