

К ВОПРОСУ О ФОСФАТИРОВАНИИ КОТЛОВОЙ ВОДЫ БАРАБАННЫХ КОТЛОВ СВД

РИВКИН А.С., ЕРЕМИНА Н.А., кандидаты техн. наук, ТИХОМИРОВА Ю.Ю., асп.

Изложены проблемы организации и наладки режима автоматической дозировки фосфатов в барабанный котел на ТЭЦ ОАО «Мосэнерго». Представлены результаты исследований по химическому контролю концентрации фосфатов в котловой воде методом измерения электропроводности и pH.

Ключевые слова: барабанные котлы, фосфатирование воды, математическая модель ионного равновесия.

THE PROBLEM OF DRUM BOILER WATER PHOSPHATIZING

RIVKIN A.S., Ph.D., EREMINA N.A., Ph.D., TIKHOMIROVA Yu.Yu., postgraduate

The article touches upon the organization and adjustment mode problems of automated phosphate dosing in drum boiler at heating power plant "Mosenergo" public company. It contains the research results of chemical control of phosphates concentration in boiler water by electroconductivity and pH measuring method

Key words: drum boilers, water phosphatizing, ionite balance mathematical model.

Проблема совершенствования ВХР ТЭС в последнее время в большой степени связана с переменными режимами работы электростанций. В этих условиях значительную роль играет химический контроль дозировки реагентов, качества конденсатов, добавочной, питательной и котловой вод, состояния поверхностей нагрева оборудования ТЭС.

В настоящее время для контроля качества котловой воды барабанных котлов применяются как ручные, так и приборные методы. Автоматический контроль ведется лишь за величиной pH и электропроводностью (в солевых отсеках). Традиционные методы ручного оперативного химического контроля, как правило, трудоемки и не позволяют достаточно быстро получать информацию для управления ВХР, и поэтому не позволяют своевременно устанавливать и устранять нарушения водно-химического режима.

Попытка внедрения автоматического контроля концентрации фосфатов в котловой воде была осуществлена ВТИ на ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго» в 1998 г. [1].

Установка фосфатирования котловой воды (рис. 1) на ТЭЦ-26 включает в себя:

- бак-мерник рабочего раствора фосфатов объемом 3 м³;
- два плунжерных насоса-дозатора на каждый котел типа: НД-25/50 №№1, 2 (максимальная производительность 25 л/ч) блока №1; НД-100/250 №№3, 4 (максимальная производительность 100 л/ч) блока № 2.

Рабочий раствор фосфатов готовится на реагентном хозяйстве ХВО и перекачивается в бак-мерник установки фосфатирования с помощью центробежного насоса.

Рабочий диапазон регулирования хода плунжера насосов-дозаторов в соответствии с заводской инструкцией составляет 15–60 мм. При изменении длины хода плунжера произ-

водительность насоса изменяется прямо пропорционально.

Раствор фосфатов со склада реагентов

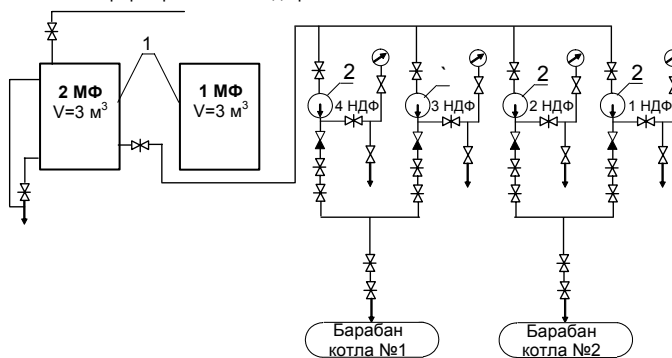


Рис. 1. Схема установки фосфатирования котловой воды котла ТГМ-96Б: 1 – бак-мерник фосфатов, 2 – насос-дозатор фосфатов (котел №1 – Q = 25 л/ч; котел №2 – Q = 100 л/ч)

Насосы-дозаторы №№ 1, 4 работают при ручном управлении. Регулирование подачи (производительности) осуществляется изменением хода плунжера или периодическим включением-отключением насоса.

Автомат регулирования дозировочного насоса (АРДН) получает электрический сигнал от датчика расхода питательной воды на котел и в зависимости от полученного сигнала устанавливает требуемую частоту вращения электродвигателя. Датчик расхода питательной воды выдает сигнал в пределах производительности котла 0–630 т/ч. АРДН, получая сигнал от датчика, обеспечивает непрерывную работу насоса-дозатора в диапазоне нагрузок котла 40–100 % от максимальной 630 т/ч.

Было принято, что производительность насосов-дозаторов с АРДН на блоках №№ 1, 2 должна быть 25 л/ч. Реальная производительность насосов-дозаторов при нагрузках котлов в пределах 240–480 т/ч будет составлять 10–19 л/ч.

Для определения рабочей концентрации фосфатов были приняты следующие условия:

- производительность насоса-дозатора в зависимости от нагрузки котла по питательной воде определяется по графику зависимости концентрации фосфатов от электропроводности (рис. 2);
- непрерывная продувка котла составляет 1% от паропроизводительности;
- содержание фосфатов в солевом отсеке 10 мг/л (в соответствии с ПТЭ избыток не должен превышать 12 мг/л).

Таким образом, определенная с помощью уравнения материального баланса рабочая концентрация фосфатов должна составлять около 2,5 г/л. Контроль концентрации приготовленного раствора фосфатов осуществлялся также и путем измерения электропроводности приготовленного раствора.

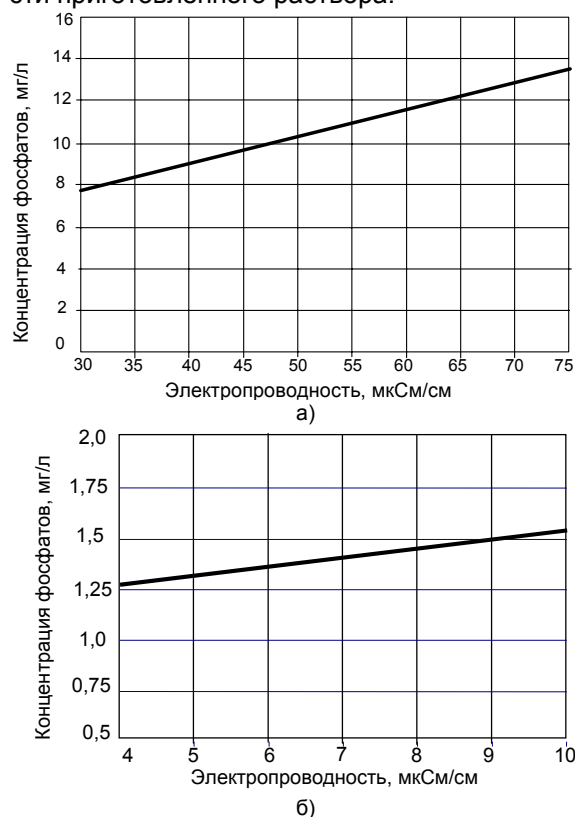


Рис. 2. Графики зависимости концентрации фосфатов в котловой воде от электропроводности при наладке дозирования фосфатов в барабан котла в автоматическом режиме на ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго»: а – в солевом отсеке; б – в чистом отсеке

Одним из условий успешной реализации данной схемы автоматического регулирования концентрации фосфатов в котловой воде является строгое поддержание размера непрерывной продувки – 1 % от паропроизводительности котла. На обоих блоках с барабанными котлами регулирование непрерывной продувки было ручное, дистанционное. В периоды изменения нагрузок на котлах часто нарушался размер продувки. Однако в целом использование АРДН позволяло поддерживать содержа-

ние фосфатов в пределах норм ПТЭ при достаточно широком диапазоне изменения нагрузок котлов.

На рис. 2 представлены графики зависимости концентрации фосфатов от электропроводности в чистом и солевом отсеке блоков №№ 1, 2, ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго», полученные в процессе проведения наладочных работ, которые могут быть использованы для контроля режима фосфатирования [1]. Электропроводность пробы котловой воды пропорциональна концентрации в ней фосфатов. Соотношение электропроводности котловой воды и концентрации в ней фосфатов устанавливалось опытным путем в лабораторных условиях.

К недостаткам схемы автоматического дозирования фосфатов на базе АРДН можно отнести отсутствие обратной связи от регулируемого параметра (т.е. от концентрации фосфатов в котловой воде). Поэтому при такой разомкнутой схеме регулирования наблюдаются достаточно широкие колебания концентрации фосфатов как в чистом, так и в солевом отсеках.

В соответствии с изложенным сотрудниками кафедры ХХТЭ ИГЭУ был проведен анализ состояния режимов фосфатирования барабанных котлов ряда ТЭС с определением соотношения χ -[PO_4^{3-}] (рис. 3), а также предпринята попытка разработки метода количественного контроля избытка фосфатов по измерению удельной электропроводности и pH охлажденной пробы котловой воды.

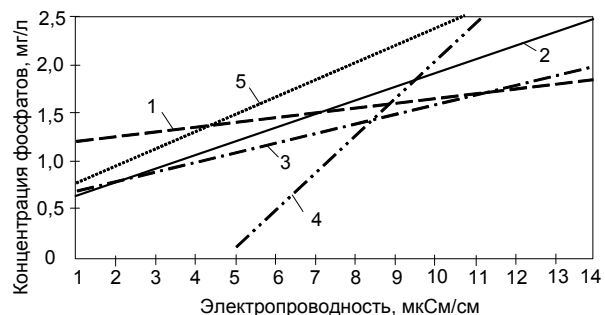


Рис. 3. Графики зависимости концентрации фосфатов от электропроводности котловой воды для ряда ТЭС: 1 – данные ВТИ по ТЭЦ-26 [1]; 2 – данные авторов по ТЭЦ-26; 3 – данные авторов по Саранской ТЭЦ-2; 4 – данные МЭИ по Петрозаводской ТЭЦ [2]; 5 – данные авторов по Ивановской ТЭЦ-3

Анализ полученных данных (рис. 3) показал, что на разных котлах, равно как и на одном котле в разное время, отсутствует однозначная зависимость концентрации фосфатов от удельной электропроводности, что практически исключает возможность использования простых эмпирических зависимостей χ -[PO_4^{3-}].

Эти различия могут быть объяснены различной концентрацией солевых примесей и аммиака, содержащихся в питательной и котловой воде, условиями подачи фосфатов в

барaban котла, а также условиями эксплуатации котла.

Для получения количественного соотношения концентрации фосфатов и удельной электропроводности котловой воды нами составлена и решена математическая модель ионных равновесий котловой воды, которая является развитием разработанной ранее модели ионных равновесий для питательной воды [3].

В основе этой математической модели лежат следующие уравнения:

- уравнения, отвечающие диссоциации слабых электролитов в котловой воде:

$$[H^+][OH^-] = K_w;$$

$$[H^+][HCO_3^-] = K_I[H_2CO_3];$$

$$[H^+][CO_3^{2-}] = K_{II}[HCO_3^-];$$

$$[NH_4^+][OH^-] = K_{NH_4OH}[NH_4OH];$$

$$[H^+][H_2PO_4^-] = K_I^{H_3PO_4}[H_3PO_4];$$

$$[H^+][HPO_4^{2-}] = K_{II}^{H_3PO_4}[H_2PO_4^-];$$

$$[H^+][PO_4^{3-}] = K_{III}^{H_3PO_4}[HPO_4^{2-}];$$

- уравнение электронейтральности для котловой воды

$$[Na^+] + 2[Ca^{2+}] + 2[Mg^{2+}] + [NH_4^+] + [H^+] = [OH^-] + [Cl^-] + [SO_4^{2-}] + [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [H_2PO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + 3[PO_4^{3-}];$$

- уравнение электропроводности для котловой воды

$$1000\chi = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{OH^-}[OH^-] + \lambda_{NH_4^+}[NH_4^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-] + \lambda_{CO_3^{2-}}2[CO_3^{2-}] + \lambda_{HCO_3^-}[HCO_3^-] + \lambda_{H_2PO_4^-}[H_2PO_4^-] + \lambda_{HPO_4^{2-}}2[HPO_4^{2-}] + \lambda_{PO_4^{3-}}3[PO_4^{3-}].$$

С учетом последующих преобразований и упрощений, за счет дополнения системы уравнений уравнением электропроводности Н-катионированной пробы, а также введения измерений ряда неизвестных с использованием χ , χ_H , рН, число уравнений в системе становится равным 13 при 13 неизвестных величинах. Система уравнений становится разрешимой.

Решение такой системы достаточно сложно, поэтому на первоначальном этапе имело место решение обратной задачи: нахождение удельной электропроводности и рН охлажденной пробы котловой воды (в режиме чисто фосфатной щелочности) по известным значениям:

- минерализации котловой воды, мг/л;
- концентрации фосфатов, мг/л;
- концентрации аммиака, мкг/л.

На основе составленного алгоритма по решению данной задачи был произведен расчет показателей качества котловой воды чистого отсека барабанного котла (см. таблицу).

За основу расчета были взяты данные химического анализа и автоматического измерения показателей пробы котловой воды, полученные группой работников кафедры ХХТЭ ИГЭУ на блоке с турбиной ПТ-80 ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго» 14.11–15.11.2005.

Результаты расчета показателей качества котловой воды чистого отсека барабанного котла

Время измерения	Исходные данные		Результаты расчета и измерения			
	Параметры	Значения	$\chi_{расч}$	рН _{расч}	$\chi_{изм}$	рН _{изм}
22 ⁰⁰	χ_H , мкСм/см [PO ₄ ³⁻], мг/л [NH ₃], мкг/л	9,59 2,27 290	16,9	9,09	16,3	9,1
24 ⁰⁰	χ_H , мкСм/см [PO ₄ ³⁻], мг/л [NH ₃], мкг/л	5,44 0,48 246,5	8,9	8,9	9,5	8,8
2 ⁰⁰	χ_H , мкСм/см [PO ₄ ³⁻], мг/л [NH ₃], мкг/л	3,26 0,4 159,5	4,76	8,8	4,93	8,2
4 ⁰⁰	χ_H , мкСм/см [PO ₄ ³⁻], мг/л [NH ₃], мкг/л	2,11 0,25 174	3,67	8,8	3,14	7,9
6 ⁰⁰	χ_H , мкСм/см [PO ₄ ³⁻], мг/л [NH ₃], мкг/л	1,65 0,31 87	3,04	8,7	2,45	8,1
10 ⁰⁰	χ_H , мкСм/см [PO ₄ ³⁻], мг/л [NH ₃], мкг/л	8,4 2,0 304,5	15,2	9,4	13,9	9,3

Измерения проводились в сложном режиме ночного снижения нагрузки энергоблока (от 80 до 60 МВт электрической мощности турбины) с отключением дозирования аммиака и фосфатов и с последующим увеличением всех характеристик в утренние часы. Полученные результаты иллюстрируют графики на рис. 4.

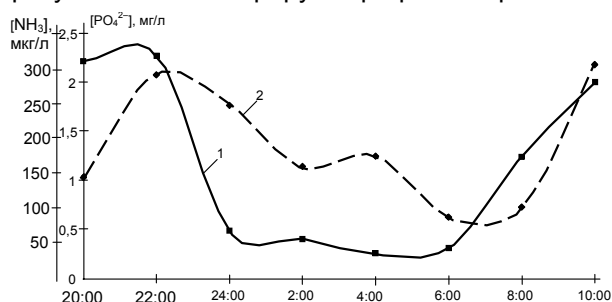


Рис. 4. Графики изменения концентрации аммиака и фосфатов в котловой воде барабанного котла чистого отсека ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго» от времени (14.11–15.11.2005)

Таким переменным режимом можно объяснить значительные расхождения в измеренных и расчетных значениях удельной электропроводности и рН ряда проб котловой воды. Наряду с этим можно отметить, что в среднем по всему периоду наблюдений имела место достаточно хорошая сходимости расчетных и измеренных величин.

Более низкие значения измеренных величин рН по сравнению с расчетными анало-

гами свидетельствуют о том, что расчетный режим чисто фосфатной щелочности в период измерений (14–15 ноября) на котле блока №1 достигнут не был, что допускается нормами ПТЭ [4].

Таким образом, проведенное исследование показало, что возможен автоматический химический контроль концентрации фосфатов в котловой воде барабанных котлов СВД методом измерения удельной электропроводности и pH охлажденных проб. В настоящее время разрабатывается алгоритм такого расчета и после опытной проверки в промышленных условиях результаты будут опубликованы в печати.

Еремина Наталья Александровна,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры химии и химических технологий в энергетике,
телефон (4932) 26-99-32,
e-mail: admin@xxte.ispu.ru

Ривкин Александр Семенович,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
кандидат технических наук, доцент кафедры химии и химических технологий в энергетике,
телефон (4932) 26-99-32,
e-mail: admin@xxte.ispu.ru

Тихомирова Юлия Юрьевна,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
аспирант кафедры химии и химических технологий в энергетике,
телефон (4932) 26-99-32,
e-mail: admin@xxte.ispu.ru

Список литературы

1. **Технический** отчет по работе «Наладка режимов фосфатирования барабанного котла ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго». – М.: ВТИ, 1998.
2. **Сметанин Д.С.** Разработка и использование технологических алгоритмов в системах химико-технологического мониторинга водно-химических режимов тепловых электростанций: Дис... канд. техн. наук. – М.: МЭИ, 2005.
3. **Реализация** мониторинга водно-химического режима барабанных котлов / Б.М. Ларин, Е.В. Козюлина, Ю.Ю. Тихомирова и др. // Теплоэнергетика. – 2005. – № 10. – С. 11–17.
4. **Типовой** эксплуатационный регламент водно-химического режима барабанных котлов высокого давления: РД 153-34.531-00. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.