

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИМКОНТРОЛЯ ВОДНОГО РЕЖИМА НА ТЭС НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И pH

А.Б. Ларин\*, А.Я. Сорокина\*

\* Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина,  
Россия, Иваново, nasy\_0307@mail.ru

*Аннотация.* Предложен метод косвенного, расчетного определения ионных примесей питательной воды энергетических котлов по измерению удельной электропроводности охлажденных проб (прямой и Н-катионированной). Представлены результаты расчета концентраций ионных примесей питательной воды и пара энергетических котлов СВД и СКД.

*Ключевые слова:* водно-химический режим ТЭС, удельная электропроводность, математическая модель, нормы качества теплоносителя, автоматический химконтроль.

## IMPROVING CHEMCONTROL WATER REGIME OF TPPS ON THE BASIS OF MEASUREMENT OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND pH

A.B. Larin\*, A.Ya. Sorokina\*

\*Ivanovo State Power Engineering University,  
Ivanovo, Russia, nasy\_0307@mail.ru

*Abstract.* A method is proposed indirect determination of ionic impurities feed water power boilers for measuring conductivity cooled samples. Presents the results of calculating the concentration of ionic impurities feedwater and steam boilers SHP and SCP.

*Key words:* water-chemical mode TPP, conductivity, mathematical model, standards for the quality of the heat-carrier, automatic chemcontrol.

Ужесточение требований к качеству водно-химического режима (ВХР) на ТЭС, включая блоки с парогазовыми установками (ПГУ) и блоки суперсверхкритических параметров (ССКП) [1], заставляет искать пути дальнейшего совершенствования как водного режима, так и методов и средств автоматического химконтроля за ним. Этому же способствуют развитие информационных технологий, с одной стороны, и продолжающаяся оптимизация (сокращение) численности эксплуатационного персонала, с другой. На конференциях и совещаниях международной ассоциации по свойствам воды и пара (IAPWS) в последние годы постоянно обсуждаются и уточняются требования к химическому контролю водной среды энергоблоков ТЭС и АЭС, принятые как в России, так и за рубежом.

При высокой надежности кондуктометрических измерений новые нормы и анализаторы часто базируются именно на измерениях удельной электропроводности охлажденных проб. Такими являются: нормативный показатель «Общий органический углерод», анализаторы фирмы SWAN – FAM Deltacon pH и AMI Deltacon Power [1, 2]. Последний появился на рынке приборов автоматического химконтроля совсем недавно и дает косвенные измерения водородного показателя pH и концентрации аммиака в питательной воде энергоблока по измеренным значениям удельной электропроводности прямой и Н-катионированной пробы.

Косвенные измерения ряда нормируемых и диагностических показателей на базе измерений электропроводности и pH обеспечиваются расчетными алгоритмами. Достоверность расчетных алгоритмов в значительной степени определяет точность и надежность косвенных измерений. Так, названный выше анализатор фирмы SWAN дает значительные искажения косвенных значений pH при измерениях в воде, содержащей гидрокарбонаты [3], а также при фактических значениях pH равных 7,5 единиц и ниже, что имеет место на энергоблоках с нейтрально-кислородным водным режимом. В работе [4] показана возможность применения обобщенной математической модели (ММ) ионных равновесий, использующей измерения электропроводности и pH, для косвенных определений концентраций ионов в технологических водах ТЭС.

Однако, такая ММ имеет теоретический интерес, но малоприменима для практических измерений. Если принять в качестве измеряемых величин удельную электропроводность и рН в разных их сочетаниях, то можно предложить несколько расчетных алгоритмов косвенного определения нормируемых и диагностических показателей, полученных из ММ ионных равновесий и пригодных для оперативного автоматического химконтроля качества ВХР.

1. Измерения удельной электропроводности охлажденных проб: прямой ( $\chi$ ) и Н-катионированной ( $\chi_{\text{Н}}$ ) в сочетании с измерением рН конденсата пара или питательной воды энергетических котлов.

Решение ММ ионных равновесий в граничных условиях питательной воды энергетических котлов в этом случае обеспечивает косвенное определение концентраций аммиака, хлоридов, катионов жесткости и натрия в пересчете на натрий, что подтверждено патентом на изобретение [5] и многочисленными лабораторными и промышленными испытаниями, частью представленными в табл. 1. Концентрация аммиака рассчитывается в среднем с 10%-ым отклонением от аналитически измеренных аналогов. С использованием такого алгоритма разработана конструкция промышленного анализатора минеральных примесей конденсата АПК-051 – совместно с НПП «Техноприбор» (г. Москва) [5, 6].

Таблица 1. Расчет концентраций ионных примесей питательной воды и пара энергетических котлов СВД и СКД

ТЭС, котел, дата	Измеренные параметры				Расчетные параметры		
	$\chi^{25}$ , мкСм/см	$\chi_{\text{Н}}^{25}$ , мкСм/см	рН	$\text{NH}_3$ , мкг/дм <sup>3</sup>	$[\text{Cl}^-]$ , мкг/дм <sup>3</sup>	$[\text{Na}^+]_{\text{усл}}$	$[\text{NH}_3]$ , мкг/дм <sup>3</sup>
ИвтЭЦ-3 (17.03.10)	3,87	0,31	9,18	-	20,5	11,86	427,3
	3,91	0,17	8,99	-	14,51	6,37	431,8
С.-З. ТЭЦ С.-Петербурга П-90 (01.08.13)	8,01	0,18	9,47	-	10,3	6,77	1260,5
	8,04	0,19	9,47	1400	10,9	7,15	1270
Гусино-Озерская ГРЭС Бл-2 22.08.13	4,05	0,4	9,1	486	22,9	15,49	450
	3,22	0,45	9,1	-	25,8	17,54	326
Саранская ТЭЦ-2 Бл-2 (12.11.02)	5,42	0,9	9,2	700	51,5	37,18	698,04
	3,97	0,9	8,9	500	51,5	37,17	446
ТЭЦ-26 "МЭ" Бл-1, ТГМЕ-96Б (14.11.05)	6,64	0,92	9,42	-	52,7	38,10	950,11
	4,44	0,72	9,13	-	41,2	29,07	517,76
Конаковская ГРЭС Бл-6 (27.03.07)	0,195	0,183	7,64	-	10,5	6,39	12,07
	0,196	0,187	7,62	-	10,7	6,54	12,13
Пермская ГРЭС Бл-1, 2 (28.10.09)	0,28	0,08	7,99	-	4,6	2,72	17,91
	0,27	0,09	7,99	-	5,2	3,09	17,21

В условиях промышленной эксплуатации ТЭС названный объем автоматических измерений в питательной воде ( $\chi$ ,  $\chi_{\text{Н}}$ , рН) реализуется в штатном режиме на прямоточных котлах и котлах-утилизаторах ПГУ. На питательной воде барабанных котлов (р = 13,8 МПа) требуется дополнительная установка кондуктометра прямой пробы.

Технология реализована на барабанном котле (ст. №3) Ивановской ТЭЦ-3.

2. Измерение удельной электропроводности Н-катионированной пробы ( $\chi_{\text{Н,К.В.}}$ ) и рН (рН<sub>К.В.</sub>) котловой воды в сочетании с измерениями  $\chi$ ,  $\chi_{\text{Н}}$ , рН питательной воды (по п.1).

Решение ММ ионных равновесий в граничных условиях котловой воды барабанных котлов СВД (р = 13,8 МПа) позволяет предложить практический алгоритм,

обеспечивающий косвенное определение концентрации фосфатов и солесодержания котловой воды. Алгоритм реализован в системе химико-технологического мониторинга питательной и котловой воды Ивановской ТЭЦ-3 (котел ТП-87, ст. №3) и подтвержден патентом на изобретение [7, 8]. Разработаны методики автоматического определения времени срабатывания Н-колонки и автоматического управления дозировкой фосфатов в котловую воду.

Измерения удельной электропроводности и рН котловой воды являются штатными приборными измерениями на ТЭС.

3. Измерение удельной электропроводности Н-катионированных проб питательной воды и пара прямооточных энергетических котлов.

Решение ММ ионных равновесий для условий работы прямооточных котлов позволяет предложить простой метод расчетного определения потенциально-кислых примесей питательной воды [9]. Метод реализуется в рамках штатного автоматического химконтроля водного режима прямооточных котлов и может служить оперативным аналогом метода определения общего органического углерода, в том числе для котлов ССКП [2].

4. Измерение удельной электропроводности и рН в технологических системах обеспечения водного режима энергоблоков ТЭС.

К числу таких систем относится, прежде всего, водоподготовительная и деаэрационная установки, обеспечивающие нормативное качество добавочной воды [1], а также блочные обессоливающие установки и системы водяного охлаждения статоров электрогенераторов энергоблоков.

Глубокая деминерализация и декарбонизация добавочной воды является одной из наиболее важных задач обработки воды на ТЭС. Невысокая оперативность лабораторного химического анализа может быть причиной преждевременного срабатывания ионитных фильтров и нарушения норм качества питательной воды. В данной работе предложен метод расчетного определения концентраций проскока сорбируемых ионов на Н-катионитных и ОН-анионитных фильтрах и эффективности декарбонизации воды в схеме химического обессоливания по измерениям удельной электропроводности и рН. Метод опробован на блоке фильтров (БФ-1) водоподготовительной установки Костромской ГРЭС (КГРЭС). Объем автоматического химконтроля представлен на рис. 1.

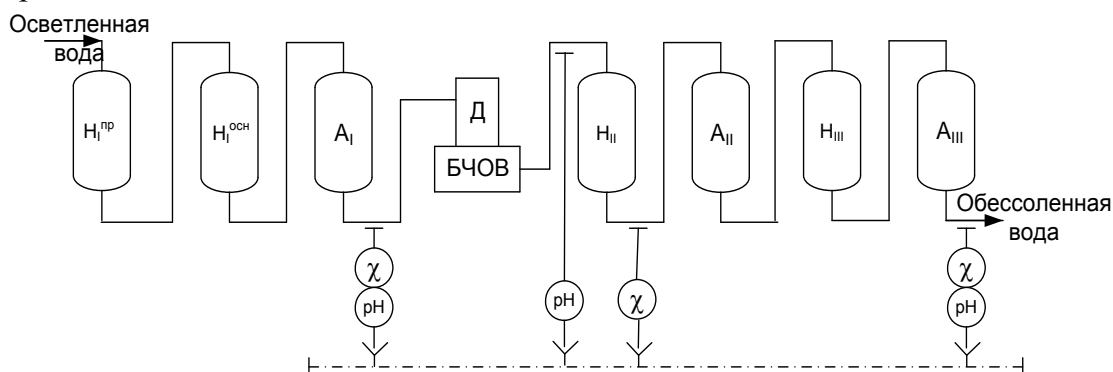


Рис. 1. Принципиальная схема блока фильтров химического обессоливания воды в три ступени (с системой автоматического химконтроля);  $\chi$  - датчик кондуктометра; рН – датчик рН-метра

Предложенная методика основана на частном решении ММ ионных равновесий в условиях качества частично- и глубокообессоленной воды и позволяет контролировать работу как ионитных фильтров, так и декарбонизатора обессоливающей установки.

Удаление остаточной углекислоты – свободной и, частично, связанной из добавочной воды производится, как правило, в атмосферных деаэраторах. Работа таких установок в качестве декарбонизаторов может оцениваться измерением показателя рН поступающей воды и выходящей воды из деаэраторной установки. Расчетный алгоритм обеспечивает возможность косвенного определения эффективности удаления свободной и связанной углекислоты ( $\Delta\text{CO}_2$ ) по величине изменения показателя рН ( $\Delta\text{pH}$ ) равного разности значения рН деаэрированной и поступающей в установку воды (рис. 2).

Еще одним объектом реализации косвенного метода автоматического контроля качества водного режима вспомогательных систем может быть система оборотного охлаждения статора электрогенератора. Нормативное значение рН может быть обеспечено автоматическим контролем удельной электропроводности охлаждающей воды, что проверено в условиях работы энергоблока Конаковской ГРЭС [10].

Таким образом, использование измерений электропроводности и рН охлажденных проб водного теплоносителя на ТЭС позволяет решить ряд важных задач оперативного химического контроля водного режима, как основного контура, так и вспомогательных систем энергоблока ТЭС. Представленные методы базируются на штатных измерительных системах химконтроля и не требуют сколько-нибудь существенных изменений и дополнений в системы АХК. Основу предложенных расчетных алгоритмов составляет сочетание частных решений ММ ионных равновесий и измерений удельной электропроводности прямой и Н-катионированной проб водного теплоносителя. Предложенные методы проверены в условиях промышленной эксплуатации на ТЭС и частично реализованы в разработках новых приборов и систем автоматического химконтроля.

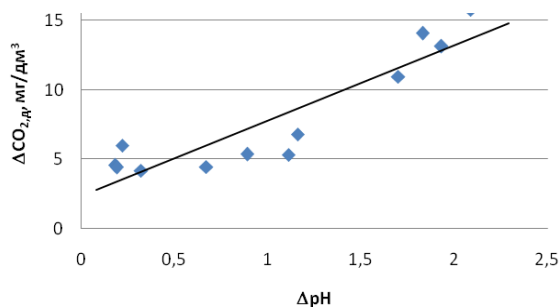


Рис. 2. Расчетная зависимость эффекта декарбонизации от изменения рН деаэрируемой воды в атмосферных деаэраторах типа ДСА-300

### Библиографический список

1. Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условия создания. Нормы и требования. СТО 70238424.27.100.013-2009. НП «ИНВЭЛ». М.: 2009.
2. Ларин Б.М., Ларин А.Б. Обеспечение водно-химического режима котлов суперсверхкритических параметров // Энергосбережение и водоподготовка. – М. – ООО «ЭНИВ»: 2013. №8. С. 19-23.
3. Ларин А.Б., Колегов А.В. Мониторинг водно-химического режима энергоблоков ТЭС с ПГУ // Вестник ИГЭУ: Журнал.— Иваново: ООО "ПресСто". 2013. №3. С.14-18.
4. Бушуев Е.Н. Математическое моделирование ионных равновесий водного теплоносителя с использованием измерений электропроводности и рН // Теплоэнергетика. 2009. №7. С. 13-18.
5. Анализатор примесей конденсата и способ их определения: пат. РФ №2348031. / Ларин Б.М., Бушуев Е.Н., Козюлина Е.В., Ларин А.Б., Киет С.В. Опубликовано: 27.02.2009. Бюл. №9.
6. Киет С.В., Воронов В.Н., Бушуев Е.Н. Использование анализатора АПК-051 в системе химико-технологического мониторинга // Теплоэнергетика. 2009. №7. С. 75-78
7. Ларин Б.М., Ларин А.Б., Козюлина Е.В., Колегов А.В. Расчет показателей качества водного теплоносителя и оценка состояния ВХР барабанных котлов // Теплоэнергетика. 2012. №7. С. 10-14
8. Способ определения концентрации фосфатов в котловой воде барабанных энергетических котлов: пат. РФ №2389014. / Ларин Б.М., Бушуев Е.Н., Ларин А.Б., Еремина Н.А. Зарегистрировано 10.05.2010.
9. Способ определения концентрации кислых продуктов термолитического разложения органических примесей в паре прямооточных энергетических котлов: пат. РФ №2329500. / Ларин Б.М., Бушуев Е.Н., Батти М.К.Л., Ларин А.Б. Опубликовано: 20.07.2008. Бюл. №20.
10. Ларин Б.М., Ларин А.Б., Коротков А.Н., Опарин М.Ю. Водный режим системы охлаждения статора электрогенератора энергоблока ТЭС // Теплоэнергетика. 2011. №7. С. 17-20.