

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Блинова Светлана Павловна
Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе
Дата подписания: 11.01.2023
Уникальный программный ключ:
1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Политехнический колледж

Методические указания

по выполнению практических работ по междисциплинарному курсу
**«Химико-технологические процессы на тепловых электрических
станциях»**

для студентов очной формы обучения по специальности

13.02.01 Тепловые электрические станции

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 13.02.01 Тепловые электрические станции

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Разработчик: Данилова Анна Николаевна, преподаватель

Рассмотрена на заседании цикловой комиссии АТП и электромеханических дисциплин

Председатель комиссии

А.В. Петухова

Утверждена методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Протокол заседания методического совета № ____ от « ____ » _____ 20 __ г.

Зам. директора по УР

_____ Блинова С.П.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа №1	5
Практическая работа № 2	10
Практическая работа №3	15
Практическая работа №4	19
Список использованных источников	21

Введение

Данные методические указания по выполнению практических работ подготовлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Химико-технологические процессы на тепловых электрических станциях».

Целью практических работ является закрепление теоретических и формирование навыков практического применения знаний, полученных студентами на лекционных занятиях. В процессе обучения студенты должны получить необходимый опыт для самостоятельной дальнейшей работы по специальности.

Выполнение студентами практических работ направлено на выработку таких профессионально значимых качеств как самостоятельность, ответственность, творческая инициатива.

Основными задачами методических указаний по выполнению практических работ студентами являются:

- активизация аудиторной самостоятельной работы студентов;
- создание условий для оптимизации процесса изучения студентами учебной дисциплины;
- организация аудиторной самостоятельной работы студентов;
- управление познавательной деятельностью студентов.

С целью повышения эффективности решения задач, в каждой практической работе предоставлен краткий теоретический материал по соответствующей теме, даны формулы для решения задач, приведен пример расчета.

Методические указания по выполнению практических работ являются неотъемлемой частью учебно-методического комплекса по дисциплине «Химико-технологические процессы на тепловых электрических станциях».

Практическая работа №1

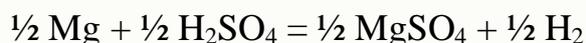
Тема: Расчет показателей качества воды

Цель работы: привить навыки расчетов эквивалента вещества и водородного показателя воды

Теоретическая часть

Моль эквивалентов вещества (эквивалент) - это такое его количество, которое взаимодействует с одним молем атомов водорода или замещает то же количество атомов водорода в химических реакциях. Моль эквивалентов водорода равен одному 1 моль.

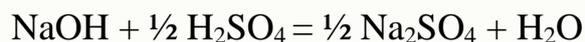
Чтобы определить эквивалент вещества надо исходить из конкретной реакции, в которой участвует данное вещество.



Одному молю атомов водорода соответствует $\frac{1}{2}$ моля магния, $\frac{1}{2}$ моля MgSO_4 и $\frac{1}{2}$ H_2SO_4 .

Отсюда

$$\text{Э}(\text{Mg}) = \frac{1}{2} \text{ моля}, \text{Э}(\text{MgSO}_4) = \frac{1}{2} \text{ моля}, \text{Э}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \text{ моля}.$$



Массу 1 моля эквивалентов называют молярной массой эквивалентов (эквивалентная масса $M_{\text{Э}}$). Исходя из понятия моля эквивалентов и эквивалентной массы, для расчета молярной массы эквивалентов вещества можно использовать формулы:

$$M_{\text{Э}} = \frac{M}{B \cdot n},$$

где

$M_{\text{А}}$ - атомная масса элемента

M – молярная масса вещества

B - валентность элемента или функциональной группы

n - количество функциональных групп.

Пример.

Рассчитать молярную массу эквивалентов сульфата алюминия.

$$M_{\text{Э}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{M}{2 \cdot 3} = \frac{342}{6} = 57 \text{ (г/моль)}$$

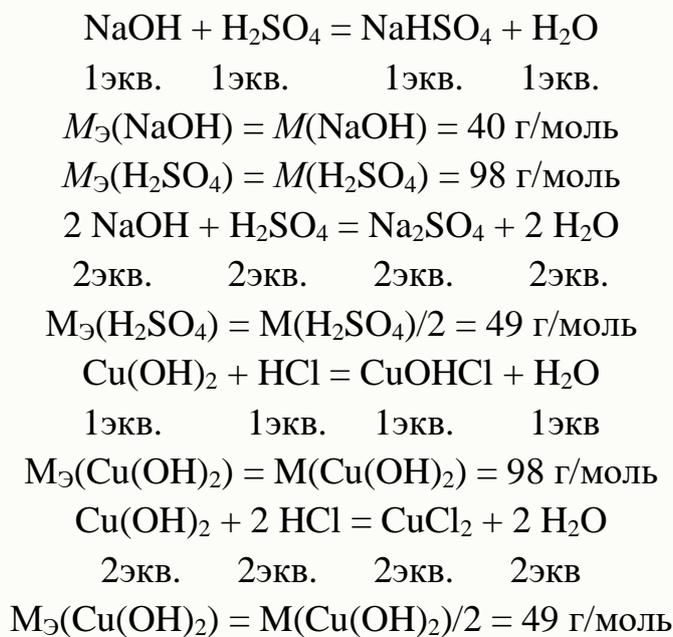
Все вещества реагируют друг с другом в эквивалентных количествах в соответствии с законом эквивалентов:

Массы (объемы), участвующих в реакции веществ, пропорциональны их эквивалентным массам (эквивалентным объемам).

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_{\text{Э}1}}{M_{\text{Э}2}}, \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{\text{Э}1}}{V_{\text{Э}2}}$$

Из закона эквивалентов следует, что число молей эквивалентов участвующих в реакции веществ одинаковы.

Эквивалент вещества может измениться в зависимости от условий реакций.



Пример.

Молярная масса эквивалентов металла равна 56 г/моль. Какой объем кислорода (н.у.) образуется при разложении 1,28 г оксида этого металла.

Согласно закону эквивалентов:

$$\frac{m(\text{оксида})}{V(\text{O}_2)} = \frac{M_{\text{Э}}(\text{оксида})}{V_{\text{Э}}(\text{O}_2)}$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{m(\text{оксида}) \cdot V_{\text{Э}}(\text{O}_2)}{M_{\text{Э}}(\text{оксида})}$$

Оксид металла - это соединение металла с кислородом, поэтому молярная масса эквивалентов оксида представляет собой сумму:

$$M_{\text{Э}}(\text{оксида}) = M_{\text{Э}}(\text{металла}) + M_{\text{Э}}(\text{O}_2) = 56 + 8 = 64 \text{ г/моль}$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{1,28 \cdot 5600}{64} = 112 \text{ мл.}$$

Теоретические сведения по теме Водородный показатель

Равновесие процесса диссоциации воды:



описывается константой K_w , которая носит название “**ионное произведение воды**”. Ионное произведение воды равно: $K_w = [H^+][OH^-]$ (1)

Для разбавленных водных растворов ионное произведение воды не зависит от состава раствора и постоянно при данной температуре.

Процесс диссоциации H_2O идет с поглощением теплоты, поэтому при повышении температуры в интервале от 0 до $100^\circ C$ величина K_w увеличивается.

Для практических целей удобно пользоваться не концентрацией ионов водорода, а её **водородным показателем – отрицательным десятичным логарифмом** – рН. Величина рН равна: $pH = -\lg[H^+]$. (2)

Как выше отмечалось, более строгим является уравнение $pH = -\lg a_{H^+}$, где a_{H^+} – активность ионов водорода. Однако для практических целей при расчете рН разбавленных растворов обычно используется уравнение (2).

При этом: $pH + pOH = 14$, (3)

где $pOH = -\lg[OH^-]$.

Для нейтральных растворов $pH = 7$, для кислых растворов $pH < 7$, а для щелочных растворов $pH > 7$.

Примеры решения задач

Задача 1. Вычислите рН 0,001М растворов HCl и KOH.

Решение. HCl и KOH являются сильными электролитами и в разбавленных растворах практически полностью диссоциируют на ионы. В растворе HCl: $[H^+] = 0,001$ моль/л.

$$pH = -\lg [H^+] = -\lg 0,001 = 3$$

В растворе KOH: $[OH^-] = 0,001$ моль/л. $pOH = -\lg [OH^-] = -\lg 0,001 = 3$.
 $pH = 14 - 3 = 11$.

Задача 2. Рассчитайте рН раствора KOH, 350 мл которого содержат 0,0035 моль KOH.

Решение.



$$C_m(KOH) = 0,0035:0,35 = 0,01M. c_m(KOH) = [OH^-].$$

$$pOH = -\lg [OH^-] = -\lg 0,01 = 2.$$

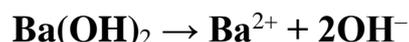
$$pOH + pH = 14. pH = 14 - 2 = 12$$

$$\text{или } [H^+] = 10^{-14}/[OH^-] = 10^{-14}/0,01 = 10^{-12} \text{ моль/л.}$$

$$pH = -\lg 10^{-12} = 12.$$

Задача 3. Вычислите молярную концентрацию раствора $Ba(OH)_2$, если рН раствора составляет 12 при 298 К.

Решение.



$$p\text{OH} = 14 - 12 = 2$$

$$-\lg [\text{OH}^-] = 2, \text{ откуда } [\text{OH}^-] = 0,01 \text{ M.}$$

$$C_{\text{M}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = [\text{OH}^-]/2 = 0,01/2 = 0,005 \text{ M.}$$

Задача 4. Рассчитайте степень диссоциации и pH 0,01 M водного раствора аммиака при 298 K, если константа диссоциации NH_4OH при указанной температуре равна $1,76 \cdot 10^{-5}$.

Решение.



$$K_{\text{д}} = [\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{NH}_4\text{OH}],$$

Поскольку $[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-]$ и $C_{\text{M}}(\text{NH}_4\text{OH}) \approx [\text{NH}_4\text{OH}]$, то

$$K_{\text{д}} = [\text{OH}^-]^2 / C_{\text{M}}(\text{NH}_4\text{OH})$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{д}} \cdot C_{\text{M}}(\text{NH}_4\text{OH})} = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-14} / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / 4,2 \cdot 10^{-4} = 2,4 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л.}$$

$$p\text{H} = -\lg [\text{H}^+] = -\lg 2,4 \cdot 10^{-11} = 10,6.$$

или 4,2 %.

Задание 1

Задачи для самостоятельного решения по вариантам:

1. При сгорании 5,00 г металла образуется 9,44 г оксида металла. Определить эквивалентную массу металла.
2. Одно и то же количество металла соединяется с 0,200 г кислорода и с 3,17 г одного из галогенов. Определить эквивалентную массу галогена.
3. Масса 1 л кислорода равна 1,4 г. Сколько литров кислорода расходуется при сгорании 21 г магния, эквивалент которого равен 1/2 моля?
4. Определить эквивалентные массы металла и серы, если 3,24 г металла образует 3,48 г оксида и 3,72 г сульфида.
5. Вычислить атомную массу двухвалентного металла и определить, какой это металл, если 8,34 г металла окисляются 0,680 л кислорода (условия нормальные).
6. Мышьяк образует два оксида, из которых один содержит 65,2% (масс.) As, а другой 75,7% (масс.) As. Определить эквивалентные массы мышьяка в обоих оксидах.
7. 1,00 г некоторого металла соединяется с 8,89 г брома и с 1,78 г серы. Найти эквивалентные массы брома и металла, зная, что эквивалентная масса серы равна 16,0 г/моль.
8. Эквивалентная масса хлора равна 35,5 г/моль, мольная масса атомов меди равна 63,5 г/моль. Эквивалентная масса хлорида меди равна 99,5 г/моль. Какова формула хлорида меди?

9. Для растворения 16,8 г металла потребовалось 14,7 г серной кислоты. Определить эквивалентную массу металла и объем выделившегося водорода (условия нормальные).
10. На восстановление 1,80 г оксида металла израсходовано 883 мл водорода, измеренного при нормальных условиях. Вычислить эквивалентные массы оксида и металла.

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
№ задачи	1, 4, 7	2, 5, 8	3, 6, 9

Задание 2

Задачи для самостоятельного решения по вариантам:

1. Определите величину pH 0,0001 М раствора HCl.
2. Определите pH 0,01 М раствора KOH.
3. pH раствора гидроксида бария равен 11. Определите концентрацию этого раствора.
4. Степень диссоциации в 0,01 М растворе муравьиной кислоты при некоторой температуре составляет 10 %. Определите pH этого раствора.
5. Рассчитайте pH 1 М раствора азотной кислоты. Степень диссоциации кислоты примите равной 100 %.
6. Определите, сколько граммов Ba(OH)₂ необходимо растворить в 5 л воды, чтобы pH раствора стал равен 10.
7. Определите pH раствора H₂SO₄, титр которого равен 0,005 г/см³. Степень диссоциации серной кислоты примите равной 100 % по двум ступеням.
8. Степень диссоциации муравьиной кислоты в 0,34 М растворе составляет 2,3 %. Определите константу диссоциации HCOOH и pH этого раствора.
9. Вычислите pH 0,01М раствора NH₄OH, содержащего в 1 л 0,02 моль NH₄Cl при 298 К, если при указанной температуре $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,76 \cdot 10^{-5}$.
10. Как изменится pH, если к 0,2М раствору циановодородной (синильной) кислоты добавить 5 мл 1 мас.% раствора KCN, плотность которого равна 1,01 г/см³? Константа диссоциации HCN при 298 К составляет $4,9 \cdot 10^{-10}$.

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
№ задачи	1, 4, 7	2, 5, 8	3, 6, 9

Практическая работа №2

Тема: Расчет технологических показателей качества воды

Цель работы: привить навыки расчетов жесткости и щелочности воды

Теоретическая часть

Жесткостью называется суммарное количество содержащихся в воде Ca^{2+} и Mg^{2+} , выраженное в миллиграмм-эквивалентах в литре (мг-экв/л) или микрограмм-эквивалентах в литре (мкг-экв/л).

По отношению между величиной жесткости воды J_0 и концентрацией в ней HCO_3^- природные воды можно разделить на две группы:

- для первой группы $J_0 > [\text{HCO}_3^-]$;
- для второй $J_0 < [\text{HCO}_3^-]$.

В водах первой группы различают:

- жесткость общую J_0 ;
- карбонатную J_k ;
- некарбонатную $J_{нк}$.

Между ними существует следующая зависимость:

$$J_0 = J_k + J_{нк} = J_{Ca} + J_{Mg}.$$

Для вод второй группы, которые называют щелочными, понятие карбонатной и некарбонатной жесткости теряет смысл. Для этих вод различают J_0 , J_{Ca} и J_{Mg} , а также щелочность.

Щелочностью воды называется общее содержание веществ, обуславливающих при диссоциации или в результате гидролиза повышенную концентрацию ионов OH^- .

Обычно в природных водах щелочность вызывается присутствием в них HCO_3^- , и реже CO_3^{2-} . В щелочных и котловых водах щелочность обуславливается также присутствием PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} и непосредственно OH^- . В связи с этим различают щелочность:

- общую Щ_0 ;
- гидратную $\text{Щ}_г$ [OH^-];
- карбонатную $\text{Щ}_к$ [CO_3^{2-}];
- бикарбонатную $\text{Щ}_б$ [HCO_3^-].

Справедливо равенство:

$$\text{Щ}_0 = \text{Щ}_г + \text{Щ}_к + \text{Щ}_б.$$

Примеры расчетов

Задача 1. Жесткость воды составляет 4 мг-экв/л, а содержание Ca^{2+} равно 60 мг/л. Определить магниевую жесткость и содержание Mg^{2+} в воде.

Решение

1 Общая жесткость:

$$Ж_0 = Ж_{Ca} + Ж_{Mg}.$$

Откуда

$$Ж_{Mg} = Ж_0 - Ж_{Ca},$$

$$Ж_{Mg} = 4 - \frac{[Ca^{2+}]}{\mathcal{E}(Ca)},$$

$$\mathcal{E}(Ca) = \frac{M_{\square}(Ca)}{2},$$

$$\mathcal{E}(Ca) = \frac{40}{2} = 20,$$

$$Ж_{Mg} = 4 - \frac{60}{20} = 1 \text{ мг-экв/л.}$$

2 Содержание Mg^{2+} в воде:

$$[Mg^{2+}] = Ж_{Mg} \cdot \mathcal{E}(\square\square),$$

$$\mathcal{E}(\square\square) = \frac{M_{\square}(\square\square)}{2},$$

$$\mathcal{E}(\square\square) = \frac{24}{2} = 12,$$

$$[Mg^{2+}] = 1 \cdot 12 = 12 \text{ мг/л.}$$

Задача 2. Качество воды характеризуется следующими данными: $Ж_0 = 5$ мг-экв/л; $Ж_{нк} = 2000$ мг-экв/л. Определить $Ж_{Ca}$, $Ж_k$ и $Ж_{Mg}$ мг-экв/л, если $Ж_0/Ж_{нк} = 4$.

Решение

1 Определяем $Ж_k$:

$$Ж_k = Ж_0 - Ж_{нк},$$

$$Ж_k = 5 - 2 = 3 \text{ мг-экв/л.}$$

2 $Ж_{Mg}$ составляет:

$$Ж_{Mg} = Ж_0/4,$$

$$Ж_{Mg} = 5/4 = 1,25 \text{ мг-экв/л.}$$

3 $Ж_{Ca}$ составит:

$$Ж_{Ca} = Ж_0 - Ж_{Mg},$$

$$Ж_{Ca} = 5 - 1,25 = 3,75 \text{ мг-экв/л.}$$

Задача 3. Требуется приготовить раствор жесткостью 500 мкг-экв/л. Определить сколько необходимо для этого растворить в 1 л дистиллированной воды $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.

Решение

1 Из равенства:

$$Ж_{Mg} = [Mg^{2+}] / Э(□□)$$

выражаем

$$[Mg^{2+}] = Ж_{Mg} \cdot Э(□□),$$

$$Э(□□) = \frac{M_{□}(□□□O_4)}{2},$$

$$(□□) = \frac{246}{2} = 123,$$

$$[Mg^{2+}] = 0,5 \cdot 123 = 61,5 \text{ мг-экв/л.}$$

Задач 4. При кипячении исходной воды жесткость ее снизилась за счет разложения $Ca(HCO_3)_2$ по реакции:



Определить количество выпадающего в осадок $CaCO_3$ из 10 л воды, если жесткость ее при кипячении снизилась на 2,3 мг-экв/л.

Решение

1 Определим количество разложившегося $Ca(HCO_3)_2$ из 10 л воды:

$$v (Ca(HCO_3)_2) = \frac{□}{□□} = \frac{\Delta Ж_k \cdot Э \cdot □}{□□},$$

где $\Delta Ж_k$ – снижение жесткости за счет разложения $Ca(HCO_3)_2$;

$Э$ – эквивалент $Ca(HCO_3)_2$;

V – объем воды;

$□□$ – молярная масса $Ca(HCO_3)_2$.

$$v (Ca(HCO_3)_2) = \frac{2,3 \cdot 81 \cdot 10}{162} = 0,0115 \text{ моль.}$$

2 Согласно уравнению реакции эквивалентное количество ($Ca(HCO_3)_2$) и $CaCO_3$ относятся друг к другу как 1:1. Следовательно:

$$m (Ca(HCO_3)_2) = v \cdot □□,$$

$$m (Ca(HCO_3)_2) = 0,0115 \cdot 100 = 1,15 \text{ г.}$$

Задача 5. Карбонатная щелочность известкованной воды составляет 0,4 мг-экв/л. Определить избыток в воде $Ca(OH)_2$, если общая щелочность воды равна 0,7 мг-экв/л.

Решение

1 В данном случае общая щелочность равна:

$$Щ_0 = Щ_r + Щ_k.$$

Отсюда

$$Щ_r = Щ_0 - Щ_k,$$

$$Щ_r = 0,7 - 0,4 = 0,3 \text{ мг-экв/л.}$$

2 Поскольку $Ca(OH)_2$ обуславливает гидратную щелочность, находим:

$$[Ca(OH)_2] = Щ_r \cdot Э(Ca(OH)_2),$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(\text{Ca}(\text{OH})_2) &= 40/2 = 20, \\ [\text{Ca}(\text{OH})_2] &= 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ мг-экв/л.} \end{aligned}$$

Задача 6. В 5 л дистиллированной воды растворили 0,4 г NaOH и 265 мг Na₂CO₃. Определить величину и характер щелочности раствора.

Решение

1 Поскольку в растворе содержатся OH⁻ и CO₃²⁻, то:

$$\text{Щ}_0 = \text{Щ}_r + \text{Щ}_k.$$

2 Для определения величины щелочности предварительно находим объемную концентрацию:

$$\begin{aligned} C_{об} &= \frac{m}{V}, \\ C_{об}(\text{NaOH}) &= \frac{400}{5} = 80 \text{ мг-экв/л,} \\ C_{об}(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \frac{265}{5} = 53 \text{ мг-экв/л.} \end{aligned}$$

3 Разделив найденные величины объемных концентраций на эквиваленты соответствующих соединений, получим щелочность:

$$\begin{aligned} \text{Щ}_r &= \frac{C_{об}(\text{NaOH})}{\mathcal{E}(\text{NaOH})}, \\ \text{Щ}_r &= \frac{80}{40} = 2 \text{ мг-экв/л,} \\ \text{Щ}_k &= \frac{C_{об}(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\mathcal{E}(\text{Na}_2\text{CO}_3)}, \\ \text{Щ}_k &= \frac{53}{53} = 1 \text{ мг-экв/л.} \end{aligned}$$

4 Следовательно:

$$\text{Щ}_0 = 2 + 1 = 3 \text{ мг-экв/л.}$$

Задача 7. Требуется приготовить 3 л раствора, щелочность которого должна быть: Щ_к = 3 мг-экв/л и Щ_б = 2 мг-экв/л. Определить массы карбоната и бикарбоната натрия, которые необходимо растворить в указанном объеме.

Решение

1 Щ_к обусловлена присутствием Na₂CO₃, следовательно:

$$\begin{aligned} m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \text{Щ}_k \cdot \mathcal{E}(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V, \\ m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 3 \cdot 53 \cdot 3 = 477 \text{ мг.} \end{aligned}$$

2 Щ_б обусловлена присутствием NaHCO₃, следовательно:

$$m\text{Na}(\text{HCO}_3)_2 = \text{Щ}_k \cdot \text{Э}\text{Na}(\text{HCO}_3)_2 \cdot V,$$

$$\text{Na}(\text{HCO}_3)_2 = 2 \cdot 84 \cdot 3 = 504 \text{ мг.}$$

Задача 8. Щелочность пробы конденсата пара после кипячения снизилась за счет отгонки аммиака (NH_3) с 240 до 50 мг-экв/л. Определить количество отогнанного аммиака.

Решение

1 Щелочность конденсата пара снижается за счет разложения присутствующего в нем NH_4OH согласно уравнению:



2 Определим количество разложившегося NH_4OH , приняв объем раствора равным 100 л:

$$v(\text{NH}_4\text{OH}) = \frac{\Delta\text{Щ} \cdot \text{Э}(\text{NH}_4\text{OH})}{M},$$

$$v(\text{NH}_4\text{OH}) = \frac{(240 - 50)10^{-6} \cdot 35 \cdot 100}{35} = 0,019 \text{ моль.}$$

3 Согласно уравнению реакции эквивалентные количества NH_4OH и NH_3 относятся друг к другу как 1:1, следовательно:

$$v(\text{NH}_4\text{OH}) = v(\text{NH}_3) = 0,019 \text{ моль.}$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Определить общую жесткость воды в мг-экв/л, если известно, что содержание в ней Ca^{2+} составляет 40 мг/л, а $\text{Ж}_{\text{Ca}} : \text{Ж}_{\text{Mg}} = 4$.

Задача 2. Определить жесткость воды в мг-экв/л, если известно, что концентрация в ней Ca^{2+} составляет 5 мг/л, а концентрация Mg^{2+} - 1 мг/л.

Задача 3. Кальциевая жесткость воды составляет 3000 мкг-экв/л. чему будет равна общая жесткость воды в мг-экв/л, если содержание в ней Mg^{2+} составляет 0.024 г/л?

Задача 4. В 1 л дистиллированной воды растворено 1,23 мг $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. определить жесткость раствора.

Задача 5. В 10 л раствора содержится 740 мг $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 600 мг NaOH . Определить щелочность раствора.

Задача 6. Во сколько раз необходимо упарить котловую воду, щелочность которой обусловлена NaOH и составляет 5 мг-экв/л, чтобы концентрация NaOH увеличилась до 10 г/л?

Задача 7. Гидратная щелочность котловой воды составляет 3 мг-экв/л, а содержание в ней SO_4^{2-} равно 405 мг/л. определить отношение количеств $[\text{NaOH}] : [\text{Na}_2\text{SO}_4]$.

Контрольные вопросы

- 1 Классификация природных вод.
- 2 Основные технологические показатели качества воды.
- 3 Группы примесей, содержащихся в природных водах.

Практическая работа №3

Тема: Расчет оборудования для умягчения воды

Цель работы: привить навыки расчетов натрий-катионитных фильтров

Теоретическая часть

При натрий-катионировании в расчетах используется индекс Na, при водород-катионировании – H.

НАТРИЙ-КАТИОНИРОВАНИЕ

Исходные данные

а) Площадь фильтрования

$$F_{Na} D \cdot \pi =^2/4, \text{ м}^2,$$

где D – диаметр фильтра, м.

б) Высота загрузки слоя катионита h, м.

в) Количество одновременно работающих фильтров каждой ступени а, шт.

г) Жесткость общая исходной воды $J_{o.и.в.}$, мг-экв/кг.

д) Производительность фильтров Q_{Na} обуславливается расходом обработанной воды на питание паровых котлов и складывается из безвозвратного расхода пара и конденсата

$$Q_{Na} Q \Sigma = ((\pi_{пк} (\Pi_{бп} + \Pi_{пр} + \Pi_{д} Q \Sigma + \dots)) / 100) = ((\pi_{пк} \Pi_{к}) / 100), \text{ м}^3/\text{ч},$$

где - знак суммы Σ используется при количестве котлов большем одного;

- $Q_{пк}$ – производительность парового котла, т/ч;

- $\Pi_{бп}$ – безвозвратный расход пара на производство, в % от паропроизводительности котлоагрегата;

- $\Pi_{пр}$ - потери на продувку ($\Pi_{пр}$ равны величине продувки по сухому остатку в % от паропроизводительности котлоагрегата);

- $\Pi_{д}$ - потери с выпаром в деаэраторе, $\Pi_{д}=2\%$;

- $\Pi_{к}$ - потери суммарные пара и конденсата соответственно, в % от паропроизводительности котлоагрегата.

В нормально работающих отопительных котельных потери составляют 10-25%, однако, если пар (конденсат) расходуется на технологические нужды безвозвратный расход может составить 50% и более.

Расчет натрий-катионитных фильтров

а) Скорость фильтрования

$$W=Q_{\text{Na}}/(F_{\text{Naa}}), \text{ м/ч.}$$

Оптимальные скорости фильтрования для фильтров 1-ой степени:

Ж_{общая исх.воды} до 5 мг-экв/кг 25 м/ч;

5-10 мг-экв/кг 15 м/ч;

10-15 мг-экв/кг 10 м/ч.

Для фильтров 2-ой степени 40 м/ч.

Скорости фильтрования менее 5 м/ч допускать не рекомендуется из-за резкого снижения обменной емкости катионита.

б) Количество удаленных в сутки солей жесткости

$$Ж \cdot A = 24 \cdot Q_{\text{Na}}, \text{ г-экв/сутки}$$

в) Число регенераций в сутки

$$n=A/(F_{\text{Na}} E_{\text{р. Na}} \cdot h_{\text{р. Na}}), \text{ раз/сутки,}$$

где $E_{\text{р. Na}}$ – рабочая обменная способность при натрий-катионировании, г-экв/м³.

таблица 6.

г) Межрегенерационный период работы фильтра

$$T=24/n - t, \text{ час,}$$

где t – время на регенерацию (для натрий-катионитных фильтров равно 2 – 3 часам).

д) Расход 100%-ой соли на одну регенерацию

$$Q_c=(E_{\text{р. Na}} F_{\text{Na}} q_{\text{c}} \cdot h_{\text{c}})/1000, \text{ кг,}$$

где q_{c} – удельный расход 100%-ой соли на регенерацию, г/г-экв, берется из таблицы 2

е) Расход технической соли на одну регенерацию

$$Q_{\text{т.с}}=(Q_c 100)/L_{\text{NaCl}}, \text{ кг,}$$

где L_{NaCl} – содержание чистой соли в товарной (равно 92 %).

ж) Расход технической соли в сутки

$$Q_{\text{т.с.с}}=Q_{\text{т.с}} \cdot n,$$

з) Расход воды на регенерацию

$$Q_{\text{в.р}}=Q_{\text{взр}}+Q_{\text{р.р}}+Q_{\text{отм}}, \text{ м}^3$$

1. $Q_{\text{взр}}$ – расход воды на взрыхление вычисляется по формуле

$$Q_{\text{взр}} F_{\text{р}}=(i_{\text{Nat}} \cdot 60 \cdot \text{взр})/1000, \text{ м}^3,$$

где i – интенсивность взрыхляющей промывки, равна 4 л/(м²сек);

$t_{взр}$ – время взрыхления, 15 мин.

2. $Q_{р.р}$ – расход воды на приготовление раствора вычисляется по формуле

$$Q_{р.р} = (Q_c \gamma \cdot b \cdot 100) / (1000 \cdot \gamma_{р.р}), \text{ м}^3,$$

где b – концентрация регенерационного раствора; для фильтров 1-ой ступени – 8%, для фильтров 2-ой ступени – 10%;

$\gamma_{р.р}$ – удельный вес (плотность) регенерационного раствора, т/м³, берется из таблицы 3.

3. $Q_{отм}$ – расход воды на отмывку вычисляется по формуле

$$Q_{отм} = q_{отм} F \cdot N_a h, \text{ м}^3$$

где $q_{отм}$ – удельный расход на отмывку; для сульфогля = 4 м³/м³, для катионита КУ-2-8 = 10 м³/м³.

4. Если отмывочная вода используется для взрыхления, то

$$Q_{в.р} = Q_{р.р} + Q_{отм}, \text{ м}^3.$$

Расчет узлов хранения соли и приготовления регенерационного раствора

а) Суммарный объем бункеров мокрого хранения соли

$$V_{б.м} Q = 1,5_{т.с.с} (\text{запас} + \text{остаток}) / 1000, \text{ м}^3$$

где запас рассчитан на 10-30 суток, остаток - на 5-10 суток, кг.

б) Объем бака-мерника должен вмещать полуторное количество 6% раствора соли, необходимое для регенерации фильтра 1-ой ступени.

в) Объем бака солерастворителя

$$V_{б.с} Q \cdot 4 \geq_{т.с.с}, \text{ м}^3.$$

Таблица 4

Удельный расход соли на регенерацию Na-катионитных фильтров.

Жесткость исходной воды, мг-экв/кг	Удельный расход соли для сульфогля, г/г-экв	
	Фильтры 1-ой ступени	Фильтры 2-ой ступени
До 5	120-150	300-400
5-10	130-200	
10-15	170-250	
15-20	230-280	

Примечание: при работе с катионитом КУ-2-8 удельный расход соли для фильтров 1-ой ступени увеличить на 20-30%.

Плотность водного раствора поваренной соли

Концентрация NaCl, %	1	2	4	6	8	10	12
Плотность, т/м ³	1,005	1,013	1,027	1,041	1,056	1,071	1,086
Концентрация NaCl, %	14	16	18	20	22	24	26
Плотность, т/м ³	1,101	1,116	1,132	1,148	1,164	1,180	1,197

Расчет фильтров для водогрейных котлов (подпитка тепловых сетей)

При карбонатной жесткости исходной воды J_k 6 мг-экв/кг для закрытой системы теплоснабжения или $J_{\leq k} 4$ мг-экв/кг для открытой системы теплоснабжения рассчитывается одноступенчатая схема натрий – катионирования по методике, указанной выше. Жесткость фильтрата допускается до $J_{\leq o,в} = 0,1$ мг-экв/кг

При J_k больше названных значений выбирается водород – катионирование с «голодной» регенерацией.

Расчет водород-катионитовых фильтров

а) Скорость фильтрования $W = Q_H / (F_{Hа})$, м/час.

б) Удаляется солей жесткости $A_H (J \cdot = 24_k Q \cdot - 0,7)_H$, г-экв/сутки

в) Число регенераций фильтра в сутки $n = A_H / (F_H E \cdot h \cdot p_{,н} a)$, раз/сутки,

где $E_{p,н}$ – рабочая обменная способность при водород-катионировании.

г) Межрегенерационный период $T = 24/n - t$, час,

где t – время на регенерацию, для водород-катионитных фильтров 2,5 ч.

д) Расход 100-процентной серной кислоты на одну регенерацию

$$Q_k = (q_k F_H E \cdot h \cdot p_{,н}) / 1000, \text{ кг},$$

где q_k – удельный расход 100% кислоты на регенерацию, при «голодной» регенерации = 50 г/г-экв.

е) Суточный расход технической серной кислоты

$$Q_{т.к.с} = (Q_k 100) / L \cdot a \cdot n \cdot H_{2SO4}, \text{ кг},$$

где L_{H_2SO4} – содержание серной кислоты в товарной, равно 75%.

ж) Остальные расчеты аналогичны расчетам натрий-катионитных фильтров

Контрольные вопросы:

1. Что такое «обменная емкость» ионитов?
2. Что характеризуют «полная обменная емкость» и «рабочая динамическая обменная емкость» ионита, чем они отличаются?
3. В чем заключается процесс натрий-катионирования? Какие реакции протекают при этом? Почему возрастает солесодержание воды?
4. Что такое «истощение катионита»?
5. Что такое «регенерация катионита»? Чем проводится регенерация при натрий-катионировании и почему? Концентрация регенерационного раствора, опишите реакцию;
6. Опишите технологию эксплуатации ионитного фильтра.

Практическая работа №4

Тема: Технологическая Схема водоподготовительной установки

Цель работы: приобретение студентами практических навыков в составлении технологических схем водоподготовительных установок (ВПУ) и овладение элементами САПР.

Теоретическая часть

Процессы подготовки добавочной воды на электростанциях реализуются в фильтрах различного назначения, в осветлителях и декарбонизаторах, соединенных в принципиальную технологическую схему с помощью трубопроводов, арматуры, баков, перекачивающих насосов. Каждый элемент технологической схемы, включая вспомогательные системы, имеет свое функциональное назначение и графическое отображение, что позволяет в 30 конечном итоге осуществлять разработку таких схем с использованием элементов САПР.

Ход работы:

1 Изучить графическое изображение элементов схем ВПУ, применяемых на электростанциях и реагентное хозяйство ВПУ, пользуясь рекомендованной литературой.

2 Составить вариант схемы ВПУ, объяснить принцип работы и область применения этой схемы.

Студенту предлагается, пользуясь каталогом типовых элементов технологической схемы ВПУ (по заданию преподавателя), воспроизвести схему ВПУ, используя условные изображения отдельных элементов, и расставить на схеме коды этих элементов. При этом следует помнить, что элементы на экране проецируются только в том положении, в котором они приведены в каталоге.

4 Отчет по выполненной работе

Отчет по выполненной работе должен содержать:

1) Выбранную схему ВПУ, ее описание и технологическое назначение, цель установки выбранных аппаратов, рабочая схема ВПУ с использованием условных изображений элементов и соответствующих кодов, порядок набора схемы на экране дисплея.

2) Выводы по полученным результатам.

Список использованных источников

Основные источники

1 Гужулев Э.П. и др. Водоподготовка и вводно-химические режимы в теплоэнергетике: Учеб. пособие / Э.П. Гужулев, В.В. Шалай, В.И. Гриценко, М.А. Таран. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019. – 384 с.

2 Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. – М.: Издательство МЭИ, 2018. – 309 с.

3 Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 2017. – 328 с.

Дополнительные источники

4 Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. М.: «Энергия», 2019. – 288 с.

Список использованных источников

Основные источники

5Гужулев Э.П. и др. Водоподготовка и вводно-химические режимы в теплоэнергетике: Учеб. пособие / Э.П. Гужулев, В.В. Шалай, В.И. Гриценко, М.А. Таран. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 384 с.

6Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. – М.: Издательство МЭИ, 2014. – 309 с.

7Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 2013. – 328 с.

Дополнительные источники

8Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. М.: «Энергия», 2013. – 288 с.