



**Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»
109044, Россия, Воронцовский пер., 2, стр.1
Тел. (495) 912-10-78, 912-57-99, факс. 632-72-85
www.nts-ees.ru**

ОТЧЕТ

**заседания подсекции «Водоподготовка и водно – химические
режимы ТЭС» НП «НТС ЕЭС»**

по теме:

**«Совершенствование водно – химического режима
блоков ПГУ»**

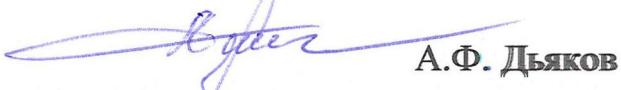
Москва, 2009 г.



Научно-технический
совет
Единой энергетической систе-
мы

«УТВЕРЖДАЮ»:

Председатель научно-технической кол-
легии НП «НТС ЕЭС»
член-корр. РАН, д.т.н., профессор


А.Ф. Дьяков

«3» июня 2009 года

Протокол
совместного заседания НТС ОАО «ВТИ» и подсекции «Водоподготовка и вод-
но-химические режимы ТЭС» научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС»
по теме: «Совершенствование водно-химического режима блоков ПГУ»

г. Москва

№

25.06.09

Присутствовали: члены подсекции «Водоподготовка и водно-химические
режимы ТЭС» научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС» и представители ОАО
«ВТИ», ОГК-2, Шатурской ГРЭС, ОАО «СУЭК», ОАО «МОЭК», ОАО «ЭМАЛЬ-
янс», ЗАО «ЭСТ», ОАО ИК «ЗИОМАР», ОАО «Мосэнерго», МЭИ (ТВТ), «Энерго-
перспектива», ОАО ОГК-4, ОАО «ЗиО», КС-Витц и др.

Председательствовал: председатель подсекции к.т.н Е.Н. Иванов

С докладом «Совершенствование ВХР ПГУ» выступил заведующий лаборато-
рией ОВХП «ВТИ» С.Ю.Суслов, с докладом «ВХР барабанных котлов с применени-
ем аминов» выступила заведующая ОВХП «ВТИ», к.т.н. А.В. Кирилина.

В ходе данного заседания отмечались основные проблемы, возникающие при
ведении водно-химического режима блоков ПГУ, рассматривались конкретные
примеры электрических станций, на которых установлены парогазовые установки,
анализировались сложившиеся ситуации, делались определенные заключения по со-
вершенствованию ВХР. Заседание проводилось в виде открытого диалога.

Представители ОГиТ подвели итог по ведению ВХР на Сочинской ТЭС. Та-
ким образом, отметили, что на данном этапе времени нет никаких замечаний по ве-
дению ВХР; на требуемый режим работы вышли через восемь часов.

В ходе обсуждения основных проблем Богачев А.Ф. поднял вопрос о возмож-
ности определения содержания ТОС в котловой и питательной воде. В итоге заклю-

чили, что это представляет собой довольно сложную задачу. Также отмечалась такая проблема, как низкое значение pH котловой воды, что неизбежно приводит к водородному охрупчиванию экранов.

Очень важным вопросом при ведении ВХР блоков ПГУ (озвучен представителями МЭИ) является степень оснащения тепловых схем приборами для своевременного определения основных показателей качества воды по всему конденсатно-питательному тракту схемы и качество пара, а также как влияют основные коррекционные добавки на показания данных приборов.

Представителями ОАО «ЗиО» г. Подольск поднимался вопрос о несовершенствах используемого в настоящее время на многих блоках ПГУ хеламинного водно-химического режима, отмечалось отсутствие входного контроля реагента. Таким образом, пришли к выводу о необходимости рассмотрения других ВХР, в том числе и традиционного: гидразинно-аммиачного в конденсатно-питательном тракте при вводе фосфатов в барабаны котлов.

Иванов Е.Н. отметил, что существуют таблицы сравнения различных видов ВХР, но никаких данных о повреждаемости труб в этих режимах нет.

Представители ОАО «ЗиО» г. Подольск задали вопрос о водно-химическом режиме новых прямоточных котлов ПГУ. Однако ответить на этот вопрос сразу не представляется возможным, что прежде всего связано с необходимостью знать точно все особенности тепловой схемы, наличие БОУ.

Перспективными в настоящее время считаются аминные водно-химические режимы, исследования которых проводятся в России с большой интенсивностью. Активно этот вопрос поднимается и в США, где также существует две точки зрения: одни утверждают, что это вредный, а другие, что полезный для эксплуатации всего оборудования ТЭС водно-химический режим. Богачев А.Ф. отмечает, что использование аминов благоприятно в том случае, если среда щелочная, в кислой же среде она опасна охрупчиванием металла труб.

На заседании был представлен доклад об использовании аминного ВХР на Шатурской ГРЭС. Перевод на этот ВХР осуществлялся при загрязненности 300 мг/м³, кислотные промывки не практикуются.

Выводы

- 1 При эксплуатации блоков ПГУ возможно использование различных видов водно-химических режимов.
- 2 Наиболее перспективным ВХР блоков ПГУ считается в настоящий момент аминный ВХР, ведутся работы по исследованию результатов его использования.
- 3 Необходимо создание документа по организации ВХР для парогазовых установок, утверждение норм и требований, предъявляемых к качеству добавочной воды котлов-utiлизаторов.
- 4 Принять во внимание опыт различных электростанций с энергоблоками ПГУ по ведению ВХР.

В обсуждении темы приняли участие: Богачев А.Ф. (ОТО ВТИ), к.т.н. Никитина И.С. (МЭИ), к.т.н. Иванов Е.Н.(ОАО «ВТИ», ОВХП), Федоров А.И. (ОАО «ВТИ»), Прокина Н.М.(ОГК-4), Довгий О.А. (ОАО «ЗиО»), Мишустин Н.И. (ОАО ИК «ЗИОМАР») и др.

**Решение подсекции «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС»
по теме «Совершенствование водно-химического режима блоков ПГУ»**

Заслушав участников выступления, заключение экспертной комиссии, предложения и замечания выступивших в обсуждении, решено:

- 1 По опыту эксплуатации энергоблоков ПГУ в России и за рубежом рекомендовать ОАО «ВТИ» разработать руководящий документ по организации водно-химического режима для энергоблоков ПГУ с указанием норм и требований к качеству добавочной воды и типов ВХР. Разработку документа выполнить с учетом всех вариантов исполнения котлов-utiлизаторов.

Исполнитель: ОАО «ВТИ»

Срок: 2010 год.

- 2 Рассмотреть вопрос финансирования разработки и издания руководящего документа по ВХР блоков ПГУ.

Исполнитель: ОАО «ВТИ»

Срок: 2009 год.

- 3 ОАО «ВТИ» разработать программу исследований по выявлению причин повреждаемости испарительных поверхностей котлов-utiлизаторов и представить ее для обсуждения и утверждения заводам-изготовителям. Программа должна содержать следующие направления исследований:

- оценка состояния испарителей низкого и высокого давления действующих котлов-utiлизаторов;
- экспериментальное исследование механизма коррозионно-эрзационного износа гибов змеевиков.

Исполнитель: ОАО «ВТИ» и заводы-изготовители.

Срок: 2009 год.

- 4 Продолжить работы по исследованию состояния водно-химического режима на действующих энергоблоках ПГУ с целью их оптимизации и доработки.

Исполнитель: ОАО «ВТИ»

Срок: 2012 год.

- 5 ОАО «ВТИ» совместно с заводами-изготовителями:

- 5.1 Продолжить работы по технологиям и схемам предпусковых и эксплуатационных отмывок поверхностей нагрева котлов-utiлизаторов.
- 5.2 Рассмотреть альтернативные варианты конструктивного выполнения периодической продувки.
- 5.3 Разработать и согласовать конструкцию и место установки пробоотборных зондов в наиболее проблемных участках тракта котла-utiлизатора для контроля качества теплоносителя.

Зам. председателя научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС», д.т.н. профессор

Молодюк В.В.Молодюк

Ученый секретарь научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

Исамухамедов Я.Ш. Исамухамедов

Председатель подсекции «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС», к.т.н

Иванов Е.Н. Иванов

Ученый секретарь подсекции

Крючкова

Н.Н. Крючкова

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ ПГУ, НОРМИРОВАНИЕ ВХР И ПРОБЛЕМЫ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ

Зав. лабораторией ВХРиК С.Ю.Суслов

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ ПГУ

Для решения проблем, связанных с ведением водно-химического режима блоков ПГУ, различные электростанции за рубежом применяют один или комбинацию нескольких режимов для каждого отдельного контура. В таблице приводятся примеры водно-химических режимов действующих блоков в различных странах.

Тип компоновки	Циркуляция	Параметры в контурах, атм	Водно-химический режим контуров			Примечания
			ВД	СД	НД	
В	ЕЦ	102/7,2	AVT	–	AVT	Na ₃ PO ₄ –аварийная доза
В	ПЦ	60/5	AVT		AVT	
В	ПЦ	80/6,5	NaOH	–	AVT	
В	?	60/6,7	AVT		Na ₃ PO ₄	
В	ПЦ	80/6,8	Na ₃ PO ₄		Na ₃ PO ₄	
В	ПЦ	60	Na ₃ PO ₄			
В	ПЦ	80/7,5	AVT	–	AVT	Na ₃ PO ₄ –аварийная доза
В	ПЦ	120/29	Na ₃ PO ₄	Na ₃ PO ₄		
Г	ЕЦ	80/7	Na ₃ PO ₄		Na ₃ PO ₄	
В	ПЦ	80/6,2	Na ₃ PO ₄		Na ₃ PO ₄	
В	ПЦ	57/5	AVT		AVT	Na ₃ PO ₄ –аварийная доза
В	ПЦ	95,5/25/6	NaOH	NaOH	NaOH	
В	ПЦ	124/32/6,5	AVT	AVT	AVT	Na ₃ PO ₄ –аварийная доза
Г	ЕЦ	110/29,6/4,5	AVT	AVT	AVT	Na ₃ PO ₄ –аварийная доза
В	ПЦ	106,6/28,8/4,5	NaOH	NaOH	AVT	

Из приведённой таблицы видно, что для котлов примерно одинаковых параметров можно найти любые комбинации режимов.

Для всех энергоблоков с барабанными котлами обычным и привычным является комбинированный ВХР, когда в конденсатно-питательном тракте ведется аммиачно-гидразинная обработка, а в котловую воду дозируются, как правило, фосфаты (тринатрийфосфат – Na₃PO₄) или смесь фосфатов с едким натром.

Возможны также некоторые модификации водного режима КПТ: помимо аммиачно-гидразинного, варианты дозировки только одного из этих реагентов.

В то же время за рубежом предлагается гораздо больше вариантов режимов. В частности, EPRI (американский НИИ энергетики), разработаны для барабанных котлов пять водных режимов котловой воды. Из них три – модификации фосфатного режима, отличающиеся натрий-фосфатным соотношением. В Германии (нормы VGB) даются только общие указания для ведения ВХР и нормы качества котловой воды. Этих режимов три.

Примерно также обстоит дело и в других странах. То есть, следует рассматривать три водно-химических режима: фосфатный, гидратный и AVT.

Необходимость разъяснить некоторые особенности ведения этих ВХР возникла по двум причинам:

1. Внедрение таких режимов на блоках ПГУ в России.
2. Требования поставщиков при закупке импортного оборудования.

Не будем рассматривать фосфатный режим – он для нас понятен в большей или меньшей степени и всем известен. Известны также и основные проблемы, возникающие при ведении фосфатного режима. Также не будем рассматривать модификации фосфатного режима, рекомендуемые США. Остановимся на двух ВХР, которые у нас неизвестны (или почти неизвестны).

AVT (All Volatile Treatment)

AVT (All Volatile Treatment) – режим с применением только летучих щелочей. Нам этот режим известен: это аммиачно-гидразинный режим, который мы ведем в конденсатно-питательном тракте.

Однако, этот же режим предлагается для всего контура, включая котел.

И первая особенность – это режим повышенного аминирования. В разных странах значение pH несколько отличаются, но, в общем, находятся в пределах 9,2 – 9,6. Это автоматически приводит к тому, что в контуре энергоблока не должно быть медьсодержащих сплавов.

При ведении такого режима не предусматривается дополнительная коррекционная обработка котловой воды. Величина pH в барабане определяется только за счет дозировки аммиака и гидразина в питательную воду.

Рассмотрим требования VGB к AVT режиму.

Питательная вода

Показатель качества	Размерность	Значение
Величина pH		9,2÷9,5
Удельная электропроводность (при дозировке только аммиака)	мкСм/см	4,3÷8,6
Электропроводность Н-катионированной пробы	мкСм/см	< 0,1
SiO ₂	мкг/дм ³	< 5
Fe	мкг/дм ³	< 10
Кислород	мкг/дм ³	5÷20
TOC		

Для обеспечения такого качества питательной воды необходимо:

- или иметь гарантировано плотный конденсатор (стальные или титановые трубы, или двойные трубные доски);
- или устанавливать БОУ.

Высокие требования к качеству питательной воды обусловлены еще одной особенностью зарубежных котлов: везде для регулирования температуры пара используется питательная вода, а не собственный конденсат, как в отечественных котлах.

Другая особенность, требующая высокого качества питательной воды – одноступенчатое испарение в котлах. То есть отсутствуют привычные для нас солевые отсеки, куда мы отправляем все проблемы, связанные с ухудшением качества питательной воды.

Требование по содержанию общего органического углерода едины для всех режимов и определяются качеством обессоленной воды, в которой содержание растворённого органического углерода не должно превышать 200 мкг/дм³.

Обратимся теперь к требованиям по качеству котловой воды. Учтём при этом, что дополнительная дозировка аммиака в котловую воду не предусматривается.

Котловая вода

Давление в барабане, МПа		< 8	8 – 16	> 16	
Показатель качества	Размерность	Значение			
Величина pH		pH контролируется величиной pH питательной воды*			
Электропроводность	Н-катионированной пробы	мкСм/см	< 5	< 3	
SiO ₂		мкг/дм ³	По диаграмме		
TOC					

* Величина показателя pH питательной воды должна быть более 9,5.

Уже говорилось о том, что этот режим нам неизвестен. И сравнивая две таблицы, может ли кто-то объяснить требования по величине pH? В случае питательной воды величина pH ограничена пределами 9,2÷9,5, а в примечаниях к котловой воде требуется более 9,5. (Американские специалисты рекомендуют при ведении ВХР котлов-утилизаторов в двухфазной среде поддерживать pH не ниже 9,8). Возникает естественный вопрос о том, как соотнести эти требования. Ответа у нас нет, если не считать того, что прежде чем внедрять AVT режим, следует провести длительные исследования или, по крайней мере, получить рекомендации у западных специалистов. В случае применения такого режима следует отнестись к нему в соответствии со стандартом «Методика исследований новых водно-химических режимов и оценка их эффективности в условиях эксплуатации энергоблоков СКД» (СО 34.09.307-2001). А это означает установку индикаторов коррозии во всех точках тракта и непрерывный контроль наладочной организации в течение длительного времени.

Данный режим отличается особой чувствительностью к присутствию хлоридов. При ведении AVT режима повышенные концентрации аммиака ведут к увеличенному выносу хлоридов в пар, что может привести к повреждениям турбины.

Следует также отметить, что высокие концентрации аммиака в тракте требуют установки БОУ, работающей в NH₄-OH – форме. Оыта эксплуатации блочных обессоливающих установок в такой форме в России нет. Работа БОУ в

H-OH – форме потребует увеличения числа регенераций из-за коротких фильтроциклов и, как следствие, увеличение стоков.

Данный режим, точнее, его подобие было рекомендовано для Северо-Западной ТЭЦ. Следует отметить, что нормы, предложенные С-ЗТЭЦ, не отвечают требованиям ни одних зарубежных руководящих указаний. Кстати, аналогичные нормы были предложены для ведения ВХР энергоблоков ПГУ на ТЭЦ-21 и ТЭЦ-27 «Мосэнерго». Ни на одном из блоков не были установлены индикаторы коррозии для оценки водно-химического режима.

Гидратный водно-химический режим (“OH” treatment, Caustic treatment)

Гидратный водно-химический режим предусматривает дозировку в котловую воду только едкого натра. В этом случае задачи гидратного режима можно определить следующим образом:

- создание в котловой воде среды с минимальными коррозионными свойствами, при этом концентрация едкого натра должна быть минимальной, чтобы избежать щелочной коррозии;
- уйти от хайд-аута при работе в режиме переменных нагрузок;
- связывание анионов, в первую очередь хлоридов, с образованием менее летучих соединений.

Родоначальниками этого режима следует считать англичан, которые начали работу с едким натром ещё в начале 60-х годов.

Рассмотрим предлагаемые VGB и рекомендованные для всего Евросоюза нормы ведения гидратного режима и постараемся оценить их с точки зрения применения на котлах-utiлизаторах, а также действующих котлах (при соблюдении норм ПТЭ). Котлы-utiлизаторы стоят несколько обособленно, потому что для них за рубежом предлагаются различные комбинации режимов, в том числе и гидратный, даже для котлов трёх уровней давления.

Давление в барабане, МПа		< 4	4 ÷ 10	> 10
Нормируемый показатель	Размерность			
pH		9,8 – 10,2	9,5 – 10,0	9,4 – 9,6
Удельная электропроводность	мкСм/см	15 ÷ 40	8 ÷ 25	6 ÷ 10
Электропроводность Н- катионированной пробы	мкСм/см	< 50	< 50	< 30
SiO ₂	мг/мд ³	По диаграмме		

Это данные из последнего издания норм VGB 2004 года. Обратим внимание на разницу в нормируемых показателях для разных давлений, а также тот факт, что эти нормы рассчитаны на подпитку блока обессоленной водой.

Однако имеются и другие нормы для этого режима. Справедливости ради следует отметить, что данные по Великобритании, США и ЮАР старые, конца 80-х годов, поэтому в таблицу для сравнения добавлена последняя колонка из предыдущей таблицы. Нормы установлены для котлов высоких давлений (более 10,0 МПа), более того, гидратный режим рекомендуется для котлов давлением более 16,0 МПа как наименее проблемный.

Показатель	Размерность	Великобритания	ЮАР	США	Герма-ния
pH		–	9,3 – 9,8	9,4 – 9,6	9,4 – 9,6
α	мкСм/см	–	< 3	–	6 ÷ 10
α_H	мкСм/см	–	< 15	5÷15	< 30
SiO ₂	мкг/мд ³	< 200	–	–	
Cl	мкг/мд ³	1200	< 150	\leq 400	
NaOH	мг/мд ³	2 (мин); 2,5•Cl	0,9÷2,6	1,0÷1,5	
Na	мг/мд ³	–	0,5÷1,5	< 1,5	
SO ₄	мкг/мд ³	–	< 150	–	

Как следует из таблицы, везде имеется свой взгляд на количество нормируемых показателей и пределы, в которых они изменяются. Наименьшее количество определений нормируется у родоначальников режима, что связано, по всей вероятности, с большим опытом эксплуатации. Минимум контролируемых показателей предлагается в нормах VGB, однако это действительно минимум, а каждый собственник может расширять количество контролируемых показателей по своему усмотрению.

Если внедрять гидратный режим, то требования к нему будут такими же, как и в случае предыдущего: разработка норм, наладка, контроль, сопровождение, индикаторы коррозии.

Обзор этих водных режимов был сделан для того, чтобы далее немного поговорить о водно-химических режимах блоков ПГУ и требованиях к тепловой схеме этих блоков. Говоря о тепловой схеме, будем иметь ввиду, что здесь рассматривается только вопрос о необходимости включения БОУ в схему энергоблока.

Если взять АВТ- режим, то в ряде случаев предусматривается узел дозировки фосфатов для устранения проблем, связанных с проскоками жёсткости. Это вполне закономерно, поскольку вместе с катионами в тракт поступают и анионы, а аммиачный режим не обладает достаточной буферностью для их нейтрализации. И в случае отсутствия резервного узла фосфатирования необходимость БОУ очевидна. Также, на наш взгляд, необходима установка БОУ и при выборе гидратного режима для коррекционной обработки. Следует, на наш взгляд, обратить внимание на то, что при работе в режиме повышенного аминирования установка БОУ в привычной для нас Н-ОН форме приведёт к увеличению расхода регентов для коррекционной обработки, а также для регенерации фильтров.

Вообще, при выборе водно-химического режима котлов-utiлизаторов блоков ПГУ следует учитывать, что наличие барабана в схеме не означает тождество с обычным энергетическим котлом.

НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВХР В ТУ НА КОТЁЛ

На совещаниях различного уровня, обсуждая проблемы, связанные сведением водно-химического режима котлов-utiлизаторов энергоблоков ПГУ, очень трудно убедить эксплуатационный персонал в необходимости принятия решения. Чаще всего идёт ссылка на ТУ заводов на котлы. Мы подняли ряд документов и обнаружили следующую картину, которую постарались для простоты восприятия свести в таблицы.

**Качество питательной воды
(для различных котлов, от разных производителей)**

Показатель	Размерность	Значение		
Общая жёсткость, не более	мкг-экв/дм ³	3	0,6	1,0
Содержание соединений железа, не более	мкг/дм ³	30	12	20
Содержание соединений меди, не более	мкг/дм ³	5	6	5
Содержание растворённого кислорода в воде после деаэратора, не более	мкг/дм ³	10	10	10
Содержание нефтепродуктов, не более	мкг/дм ³	0,3		
pH		9,1±0,1	9,1±0,1	9,5±0,1
Содержание кремниевой кислоты, не более	мкг/дм ³	50		
Условное солесодержание (в пересчёте на NaCl), не более	мкг/дм ³	300		
Удельная электропроводность, не более	мкСм/см	2,0		
Удельная электропроводность Н-катионированной пробы, не более	мкСм/см		0,4	0,3

В одном из ТУ требование к качеству питательной воды распространяется на контуры высокого и низкого давления, в другом – только на высокое, в третьем – ничего не говорится. В данной таблице следует обратить внимание на выделенные значения. Если знать требования к различным водохимическим режимам, то следует понимать, что по величине pH третья колонка предполагает ведение режима повышенного аминирования, который (внимание!) предполагает отсутствие жёсткости и очень низкое значение удельной электропроводности. Вторая колонка вызовет у людей, знакомых с методами аналитического контроля недоумение не только «кривыми» значениями, но и тем, как определить жёсткость 0,6 мкг-экв/дм³. Что же касается первой колонки, то здесь можно увидеть и высокие жёсткость и электропроводность, а также непонятно откуда взятое значение солесодержания.

Короче говоря, глядя на эти данные, эксплуатационный персонал должен выбрать водо-химический режим и придерживаться заданных заводом-изготовителем значений. Зарубежные компании при поставке котлов не задают, как правило, таких условий. Основное требование к качеству пара предъявляют производители турбин.

Можно для наглядности показать и требования к качеству конденсата и также подивиться заданным значениям.

Требования к качеству конденсата

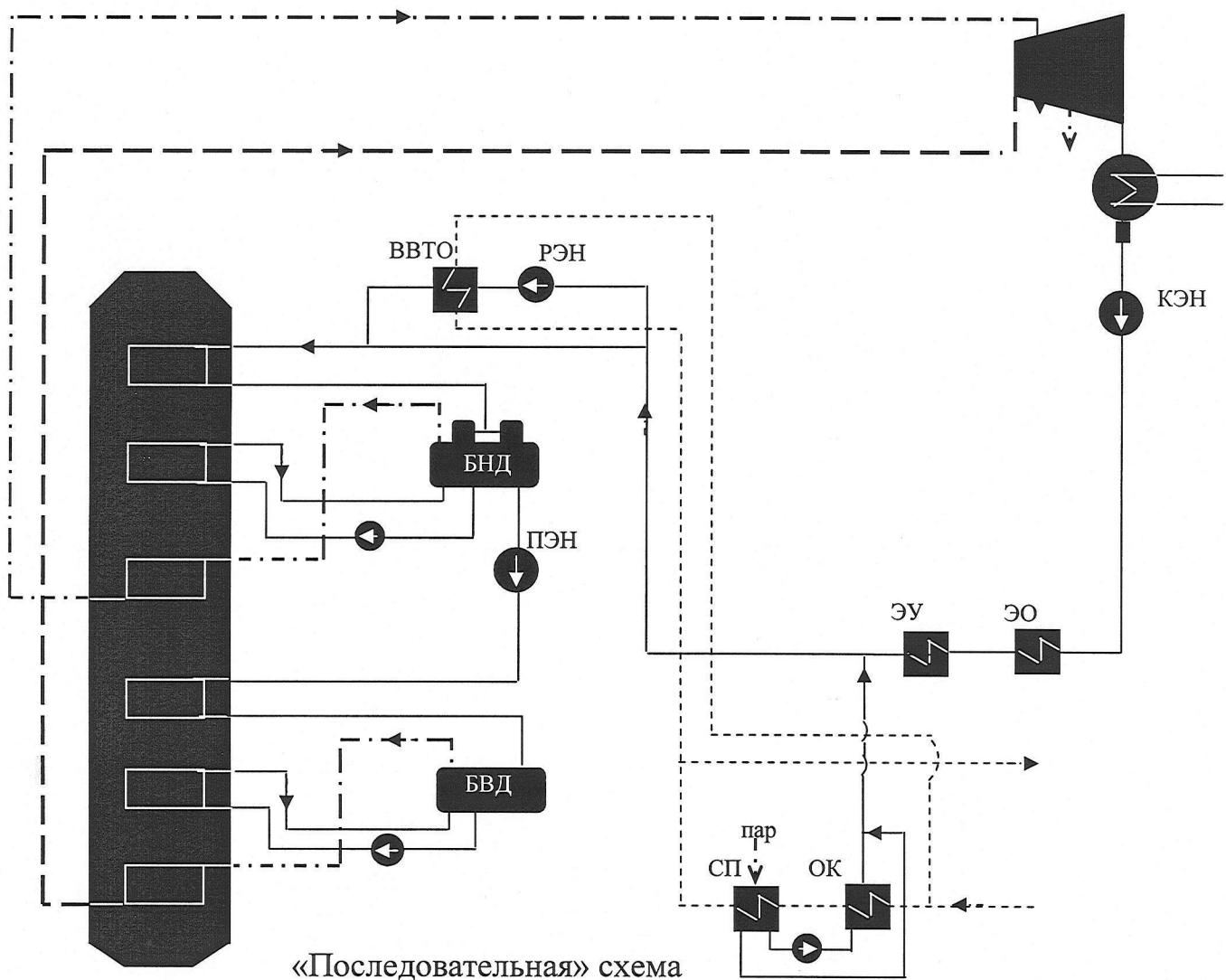
Наименование показателя	Значение	
Общая жесткость, мкг-экв/кг не более	1,0	0,5
Содержание соединений железа, мкг/кг не более	20	10
Содержание соединений меди в конденсате перед деаэратором, мкг/кг не более	5	5
Содержание растворенного кислорода в конденсате перед деаэратором, мкг/кг не более	20	20
Значение pH	9,1÷10,5	9,1±0,1
Удельная электрическая проводимость, мкСм/см, не более	0,3	0,3

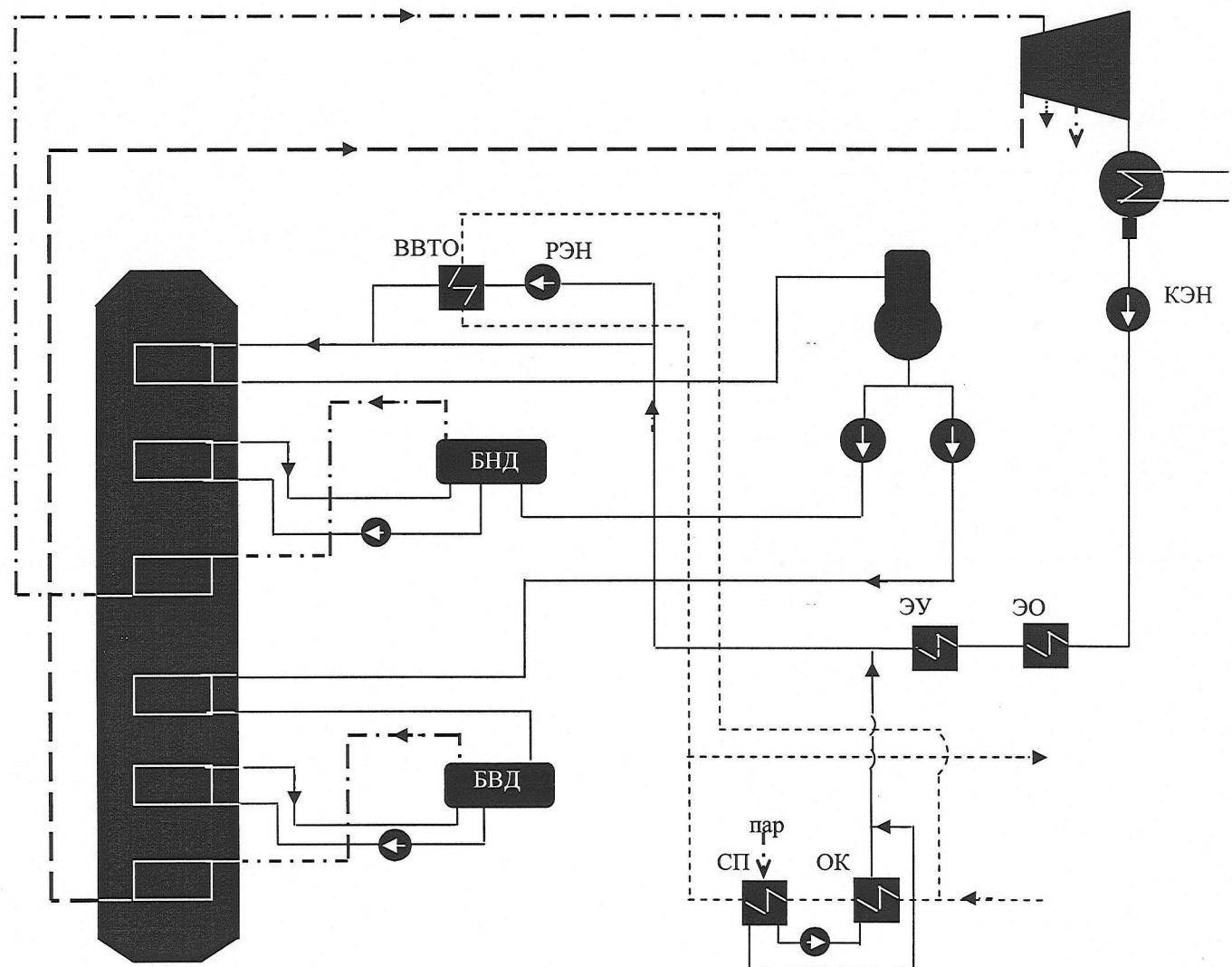
Примечания:

- 1 Водородный показатель pH измеряется при 25 °C.
- 2 Удельная электропроводность при 25°C на Н-катионированной пробе.

На наш взгляд, выбор режима, следовательно, и качество теплоносителя, должны выбираться собственником оборудования самостоятельно или при участии наладочной организации.

А выбор режима и качество теплоносителя зависит от тепловой схемы котла-utiлизатора. У нас нет официально принятой классификации тепловых схем котлов-utiлизаторов. В нашей лаборатории, для себя, сточки зрения ведения водно-химического режима, мы делим схемы по принципу «параллельная» или «последовательная», имея ввиду направление движения потоков. В первом случае качество котловой воды низкого давления определяет качество питательной и котловой воды высокого давления, во втором – качество питательной воды одинаково для всех давлений.





«Параллельная» схема

Здесь показаны котлы-utiлизаторы вертикальной компоновки, однако в нашем случае, рассматривая ведение водно-химического режима, это непринципиально. В первом случае мы имеем «зависимую» схему, во втором – «независимую», когда появляется возможность ведения абсолютно разных водных режимов в контурах различного давления.

Следует отметить, что за рубежом, несмотря на длительный опыт эксплуатации котлов-utiлизаторов, нет специально разработанных для них норм. Требования к качеству теплоносителя и виды водно-химических режимов привязаны к традиционным котлам. При этом особенности пуска, останова и эксплуатации котлов-utiлизаторов не рассматриваются. Всё это приводит к ряду проблем, о которых сейчас пишут очень много.

ПРОБЛЕМЫ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ

Проблемы, возникающие при эксплуатации котлов-утилизаторов и связанные с коррозией, следует разделить на две группы: наружная коррозия и внутrikотловые коррозионные процессы. Мы будем рассматривать внутrikотловые проблемы, связанные с ведением водно-химических режимов.

Выделим следующие основные виды повреждений:

- коррозионно-эрэзионный износ выходных участков испарителей низкого давления;
- щелочное охрупчивание, подшламовая коррозия – в испарителях высокого давления;
- эрозионные процессы в экономайзерах.

1 Коррозионно-эрэзионный износ

Впервые в отечественной практике с этим столкнулись на С-3 ТЭЦ. На этой ТЭЦ, первенце нового класса энергоблоков, был принят наиболее распространённый за рубежом режим повышенного аминирования. Как уже отмечалось ранее, режим этот у нас применения не имел. Нормы, которые были установлены, были взяты из зарубежных требований. Однако, они были «адаптированы» под наши понятия. Сравним требования, которые были установлены для С-3 ТЭЦ, с нормами VGB.

Общая жесткость	мкг-экв/дм ³	0,2
Содержание растворенного кислорода	мкг/дм ³	10,0
Значение pH		9,4÷9,6
Содержание кремниевой кислоты	мкг/дм ³	30,0
Содержание соединений натрия	мкг/дм ³	30,0
Удельная электрическая проводимость H-катионированной пробы* (УЭП _H)	мкСм/см	0,5
Содержание соединений железа, Fe	мкг/дм ³	20,0
Соединений меди, Cu	мкг/дм ³	5,0
Содержание нефтепродуктов	мг/дм ³	0,3

*при повышении удельной электрической проводимости H-катионированной пробы (УЭП_H) в работу включается блочная обессоливающая установка (БОУ).

То же самое касается качества котловой воды (испарительных контуров):

Качество котловой воды испарительного контура низкого и высокого давления должно отвечать следующим нормам, не более:

Значение pH*		9,3÷10,5
Удельная электрическая проводимость Н-катионированной пробы (УЭП _н)	мкСм/см	10,0
Содержание соединений железа, Fe	мкг/дм ³	100,0
Хлориды, Cl	мг/дм ³	1,0

*Допускается снижение pH до 9,0 при содержании хлоридов не более 0,5 мг/дм³.

В случае несоблюдения требуемых значений pH в котловую воду должен вводиться едкий натр, в том числе и в пусковых режимах.

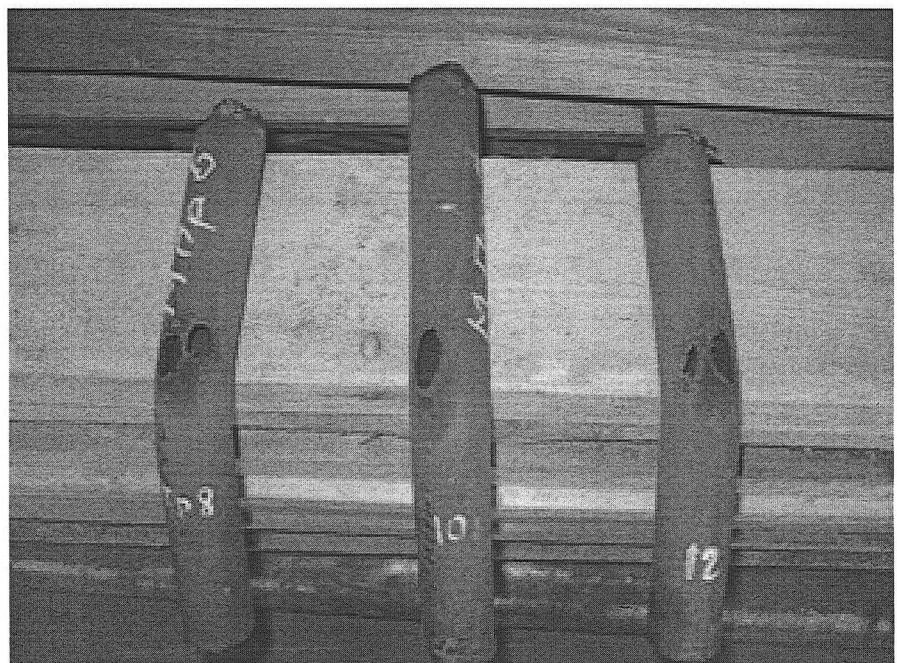


Рисунок 1. Повреждённые выходные участки гибов испарителя низкого давления.

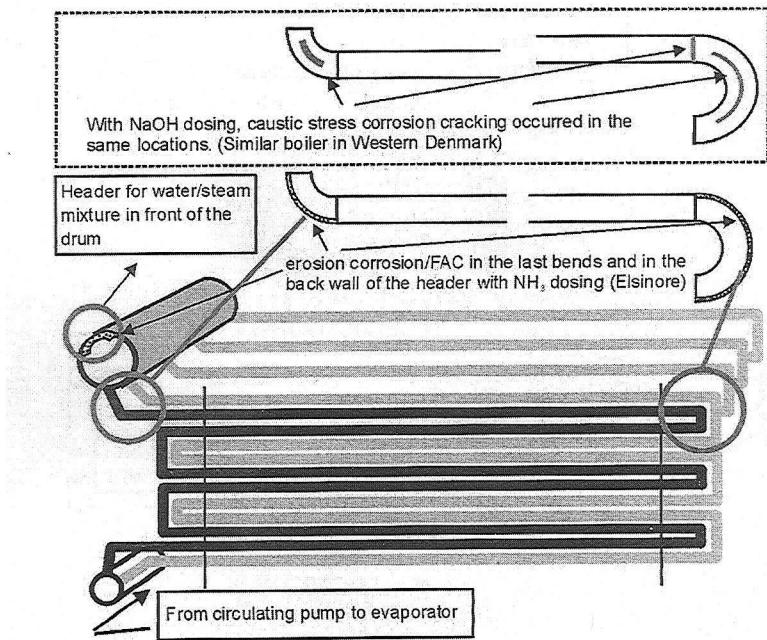


Рисунок 2.Проблемы выходных гибов испарителя НД при ведении различных водно-химических режимов.

Как видно из последнего рисунка, применение различных реагентов для контура низкого давления вызвало разрушения испарительных поверхностей нагрева в идентичных местах. Исключение составил выходной коллектор, где при использовании аммиака для коррекционной обработки происходят эрозионно-коррозионные повреждения. Данных по последствиям применения фосфатов для ведения ВХР контура НД у нас, к сожалению, нет.

Как оказалось, данная проблема существует не только на котлах с горизонтальным расположением труб, но и в испарителях с вертикальными трубами.

Таким образом, первое проблемное место – ИНД. На наш взгляд, заводам-изготовителям КУ следует устанавливать на выходных трубопроводах пробоотборные устройства щелевого типа, позволяющие получить усреднённую пробу по диаметру трубы. Безусловно, было бы также интересно получить пробу из пристенного потока, что потребует установки в тех же местах пробоотборных зондов совсем другого типа.

Подшламовая коррозия

Для контуров высокого давления, как следует из первой таблицы, могут применяться те же самые режимы, что и в низком давлении. Учитывая, что коэффициент распределения аммиака с повышением давления уменьшается, проблем эрозионного износа в этом элементе не наблюдается. Поэтому обратим внимание на фосфатный и гидратный водно-химический режимы. Изменение нагрузки на традиционных барабанных котлах приводит, как известно, к хайд-ауту, когда соли то вымываются из отложений, то прячутся. Особенностью котлов-utiлизаторов является их высокая манёвренность. А постоянные изменения нагрузки могут приводить к значительным изменениям качества теплоносителя. Пример трубы испарителя высокого давления показан на рисунке.

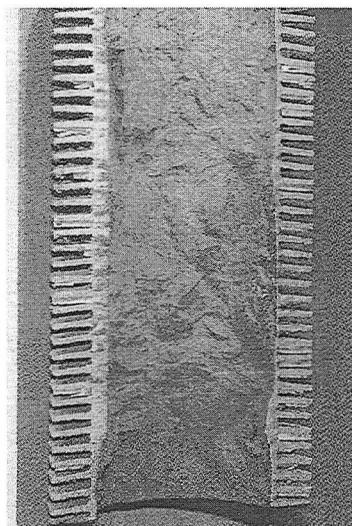


Рисунок 3. Повреждение поверхности испарителя низкого давления.

Одной из проблем любых уровней давлений, если котёл выполнен по «параллельной» схеме, является выполнение продувки барабанов при нарушениях ВХР, а также при повышении солесодержания котловой воды. В частности, столкнувшись с трёхбарабанным котлом Киришской ГРЭС, у нас возник вопрос качественного выполнения продувки, которая необходима при выполнении пусковых операций. Предложенное заводом решение позволяет качественно продуть только опускной стояк, но никак не панели испарителей. В случае применения фосфатов тяжёлый шлам просто невозможно будет удалить.

Поэтому заводам следует рассмотреть вопрос об изменении конструкции периодической продувки.

По информации Петровой Т.И. на ряде зарубежных энергоблоков ПГУ имеются проблемы с повреждаемостью экономайзеров. У нас такой информации нет, но этот момент мы освещаем по её просьбе. Вполне вероятно, что повреждения связаны с видом водно-химического режима, и наиболее вероятно, что это AVT.

Аминосодержащие водно-химические режимы ТЭС

Кирилина А.В. – заведующий ОВХП, к.т.н.

Основным водно-химическим режимом для барабанных котлов уже многие десятилетия традиционно является гидразинно-аммиачно-фосфатный режим.

Преимущества фосфатного режима для котлов высокого давления проявляются только в периоды резко повышенных присосов охлаждающей воды в конденсаторах и заключаются в предотвращении кальциевого накипеобразования в условиях, близких к аварийным. Но в процессе всей эксплуатации при высоких тепловых нагрузках, характерных для котлов высоких давлений фосфатный режим имеет недостатки, особенно в теплонапряженных местах (зонах высоких температур - образуются пористые малотеплопроводные железо-фосфатные отложения). Наличие отложений снижает коэффициент теплопередачи, увеличивает сопротивление тракта и уменьшает экономичность работы. Для оборудования, работающего под давлением, это может привести к пережогу труб и возникновению аварийных ситуаций. Кроме того, вследствие образования накипи увеличивается расход топлива. Поэтому всегда имел место поиск новых водно-химических режимов. Были опробованы:

- бесфосфатный (невозможность обеспечения необходимого pH);
- комплексонный (необходимость точного дозирования);
- щелочной (не предотвращает кальциевого накипеобразования).

В последние годы в России и странах СНГ начал успешно распространяться водно-химический режим на основе комплексных аминосодержащих реагентов. На сегодняшний день в СНГ (Молдова и Украина) уже более 7 лет работают энергоблоки и котлы на эпуринном водно-химическом режиме.

Следует отметить, что в России реагент эпурин распространен под названием цетамин, т.е. под своим оригинальным названием, которое известно в Европе.

Аминосодержащие реагенты являются многофункциональными реагентами, которые благодаря своим свойствам одновременно выполняют несколько задач:

- нейтрализующие амины, входящие в состав реагентов нейтрализуют углекислоту, хлориды, сульфаты и др.;
- пленкообразующие амины позволяют создавать на поверхностях нагрева котла и проточной части турбины надежную защитную пленку магнетито-аминового типа, которая обеспечивает антикоррозионную защиту оборудования в различных периодах эксплуатации и во время вывода в ремонт или резерв;
- в некоторых марках аминов содержится диспергатор (в хеламинах - это поликарбоксилаты, а в эпурине или цетамине полиакрилаты). Диспергатор обеспечивает связывание солей жесткости, которые могут поступать в тракт при присосах в конденсаторе или бойлерах.

В ОАО «ВТИ», в отделении водно-химических процессов тепломеханического оборудования ТЭС, специалистами лаборатории водно-химических режимов ТЭС накоплен значительный опыт по внедрению водно-химических режимов на различных

марках аминосодержащих реагентов. Еще в 2004 году по предложению Федосеева Бориса Сергеевича мы начали работу с этими реагентами, чтобы в энергетике России можно было выбирать из нескольких типов реагентов, а не зацикливаться на одной, несколько ограниченной в выборе марке реагентов – хеламин.

В России на аминных водных режимах работают следующие энергоблоки и котлы:

-Новокуйбышевская ТЭЦ-1, ТЭЦ с поперечными связями, на станции установлены барабанные котлы с давлением в барабане 130 атм. На ТЭЦ первоначально был организован водно-химический режим с применением хеламина марки 90HTurbo, но из-за отсутствия в составе реагента диспергатора, связывающего жесткость, в отложениях на поверхностях нагрева котлов были обнаружены соли жесткости. Поэтому было принято решение о переходе на другую марку хеламина, содержащую диспергатор. В настоящее время ТЭЦ применяет хеламин 906Н;

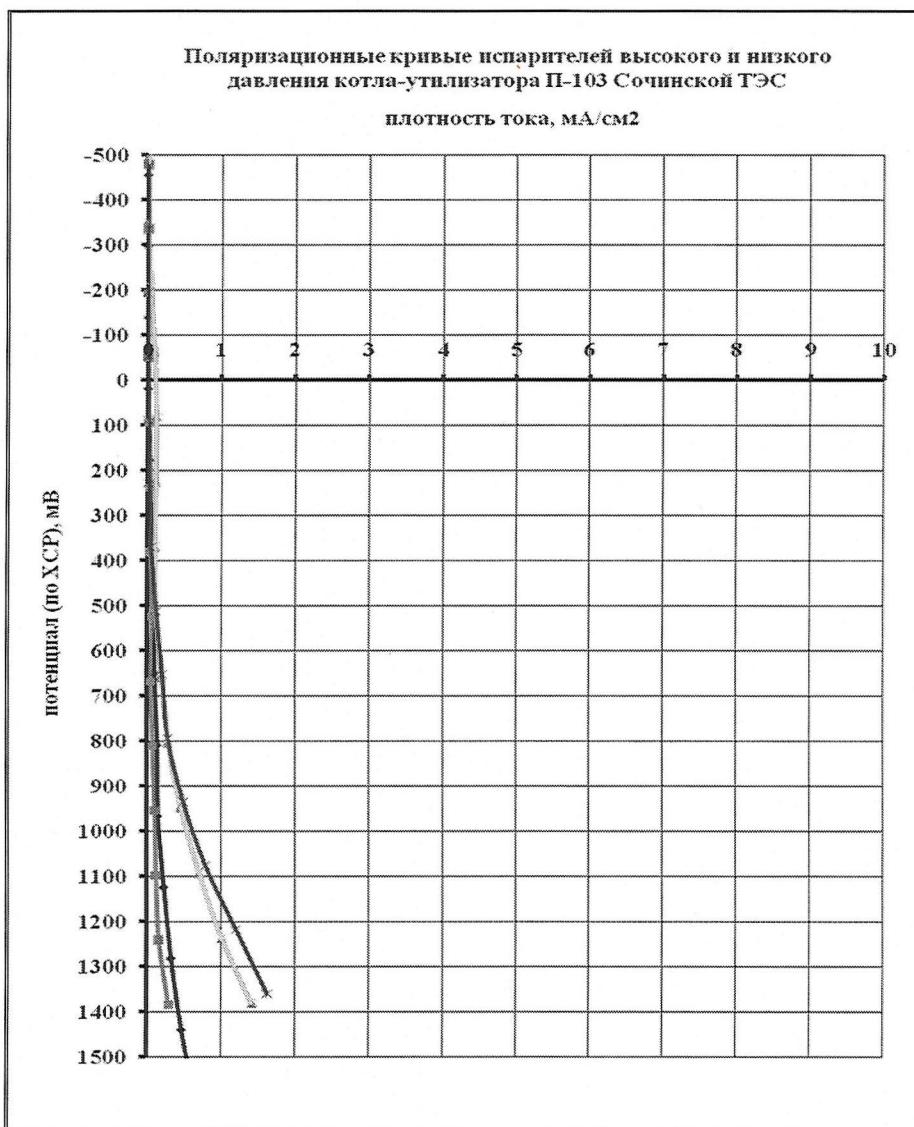
-следующим объектом, где внедрен аминный водно-химический режим (ВХР) была Сочинская ТЭС с энергоблоками ПГУ. В тот момент решение о внедрении хеламинного водного режима на блоке ПГУ было достаточно «пионерским», т.к в тот момент был известен только Зарубежный опыт, а в России амины еще не внедрялись на блоках ПГУ.

В декабре 2004 года, с момента первоначальных пусковых мероприятий, на двух энергоблоках этой станции был внедрен хеламинный водно-химический режим, на основе хеламина 906Н. Внедрение, последующую наладку и оптимизацию выполняли сотрудники лаборатории водно-химических режимов. Не сегодня Сочинская ТЭС отработала на этом водном режиме уже 4,5 года.

По результатам эксплуатации следует отметить следующее, на энергоблоке обеспечена безаварийная эксплуатация оборудования. Все пусковые мероприятия, начиная с самых первых, комплексных опробований оборудования нормы водно-химического режима практически за 3 часа выходили на нормируемые значения. Так, например, при первом пуске блока содержание железа в первом отборе по котловой воде достигало 5 мг/дм³, а уже спустя 2-3 часа содержание железа снизилось до 200 мкг/дм³. Конечно, при первых пусках блоков ПГУ выполнялась повышенная дозировка хеламина для обеспечения защиты поверхностей нагрева котла-utiлизатора и для образования легкого подвижного шлама, который легко удалялся с непрерывной и периодической продувкой.

На сегодняшний день энергоблока Сочинской ТЭС работают при стабильной дозировке хеламина в тракт блока, на поверхностях нагрева создана надежная защитная пленка.

Оценка защитных свойств пленок выполнялась путем вырезки образцов и проведением на них потенциостатических исследований. Как показали эти исследования (см. рисунок 1) величина плотности коррозионного тока не превышает 1,8 мА/см², что является показателем защитных свойств – как высшая степень защиты.



1 -- ИВД КУ-1, вырезан в 2007 г, образец 1

2 -- ИВД КУ-1, вырезан в 2007 г, образец 2

3 -- ИНД КУ-1, вырезан в 2007 г, образец 1

4 -- ИНД КУ-1, вырезан в 2007 г, образец 2

5 -- ИНД КУ-1, вырезан в 2007 г, образец 3

Рисунок 1

Причем высокая степень защиты поверхностей нагрева от протекания коррозионных процессов была подтверждена быстрым выходом энергоблока после 6 месяцевостоя из-за аварийного выхода из работы газовой турбины. Причем энергоблокостоял в ремонте без дополнительных мероприятий по консервации, а его пуск показал, что максимальное значение по содержанию железа составляло не более 500 мкг/дм³ и затем в течение нескольких часов вышло на нормируемый показатель 100 мкг/дм².

Следующим объектом, где силами лаборатории внедрен хеламинный водный режим, является Дзержинская ТЭЦ. На этой электростанции еще в 1994 году было принято решение о реконструкции одного из котлов на полу-блок ПГУ в который входила

газовая турбина и одно-барабанный котел-утилизатор низкого давления. Давление в барабане составляет 1,5 МПа (15 атм). Но в 1994 году из-за отсутствия финансирования план пуска блока пришлось отложить, а уже поставленный котел-утилизатор законсервировать.

Котел-утилизатор и газовая турбина простояли в консервации до 2004 года, после получения кредита на дальнейшую работу, в декабре 2005 года был выполнен пуск блока ПГУ. Блок ПГУ был встроен в действующую схему станции с поперечными связями. В качестве реагента для коррекционной обработки выбран хеламин марки BRW-150. Сегодня этот блок отработал 3,5 года.

В отличие от блоков ПГУ сочинской ТЭС блок ПГУ Дзержинской ТЭЦ встроен в действующую схему ТЭЦ с поперечными связями и весь пар, вырабатываемый котлом-утилизатором поступает в общестанционный паровой коллектор 1,5 МПа (15 атм).

Первые пуски блока и его последующая эксплуатация показали, что хеламин марки BRW-150 не настолько эффективен, как хеламин 906Н. Недостаточная эффективность проявлялась в повышенном содержании железа в котловой воде и периодически в питательной, причем дозировка хеламина велась в пределах до 5 мг/дм³, рекомендованных действующим временным регламентом ведения хеламинного ВХР (СО 34.37.534-2002). Помимо этого на блоке наблюдается повышенное содержание кислорода до 300 мкг/дм³ в питательной воде за вакуумным деаэратором в первый год эксплуатации, в последствии была налажена работа деаэратора и содержание кислорода вошло в норму 10 мкг/дм³, но с периодическим проскоком до 50 мкг/дм³.

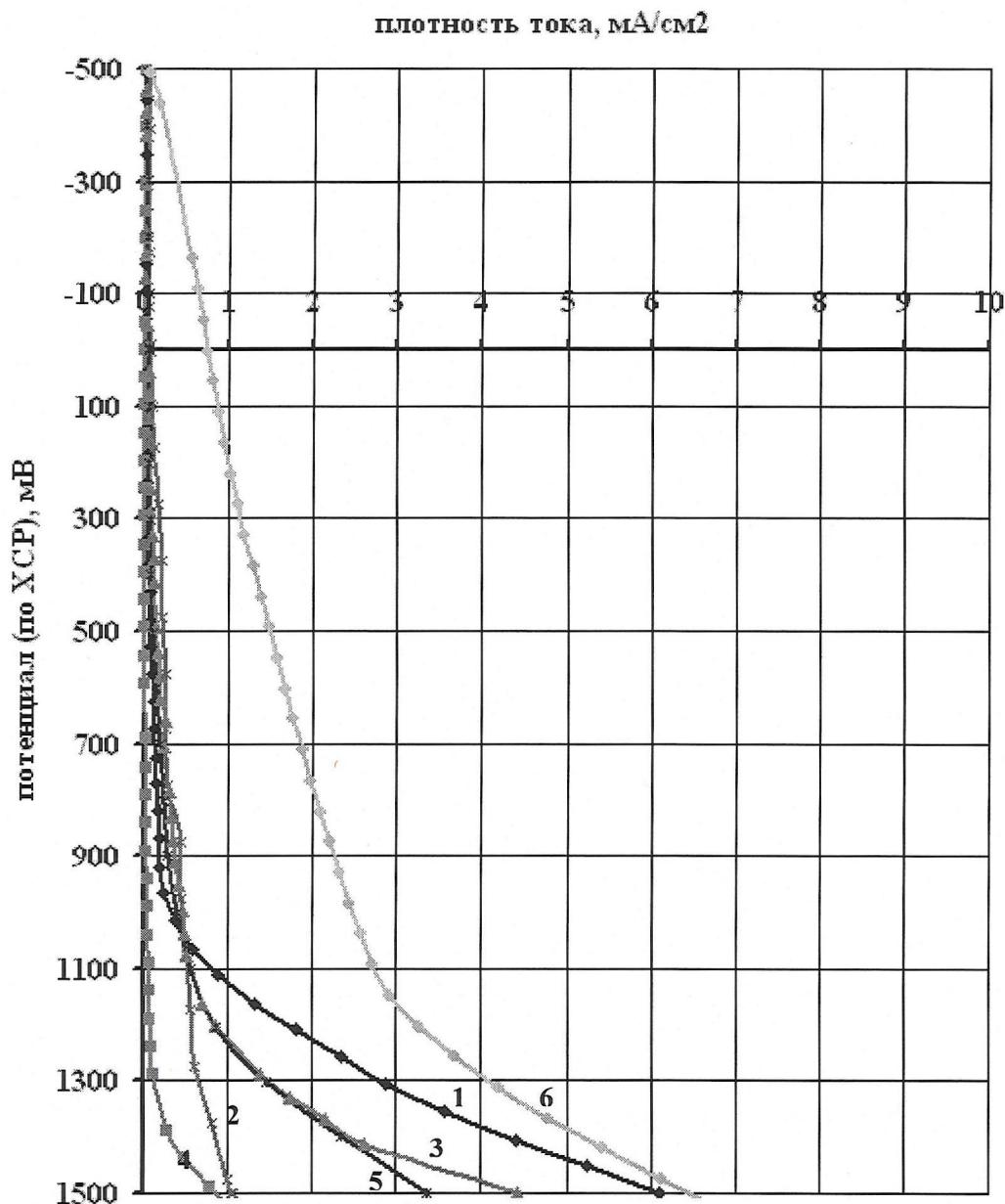
Специалистами ВТИ было принято решение вести повышенную дозировку хеламина в тракт до 15 мг/дм³, благодаря чему все нормируемые показатели водно-химического режима вошли в норму, а на поверхностях нагрева была создана защитная пленка.

Исследования защитных свойств пленок также выполнялось потенциостатическим методом, результаты представлены на рисунках 2 и 3.

Как видно из полученных данных защитные свойства оксидных пленок несколько уступают свойствам пленок, созданных на блоках ПГУ Сочинской ТЭС, но, тем не менее, характеризуются как нормальные и удовлетворительные.

Отдельно следует отметить и то, что на обоих объектах консервация выполняется по штатной схеме коррекционной обработки, но с увеличением дозировки хеламина.

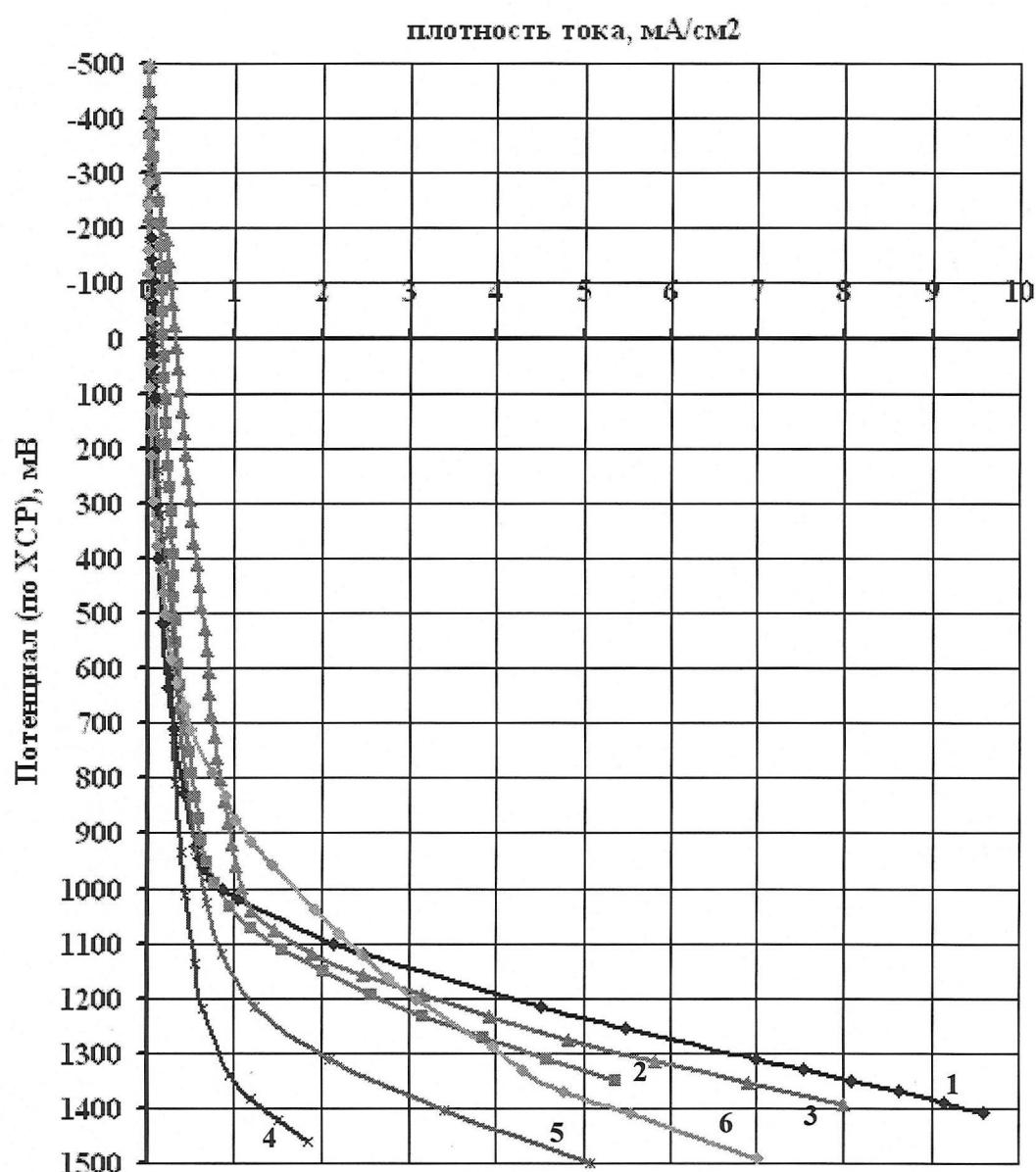
**Поляризационные кривые для труб испарителя-1 ст., вход,
образцы 9 и 12 (09.2008 г.).**



- 1- испаритель 1ст, вход, пк18, труба 8, образец 9-1
- 2- испаритель 1ст, вход, пк18, труба 8, образец 9-2
- 3- испаритель 1ст, вход, пк18, труба 8, образец 9-3
- 4- испаритель 1ст, вход, пк18, труба 18, образец 12-1
- 5- испаритель 1ст, вход, пк18, труба 18, образец 12-2
- 6- испаритель 1ст, вход, пк18, труба 18, образец 12-3

Рисунок 2

Поляризационные кривые для труб испарителя-2 ст., вход,
образцы 7 и 8 (09.2008 г.).



- 1 --Испаритель-2ст, вход, пк 20,труба 20, образец 7-1
- 2 --Испаритель-2ст, вход, пк 20,труба 20, образец 7-2
- 3 --Испаритель-2ст, вход, пк 20,труба 20, образец 7-3
- 4 --Испаритель-2ст, вход, пк 20,труба 20, образец 8-1
- 5 --Испаритель-2ст, вход, пк 20,труба 20, образец 8-2
- 6 --Испаритель-2ст, вход, пк 20,труба 20, образец 8-3

Рисунок 3

Опыт работы специалистов отделения водно-химических процессов ОАО ВТИ с аминами показывает, что выбирая тип реагента необходимо рассматривать несколько аспектов:

-качество добавочной воды, т.е. какого качества выходит обессоленная вода с действующей установки ВПУ;

-состав тепловой схемы блоков ТЭС, т.к. на выбор реагента влияет наличие в тепловой схеме, помимо конденсатора, бойлеров, испарителей и т.д.