

ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

2010 **4**
июль -
август



Безопасность труда
и качество трудовой жизни
(стр. 11)



Архитектурный проект
«Энергоэффективное здание
«Экодом Solar-5»
(стр. 17)

Приказ
от 16 апреля 2010 г. № 178
Об утверждении примерной формы предложения
об оснащении приборами учета используемых
энергетических ресурсов
(стр. 41)

УДК 621.18

Особенности применения эпурамина для обработки котловой воды

И. И. Беляков,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник ОАО «НПО ЦКТИ», г. Санкт-Петербург

В. И. Бреус,
кандидат технических наук, заведующий лабораторией ОАО «НПО ЦКТИ»

А. Н. Нагорский,
инженер, технический директор ООО «ВОСТОК», г. Донецк

Для предотвращения коррозии внутренней поверхности парообразующих труб барабанных котлов и снижения интенсивности образования внутренних отложений в процессе длительной эксплуатации необходимо осуществлять кондиционирование котловой воды введением специальных реагентов. В статье приводится анализ работы котлов высокого давления на эпураминном водно-химическом режиме.

Ключевые слова: барабанный котел высокого давления, водно-химический режим, коррозия, эпурамин.

Рациональная организация водно-химического режима (ВХР) барабанных котлов – один из главных факторов, обеспечивающих надежную работу парообразующих поверхностей нагрева при длительной эксплуатации.

Особенностью барабанного котла является наличие фиксированной точки, где происходит разделение пароводяной смеси. Вследствие различия растворимости примесей в паре и воде в котловой воде происходит значительное увеличение их концентрации. Это дает возможность путем организации непрерывной продувки удалять часть примесей из тракта котла и тем самым обеспечивать требуемое качество пара при более низком качестве питательной воды, чем, например, в прямоточных котлах. Однако для предотвращения коррозии внутренней поверхности парообразующих труб барабанных котлов и снижения интенсивности образования внутренних отложений в процессе длительной эксплуатации необходимо осуществлять кондиционирование котловой воды введением специальных реагентов.

В течение более чем столетней истории эксплуатации барабанных котлов было апробировано много различных способов ведения ВХР котловой и питательной воды. В настоящее время повсеместное распространение на электростанциях России получили гидразинно-аммиачная обработка питательной воды и фосфатная (или в смеси с едким натром) обработка котловой воды. В последние годы для коррекции ВХР барабанных котлов используются различные плёнкообразующие амины. Информация об опыте их применения весьма ограничена, в технической литературе приводятся данные о применении хеламина [1-3].

В 2003–2005 гг. на барабанных котлах с давлением $P=15,5$ МПа конденсационных энергоблоков мощ-

ностью 210 МВт Кураховской и Луганской ТЭС в Украине для коррекционной обработки котловой воды использовался полиамин торговой марки «Erichamin» (эпурамин). Предполагалось, что применение эпурамина позволит повысить надежность и эффективность работы оборудования за счет упрощения ведения и контроля ВХР путем использования одного реагента вместо аммиака, гидразина, едкого натра и фосфатов, отказа от проведения специальной консервации оборудования при выводе его в резерв или длительный ремонт, снижения непрерывной продувки вследствие снижения солесодержания котловой воды, увеличения межпромывочного периода из-за снижения интенсивности образования отложений на внутренней поверхности экранированных труб.

Эпурамин обладает специфическим запахом, характерным для аминов, его плотность при температуре $t=20$ °C составляет $\rho=1,1$ кг/м³, а значение pH=12,6, термостабилен и смешивается с водой в любых соотношениях. Формула эпурамина имеет вид



где n может изменяться от 1 до 7;

R – алифатическая цепь с минимальным значением C_{12} и доминирующим C_{18} .

Существует несколько марок эпурамина с различными свойствами пленкообразования и диспергирования. Пленкообразующие компоненты аминов способствуют разрыхлению и удалению ранее образовавшихся отложений продуктов коррозии с продувкой котла в виде тонкодисперсного шлама.

Диспергирующие свойства эпурамина заключаются в образовании стабильных соединений солей

кальция и при превышении их стехиометрических концентраций способствуют переводу солей жесткости в мелкодисперсный шлам, удаляемый с непрерывной продувкой.

Перевод котлов на эпуранинnyй ВХР производился с учетом требований инструкции по коррекционной обработке котловой воды данным реагентом котлов с давлением 2,4–13,8 МПа [4].

Следует отметить, что перед переводом котлов на эпуранинnyй ВХР кислотная промывка топочных экранов не выполнялась, что вызвало нестабильность ВХР в начальный период работы котлов.

При переводе первого котла на эпуранинnyй ВХР не проводилась консервация поверхностей нагрева в связи с тем, что не планировался длительный простой во время проведения ремонта. Перевод других котлов на эпуранинnyй ВХР производился после длительных капитальных ремонтов, поэтому перед выводом их в ремонт выполнялась консервация с использованием октадециламина (ОДА).

Оперативный химический контроль ВХР с дозированием эпурамина в питательную воду, а на одном из котлов в котловую, осуществлялся согласно графику и объему измерений в соответствии с требованиями ПТЭ [5].

Вследствие отсутствия надежной методики определения концентрации эпурамина дозировка его контролировалась по значению pH в барабане котла. Для более полного представления о ВХР с использованием эпурамина периодически дополнительно определялись концентрации солей жесткости, Na, NH₃ в питательной воде, насыщенном паре и котловой воде солевого и чистого отсеков.

Необходимо отметить, что значение pH котловой воды барабанных котлов является одним из главных показателей ВХР и оптимальное его значение определяется свойствами реагента, применяемого для кондиционирования водно-химического режима. Так, при гидратном (щелочном) ВХР предельное значение pH определяется условиями предотвращения щелочной коррозии. При фосфатном ВХР значение pH котловой воды обусловлено условиями перевода соединений солей жесткости в шлам для его удаления с непрерывной продувкой.

По мнению специалистов ОАО «НПО ЦКТИ», оптимальное значение pH определяется на основании оценки буферности реагента, применяемого для кондиционирования котловой воды [6]. Представляет интерес сопоставление приведенных на рис. 1 зависимостей изменения ΔpH растворов Na₃PO₄ и эпурамина при последовательном добавлении к исходному раствору 0,005 нормального раствора соляной кислоты.

Из рисунка следует, что максимальная буферность раствора Na₃PO₄ имеет место при значении pH>9,7. Таким образом, при фосфат-

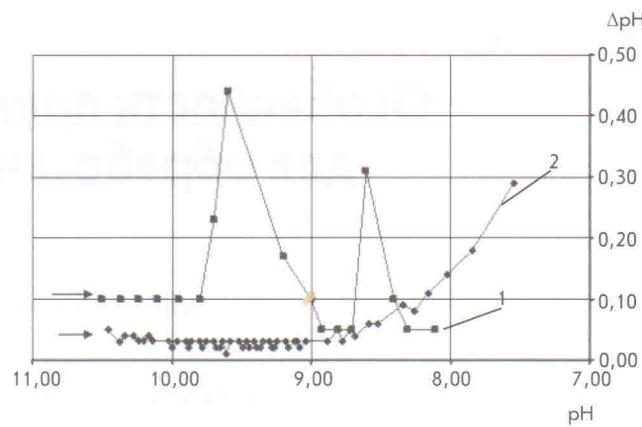


Рис. 1. Изменение pH растворов Na₃PO₄ (1) и эпурамина (2) при дозировании 0,005 нормального раствора HCl

ном режиме оптимальное значение pH котловой воды чистого отсека должно превышать 9,7 при условии поддержания значения pH солевого отсека не более 10,5.

Из рис. 1 следует, что эпурамин обладает буферностью при pH>8,9, поэтому показатель pH котловой воды должен поддерживаться с некоторым запасом в диапазоне pH=9,0–9,2. Поддержание более высоких значений pH котловой воды приведет к необоснованному перерасходу эпурамина. Следует отметить, что по сравнению с фосфатным ВХР буферность эпурамина резко уменьшается при pH<8,5, что свидетельствует о недопустимости эксплуатации котлов с эпуранинnyм ВХР при pH котловой воды менее 8,5.

При эксплуатации блока более года на данном режиме значение pH котловой воды солевого отсека было меньше, чем в чистом на ΔpH≈0,2 при абсолютном значении pH=8,6–8,7, что несколько меньше оптимального. Подобное явление отмечалось на всех остальных блоках, причем в начальный период разница ΔpH между солевым и чистым отсеком составляла ΔpH=0,2–0,4 (рис. 2). Различие значений pH котловой воды солевого и чистого отсеков полностью прекратилось через 1,5–2 года эксплуатации. Аналогичное явление иногда отмечается в котлах при фосфатном ВХР в случае попадания в питательную воду потенциально кислых продуктов.

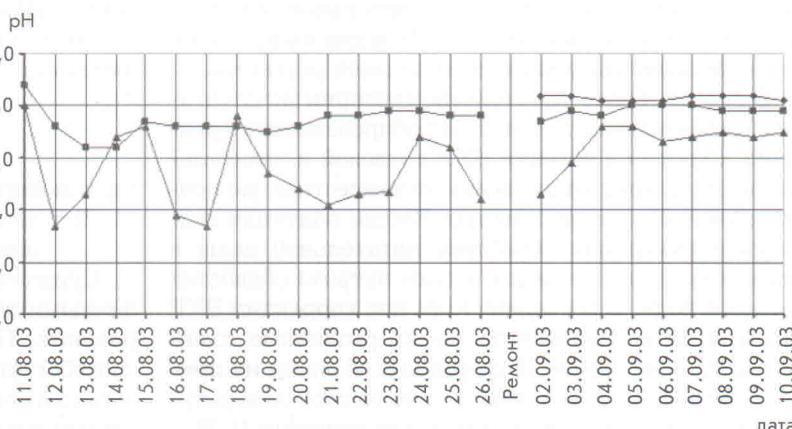


Рис. 2. Изменение pH питательной и котловой воды в начальный период эксплуатации котла на эпуранинном водно-химическом режиме

При эпураринном ВХР солесодержание и щелочность котловой воды солевого отсека значительно меньше (от 2 до 10 раз), чем при фосфатировании. Однако качество пара по одному из главных показателей – содержанию кремневой кислоты SiO_2 – обеспечивается величиной непрерывной продувки такой же, как и при фосфатном ВХР. Таким образом, несмотря на значительное уменьшение солесодержания котловой воды при использовании эпурарина, расход непрерывной продувки, определяемый необходимостью поддержания требуемого качества пара по содержанию кремневой кислоты, зависящей от концентрации SiO_2 в питательной воде, поддерживается таким же, что и при фосфатном ВХР.

Одной из главных задач ВХР барабанных котлов является использование для кондиционирования котловой воды такого реагента, который бы обеспечивал максимальную продолжительность межпромывочного периода работы котла. Например, переход на нейтрально-кислородный ВХР прямоточных котлов сверхкритического давления позволил значительно повысить межпромывочный период до 80–100 тысяч часов и более. К сожалению, аналогичный режим невозможно организовать на барабанных котлах [7].

Известно, что на внутренней поверхности труб топочных экранов барабанных котлов, охлаждаемых теплоносителем, содержание растворимых соединений в котором на несколько порядков больше, чем в питательной воде, происходят сложные физико-химические процессы формирования отложений, при достижении критического количества которых возникает либо перегрев, либо коррозия металла. При этом речь идет о процессе нормальной эксплуатации котла при соблюдении нормативных требований к качеству питательной и котловой воды, а также при обеспечении устойчивой циркуляции среды и допустимых кратностях циркуляции.

Предельное количество внутренних отложений в экранах трубах определяется уровнем тепловых нагрузок и эффективности ВХР котла.

Вырезки образцов экранных труб котла показывают, что после пяти лет его эксплуатации, из которых в течение трёх лет он работал с применением эпурарина, максимальное количество отложений на внутренней поверхности экранных труб солевого отсека составило $398 \text{ г}/\text{см}^2$ и $313 \text{ г}/\text{см}^2$ – чистого отсека. Практически такая же интенсивность образования отложений отмечается и на других котлах, работающих на фосфатном режиме.

Таким образом, применение эпурарина не способствует заметному уменьшению интенсивности образования внутренних отложений, состоящих в основном из оксидов железа. Данное обстоятельство подтверждается сопоставлением содержания железа в питательной и продувочной воде, равного в среднем соответственно $20,0$ и $30,0 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, что свидетельствует о том, что более 95% железа, выносимого в котел, осаждается на внутренней поверхности экранных труб.

В связи с достаточно частыми и весьма продолжительными простоями котлов в резерве актуальной является организация их эффективной консервации.

Наиболее уязвимыми элементами котлов, подвергающимися стоячной коррозии, являются внутренние поверхности труб пароперегревателя низкого давления (КПП НД). Для защиты труб КПП НД от стоячной коррозии требуется либо заполнение его щелочным реагентом, что практически неосуществимо, либо обработка внутренней поверхности труб с целью образования защитной пленки.

Предполагалось, что при дозировании повышенных концентраций эпурарина перед остановом котла на внутренней поверхности труб будут создаваться устойчивые защитные пленки. Анализ свойств защитных пленок, проведенный по вырезкам образцов экранных труб и труб КПП НД котлов, работавших на эпураринном ВХР, при тестировании по стандартной методике показывает, что устойчивость их соответствует высшей категории. Однако при проверке коррозионных свойств пленок указанных образцов по методике Южтехэнерго [8] выяснилось, что они не гидрофобны и практически не обладают защитными свойствами от стоячной коррозии.

Таким образом, следует констатировать, что применение эпурарина для коррекции ВХР барабанных котлов высокого давления не дает существенного преимущества по сравнению с традиционным фосфатным ВХР.

При применении эпураринного ВХР отмечались явления, которые вызывали повреждения экранных труб. В одном случае это возникновение в трубах солевого отсека пылеугольного котла с сухим шлакоудалением преимущественно «хрупких», без наличия перегрева металла, повреждений экранных труб, что привело к многочисленным аварийным остановам блока и вызвало необходимость практически полной замены труб экранов солевых отсеков, а на другом котле той же ТЭС отмечались очаги пароводяной коррозии в районе сварных стыков, также без перегрева металла. Выполненные исследования позволили установить, что причиной указанных повреждений является работа котлов с низкими значениями pH котловой воды солевого отсека, имевшими место при проведении консервации блоков перед переводом на эпураринный ВХР с использованием ОДА. На первоначальном этапе консервация блока производилась при работе на номинальных параметрах и мощности 180–200 МВт. При этом по фосфатной линии в барабан подавался раствор ОДА. Вследствие наличия внутренних отложений, образовавшихся в поверхностях нагрева котла при работе на фосфатном ВХР (химическая промывка котлов не проводилась), при дозировке ОДА в барабан котла (чистый отсек) отмечается значительное снижение pH солевого отсека.

На рис. 3 приведены графики изменения pH котловой и питательной воды для двух котлов при консервации блоков с использованием ОДА. Из рассматриваемых рисунков следует, что в процессе консервации имело место снижение pH котловой воды солевого отсека менее 7,0, что по правилам ПТЭ требует немедленного останова котла. Один из котлов работал в режиме с низкими значениями pH около 150 часов, а второй значительно меньше – 53 часа.

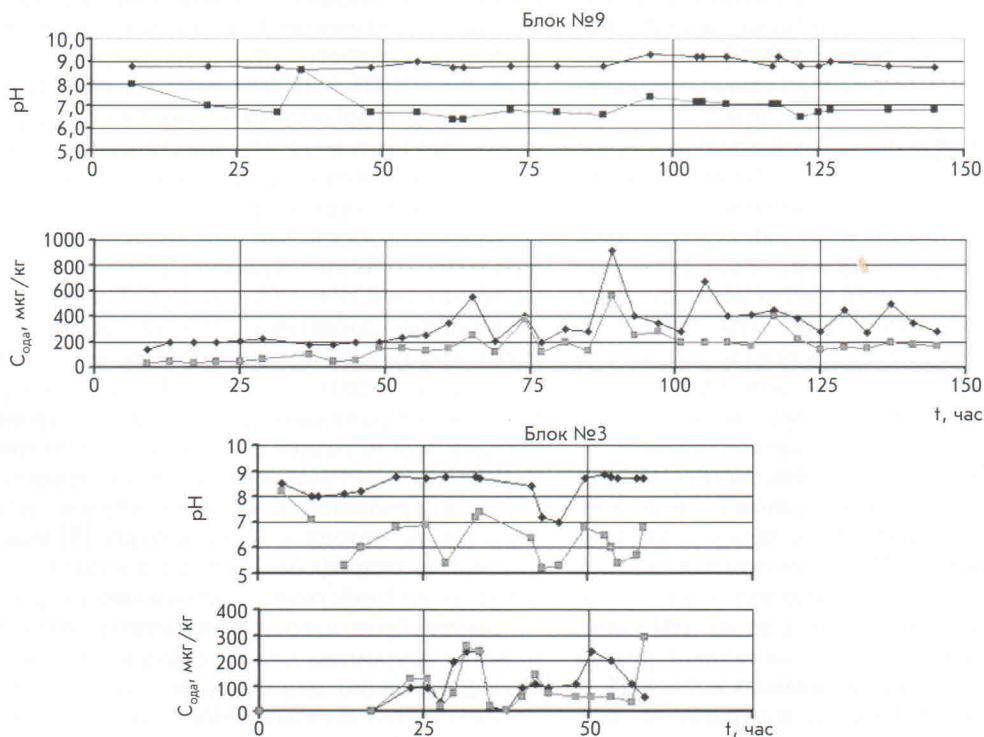


Рис. 3. Изменение pH питательной и котловой воды в процессе консервации с применением октадециламина

При этом повреждения экранных труб солевого отсека в виде хрупких разрушений металла с огневой стороны стали происходить после месяца его эксплуатации на эпураторном ВХР. На втором котле коррозионные повреждения труб в районе сварных стыков были обнаружены через 1,5 года эксплуатации на эпураторном ВХР. Следует отметить, что на первом переведенном на применение эпуратора котле этой же ТЭС, на котором не проводилась консервация с применением ОДА, повреждений экранных труб в течение двух лет эксплуатации не отмечалось.

При работе на эпураторном ВХР котлов с жидким шлакоудалением Луганской ТЭС отмечались повреждения экранных труб в виде продольных трещин с огневой стороны, которые ранее никогда не наблюдались. Имеется предположение, что они обусловлены образованием агрессивных продуктов разложения эпуратора под действием высоких тепловых нагрузок в зоне выше ошиповки экранов.

Учитывая совокупность негативных явлений в работе оборудования и отсутствие экономического эффекта, эпураторный ВХР на трех ТЭС был прекращен и восстановлен фосфатный режим.

Литература

- Богачев А. Ф., Маврицкая Р. К., Каштымов В. Я., Ананьина Л. И., Ремезенцев А. Б. Опытно-промышленные испытания по коррекционной обработке хелатином пароводяного тракта барабанного котла (10 МПа) // Теплоэнергетика. – 2002. – № 7.
- Фурунтеева А. В. Использование хелатина на тепловых электростанциях с барабанными котлами // Энергосбережение и водоподготовка. – 2004. – № 1.
- Богачев А. Ф. Хелатинный водно-химический режим котлов-utiлизаторов парогазовых установок // Теплоэнергетика. – 2006. – № 7.
- Инструкция по коррекционной обработке воды комплексным реагентом эпуратора теплоносителя котлов с давлением 2,4 – 13,8 МПа. М.: ЗАО «Энергетические технологии», 2004.
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. СПб.: УОТ ПБСП, 2003.
- Василенко Г. В., Сутоцкий Г. Л., Смирнова А. С. Оптимальные значения pH котловой воды // Электрические станции. – 1996. – № 2.
- Беляков И. И. О применении кислородного водно-химического режима в барабанных котлах высокого давления // Энергосбережение и водоподготовка. – 2000. – № 3.
- Юрчакевич Ю. Р., Бибикова М. Н. Опыт азотной консервации барабанных котлов // Электрические станции. – 1979. – № 3.