

## ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРОКАРБОНАТОВ НА pH И КОНЦЕНТРАЦИИ АММИАКА В УСЛОВИЯХ УХУЖДЕНИЯ КАЧЕСТВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ<sup>1</sup>

© 2023 г. О. В. Егошина<sup>а</sup>, \*, С. К. Звонарева<sup>а</sup>, А. О. Иванова<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”,  
Красноказарменная ул., д. 14, Москва, 111250 Россия

\*e-mail: yegoshinaov@mpei.ru

Поступила в редакцию 08.08.2022 г.

После доработки 15.01.2023 г.

Принята к публикации 25.01.2023 г.

Нарушения норм качества воды и пара могут привести к аварийным ситуациям на тепловых электростанциях. В условиях ТЭС химико-технологический мониторинг обеспечивает надежное и быстрое получение информации о нормируемых параметрах качества воды и пара путем прямого измерения или косвенного определения химических показателей анализируемой среды. Расширение функциональных возможностей систем химико-технологического мониторинга (СХТМ) и эффективное выявление возникающих нарушений водно-химического режима возможны благодаря прогнозированию и анализу изменения состава примесей по тракту энергоблока. Однако из-за большого объема химического контроля, выполняемого с помощью лабораторных анализаторов состава жидкости, надежность систем мониторинга качества воды и пара снижается. На ранних стадиях возникновения нарушений параметров водного теплоносителя контроль целесообразно осуществлять с использованием автоматических приборов, в том числе кондуктометров и pH-метров, поскольку в промышленной эксплуатации такие приборы являются наиболее надежными. В настоящее время продолжают совершенствоваться алгоритмы расчетов pH и концентрации аммиака на основе непрерывных измерений удельной электрической проводимости (УЭП). В данной работе исследована возможность применения косвенного алгоритма по измеренному значению УЭП в условиях ухудшения качества питательной воды и рассмотрена математическая модель расчета pH и концентрации аммиака, основанная на методе половинного деления. С помощью этой модели определены pH и концентрации аммиака при дозировании раствора гидрокарбонатов в контур экспериментальной установки в лабораторных условиях. В результате анализа выявлено, что в случае ухудшения качества воды погрешность расчета pH и аммиака увеличивается.

*Ключевые слова:* тепловая электростанция, энергоблок, водно-химический режим, химико-технологический мониторинг, автоматический химический контроль, качество воды и пара, удельная электрическая проводимость, водородный показатель, гидрокарбонаты, аммиак

**DOI:** 10.56304/S0040363623060036

Системы химико-технологического мониторинга на тепловых электростанциях постоянно совершенствуют с целью сократить объемы лабораторного химического контроля, для этого применяются математические методы анализа состояния водно-химических режимов [1]. Потребность в создании измерительных систем, обеспечивающих контроль основных нормируемых и диагностических показателей качества воды и пара по измеренным значениям УЭП, может быть удовлетворена путем разработки расчетных алгоритмов на базе электрохимических законов [2]. В па-

ровых котлах рабочая среда в большей степени загрязнена солями, диссоциирующими на катионы и анионы, и растворенными газами. Различить отдельные виды нарушений водно-химических режимов в соответствии с показателями, измеряемыми приборами автоматического химического контроля, возможно, используя математические модели ионных равновесий в питательной, котловой воде и в составляющих их потоках [3]. Подобные модели основаны на анализе ионных равновесий в водных потоках энергетических котлов [4]. Внедрение таких моделей в СХТМ даст возможность проводить расчет неизмеряемых показателей и тем самым снижать объем химического контроля.

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (№ 22-29-20314). <https://rscf.ru/project/22-29-20314/>

Таким образом, интеграция математических моделей в системы химико-технологического мониторинга позволит [5]:

увеличить количество информации о водно-химическом режиме для принятия решений;

прогнозировать возникновение и развитие нарушений водно-химического режима;

рассчитывать параметры, которые не измеряются методами автоматического химического контроля, например концентрацию аммиака;

упростить организацию водно-химического режима.

В настоящее время разработка моделей, предназначенных для определения качественных характеристик воды и пара, является актуальной задачей развития СХТМ [6–8]. Существующие способы нахождения этих характеристик для вод типа конденсата с использованием результатов измерений УЭП позволяют вычислять концентрации аммиака и уголекислоты как с применением номограмм, показывающих взаимосвязь измеряемых величин и концентраций аммиака и уголекислоты, так и с учетом изменения температуры в пределах 15–50°C [8, 9].

Математические модели работают точнее при значениях рН более 8.3, поскольку погрешность расчета не превышает приборной погрешности рН-метра равной 0.05. Данная особенность связана с принятым ионным составом в тех моделях, в которых не учитывается присутствие уголекислоты в анализируемой среде. Поскольку при рН менее 8.3 концентрация карбонат-ионов сводится практически к нулю и в анализируемой среде присутствует уголекислота, напрямую влияющая на рН, при снижении водородного показателя абсолютная погрешность повышается. Разность между расчетным и измеренным значениями концентрации аммиака возрастает с увеличением количества аммиака в исследуемой среде, что связано с принятыми допущениями в моделях, поэтому наиболее стабильной можно считать модель на основе измерений УЭП прямой и Н-катионированной проб ( $\chi$  и  $\chi_{\text{H}}$ ) по сравнению с алгоритмами, базирующимися на измерении УЭП только прямой пробы [6, 10]. В связи с этим предъявляются повышенные требования к точности измерения УЭП и к составу примесей в рабочей среде. Однако в реальных условиях работы энергоблоков качество конденсата и питательной воды изменяется в широком диапазоне; так, концентрация аммиака составляет от 0.5 до 1.0 мг/дм<sup>3</sup> [11]. В публикациях зарубежных авторов отмечено, что если УЭП Н-катионированной пробы не превышает 0.2 мкСм/см, то дополнительное измерение УЭП Н-катионированной пробы может использоваться для определения рН [12, 13].

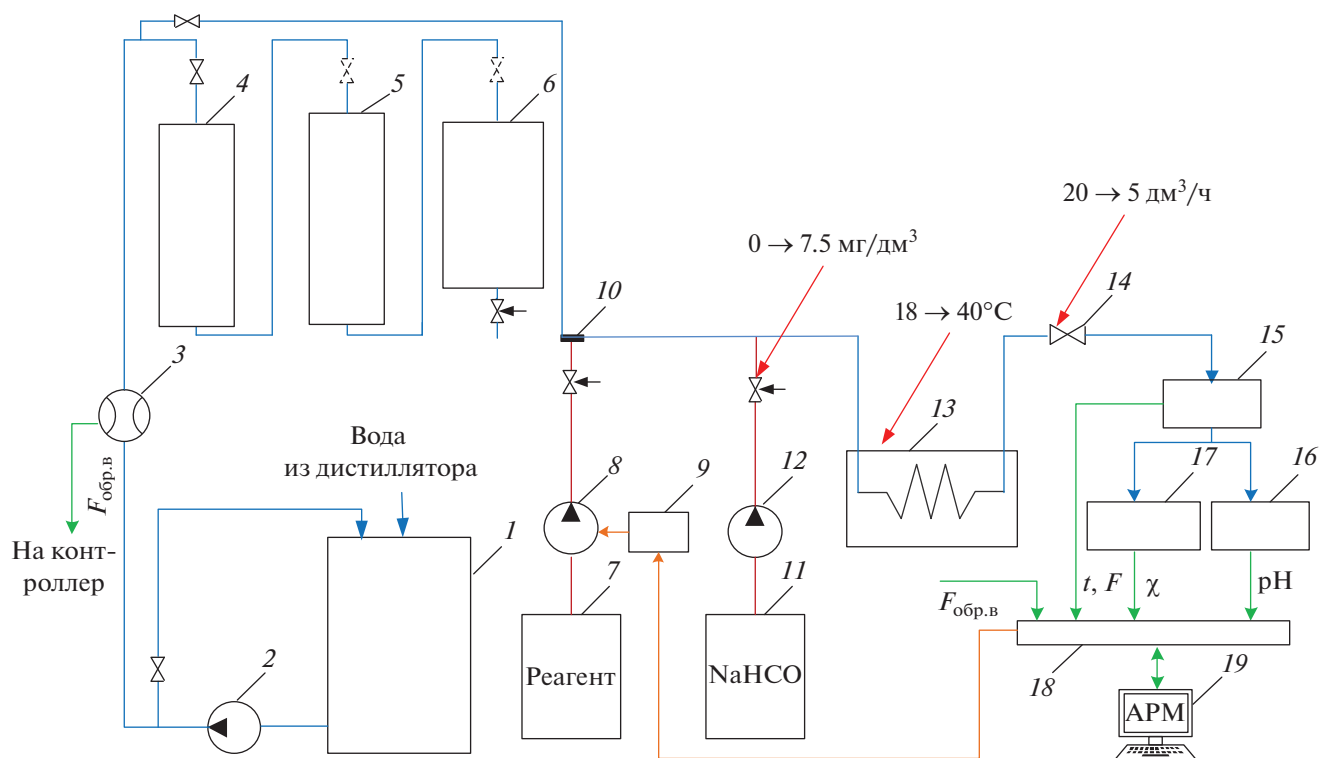
Еще одной проблемой в СХТМ является недостаточность расхода пробы в самых “нагруженных” точках контроля, таких как питательная вода, перегретый пар, особенно в контурах низкого давления парогазовых установок [5, 14]. Поэтому одним из возможных способов перераспределения расхода пробы на пробоотборные точки стало использование измерений УЭП для расчета рН и концентрации аммиака [14, 15].

В России и за рубежом разработаны различные модели для расчета концентрации аммиака на основе измерений УЭП, реализованные в промышленных кондуктометрах [16, 17]. Применение подобных приборов с расчетным определением рН и концентрации аммиака на энергетических объектах приводит к выявлению несовершенства работы алгоритмов в условиях ухудшения качества воды [2, 9, 10]. Поэтому цель данного исследования – оценить влияние гидрокарбонат-ионов на результаты расчета рН и концентрации аммиака, которые пригодны для практического использования на тепловых электростанциях. Экспериментальная часть выполнена на установке автоматического дозирования корректирующих реагентов, которая представляет собой физическую модель системы дозирования в ручном или автоматическом режиме управления химико-технологическим процессом на тепловых электростанциях. Принципиальная схема установки приведена на рис. 1.

С помощью имитатора возмущений моделировались увеличение температуры пробы от 18 до 40°C, снижение расхода пробы с 5 до 20 дм<sup>3</sup>/ч и изменение ионного состава пробы из-за повышения в пробе концентрации гидрокарбонат-ионов до 7.5 мг/дм<sup>3</sup>.

Данные по температуре  $t$ , расходу  $F$  и химическим показателям качества пробы с приборов химического контроля поступали на контроллер для управления насосом-дозатором, производительность которого менялась в зависимости от значений рН, УЭП и оказываемого внешнего возмущения на эти параметры. Показания расходомера, установленного в потоке обрабатываемой воды, позволяли контролировать ее расход в культуре установки ( $F_{\text{обр. в}}$ ).

Проведено исследование математической модели расчета рН и концентрации аммиака, основанной на методе половинного деления [5, 14]. Одним из главных преимуществ модели является возможность расчета рН в пределах приборной погрешности и концентрации аммиака по алгоритму с использованием измеренного значения удельной электрической проводимости [14], а также возможность обработки большого массива информации. Было принято, что в исследуемой среде содержатся определенные ионы:  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{CO}_3^{2-}$ ;  $\text{H}^+$ ;  $\text{OH}^-$ ;  $\text{NH}_4^+$ .



**Рис. 1.** Гидравлическая схема экспериментальной установки, моделирующей систему автоматического дозирования корректирующих реагентов.

1 – бак запаса дистиллированной воды (емкостью 100 дм<sup>3</sup>); 2 – насос подачи воды; 3 – расходомер; 4 – Н-катионитный фильтр; 5 – ОН-анионитный фильтр; 6 – фильтр смешанного действия; 7 – бак запаса реагента (емкостью 20 дм<sup>3</sup>); 8 – насос подачи аммиака; 9 – частотно-регулируемый привод; 10 – узел смешения; 11 – экспериментальный участок (труба из стали 20); 12 – насос подачи раствора гидрокарбонатов; 13 – термостат; 14 – запорный вентиль; 15 – устройство подготовки пробы; 16 – датчик рН-метра; 17 – датчик удельной электрической проводимости; 18 – контроллер; 19 – автоматизированное рабочее место

Учет изменений ионного состава по тракту энергоблока является весьма непростой задачей, поэтому при разработке модели для расчета концентрации аммиака приняты следующие допущения:

в обрабатываемой воде присутствуют только ионы водорода и гидроксила, а также формы диссоциации угольной кислоты, в рабочем растворе аммиака – только формы его диссоциации;

полные концентрации форм угольной кислоты в прямой и Н-катионированной пробах одинаковы;

концентрация аммиака в исходной воде равна нулю;

ионы аммония полностью удаляются на Н-колонке;

концентрацией ионов гидроксила в фильтрате Н-колонки можно пренебречь.

Эксперимент выполнялся при концентрации аммиака 0.6 мг/дм<sup>3</sup> и двух значениях концентрации гидрокарбонат-ионов в рабочем растворе: 1.9 и 2.5 мг/дм<sup>3</sup>. Расход обрабатываемой воды без дозирования гидрокарбонатов равнялся 15 дм<sup>3</sup>/ч,

рН исходной воды находился на уровне 7.1, УЭП прямой и Н-катионированной пробы исходной воды составляла 0.08 и 0.09 мкСм/см соответственно. В табл. 1 представлены показатели качества воды в период дозирования аммиака.

Значение рН исследуемой среды изменялось в пределах 9.12–9.13, что входит в допустимый диапазон погрешности рН-метра, УЭП Н-катионированной пробы практически не изменялась. После ввода раствора гидрокарбонатов измерялись концентрация аммиака, рН и УЭП прямой и Н-катионированной проб. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

**Таблица 1.** Изменение показателей качества воды при дозировании аммиака насосом-дозатором производительностью 0.6 дм<sup>3</sup>/ч и расходе обрабатываемой воды 15 дм<sup>3</sup>/ч

рН	$\chi$ , мкСм/см	$\chi_{\text{Н}}$ , мкСм/см
9.13	2.75	0.43
9.12	2.63	0.39

**Таблица 2.** Измеренные показатели качества воды после ввода гидрокарбонатов

$\chi$ , мкСм/см	$\chi_{\text{H}}$ , мкСм/см	pH	$C_{\text{NH}_3}$ , мг/дм <sup>3</sup>
Концентрация гидрокарбонатов 1.9 мг/дм <sup>3</sup>			
3.31	0.920	9.18	0.192
3.30	0.910	9.15	0.220
3.28	0.950	9.14	0.239
3.48	0.980	9.17	0.199
Концентрация гидрокарбонатов 2.5 мг/дм <sup>3</sup>			
4.20	0.988	9.16	0.287
4.13	0.995	9.08	0.300
4.10	0.997	9.07	0.315
4.14	1.003	9.05	0.305

Примечание.  $C_{\text{NH}_3}$  – концентрация аммиака.

Повышение концентрации гидрокарбонат-ионов в рабочем растворе от 1.9 до 2.5 мг/дм<sup>3</sup> привело к росту концентрации аммиака от 0.2 до 0.3 мг/дм<sup>3</sup>, что свидетельствует о расходовании части аммиака на нейтрализацию гидрокарбонатов.

В процессе ввода раствора гидрокарбонатов pH поддерживался в пределах  $9.1 \pm 0.1$ , что подобно условиям гидразинно-аммиачного водно-химического режима на энергоблоках с барабанными котлами. Увеличение расхода аммиака приблизительно в 2 раза вызвано наличием гидрокарбонат-

ионов в модельном растворе, в связи с этим отсутствует возможность полностью очистить от ионов аммония обрабатываемую воду на сильнокислотном катионите в ионообменном фильтре. Так как принято, что в исследуемом алгоритме участвуют только ионы водорода, гидроксила и формы диссоциации угольной кислоты, а часть аммиака проходит через смолу сильнокислотного катионита, появляется необходимость учитывать ионы аммония. На основе полученных значений показателей качества воды после ввода гидрокарбонат-ионов (см. табл. 2) был выполнен расчет по методу половинного деления по измеренным значениям УЭП прямой и Н-катионированной проб и результаты сведены в табл. 3. Графическое представление результатов экспериментов представлено на рис. 2 и 3.

Предлагаемый алгоритм без ввода раствора гидрокарбонатов работает с абсолютной погрешностью по pH равной 0.16 и по концентрации аммиака в пределах 0.06–0.12 мг/дм<sup>3</sup>. Необходимо отметить, что абсолютная погрешность pH-метров составляла 0.05 ед. pH согласно [18], по концентрации аммиака – 0.05 мг/дм<sup>3</sup> согласно [19]. При вводе гидрокарбонатов погрешность расчета увеличивалась и становилась примерно одинаковой при добавлении гидрокарбонатов с концентрацией 1.9 и 2.5 мг/дм<sup>3</sup>, относительная погрешность концентрации аммиака находилась на уровне 50–80%.

Максимальная погрешность по концентрации аммиака и pH превышает допустимый предел по-

**Таблица 3.** Результаты расчетов pH и концентрации аммиака по измеренным значениям удельной электрической проводимости в прямой и Н-катионированной пробах при различных производительностях насоса-дозатора

$g$ , дм <sup>3</sup> /ч	$\chi$ , мкСм/см	$\chi_{\text{H}}$ , мкСм/см	pH <sub>изм</sub>	pH <sub>расч</sub>	$\Delta$ pH	$\delta$ pH, %	$C_{\text{NH}_3}^{\text{изм}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$C_{\text{NH}_3}^{\text{расч}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\Delta C_{\text{NH}_3}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\delta C_{\text{NH}_3}$ , %
Без дозирования гидрокарбонатов										
0.6	2.75	0.43	9.13	8.97	0.16	1.75	0.220	0.279	0.059	21.14
	2.63	0.39	9.12	8.96	0.16	1.75	0.145	0.263	0.118	44.90
Концентрация гидрокарбонатов 1.9 мг/дм <sup>3</sup>										
0.9	3.31	0.92	9.18	8.96	0.22	2.40	0.192	0.368	0.176	91.66
	3.30	0.91	9.15	8.96	0.19	2.08	0.220	0.366	0.146	66.36
	3.28	0.95	9.14	8.95	0.19	2.08	0.239	0.364	0.125	52.30
	3.48	0.98	9.17	8.97	0.20	2.18	0.199	0.394	0.195	97.98
Концентрация гидрокарбонатов 2.5 мг/дм <sup>3</sup>										
1.2	4.201	0.988	9.16	9.08	0.08	0.87	0.287	0.510	0.223	81.18
	4.131	0.995	9.08	9.07	0.01	0.11	0.300	0.498	0.198	66.00
	4.101	0.997	9.07	9.06	0.01	0.11	0.315	0.493	0.178	56.51
	4.137	1.003	9.05	9.07	0.02	0.22	0.305	0.499	0.194	63.61

Примечание.  $g$  – производительность насоса-дозатора, дм<sup>3</sup>/ч;  $\Delta$ pH,  $\delta$ pH – абсолютная и относительная погрешность значения pH;  $\Delta C_{\text{NH}_3}$ ,  $\delta C_{\text{NH}_3}$  – абсолютная и относительная погрешность концентрации аммиака.

грешности, поэтому необходимо усовершенствовать математическую модель таким образом, чтобы она учитывала влияние ионов аммония в Н-катионированной пробе при увеличении расхода аммиака для получения требуемых значений рН в обрабатываемой воде. В процессе исследования был введен коэффициент учета ионов аммония в Н-катионированной пробе, который напрямую зависит от концентрации вводимых гидрокарбонат-ионов в рабочую среду до прохождения сильнокислотного катионита, поэтому проверка алгоритма проводилась только при дозировании гидрокарбонатов с концентрациями 1.9 и 2.5 мг/дм<sup>3</sup>. При использовании данного коэффициента погрешность расчета снизилась на 20%. Результаты сравнения алгоритма расчета концентрации аммиака и рН с учетом и без учета ионов аммония в Н-катионированной пробе представлены в табл. 4.

Предлагаемый алгоритм при отсутствии гидрокарбонатов в анализируемой воде с учетом и без учета ионов аммония в Н-катионированной пробе работает с одинаковыми погрешностями по концентрации аммиака и рН. Необходимо отметить, что чем выше концентрация гидрокарбонатов в исходном растворе, тем точнее “работает” коэффициент учета ионов аммония, поэтому погрешность расчета рН и концентрации аммиака при дозировании гидрокарбонатов с концентрацией 2.5 мг/дм<sup>3</sup> снижается приблизительно на 20%, с концентрацией 1.9 мг/дм<sup>3</sup> – 30%.

Таким образом, в случае ухудшения качества обрабатываемой воды при дозировании гидрокарбонатов приведенный алгоритм без учета ионов аммония в Н-катионированной пробе показал, что максимальная абсолютная погреш-

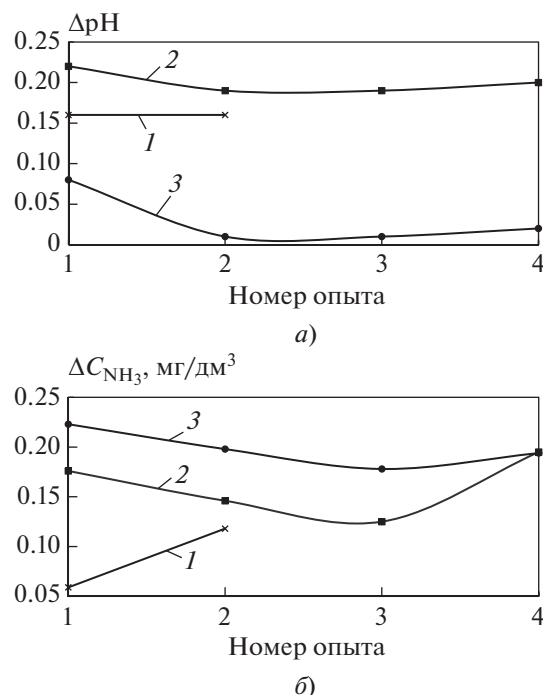


Рис. 2. Изменение абсолютной погрешности расчета значения водородного показателя ΔрН (а) и концентрации аммиака ΔС<sub>NH<sub>3</sub></sub> (б) до и после дозирования гидрокарбонатов.

1 – без дозирования гидрокарбонатов; при дозировании гидрокарбонатов концентрацией, мг/дм<sup>3</sup>: 2 – 1.9; 3 – 2.5

ность расчета концентрации аммиака в анализируемой среде составила:

0.195 мг/дм<sup>3</sup> при добавлении раствора, содержащего 1.9 мг/дм<sup>3</sup> гидрокарбонатов и рН = 0.22;

Таблица 4. Результаты сравнения алгоритма расчета с учетом и без учета ионов аммония в Н-катионированной пробе

Относительная погрешность значения водородного показателя ΔрН, %			Относительная погрешность концентрации аммиака δС <sub>NH<sub>3</sub></sub> , %		
без учета ионов аммония в Н-пробе	с учетом ионов аммония в Н-пробе	разность, %	без учета ионов аммония в Н-пробе	с учетом ионов аммония в Н-пробе	разность, %
Концентрация гидрокарбонатов 1.9 мг/дм <sup>3</sup>					
2.40	1.96	18.33	91.66	74.48	18.74
2.08	1.64	21.15	66.36	51.36	22.60
2.08	1.64	21.15	52.30	38.91	25.60
2.18	1.74	20.18	97.98	80.40	17.94
Концентрация гидрокарбонатов 2.5 мг/дм <sup>3</sup>					
0.87	0.43	50.57	81.18	56.79	30.04
0.11	0.22	100.00	66.00	46.66	29.30
0.11	0.33	200.00	56.51	38.10	32.58
0.22	0.55	150.00	63.61	44.59	29.90

0.223 мг/дм<sup>3</sup> при добавлении раствора с концентрацией гидрокарбонатов 2.5 мг/дм<sup>3</sup> и рН = 0.08.

Максимальная погрешность по концентрации аммиака и рН превышает допустимую, поэтому математическую модель требуется усовершенствовать так, чтобы она учитывала не только влияние ионов аммония в Н-катионированной пробе путем введения коэффициента, но и геометрические параметры Н-катионитного фильтра и состояние ионообменной смолы.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ влияния гидрокарбонатов на показатели качества воды выявил, что без ввода гидрокарбонатов математическая модель работает с погрешностью по рН равной 0.16 и по концентрации аммиака в диапазоне 0.06–0.12 мг/дм<sup>3</sup>, а после ввода гидрокарбонатов погрешность по концентрации аммиака возрастает в 2 раза.

2. Совершенствование математической модели при ухудшении качества питательной воды в результате учета ионов аммония в Н-катионированной пробе, геометрических параметров Н-катионитного фильтра и состояние ионообменной смолы позволит снизить как минимум на 20% погрешность используемого алгоритма при определении концентрации аммиака и значения рН в анализируемой среде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Воронов В.Н.** Использование систем химико-технологического мониторинга для совершенствования водных режимов на современных тепловых электростанциях // Энергетик. 2016. № 2. С. 41–44.
2. **Ларин А.Б., Ларин Б.М., Савинов М.П.** Расчетное определение качества пара энергетических котлов по измерению удельной электрической проводимости и рН // Теплоэнергетика. 2021. № 5. С. 63–71. <https://doi.org/10.1134/S0040363621040032>
3. **Ларин А.Б., Сорокина А.Я.** Методика расчета рН и концентраций ионных примесей питательной воды на ТЭС по измерениям удельной электропроводности // Вестник ИГЭУ. 2016. № 5. С. 10–15.
4. **Внедрение** системы автоматического химического контроля за водно-химическим режимом ТЭС / А.В. Колегов, Б.М. Ларин, А.Б. Ларин, Е.В. Козюлина // Вестник ИГЭУ. 2011. № 4. С. 15–19.
5. **Тет Вей Лин.** Разработка алгоритмов для диагностики ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга на ТЭС: дис. ... канд. техн. наук. М.: НИУ МЭИ, 2021.
6. **Ларин Б.М., Ларин А.Б.** Совершенствование химического контроля водно-химического режима ТЭС на основе измерений электрической проводимости и рН // Теплоэнергетика. 2016. № 5. С. 70–74. <https://doi.org/10.1134/S004036361603005X>
7. **Иванова А.Я.** Совершенствование химического контроля водного теплоносителя энергоблоков ПГУ на основе измерений электропроводности и рН: дис. ... канд. техн. наук. Иваново: ИГЭУ, 2019.
8. **Воронов В.Н., Петрова Т.И.** Математические модели и их использование в системах химико-технологического мониторинга электростанций // Теплоэнергетика. 2005. № 4. С. 51–53.
9. **Мостофин А.А.** Расчет значений рН и удельной электропроводности водных растворов NH<sub>3</sub> и CO<sub>2</sub> // Водоподготовка, водный режим и химконтроль на паросиловых установках. Вып. 2. М.: Энергия, 1966.
10. **Пат. № RU2168172C1 РФ, МПК G01N33/18.** Способ контроля качества конденсата и питательной воды / Н.А. Еремина, В.Г. Киет, А.Н. Коротков, Б.М. Ларин // Б. И. 2001. № 12.
11. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Минэнерго России. М.: СПО ОРГРЭС, 2003.
12. **Paranjape S.M.** Method to check secondary system рН, specific and cation conductivities vor PWR nuclear power plants // Ultrapure Water. 1988. V. 5. No. 12.
13. **VGB-Standard** Richtlinien für die Speisewasser, Kesselwasser und Dampfqualität für Kraftwerke // Industriekraftwerke. VGB-R 450 L. VGB Power Tech. Essen, Deutschland, 2006.
14. **Егошина О.В., Звонарева С.К., Тет Вей Лин.** Сравнительный анализ использования алгоритмов расчета рН и концентрации аммиака в системах химического контроля на тепловых электростанциях // Вестник МЭИ. 2021. № 2. С. 37–42.
15. **Ларин Б.М., Пирогов А.И., Козюлина Е.В.** Расчетная методика для определения величины рН по измерению электропроводности исходной и Н-катионированной проб // Вестник ИГЭУ. 2007. № 2. С. 55–57.
16. **Maurer H.** On-line рН-measurement by differential cation and specific conductivity // Intern. Chemistry on-line Process Instrumentation Seminar. Clearwater Beach, FL, USA, 1997.
17. **Ларин А.Б., Сорокина (Иванова) А.Я.** Испытание импортозамещающих автоматических анализаторов качества водного теплоносителя для энергоблоков ТЭС и АЭС // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. “Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XVIII Бенардосовские чтения)”. Иваново, ИГЭУ, 2015. Т. 2. С. 110–114.
18. **РД 52.24.495-2017.** Водородный показатель вод. Методика измерения потенциометрическим методом / ФГБУ ГХИ, 2017.
19. **РД 34.37.523.12-90.** Воды производственные тепловых электростанций. Методы определения показателей качества воды. Методы определения аммонийного азота / ВТИ. М., 1990.

## Estimation of Hydrocarbonates' Effect on Ammonia Concentration and pH in Conditions of Feed-Water Quality Deterioration

O. V. Yegoshina<sup>a, \*</sup>, S. K. Zvonareva<sup>a</sup>, and A. O. Ivanova<sup>a</sup>

<sup>a</sup> National Research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow, 111250 Russia

\*e-mail: yegoshinaov@mpei.ru

**Abstract**—Violations in water- and steam-quality standards cause emergencies at thermal power plants. In such conditions, chemical monitoring provides reliable and quick information about the normalized parameters of water and steam quality by direct measurement or indirect determination of the quality indicators of the analyzed medium. The expansion of functionality and effective detection of fast-flowing disturbances in cycle-chemistry monitoring systems is possible by predicting and analyzing the behavior of impurities along the path of the power unit. However, a large volume of chemical control performed with the help of laboratory chemical control analyzers reduces the reliability of water- and steam-quality monitoring systems. In the early stages, it is advisable to carry out the occurrence of violations of the quality of water and steam at the expense of automatic devices, including conductometers and pH meters, since such devices are the most reliable in industrial operation. Currently, algorithms for calculating pH and ammonia concentration based on continuous measurements of electrical conductivity continue to be improved. Within the framework of the work, the possibility of using an indirect algorithm based on the measurement of specific electrical conductivity in conditions of deterioration of feed water quality is investigated. The pH and concentration of ammonia were determined on the basis of measurements of specific electrical conductivity with dosing of hydrocarbonates in laboratory conditions. An experiment was performed, as a result of which it was revealed that, in case of water-quality deterioration, the error in calculating pH and ammonia increases.

**Keywords:** thermal power plant, power unit, cycle chemistry, cycle chemistry monitoring, automatic chemical control, water and steam quality