

Электролитические свойства растворов аммиака и кондуктометрический контроль качества теплоносителя ТЭС при высоких температурах и давлениях***В. Н. Щербаков**

(Донской государственный технический университет),

Г. А. Власков

(Ростовский государственный строительный университет)

С целью совершенствования оперативного кондуктометрического контроля качества пара на ТЭС, ТЭЦ и АЭС авторами разработана методика определения концентраций NaCl и NH_4OH в насыщенном и перегретом паре парогенераторов высокого и сверхкритического давления, а также предложено устройство для её реализации. Выполнена оценка погрешности определения в диапазоне концентраций, характерном для эксплуатируемых энергетических установок. Предложены уравнения, описывающие поведение термодинамической константы диссоциации и предельной эквивалентной электропроводности NH_4OH в широкой области параметров состояния, которые могут использоваться при расчёте концентраций по предложенной методике, а также при организации и ведении водно-химических режимов. Приведена оценка погрешности аппроксимации зависимостей для экспериментальных данных о константах диссоциации и предельной эквивалентной электропроводности.

Ключевые слова: оперативный контроль, качество пара, кондуктометрические методы.

Введение. Организация водно-химического режима на ТЭС и АЭС тесно связана с мероприятиями по обеспечению противокоррозионного режима парогенераторов и конденсатно-питательного тракта. Дозирование аммиака NH_3 и гидразина N_2H_4 в питательную воду используется для предупреждения коррозионных процессов и накипеобразования на энергоблоках ТЭС с барабанными и прямоточными котлами, а также во втором контуре АЭС [1, 2]. Оперативный контроль за дозированием NH_3 на станциях осуществляется по величине pH охлаждённых до температуры $T = 298,15$ К проб воды и конденсата пара [1, 3]. Авторы [2, 4] предлагают определять концентрацию C NH_3 и других примесей технологических вод ТЭС путём измерения pH, температуры и удельной электропроводности χ охлаждённых проб и последующего решения уравнений, соответствующих частным случаям предложенной ими обобщённой модели ионных равновесий водного теплоносителя. Однако методы оперативного контроля концентрации примесей в охлаждённых пробах связаны с необходимостью отбора, транспортирования, подготовки пробы и наличия устройств, обеспечивающих указанные процессы. При этом имеет место значительное транспортное запаздывание пробы, снижающее достоверность результатов измерения и препятствующее оперативному реагированию на резкое изменение нормируемых показателей качества теплоносителя.

От этих недостатков свободен метод контроля качества пара, основанный на измерении удельной электропроводности конденсата пара в межэлектродном пространстве охлаждаемого кондуктометрического датчика, размещённого в контролируемом паре, и определении концентраций примесей в паре на основании зависимости $C = f(\chi)$ [5, 6]. Подробная оценка возможностей метода при применении его в диапазоне концентраций для NH_3 и соединений натрия (в пересчёте на Na^+), характерном для энергоблоков высокого и сверхкритического давления, авторами [5, 6] не выполнялась, как не рассматривались и методы получения зависимости $C = f(\chi)$ для растворов NH_3 .

* Работа выполнена в рамках инициативной НИР.

Целью настоящей работы является совершенствование описанного в [5, 6] метода, оценка погрешности определения концентраций примесей в насыщенном и перегретом паре, содержащем только NaCl и NH_4OH в количестве, наблюдаемом на ТЭС и АЭС.

Основная часть. Для решения поставленной задачи при определении концентраций авторы использовали экспериментальные данные [5—14] о термодинамических константах диссоциации K_d и предельной эквивалентной электропроводности Λ_0 для NaCl и NH_4OH . Анализ изменения констант диссоциации NH_4OH в зависимости от температуры на линии насыщения показывает, что с увеличением температуры от 298,15 до 322,15 К константа диссоциации NH_4OH сначала возрастает от $1,76 \cdot 10^{-5}$ до $2,19 \cdot 10^{-5}$ моль/кг [11, 8], а затем уменьшается до $1,9 \cdot 10^{-5}$ моль/кг при 344,15 К [8]. Дальнейший рост температуры приводит к уменьшению константы диссоциации (рис. 1), причём при изменении температуры от 637,65 до 646 К константа диссоциации уменьшается в 20 раз, а при изменении температуры от 646 до 647 К — более чем в 100 раз.

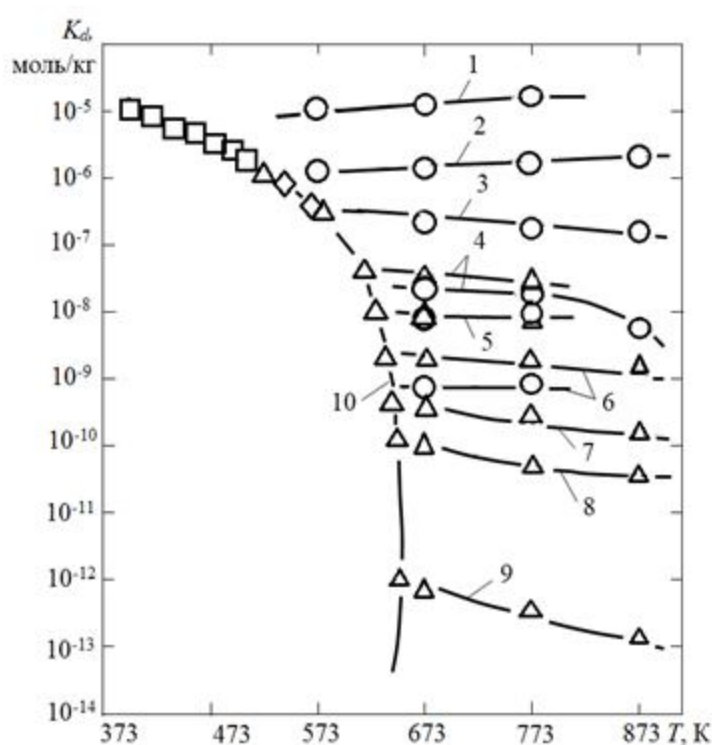


Рис. 1. Зависимость K_d водных и паровых растворов NH_4OH от температуры T и плотности ρ : Δ — [5]; $\square$ — [7]; $\diamond$ — [8]; $\circ$ — [9]; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 — $\rho = 850, 800, 700, 600, 550, 500, 450, 400, 300$ кг/м³; 10 — линия насыщения

Данные различных авторов о константах диссоциации NH_4OH , обозначенные на рис. 1 значками Δ , $\square$, $\diamond$, $\circ$, взяты из литературы с соответствующим номером. Кривая зависимости удельной электропроводности NH_4OH от температуры имеет максимум при $T < 373$ К и при $C = 1 \cdot 10^{-4}$ моль/кг, а для NaCl максимум удельной электропроводности наблюдается при $T = 578$ К [5].

Учитывая особенности изменения удельной электропроводности NH_4OH и NaCl при повышении температуры, авторы оценили вклад данных величин в суммарную удельную электропроводность раствора $\chi_{\text{сум}}$. Измерение $\chi_{\text{сум}}$ производится при $T = 373,15$ К и при более высоких температурах, позволяющих уменьшить вклад удельной электропроводности NH_4OH в $\chi_{\text{сум}}$. Значения удельной электропроводности для высокоразбавленных растворов NaCl и NH_4OH определяли расчётным путём на основании данных о константах диссоциации и предельной эквивалентной электропроводности [5—7, 12—14]. Анализ данных для NaCl показал, что в рассматриваемой области

изменения давлений, температур и концентраций при выполнении оценочных расчётов можно считать, что $\Lambda\text{NaCl} = \Lambda_0\text{NaCl}$ и $\chi\text{NaCl} = \Lambda_0\text{NaCl} \cdot C \cdot \rho \cdot 10^{-6}$, где ρ — плотность раствора, кг/м³. Для нахождения удельной электропроводности NH_4OH определяли степень диссоциации α из известного соотношения для закона действия масс: $K_d\text{NH}_4\text{OH} = C\alpha^2 f^2 / (1-\alpha)$, где f — средний коэффициент активности, определяемый по уравнению Дебая — Гюккеля [15]. По данным о α , Λ_0 были определены значения Λ и χ NH_4OH при различных концентрациях растворов. Расчёт удельной электропроводности был выполнен для концентраций NH_4OH , находящихся в пределах от $2,94 \cdot 10^{-6}$ до $5,88 \cdot 10^{-5}$ моль/кг (50—1000 мкг/кг в пересчёте на NH_3), и концентраций NaCl , в пределах от $2,174 \cdot 10^{-7}$ до $1,087 \cdot 10^{-6}$ моль/кг (5—25 мкг/кг в пересчёте на Na). Сначала была вычислена величина $\chi_{\text{сум}} = \chi\text{NaCl} + \chi\text{NH}_4\text{OH}$ при температуре конденсата пара в охлаждаемом датчике, равной T_1 , а затем — отношение $(\chi\text{NaCl} / \chi_{\text{сум}})_{T=T_1} = \delta_1$. Аналогичные вычисления выполнялись для температуры конденсата, равной T_2 , определялось $\delta_2 = (\chi\text{NaCl} / \chi_{\text{сум}})_{T=T_2}$ и $\delta_3 = \delta_2 / \delta_1$. Расчёты выполнялись в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» [1], регламентирующими содержание соединений натрия и аммиака (в пересчёте на Na и NH_3) в питательной воде и в паре парогенераторов высокого (9,8—13,8 МПа) и сверхкритического (25 МПа) давления. Из результатов расчёта следует, что при $P = 13,8$ МПа, допустимом содержании Na в паре 5 мкг/кг ($C_{\text{Na}} = 5$ мкг/кг) и концентрации $\text{NH}_3 = 1000$ мкг/кг, величина δ_1 составит 0,54 %. При концентрации $\text{NH}_3 = 500$ мкг/кг, соответственно, $\delta_1 = 0,84$ %. С уменьшением концентрации NH_3 до 50 мкг/кг, δ_1 возрастает до 4,7 %. Таким образом, при температуре конденсата в охлаждаемом датчике $T_1 = 373,15$ К с максимальной погрешностью 4,7 % (для $C_{\text{NH}_3} = 50$ мкг/кг) можно считать, что $\chi_{\text{сум}} = \chi\text{NH}_4\text{OH}$ (табл. 1).

Таблица 1

Вклад NaCl δ (в %) в суммарную электропроводность конденсата пара $\chi_{\text{сум}}$ содержащего NaCl и NH_4OH , при разных значениях P и T

P , МПа	C_{NH_3} , мкг/кг			
	1000	500	100	50
13,8*	0,54(1)	0,84(1)	2,7(1)	4,7(1)
$T_1 = 373,15$ К	5,8(2)	8,1(2)	16(2)	22(2)
$T_2 = 598,15$ К	10,7(3)	9,7(3)	6,0(3)	4,7(3)
13,8**	1,1(1)	1,7(1)	5,2(1)	8,9(1)
$T_1 = 373,15$ К	11(2)	15(2)	28(2)	37(2)
$T_2 = 598,15$ К	10(3)	8,8(3)	5,4(3)	4,2(3)
9,8***	1,6(1)	2,5(1)	8,3(1)	—
$T_1 = 373,15$ К	7,9(2)	10,5(2)	23(2)	—
$T_2 = 552,95$ К	4,9(3)	4,2(3)	2,8 (3)	—
9,8****	2,7(1)	4,1(1)	14(1)	—
$T_1 = 373,15$ К	12,5(2)	16,4(2)	33(2)	—
$T_2 = 552,95$ К	4,6(3)	4,0(3)	2,4(3)	—
25 МПа*	0,54(1)	0,84(1)	2,7(1)	4,7(1)
$T_1 = 373,15$ К	54(2)	62(2)	79(2)	84(2)
$T_2 = 653,15$ К	100(3)	74(3)	29(3)	18(3)
(*), (**), (***), (****) — $C_{\text{Na}} = 5, 10, 15, 25$ мкг/кг				
(1) — результаты расчёта для $T = T_1$ (δ_1)				
(2) — результаты расчёта для $T = T_2$ (δ_2)				
(3) — δ_2 / δ_1				

Если это условие выполняется, то на основании данных о $\chi_{\text{сум}}$ используя полученную ранее путём расчёта зависимость $C = f(\chi\text{NH}_4\text{OH})_{T=T_1}$, можно вычислить концентрацию NH_4OH и NH_3 . При температуре конденсата $T_2 = 598,15$ К в рассматриваемом диапазоне концентраций величина

δ_2 возрастает от 5,8 % до 22 % и вклад удельной электропроводности NaCl в $\chi_{\text{сум}}$ увеличивается, соответственно, в 10,7 и в 4,7 раз. Наибольшее увеличение δ_2 с переходом от T_1 к T_2 имеет место для парогенераторов сверхкритического давления ($P = 25$ МПа). В этом случае при $T_1 = 373,15$ К и $T_2 = 653,15$ К величина δ_1 изменяется от 0,54 % до 4,7 %, а δ_2 — от 54 % до 84 %, причём вклад удельной электропроводности NaCl в $\chi_{\text{сум}}$ возрастает, соответственно, в 100 и в 18 раз.

Для того, чтобы описать зависимость pK_d NH_4OH от плотности и температуры на линии насыщения и в перегретом паре при изменении температуры до 873,15 К, используется уравнение, полученное авторами [16] для LiOH на основании уравнений моделирования методом молекулярной динамики:

$$-\lg K_d \text{NH}_4\text{OH} = (a_1 + a_2/\tau) + (a_3 + a_4/\tau) \lg \delta + (a_5 + a_6/\tau) \lg^2 \delta, \quad (1)$$

где $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ — определяемые константы; $\tau = T/T_{\text{кр}}$; $T_{\text{кр}} = 647,09$ К; $\delta = \rho/\rho_{\text{кр}}$; $\rho_{\text{кр}} = 321,9575$ кг/м³.

Результаты расчёта представлены в табл. 2.

Таблица 2

Отклонение (в %) экспериментальных значений отрицательного логарифма молярных констант диссоциации (pK_d) NH_4OH [5] от вычисленных по уравнению (1) (δpK_d)

ρ , кг/м ³	pK_d , кмоль/м ³ (δpK_d) линия насыщения	pK_d (δpK_d) $T = 673,15$ К	pK_d (δpK_d) $T = 773,15$ К	pK_d (δpK_d) $T = 873,15$ К
300	12,55 (0,032)	12,72 (0,47)	13,0 (0,38)	13,4 (0,37)
400	10,3 (0,91)	10,43 (0,29)	10,7 (0,75)	10,85 (0,092)
500	8,9 (0,6)	9,0 (1,3)	9,05 (0,99)	9,17 (1,74)
550	8,25 (0,25)	8,32 (0,82)	8,41 (2,02)	—
600	7,59 (1,42)	7,66 (0,078)	7,76 (2,06)	—
700	6,66 (3,45)	—	—	—
800	6,01 (7,24)	—	—	—

Из таблицы 1 следует, что результаты расчёта pK_d с помощью уравнения (1) хорошо согласуются (δpK_d не более 3,45 %) с экспериментальными данными [5] на линии насыщения и в перегретом паре в диапазоне изменения плотности от 300 до 700 кг/м³ и только при $\rho = 800$ кг/м³ величина δpK_d возрастает до 7,24 %.

Для значений pK_d на линии насыщения в более широком диапазоне ρ (от 300 до 940 кг/м³) было получено уравнение вида:

$$pK_d = a_0\rho^3 + a_1\rho^2 + a_2\rho + a_3, \quad (2)$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 — определяемые коэффициенты; ρ — плотность раствора, кг/м³.

При описании экспериментальных данных о предельной эквивалентной электропроводности диапазон изменения плотности был разбит на два интервала (от 300 до 800 кг/м³ и от 800 до 940 кг/м³). Для каждого из них была определена предельная эквивалентная электропроводность по уравнению, аналогичному (2):

$$\Lambda_0 = b_0\rho^3 + b_1\rho^2 + b_2\rho + b_3, \quad (3)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3 — определяемые коэффициенты; ρ — плотность раствора, кг/м³.

Результаты расчёта по уравнениям (2) и (3) представлены в табл. 3.

Максимальное рассогласование экспериментальных и расчётных данных не превышает 1,51 % для констант диссоциации и 0,28 % для предельной эквивалентной электропроводности.

Следует отметить, что при конденсации пара в охлаждаемом датчике [5, 6] количество примесей, перешедших из пара в конденсат, зависит от скорости конденсации [17]. В разработанной авторами конструкции охлаждаемого датчика [18] конденсация пара происходит на внутренней поверхности охлаждаемого капилляра, соединённого с кондуктометрической ячейкой,

расположенной в датчике. Скорость движения пара в капилляре значительно больше, чем скорость диффузионных процессов и можно считать, что концентрации NaCl и NH₄OH в контролируемом паре и в конденсате пара в датчике равны. Эта конструкция обеспечивает более точные результаты определения концентраций.

Таблица 3

Отклонение (в %) экспериментальных значений предельной эквивалентной электропроводности (Λ_0) и отрицательного логарифма молярных констант диссоциации (pK_d) на линии насыщения от значений, вычисленных по уравнениям (3) и (2)

ρ , кг/м ³	pK_d , кмоль/м ³ (δpK_d)	$\Lambda_0 \cdot 10$, См·м ² /кмоль ($\delta \Lambda_0$)
300	12,55 (0,3)	1720 (0,0)
400	10,30 (1,51)	1658 (0,07)
450	9,71 (1,05)	1626 (0,1)
500	8,90 (0,39)	1595 (0,1)
550	8,25 (0,43)	1564 (0,17)
600	7,59 (0,73)	1520 (0,02)
700	6,66 (0,66)	1406 (0,08)
800	6,01 (1,07)	1240 (0,03); (0,054)*
820	5,85 (0,73)	1198 (0,12)
840	5,67 (0,04)	1146 (0,046)
860	5,54 (0,1)	1090 (0,074)
880	5,40 (0,22)	1020 (0,32)
900	5,26 (0,32)	950 (0,28)
920	5,13 (0,21)	860 (0,017)
940	5,01 (0,08)	760 (0,044)

Закключение. Разработана методика оперативного кондуктометрического контроля концентраций NaCl и концентраций NH₄OH в насыщенном и перегретом паре парогенераторов высокого и сверхкритического давления. Предложено устройство для её реализации. Выполнена оценка погрешности определения концентраций для диапазона, характерного для существующих энергетических установок. Предложены уравнения, описывающие поведение констант диссоциации и предельной эквивалентной электропроводности NH₄OH на линии насыщения и в перегретом паре при температурах до 873,15 К. Полученные уравнения можно использовать при расчёте концентраций NH₄OH по предложенной методике, а также при организации и ведении водно-химических режимов на ТЭС и АЭС. Приведена оценка погрешности аппроксимации зависимостей для экспериментальных данных о константах диссоциации и предельной эквивалентной электропроводности NH₄OH. Представленные разработки позволили получить информацию, необходимую для оценки вклада удельной электропроводности NaCl и удельной электропроводности NH₄OH в суммарную удельную электропроводность водного теплоносителя при анализе ионных равновесий в двухкомпонентных растворах, которая будет полезна и при анализе для многокомпонентных растворов, выполняемом при разработке новых методов оперативного кондуктометрического контроля.

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ СО 153–34.20.501 — Москва : Энергосервис, 2003. — 145 с.
2. Бушуев, Е. Н. Разработка математической модели электропроводности технологических вод ТЭС / Е. Н. Бушуев // Вестник ИГЭУ. — 2009. — № 2. — С. 1–7.

* $\delta \Lambda_0$ для диапазона ρ от 800 до 940 кг/м³

3. Химический контроль на тепловых и атомных электростанциях / О. И. Мартынова [и др.]. — Москва, 1980. — 320 с.
4. Бушуев, Е. Н. Математическое моделирование ионных равновесий водного теплоносителя с использованием измерения электропроводности и pH / Е. Н. Бушуев // Теплоэнергетика. — 2009. — № 7. — С. 13–18.
5. Щербаков, В. Н. Исследование электрофизических свойств водных теплоносителей при высоких параметрах : дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Щербаков. — Москва, 1980. — 204 с.
6. Лукашов, Ю. М. Экспериментально-теоретическое обоснование новых методов контроля качества пара и воды современных теплоэнергетических установок : дис. ... д-ра техн. наук / Ю. М. Лукашов. — Москва, 1981. — 411 с.
7. Сирота, А. М. Электропроводность водных растворов аммиака и морфолина и ионное произведение воды при высоких параметрах / А. М. Сирота, Ю. В. Швыряев // Теплоэнергетика. — 1971. — № 4. — С. 49–50.
8. Wrigt, J. M. e. a. The Behaviour of Electrolytic Solutions at Elevated Temperatures as Derived from Conductance Measurements, WAPD — TM — 204, June, 1961.
9. Quist, A. S., Marshall, W. L. Ionisation equilibria in ammonia-water solution to 700° and 4000 bars of pressure. *J. Phys. Chem.*, 1968, vol. 72, no. 9, pp. 3122–3125.
10. Jones, M. E. The pH of Pure Water and of Ammonium, Lithium and Potassium Hydroxide Solutions, KAPL — M — MEJ — 1, Knolls Atomic Power Laboratory, Febr. 1958.
11. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. — Москва : Химия, 1989. — 448 с.
12. Добош, Д. Электрохимические константы : справочник для электрохимиков / Д. Добош. — Москва : Мир, 1980. — 365 с.
13. Noyes, A. A., Yagoro Kato, Sosman, R. B. *Z. Phys. Chem.*, 1910, vol. 73, no. 1.
14. Швыряев, Ю. В. Экспериментальное исследование электропроводности воды и водных растворов электролитов при высоких параметрах состояния : дис. ... канд. техн. наук / Ю. В. Швыряев. — Москва, 1969. — 79 с.
15. Робинсон, Р. Растворы электролитов / Р. Робинсон, Р. Стокс. — Москва : ИЛ, 1963. — 425 с.
16. Plugatyr, A., Carvajal-Ortiz, R. A., Svishchev, I. M. Ion-Pair Association Constant for LiOH in Supercritical Water. *J. Chem. Eng. Data*. 2011, vol. 56, no. 9, pp. 3637–3642.
17. Экспериментальное и теоретическое обоснование нового метода контроля качества рабочего тела в контурах ТЭС и АЭС / Н. Н. Ефимов [и др.] // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. — 2012. — № 3. — С. 28–31.
18. Кондуктометрический датчик : авторское свидетельство 958943 СССР, МКИ⁴ G01N 27/02/ — № 3248961 / Д. Л. Тимрот, Б. П. Голубев, В. Н. Щербаков, С. Н. Смирнов, Ю. П. Шагинян ; заявл. 16.02.81 ; опубл. 15.09.82, Бюл. № 34. — 3 с.

Материал поступил в редакцию 28.05.2013.

References

1. Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii elektricheskikh stantsiy i setey RF SO 153–34.20.501. [Maintenance rules for power plants and networks of RF CO 153-34.20.501.] Moscow : Energoservis, 2003, 145 p. (in Russian).
2. Bushuyev, E. N. Razrabotka matematicheskoy modeli elektroprovodnosti tekhnologicheskikh vod TES. [Development of mathematical model of TPP industrial water conductivity.] *Vestnik IGEU*, 2009, no. 2, pp. 1–7 (in Russian).

3. Martynova, O. I., et al. Khimicheskiy kontrol na teplovykh i atomnykh elektrostantsiyakh. [Chemical control at thermal and atomic power plants.] Moscow, 1980, 320 p. (in Russian).
4. Bushuyev, E. N. Matematicheskoye modelirovaniye ionnykh ravnovesiy vodnogo teplonositelya s ispolzovaniyem izmereniya elektroprovodnosti i rN. [Mathematical simulation of water coolant ionic equilibriums through electrical-conductivity and pH measurements.] Teploenergetika, 2009, no. 7, pp. 13–18 (in Russian).
5. Shcherbakov, V. N. Issledovaniye elektrofizicheskikh svoystv vodnykh teplonositeley pri vysokikh parametrah : dis. ... kand. tekhn. nauk. [Study on electrophysical properties of water coolants at high temperatures : Cand. tech. sci. diss.] Moscow, 1980, 204 p. (in Russian).
6. Lukashov, Y. M. Eksperimentalno-teoreticheskoye obosnovaniye novykh metodov kontrolya kachestva para i vody sovremennykh teploenergeticheskikh ustanovok: dis. ... d-ra tekhn. nauk. [Experimental and theoretical justification of new methods of steam and water quality control at modern heat and power plants : Cand. tech. sci. diss.] Moscow, 1981, 411 p. (in Russian).
7. Sirota, A. M., Shvyryayev, Y. V. Elektroprovodnost vodnykh rastvorov ammiaka i morfolina i ionnoye proizvedeniye vody pri vysokikh parametrah. [Conductivity of aqua ammonia and morpholine, and ionic product of water at high parameters.] Teploenergetika, 1971, no. 4, pp. 49–50 (in Russian).
8. Wrigt, J. M., et al. The Behaviour of Electrolytic Solutions at Elevated Temperatures as Derived from Conductance Measurements. WAPD — TM — 204, June, 1961.
9. Quist, A. S., Marshall, W. L. Ionisation equilibria in ammonia-water solution to 700° and 4000 bars of pressure. J. Phys. Chem., 1968, vol. 72, no. 9, pp. 3122–3125.
10. Jones, M. E. The pH of Pure Water and of Ammonium, Lithium and Potassium Hydroxide Solutions. KAPL — M — MEJ — 1, Knolls Atomic Power Laboratory, Febr. 1958.
11. Lurye, Y. Y. Spravochnik po analiticheskoy khimii. [Handbook on Analytic Chemistry.] Moscow : Khimiya, 1989, 448 p. (in Russian).
12. Dobosh, D. Elektrokhimicheskiye konstanty : spravochnik dlya elektrokhimikov. [Electrochemical constants : handbook for electrochemists.] Moscow : Mir, 1980, 365 p. (in Russian).
13. Noyes, A. A., Yegoro Kato, Sosman, R. B. Z. Phys. Chem., 1910, vol. 73, no 1.
14. Shvyryayev, Y. V. Eksperimentalnoye issledovaniye elektroprovodnosti vody i vodnykh rastvorov elektrolitov pri vysokikh parametrah sostoyaniya : dis. ... kand. tekhn. nauk. [Experimental study on water and aqua solution conductivity of electrolytes at high state parameters : Cand. tech. sci. diss.] Moscow, 1969, 79 p. (in Russian).
15. Robinson, R., Stokes, R. Rastvory elektrolitov. [Electrolyte solutions.] Moscow : IL, 1963, 425 p. (in Russian).
16. Plugatyr, A., Carvajal-Ortiz, R. A., Svishchev, I. M. Ion-Pair Association Constant for LiOH in Supercritical Water. J. Chem. Eng. Data, 2011, vol. 56, no. 9, pp. 3637–3642.
17. Yefimov, N. N., et al. Eksperimentalnoye i teoreticheskoye obosnovaniye novogo metoda kontrolya kachestva rabocheho tela v konturakh TES i AES. [Experimental and theoretical justification of a new method of working medium quality control in TPP and NPP circuits.] Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region, 2012, no. 3, pp. 28–31 (in Russian).
18. Timrot, D. L., Golubev, B. P., Shcherbakov, V. N., Smirnov, S. N., Shaginyan, Y. P. Konduktometricheskiy datchik : avtorskoye svidetelstvo 958943 SSSR, MKI4 G01N 27/02/ — № 3248961/ [Conductivity sensor : inventor's certif. 958943, USSR, MKI4 G01N 27/02/ no. 3248961.] Bulletin no. 34, 3 p. (in Russian).

AQUA AMMONIA ELECTROLYTIC CHARACTER AND TPP COOLANT CONDUCTOMETRIC QUALITY CONTROL UNDER HIGH TEMPERATURES AND PRESSURES*

V. N. Shcherbakov

(Don State Technical University),

G. A. Vlaskov

(Rostov State University of Civil Engineering)

To improve the operational conductometric steam quality control at the TPP, CHPP, and NPP, the technique for NaCl and NH_4OH concentration in the saturated and superheated steam of the high- and supercritical pressure steam generators is developed, and a device for its implementation is offered. The error of determination in the range of the concentrations specific for the operated power plants is estimated. The equations describing the behavior of the thermodynamic dissociation constant, and limiting equivalent conductance of NH_4OH in a wide range of state parameters that can be used in calculating the concentrations according to the proposed technique, as well as in water chemistry organization and management, are proposed. The assessment of the approximation error of dependences for the experimental data on the dissociation constants and limiting equivalent conductance is given.

Keywords: operational control, steam quality, conductometric methods.

* The research is done within the frame of the independent R&D.