Полиаминный (хеламинный) водно-химический режим на ТЭС с ПГУ

Дяченко Филипп Викторович,

ассистент кафедры ТОТ им. М.П. Вукаловича, НИУ «МЭИ»

Определение ПАВР/ХВР

Пленкообразующие амины (ПОА) – определенная группа органических веществ с особыми функциональными группами:

Октадециламин	(ОДА)	CAS-no.: 124-30-1
Олеиламин	(ОЛА)	CAS-no.: 112-90-3
Олеилпропилендиамин	(ОЛДА)	CAS-no.: 7173-62-8

Комплексные реагенты (КР) на основе ПОА - коммерчески доступные продукты, которые содержат ПОА, но также могут содержать дополнительные вещества, такие как подщелачивающие амины, эмульгаторы, восстановители и диспергаторы

В Мире
- Helamin
- Fineamin
- ODAcon
- Cetamine
- Steamate

В РФ/ЕврАзЭС
- Хеламин
- ОДАкон
- Цетамин (Эпурамин, Пьюротеч, Втиамин)

Полиаминный (хеламинный) водный режим (ПАВР/ХВР) – режим, при котором для коррекции качества теплоносителя применяется комплексный реагент на основе одного из видов пленкообразующих аминов – полиамина OLDA (Олеилпропилендиамин).

Цели и области применения комплексных реагентов на основе ПОА

Цели:

- для коррекции качества питательной и котловой воды
- для предпусковой отмывки оборудования
- для консервации оборудования во время простоев
- для коррекции качества теплоносителя в тепловых сетях и закрытых контурах

Области применения:

- ТЭС с барабанными энергетическим котлами
- **ТЭС с котлами утилизаторами ПГУ**
- Заводы нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности
- Производства чёрной и цветной металлургии
- Производства минеральных удобрений
- В пищевой промышленности
- и др.

Преимущества комплексных реагентов на основе ПОА

- Удаление существующих отложений с поверхностей теплопередачи и лопаток паровых турбин;
- Снижение влияния нагрузки, особенно при частых пусках/остановах на качество теплоносителя;
- Упрощение процедуры проведения сухой и влажной консервации во время остановов;
- Меньшая чувствительность к нарушениям режима, по таким показателям как увеличение концентрации примесей и изменения pH;

Питательная вода	Котловая вода	Допустимый уровень загрязнений
AVT(R) - ГАВР	нет	■
AVT(O) - АВР	нет	■■
OT - КАВР	NaOH	■■■■
AVT(R) - ГАВР	NaOH	■■■■■
AVT(O) - АВР	NaOH	■■■■■■■
AVT(R) - ГАВР	Na_3PO_4 + 1 мг/л NaOH	■■■■■■■■■■■■■
AVT(O) - АВР	Na_3PO_4 + 1 мг/л NaOH	■■■■■■■■■■■■■■■■■■■
Амины	Полиамины, полиакрилаты, NaOH	■■■■■■■■■■■■■■■■■■■

Ист.: PPChem 2005, 7(12) p.736 “Operational Experience with Organics in Industrial Steam Generation”

- Снижение эрозионно-коррозионного износа (ЭКИ);
- Снижение концентраций продуктов коррозии во время пусков;
- Улучшение теплопередачи.

Недостатки и риски применения комплексных реагентов на основе ПОА

- Термическое разложение и образование низкомолекулярных органических кислот;
- Недостаточные знания по влиянию на работу установок конденсатоочистки и обратного осмома;
- Недостаточное количество научных исследований:

До применения любого КР на основе ПОА, поставщик реагента должен предоставить список продуктов разложения данного КР, и влияние этих продуктов на УЭП-Н пара и pH первичного конденсата, в особенности при низкой влажности пара

Хеламинный водный режим

Результаты исследований (1):

ТЭЦ “SWM Munich”, Германия – Прямоточные котлы, 200 атм/540 °C

- Содержание органических примесей в паре очень низкое. Это можно объяснить либо тем, что смесь химических составляющих реагента Хеламин достаточно стабильна при рабочих параметрах котла, либо тем, что продукты разложения являются чем-то другим, чем низкомолекулярные органические кислоты и потому не вызывают снижения pH
- В противоположность результатам, получаемым при кондиционировании теплоносителя аммиаком, при использовании смеси пленкообразущих аминов и нейтрализующих аминов Хеламин, pH первичного конденсата выше, чем pH основного сконденсированного пара

Ист.: Ladislav Bursik “Once-through Boiler as an Autoclave for Testing an Organic Treatment Chemical” – PPChem 2002, 4(2), 81-85

Хеламинный водный режим

Результаты исследований (2):

Создание полиаминовых пленок на поверхностях стали в энергетике – лабораторные исследования (Опыты в автоклаве проводились при 400 °С в течение 24 часов)

- Некоторые амины приводили к образованию от 2 до 5 % летучих кислот, преимущественно уксусную, муравьиную и пропионовую
- Другие амины и полиамины привели к образованию только 1% кислот
- Смесь аминов и полиаминов под маркой Хеламин привела к образованию << 1 % летучих низкомолекулярных органических кислот
- В лабораторных условиях, полиаминовая пленка на поверхностях стали при температурах до 520 °С оставалась стабильной
- Основными продуктами разложения являются аммиак, низкомолекулярные амины, октадециламин и замещенные диамины.

Ист.: D. Frahne, T. Blum “Formation of Polyamine Films on Iron Surface under Power Plant Conditions –Laboratory Investigations” – PPChem 2006, 8(1)

Хеламинный водный режим

Результаты исследований (3):

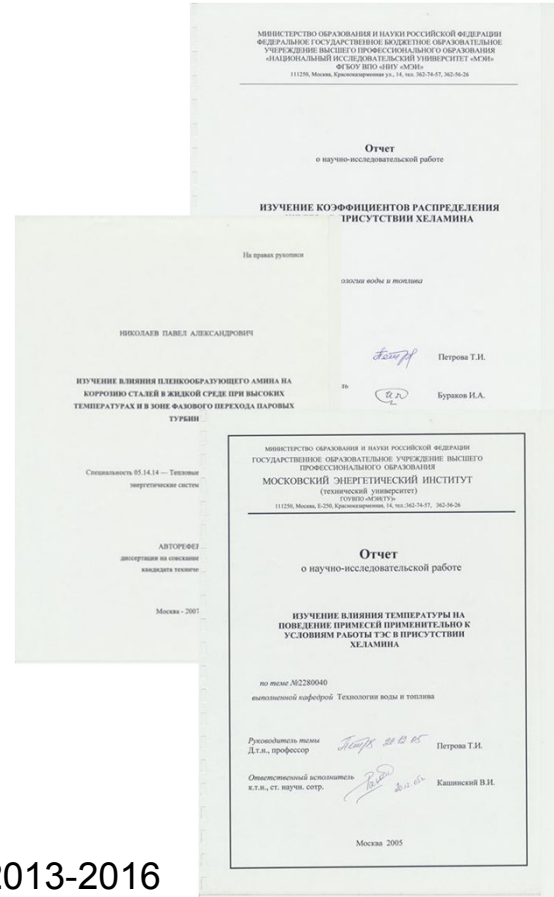
- При повторном использовании катионита КУ-2-8чс для обработки воды, содержавшей комплексный реагент Хеламин 906Н и $CaCl_2$, обменная емкость по ионам кальция до проскока не снижалась от одного фильтроцикла к другому и была примерно на 5% ниже, чем при фильтровании воды, содержащей только $CaCl_2$.
- При фильтровании воды, содержавшей Хеламин марки 906Н и $CaCl_2$, обменная емкость анионита Amberlite IRA 900Cl до проскока хлоридов практически не изменялась с увеличением числа фильтроциклов и была равна обменной емкости анионита при фильтровании воды, содержащей только CaCl2.

Ист.: Т. И. Петрова, Ф. В. Дяченко, Ю. В. Богатырева, А. К. Бородастов, И. С. Ершова “Влияние реагентов, содержащих полиамины, на обменную емкость ионитов” – Теплоэнергетика 2016, №5

Хеламинный водный режим

Исследования НИУ МЭИ:

- Влияние Хеламина на скорость коррозии углеродистой стали и латуни в воде при температурах 25 – 100 °С, 2004
- Обзор литературных данных о поведении Хеламина в пароводяном тракте ТЭС, 2005
- Изучение влияния пленкообразующего амина на коррозию сталей в жидкой среде при высоких температурах и в зоне фазового перехода паровых турбин, 2007
- Влияние органических соединений и Хеламина на скорость коррозии углеродистой стали в воде при высоких температурах при различных концентрациях растворенного кислорода, 2007
- Разработка методов определения пленкообразующих аминов в воде, 2010
- Влияние пленкообразующих аминов на скорость коррозии углеродистой стали в водной и паровой фазе, 2012
- Изучение коэффициента распределения полиаминов между водой и насыщенным паром, 2012
- Влияние пленкообразующих аминов на работу ионитных фильтров, 2013-2016


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»
111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, тел. 362-74-57, 362-56-26

Отчет
о научно-исследовательской работе

ИЗУЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИСУТСТВИИ ХЕЛАМИНА

На правах рукописи

ологии воды и топлива

НИКОЛАЕВ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Петрова Т.И.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕГО АМИНА НА КОРРОЗИЮ СТАЛЕЙ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И В ЗОНЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ПАРОВЫХ ТУРБИН

ть

Бураков И.А.

Специальность 05.14.14 — Тепловые энергетические систем

АВТОРЕФЕР
диссертации на соискание
кандидата техниче

Москва - 2007

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(технический университет)
ГОУВПО «МЭИ(ТУ)»
111250, Москва, Е-250, Красноказарменная, 14, тел.:362-74-57, 362-56-26

Отчет
о научно-исследовательской работе

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕДЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ РАБОТЫ ТЭС В ПРИСУТСТВИИ ХЕЛАМИНА

по теме №2280040
выполненной кафедрой Технологии воды и топлива

Руководитель темы
Д.т.н., профессор
Петрова Т.И.

Ответственный исполнитель
к.т.н., ст. научн. сотр.
Кашинский В.И.

Москва 2005

Выбор ВХР на ТЭС с ПГУ

- Технологическая схема
  - одноконтурные / многоконтурные (двухконтурные, трёхконтурные)
  - наличие прямоточных контуров (комбинированная)
  - вертикальные / горизонтальные котлы-утилизаторы (КУ)
  - последовательность расположения барабанов различных давлений
- Конструкционные материалы
- Впрыск для регулирования температуры перегретого пара
- Конденсатоочистка / АОУ
- Конденсаторы воздушного охлаждения

Разработанные нормативные документы для ПАВР/ХВР

Отечественные:

1. РД 153-34.1-37.534-2002 Временный регламент по коррекционной обработке Хеламином теплоносителя котлов давлением 2,4-13,8 МПа (Хеламинный водно-химический режим) *(не распространяется на ТЭС с ПГУ)*.

2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. М.: СПО ОРГРЭС, 2003 *(не распространяются на ТЭС с ПГУ)*.

3. СО ВТИ 34.37.535-2004 Инструкция по коррекционной обработке комплексным реагентом Epuramin (Эпурамин) теплоносителя котлов давлением 2,4-13,8 МПа *(не распространяется на ТЭС с ПГУ)*.

4. СТО 70238424.27.100.013-2009. Водоподготовительные установки и воднохимический режим ТЭС. Условие создания. Нормы и требования: Стандарт организации. М.: НП “ИНВЭЛ”, 2009.

5. СТО ВТИ 37.003-2009 Методические указания по предпусковой водно-химической отмывке и консервации высоко-молекулярными аминами типа хеламин с диспергатором котлов-утилизаторов и трубопроводов блоков парогазовых и отопительных газотурбинных установок ТЭЦ.

6. СТО «Фирма ОРГРЭС» 37-002-2012 Методические указания по коррекционной обработке хеламином теплоносителя котлов давлением 1,4-13,8 МПа (хеламинный водно-химический режим).

7. СТО 00129840.34.37.010-2017 Проведение очистки, консервации и ведению водно-химического режима на основе аминосодержащего реагента марки "Втиамин КР-33" (Втиаминный водно-химический режим")

Международные:

8. IAPWS TGD8-16 "Application of Film Forming Amines in Fossil, Combined Cycle, and Biomass Power Plants".

Места отбора проб и контролируемые показатели согласно [8, IAPWS]

Основные места для отбора проб и перечень минимально необходимых контролируемых показателей:

Место отбора пробы	Контролируемый показатель					
	pH	$æ_H$	C_{O2}	C_{Na}	C_{SiO2}	$C_{ПОА}$
Питательная вода	+	+	+	–	–	+
Котловая вода	+	+	–	–	–	+
Насыщенный, перегретый пар	–	+	–	+	+	+
Добавочная вода	–	+	–	–	+	–

Примечание: $æ_H$ – удельная электрическая проводимость Н-катионированной пробы; C_{O2}, C_{Na}, $C_{ПОА}$, C_{SiO2} – концентрации кислорода, натрия, ПОА и кремниевой кислоты

Уд. электропроводность Н-кат. пробы

$æ_H$, мкСм/см	БЗК	ОК	ПВ	БНД	БСД	БВД	Пар НД	Пар ВД
ИНВЭЛ	–	≤0,5	≤0,5	–	–	–	≤0,5	≤0,5
ОРГРЭС	–		≤1,5*)	–	–	–	≤1,5**)	≤1,5**)
ВТИ	***)	***)	***)	***)	***	***)	***)	***)
IAPWS	<0,1	<0,3	<0,3	<25[а)] <0,3[б)]	<25	<3,5	<0,2	<0,2

*) Для котлов давлением 13,8 МПа

**) Для котлов далением 9,8 МПа. Для котлов давлением 13,8 МПа – не более 1 мкСм/см

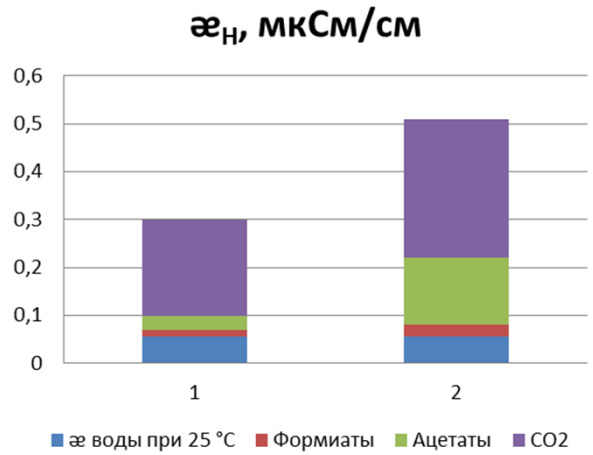
***) Нормируемые показатели ВХР энергоблоков ПГУ с КУ различных давлений устанавливаются на основании действующих нормативных документов, требований заводов-изготовителей энергетического оборудования, а также на основании режимных карт и инструкции по ведению ВХР

а) независимая подача ПВ в контуры НД, СД и ВД

б) подача ПВ в контуры СД и ВД из БНД

IAPWS

p, МПа	<6	6-10	10-12	12-14	14-17	>17
$æ_H$, мкСм/см	<25	<7	<5	<3,5	<1,5	<1



Спец.вопросы по организации ПАВР/ХВР:

1. Термическая стабильность реагента
2. Продукты разложения реагента
3. Дегазация пробы

Величина pH

pH	БЗК	ОК	ПВ	БНД	БСД	БВД	Пар НД	Пар ВД
ИНВЭЛ	–	≥8,9	8,9-9,2	8,9-9,6	8,9-9,6	8,9-9,6	≥8,5	≥8,5
ОРГРЭС	–	–	9,0-9,2	9,0-11,2*)	9,0-11,2*)	9,0-11,2*)	≥7,5	≥7,5
ВТИ	**)	**)	**)	**)	**)	**)	**)	**)
IAPWS	–	–	9,2-9,8	9,0-9,8[а)] 9,2-9,8[б)]	9,0-9,8	9,0-9,8	–	–

*) Для котлов далением 9,8 МПа. Для котлов давлением 13,8 МПа – не более 10,5

**) Нормируемые показатели ВХР энергоблоков ПГУ с КУ различных давлений устанавливаются на основании действующих нормативных документов, требований заводов-изготовителей энергетического оборудования, а также на основании режимных карт и инструкции по ведению ВХР

[а)] независимая подача ПВ в контуры НД, СД и ВД

[б)] подача ПВ в контуры СД и ВД из БНД

Спец.вопросы по организации ПАВР/ХВР:

1. Нормируемая величина pH в зависимости от конструкционных материалов
2. pH КВ БНД/БВД при последовательной схеме БНД → БВД
3. Разница pH в насыщенном и перегретом паре

Содержание растворённого кислорода

O_2, мкг/дм^3	БЗК	ОК	ПВ	БНД	БСД	БВД	Пар НД	Пар ВД
ИНВЭЛ	–	≤20	≤10	–	–	–	–	–
ОРГРЭС	–		≤10	–	–	–	–	–
ВТИ	–	*)	*)	–		–	–	–
IAPWS	–	<10	5-10	5-10[б)]	–	–	–	–

*) Нормируемые показатели ВХР энергоблоков ПГУ с КУ различных давлений устанавливаются на основании действующих нормативных документов, требований заводов-изготовителей энергетического оборудования, а также на основании режимных карт и инструкции по ведению ВХР

[а)] подача ПВ в контуры СД и ВД из БНД

На правах рукописи

НИКОЛАЕВ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕГО АМИНА НА КОРРОЗИЮ СТАЛЕЙ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И В ЗОНЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ПАРОВЫХ ТУРБИН

Специальность 05.14.14 — Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2007

Спец.вопросы по организации ПАВР/ХВР:

1. Влияние на скорость коррозии углеродистой стали
   (Повышение концентрации кислорода в воде с 25 до 250 мкг/дм3 практически не влияло на скорость коррозии углеродистой стали при высокой температуре в присутствии Хеламина)
2. Влияние на скорость коррозии медьсодержащих сплавов
3. O_2 и pH vs Cu в присутствии ПОА

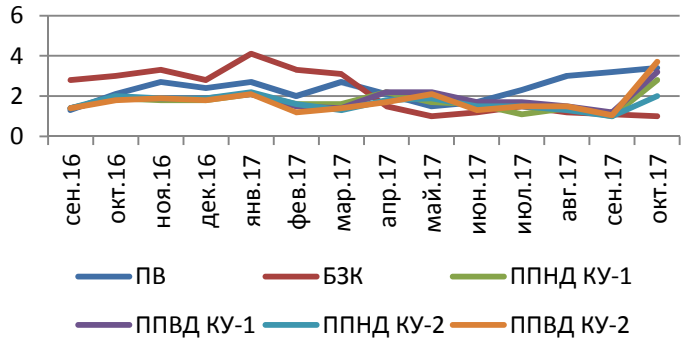
Содержание натрия

Na, мкг/дм³	БЗК	ОК	ПВ	БНД	БСД	БВД	Пар НД	Пар ВД
ИНВЭЛ	≤10	–	≤5	–	–	–	≤10	≤10
ОРГРЭС	–	≤80*)	≤50*)	–	–	–	≤5*) ≤15/≤25**)	≤5*) ≤15/≤25**)
ВТИ	***)	***)	***)	***)	***)	***)	***)	***)
IAPWS	–	<3	–	–	–	–	<2	<2

*) Для котлов давлением 13,8 МПа
**) Для котлов далением 9,8 МПа: для ГРЭС / для ТЭЦ
***) Нормируемые показатели ВХР энергоблоков ПГУ с КУ различных давлений устанавливаются на основании действующих нормативных документов, требований заводов-изготовителей энергетического оборудования, а также на основании режимных карт и инструкции по ведению ВХР

Спец.вопросы по организации ПАВР/ХВР:

1. Наличие полимера-диспергатора (натриевые соли поликарбоксилатов) / NaOH
2. Влияние на pH КВ контура НД
3. Особенности применения при регулировании температуры перегретого пара



Содержание ПОА

ПОА, мг/дм³	БЗК	ОК	ПВ	БНД	БСД	БВД	Пар НД	Пар ВД
ИНВЭЛ	–			≥2	≥2	≥2		
ОРГРЭС	–	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
ВТИ	–	>0,01	>0,01	>0,01	>0,01	>0,01	>0,01	>0,01
IAPWS	–	+	+	+	+	+	+	+

Спец.вопросы по организации ПАВР/ХВР:

1. Отсутствие корреляции с дозируемым реагентом
2. Методики определения
3. Нижний предел чувствительности методики

Технология	Методика	Нижний предел чувствительности
Хроматография	GC-MS	5 мкг/дм³ [1]
	IC	10 мкг/дм³ [2]
Электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS)		нет успешного применения для пароводяных контуров [3, 4]
Фотометрия	Метилоранж	0,05 мг/дм³ / 0,1 мг/дм³ в пересчете на ОДА [5, 6, 7]
	Бенгальский розовый	0,1 мг/дм³ / 0,5 мг/дм³ [8,9]
	Эозин	0,02 мг/дм³ [10]

[1] Kusch P., Knuppa G., Hergarten M., Rjzupa M., Majchrzak M., *IneternationalJournal of Mass. Spectrometry,* **2007**, 263 45
[2] Procter S., Mathews J., Shulder S.J., Hatting P.R., Baltes M., *Generation European Workshop,* **2013**, Electric Power Research Institute, Paolo Alto, CA
[3] Bäßler R., Beitrag zur Charakterisierung der inhibierenden Wirkung von Octadecylamin auf die Korrosion des Stahles 1.5541 bis 250°C, **1997**, Dissertation, TU Dresden
[4] Carballo R., Rinaldi A.L., Dabas P.C., Rezanno I.N., *Bioelectrochemistry,* **2015**, 104,51
[5] Silverstein R.M., *Analytical Chemistry,* **1963**, 35(2), 154
[6] *Method of Test for Primary and Secondary Amines in Water,* **1980**, ASTM International, West Conshohocken, PA, U.S.A., ASTM D2327-80 (Historical Standard)
[7] *Long-Chain Fatty Amines: Spectrophotometric Method,* **1983**, British Standards Institution, London, United Kingdom, BS 2690: Part 117:1983
[8] Graf A., Methode for the Determination of Polyamines, **1993**, European Pattent Office, Munich, Germany, EP0562210 A1
[9] Stiller K., Witting T., Urschey M., *PowerPlant Chemistry,* **2011**, 13(10), 602
[10] Lendi M., *PowerPant Chemistry,* **2015**, 17(1), 8

Содержание общего железа

Fe, **мкг/дм³**	БЗК	ОК	ПВ	БНД	БСД	БВД	Пар НД	Пар ВД
ИНВЭЛ	–	≤20	≤10	≤30	–	–	–	–
ОРГРЭС	–	–	≤30*) ≤20**)	–	–	–	–	–
ВТИ	***)	***)	***)	***)	***)	***)	***)	***)
IAPWS	–		<2	<5а) <2б)	<5	<5	–	–

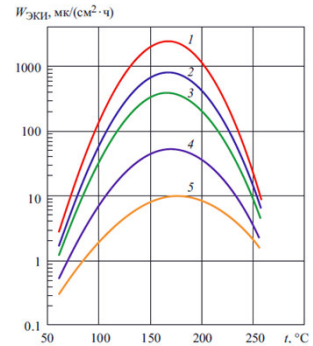
*) Для котлов давлением 9,8 МПа

**) Для котлов далением 13,8 МПа

***) Нормируемые показатели ВХР энергоблоков ПГУ с КУ различных давлений устанавливаются на основании действующих нормативных документов, требований заводов-изготовителей энергетического оборудования, а также на основании режимных карт и инструкции по ведению ВХР

а) независимая подача ПВ в контуры НД, СД и ВД

б) подача ПВ в контуры СД и ВД из БНД

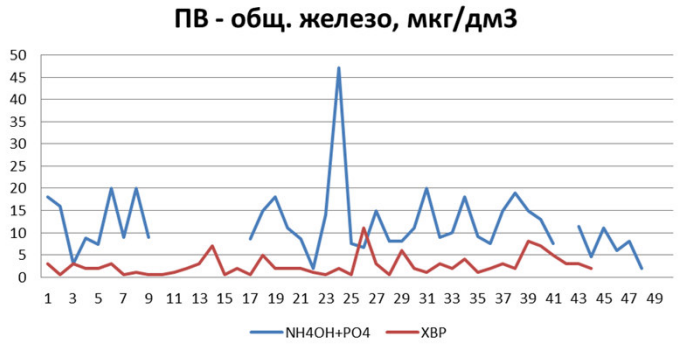


Влияние температуры рабочей среды на скорость эрозии-коррозии различных металлов в воде.
1 – Ст. 3; *2* – 15Mo3; *3* – 15NiCuMoNb5; *4* – 13CrMo44; *5* – 10CrMo910

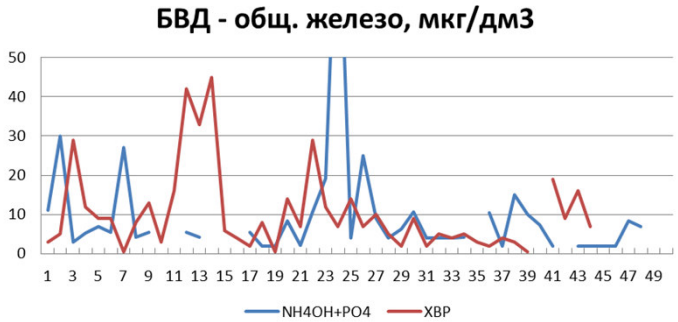
Спец.вопросы по организации ПАВР/ХВР:

1. Зависимость от частоты пусков/остановов
2. ЭКИ в контуре НД
3. Сравнение с АВР с дозированием Na_3PO_4

Содержание общего железа



Fe в ПВ, мкг/дм³	Ср. знач.	Мин	Макс
NH_4OH+PO_4 (15.11.2007-28.12.2008)	12,0	2,0	47
XBP (07.04.2015-19.07.2016)	2,6	<1	11



Fe в БВД, мкг/дм³	Ср. знач.	Мин	Макс
NH_4OH+PO_4 (15.11.2007-28.12.2008)	9,7	2	98
XBP (07.04.2015-19.07.2016)	10,3	<1	45

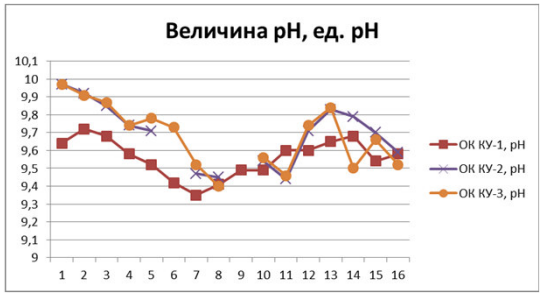
Fe в БНД, мкг/дм³	Ср. знач.	Мин	Макс
NH_4OH+PO_4 (15.11.2007-28.12.2008)	154	19	1574
XBP (07.04.2015-19.07.2016)	56	5	375

Содержание меди

Cu, мкг/дм³	БЗК	ОК	ПВ	БНД	БСД	БВД	Пар НД	Пар ВД
ИНВЭЛ	–	–	–	–	–	–	–	–
ОРГРЭС	–	≤5*)	≤5*)	–	–	–	–	–
ВТИ	**)	**)	**)	**)	**)	**)	**)	**)
IAPWS	–	–	<2	–	–	–	–	–

*) Перед деаэратором

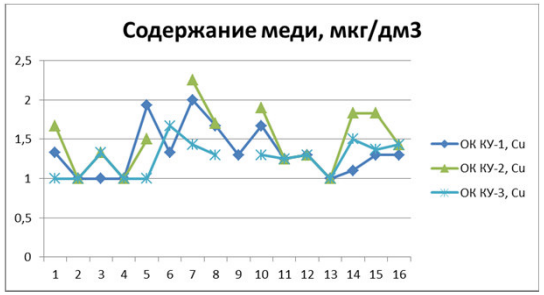
**) Нормируемые показатели ВХР энергоблоков ПГУ с КУ различных давлений устанавливаются на основании действующих нормативных документов, требований заводов-изготовителей энергетического оборудования, а также на основании режимных карт и инструкции по ведению ВХР



Спец.вопросы по организации ПАВР/ХВР:

1. Важность контроля уровня O_2 в ОК и ПВ
2. Величина pH: АВР vs ПАВР/ХВР

	ОК КУ-1		ОК КУ-2		ОК КУ-3	
	pH	*Cu*	*pH*	*Cu*	*pH*	*Cu*
норм.знач.	≥8,9	≤5	≥8,9	≤5	≥8,9	≤5
сред. знач.	***9,6***	***1,3***	***9,7***	***1,5***	***9,7***	***1,3***
мин	*9,4*	*1,0*	*9,4*	*1,0*	*9,4*	*1,0*
макс	*9,7*	*2,0*	*10,0*	*2,3*	*10,0*	*1,7*



Нормируемые значения качества теплоносителя для ТЭС с КУ ПГУ давлением до 14 МПа, содержащих сплавы на основе меди в КПТ

Показатель	Конденсат	БНД (< 1 МПа)			БСД (1-5 МПа)			БВД (> 5 МПа)			Добавочная вода (из БЗК)
		Питательная вода	Котловая вода[1)]	Насыщенный и перегретый пар	Питательная вода	Котловая вода	Насыщенный и перегретый пар	Питательная вода	Котловая вода	Насыщенный и перегретый пар	
æ, мкСм/см		в соотв. с pH			в соотв. с pH			в соотв. с pH			≤0,5
$æ_H$, мкСм/см	≤0,6	≤0,6	≤25[2)]	≤0,6	≤0,6	≤25[2)]	≤0,6	≤0,6	≤3,5[2)]	≤0,6	
pH	8,8-9,3[3)]	8,9-9,6	8,9-10,2	>8,5	8,9-9,6	8,9-10,2	>8,5	8,9-9,6	8,9-9,8[4)]	>8,5	
Растворенный кислород, мкг/дм^3	≤20	≤10			≤10			≤10			
Общая жесткость, мкг-экв/дм^3	≤0,5	≤0,5									≤0,5
Fe, мкг/дм^3	≤20	≤20		≤20	≤20		≤20	≤20		≤20	≤20
Cu, мкг/дм^3	≤3	≤3[5)]		≤3	≤3		≤3	≤3		≤3	
SiO_2, мкг/дм^3		≤20	≤ 3000[2)6)]	≤20	≤20	≤ 3000[2)6)]	≤20	≤20	≤ 300[2)6)]	≤20	≤20
Na, мкг/дм^3	≤10			≤5			≤5			≤5	≤10
Аммиак, мг/дм^3	≤1										
Полиамины/ Хеламин	20-100 мкг/дм^3 ОЛДА или в пересчете на реагент согласно рекомендациям производителя[7)]										
Расход НП, %	0,5 – 1[6)]										

Нормируемые значения качества теплоносителя для ТЭС с КУ ПГУ давлением до 14 МПа, не содержащих сплавы на основе меди в КПТ

Показатель	Конденсат	БНД (< 1 МПа)			БСД (1-5 МПа)			БВД (> 5 МПа)			Добавочная вода (из БЗК)
		Питательная вода	Котловая вода[1)]	Насыщенный и перегретый пар	Питательная вода	Котловая вода	Насыщенный и перегретый пар	Питательная вода	Котловая вода	Насыщенный и перегретый пар	
æ, мкСм/см		в соотв. с pH			в соотв. с pH			в соотв. с pH			≤0,5
$æ_H$, мкСм/см	≤0,6	≤0,6	≤25[2)]	≤0,6	≤0,6	≤25[2)]	≤0,6	≤0,6	≤3,5[2)]	≤0,6	
pH	9,0-9,8	9,0-9,8	8,9-10,2	>8,5	8,9-9,8	8,9-10,2	>8,5	8,9-9,8	8,9-9,8[4)]	>8,5	
Растворенный кислород, мкг/дм^3	≤20	≤10			≤10			≤10			
Общая жесткость, мкг-экв/дм^3	≤0,5	≤0,5									≤0,5
Fe, мкг/дм^3	≤20	≤20		≤20	≤20		≤20	≤20		≤20	≤20
SiO_2, мкг/дм^3		≤20	≤ 3000[2)6)]	≤20	≤20	≤ 3000[2)6)]	≤20	≤20	≤ 300[2)6)]	≤20	≤20
Na, мкг/дм^3	≤10			≤5			≤5			≤5	≤10
Полиамины/ Хеламин	20-100 мкг/дм^3 ОЛДА или в пересчете на реагент согласно рекомендациям производителя[7)]										
Расход НП, %	0,5 – 1[6)]										

Нормируемые значения качества теплоносителя для ТЭС с КУ ПГУ давлением до 14 МПа - Ремарки

Примечение: $æ/æ_H$ – удельная электропроводность прямой/Н катионированной пробы
БНД/БСД/БВД – барабаны низкого/среднего/высокого давления
НП – непрерывная продувка в процентах от паропроизводительности
1) в случае, когда котловая вода БНД является питательной водой БСД/БВД, то к ней надо применять нормы качества питательной воды контура высокого давления.
2) значение $æ_H$ и концентраций SiO_2 в зависимости от давления согласно таблице

Нормируемые значения $æ_H$ и концентраций SiO_2 для КУ различных давлений

Давление в котле, МПа	< 5	5 – 10	10 – 12	12 – 14
æН, мкСм/см	< 25	< 7	< 5	< 3,5
SiO2, мкг/дм3	< 3000	< 900	< 600	< 300

3) допускается увеличение pH конденсата до значения 9,6 при соблюдении следующих условий: должны быть проведены исследования по влиянию комплексного реагента на основе полиаминов на скорость коррозии медных сплавов и определена их максиамльно допустимая концентрация (для реагентов Хеламин она составляет 5 мг/дм^3), концентрация реагента в конденсате не должна превышать это максимальное значение концентрация меди в конденсате ≤3 мкг/дм^3
4) для КУ давлением до 10 МПа допускается увеличение pH котловой воды до 10,2
5) в воде перед деаэратором
6) нормируемые значения должны быть скорректированы по результатам тепло-химических испытаний.
7) Концентрации полиаминов могут быть выражены как в мкг/дм^3 полиаминов (ОПДА) или в пересчете на тот или иной реагент. Для реагентов Хеламин, рекомендуемое содержание полиаминов составляет 1 – 5 мг/дм^3 в пересчете на Хеламин. Допускается превышение указанных значений в периоды повышенных дозировок с целью консервации оборудования.

Сравнение предлагаемых нормируемых значений с режимными картами и средними показателями хим. контроля на 3-х ТЭС с ПГУ

Пробо-отборная точка		Показатель	Предла-гаемое норми-руемое значение	ТЭС "А"		ТЭС "Б"		ТЭС "В"	
				Режимная карта	ср. знач.	Режимная карта	ср. знач.	Режимная карта	ср. знач.
Конденсат		$æ_н$, мкСм/см	≤0,6	≤1,5	0,40	≤0,5	0,50	≤0,5	0,48
		pH	8,8-9,3[А,Б)] 9,0-9,8[В)]	9,0-9,2	9,2	≥8,9	9,6	9,0-9,5	9,2
		Растворенный кислород, мкг/дм^3	≤20	≤20	53	≤20	19,7	≤20	9,2
		Общая жесткость, мкг-экв/дм^3	≤0,5	≤3	0,24	≤1		≤0,5	0,2
		Fe, мкг/дм^3	≤20		4,1	≤20	13,9	≤20	2,8
		Cu, мкг/дм^3	≤3[А,Б)]		1,4	≤5	1,3		0,5
		Na, мкг/дм^3	≤10					≤10	20
		Аммиак, мг/дм^3	≤1[А,Б)]						
		Полиамины/ Хеламин, мг/дм^3	1-5		2,4			1-5	
БНД (< 1 МПа)	Питательная вода	æ, мкСм/см	в соотв. с pH						4,2
		$æ_н$, мкСм/см	≤0,6	≤1,5	0,3			≤1	0,49
		pH	8,9-9,6[А,Б)] 9,0-9,8[В)]	9,0-9,2	9,2			9,0-9,6	9,2
		Растворенный кислород, мкг/дм^3	≤10	≤10	2,4			≤10	4,0
		Общая жесткость, мкг-экв/дм^3	≤0,5	≤3	0,24			≤0,5	0,2
		Fe, мкг/дм^3	≤20	≤30	4,1			≤20	2,6
		Cu, мкг/дм^3	≤3[А,Б)]	≤5	1,3			≤3	0,5
		SiO_2, мкг/дм^3	≤20	≤80	4,8			≤20	9,1
		Полиамины/ Хеламин, мг/дм^3	1-5	1-5	2,4			1-5	2,1
	Котловая вода	æ, мкСм/см	в соотв. с pH	≤100	27,1	см. значения питательной воды БВД		≤100	28,8
		$æ_н$, мкСм/см	≤25						
		pH	8,9-10,2	9,3-10,5	9,9			9,6-10,2	10,0
		SiO_2, мкг/дм^3	≤3000		398			≤1000	233
		Полиамины/ Хеламин, мг/дм^3	1-5	1-5	2,4			1-5	2,1
	Перегретый пар	$æ_н$, мкСм/см	≤0,6	≤1,5	0,26	≤0,5	0,47	≤0,5	0,36
		pH	>8,5	>7,5	9,1	≥8,5	9,8	9,0-9,5	9,2
		Fe, мкг/дм^3	≤20		3,2				1,2
		Cu, мкг/дм^3	≤3[А,Б)]						
		SiO_2, мкг/дм^3	≤20	≤25	3,9	≤20	8,3	≤20	<4
		Na, мкг/дм^3	≤5	≤25	1,7	≤10	2,9	≤10	1,6
		Полиамины/ Хеламин, мг/дм^3	1-5		2,4				

Сравнение предлагаемых нормируемых значений с режимными картами и средними показателями хим. контроля на 3-х ТЭС с ПГУ

Пробо-отборная точка		Показатель	Предла-гаемое норми-руемое значение	ТЭС "А"		ТЭС "Б"		ТЭС "В"	
				Режимная карта	ср. знач.	Режимная карта	ср. знач.	Режимная карта	ср. знач.
БВД (>5 МПа)	Питательная вода	æ, мкСм/см	в соотв. с pH			≤10	7,3		
		$æ_H$, мкСм/см	≤0,6	≤1,5	0,3				
		pH	8,9-9,6[А,Б)] 8,9-9,8[В)]	9,0-9,2	9,2	9,0-9,6	9,5	9,0-9,6	9,2
		Растворенный кислород, мкг/дм^3	≤10	≤10	2,4	≤10	9,9	≤10	4,0
		Fe, мкг/дм^3	≤20	≤30	4,1	≤20	13,1	≤20	2,6
		Cu, мкг/дм^3	≤3[А,Б)]	≤5	1,3		1,6	≤3	0,5
		SiO_2, мкг/дм^3	≤20	≤80	4,8		8,4	≤20	9,1
		Полиамины/ Хеламин, мг/дм^3	1-5	1-5	2,4	2-5	2,5	1-5	2,1
	Котловая вода	æ, мкСм/см	в соотв. с pH	≤100	29,5	≤10	9,9	≤50	18,8
		$æ_H$, мкСм/см	≤25						
		pH	8,9-10,2	9,3-11,2	10,0	9,0-10,6	9,8	9,5-10,2	9,8
		SiO_2, мкг/дм^3	≤300	≤2000	170		133	≤1000	110
		Полиамины/ Хеламин, мг/дм^3	1-5	1-5	2,4	2-5	3,9	1-5	2,2
	Перегретый пар	$æ_H$, мкСм/см	≤0,6	≤1,5	0,29	≤0,5	0,46	≤0,5	0,39
		pH	>8,5	>7,5	9,1	≥8,5	9,4	9,0-9,5	9,2
		Fe, мкг/дм^3	≤20		2,8				1,5
		Cu, мкг/дм^3	≤3[А,Б)]						
		SiO_2, мкг/дм^3	≤20	≤25	3,9	≤20	8,6	≤20	<4
		Na, мкг/дм^3	≤5	≤25	1,8	≤10	2,9	≤10	1,6
		Полиамины/ Хеламин, мг/дм^3	1-5		2,4				
Добавочная вода (из БЗК)		æ, мкСм/см	≤0,5	≤2	0,45	≤2	0,66	≤1	0,6
		Общая жесткость, мкг-экв/дм^3	≤0,5	≤1		≤1		≤0,5	0,2
		Fe, мкг/дм^3	≤20		19,5	≤200	36,3	≤20	0,9
		SiO_2, мкг/дм^3	≤20	≤100	7,5	≤20	7,5	≤20	16,5
		Na, мкг/дм^3	≤10	≤50	2,2	≤20	6,0	≤10	3,0

Спасибо за внимание!

Дяченко Филипп Викторович

ассистент Кафедры ТОТ им. М.П. Вукаловича НИУ «МЭИ»

тел./WA: +7 915 023 27 16, эл.почта: fvd12358@gmail.com