

На правах рукописи

РЕПИН ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ  
ОХЛАЖДЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ ТУРБИН**

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

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



003468 100

Москва - 2009

Работа выполнена в ГОУВПО «Московский энергетический институт (Технический университет)» на кафедре Технологии воды и топлива

**Научный руководитель:** — доктор технических наук, профессор  
Петрова Тамара Ивановна

**Официальные оппоненты:** - доктор технических наук,  
Седлов Анатолий Степанович  
- кандидат технических наук  
Гусева Ольга Владимировна

**Ведущая организация:** ОАО «ВТИ»

Защита состоится «20» мая 2009 года, в 16 час. 00 мин. в \_\_\_\_\_  
на заседании диссертационного совета Д 212.157.07 при Московском  
энергетическом институте (Техническом университете) по адресу: г. Москва,  
Красноказарменная ул., д. 14.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МЭИ (ТУ).

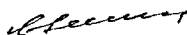
Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью  
организации, просим направлять по адресу: 111250, Москва,  
Красноказарменная ул., д. 14, Ученый совет МЭИ (ТУ).

Автореферат разослан «17» апреля 2009 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.157.07

к.т.н., профессор



Лавыгин В.М.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность работы. Одним из основных факторов, влияющих на надежность работы ТЭС, являются водно-химические режимы (ВХР) отдельных контуров. Традиционно наибольшее внимание уделяется ВХР паро-водяного тракта ТЭС. Однако, наряду с ним, важное значение имеет организация ВХР системы оборотного охлаждения конденсаторов турбин.

В первую очередь это связано с тем, что от состояния трубок конденсатора напрямую зависит тепловая экономичность турбины – при наличии отложений в трубках ухудшается теплообмен между конденсирующимся паром и охлаждающей водой, в результате чего снижается вакуум, и как следствие, уменьшается теплоперепад, сбрасываемый на турбине, т.е. снижается экономичность энергоблока. Кроме того, в случае усиления коррозионных процессов возможен преждевременный выход трубок конденсатора из строя, что приводит к простоям оборудования и затратам на ремонт конденсатора. В последнее время все большее внимание уделяется экологическому аспекту организации ВХР систем охлаждения, так как штрафы за превышение предельно допустимых концентраций примесей в сбросных водах ТЭС являются значительными.

В настоящее время в нашей стране не существует эффективной программы организации ВХР оборотных систем охлаждения, решающей одновременно три проблемы: предотвращение образования отложений, снижение скорости коррозии конструкционных материалов на основе меди и недопущение биологического обрастания системы охлаждения. Кроме того, влияние качества охлаждающей воды и корректирующих реагентов на коррозию медьсодержащих сплавов в высокоминерализованной воде систем охлаждения конденсаторов турбин также практически не изучено. Одним из перспективных методов решения данной проблемы является использование пленкообразующих аминов (в частности хеламина и октадециламина (ОДА)),

147

однако информация по данному вопросу практически отсутствует.

Поэтому, существенно важной является задача оптимизации ВХР систем оборотного охлаждения конденсаторов турбин с целью снижения скорости коррозии латуни.

Данная работа выполнена в рамках договоров между МЭИ (ТУ) и ОАО «Мосэнерго».

Цель работы состоит в изучении влияния качества охлаждающей воды и корректирующих реагентов на скорость коррозии латуни с целью оптимизации ВХР систем охлаждения конденсаторов турбин.

Задачи исследования:

1. Провести анализ качества охлаждающей и добавочной воды на ряде ТЭС с целью оценки протекания коррозионных процессов и образования отложений.

2. Изучить влияние качества охлаждающей воды на коррозию медьсодержащих сплавов.

3. Изучить влияние фосфонатов и микродобавок пленкообразующих аминов (ПАА) на работу катионитных фильтров.

4. Исследовать и оценить влияние некоторых рекомендуемых для обработки охлаждающей воды реагентов на скорость коррозии медьсодержащих сплавов в воде систем оборотного охлаждения ТЭС.

5. Изучить влияние сформированной пленки ПАА на поверхности латуни на скорость коррозии и образование отложений в условиях работы ТЭС.

6. Разработать метод и схему обработки трубок конденсаторов со стороны охлаждающей воды ПАА для турбины Т-100.

Научная новизна работы:

1. Впервые дана оценка влияния отдельных параметров (концентрации хлоридов, сульфатов и солесодержания охлаждающей воды ) на скорость

коррозии латуни в охлаждающей воде.

2. Получены математические зависимости, позволяющие прогнозировать скорость коррозии латуни от концентрации в охлаждающей воде только хлоридов и суммарного содержания хлоридов и сульфатов.

3. Определена скорость коррозии латуни в охлаждающей воде в присутствии различных корректирующих реагентов.

4. Разработана методика и схема проведения обработки конденсаторных трубок реагентом ОДА для теплофикационных турбин.

Практическая ценность работы. Определено влияние различных корректирующих реагентов на скорость коррозии латуни на воде систем охлаждения.

Установлено влияние оксиэтилендифосфоновой кислоты (ОЭДФК) и хеламина 9100 МК на обменную емкость катионита IRA 120 Н.

Показано, что предварительная обработка конденсаторных трубок пленкообразующим амином ОДА со стороны охлаждающей воды позволяет снижать скорость образования отложений и коррозии латуни.

Результаты работы могут быть использованы для повышения экономичности и надежности работы энергетического оборудования на ТЭС с оборотными системами охлаждения.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных данных подтверждается результатами экспериментальных и промышленных исследований, проведенных с использованием современных средств контроля и обработки результатов. Основные научные положения, изложенные в работе, согласуются с литературными данными.

Апробация работы. Основные результаты были представлены на трех международных научно-технических конференциях студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» (МЭИ, Москва, март 2007, 2008, 2009 гг.), на двух водно-химических форумах (МЭИ, Москва, апрель

2008, 2009 гг.) и на заседании кафедры Технологии воды и топлива (МЭИ, Москва, март 2009 г.).

Личный вклад автора: разработка методики проведения экспериментов; проведение экспериментов; анализ экспериментальных данных; разработка методики и схемы обработки конденсаторных трубок со стороны охлаждающей воды с целью снижения скорости коррозии и образования отложений для турбины Т-100.

Публикации по работе. По теме диссертации имеется пять публикаций.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы. Основной материал изложен на 121 странице машинописного текста, включает 64 рисунка и 25 таблиц. Список литературы включает 106 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность рассматриваемой проблемы.

В первой главе приведен обзор литературных данных по типам систем охлаждения конденсаторов на ТЭС и основным проблемам их эксплуатации.

Показано, что прямоточная система охлаждения требует наличия мощного источника охлаждающей воды и приводит к тепловому загрязнению источника водоснабжения. Организация ВХР прямоточной системы охлаждения не вызывает значительных проблем.

В нашей стране наиболее распространены оборотные системы охлаждения с градирнями (рис.1).

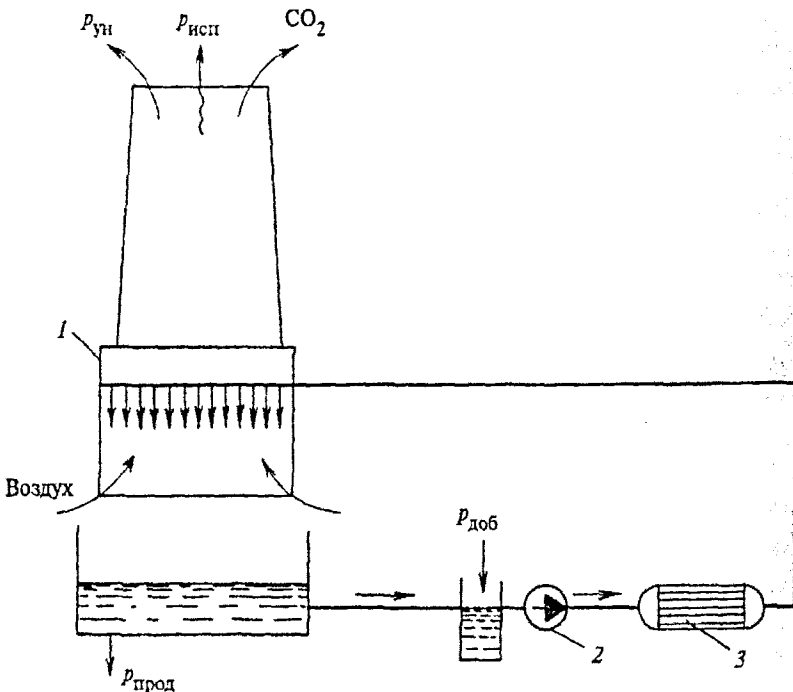


Рис.1. Схема оборотной системы охлаждения с градирнями.

1- градирня; 2- циркуляционный насос; 3 – конденсатор.

Основные требования к охлаждающей воде в системах оборотного охлаждения сводятся к тому, чтобы она имела необходимую для охлаждения потребителя температуру, не вызывала при нагреве образования отложений и биообрастаний теплопередающих поверхностей и трубопроводов и не приводила к коррозии оборудования и трубопроводов.

В системах оборотного охлаждения в результате многократного повторного использования охлаждающей воды происходит увеличение общего содержания и жесткости воды, что существенно влияет, с одной стороны, на интенсивность протекания коррозионных процессов, а с другой - на скорость образования отложений на трубных поверхностях конденсаторов.

Отложения минеральных примесей, как в градирнях, так и на поверхности трубок конденсаторов турбин снижают эффективность теплопередачи, и как следствие, КПД энергоблока. Кроме того, отложения увеличивают гидравлическое сопротивление тракта, что повышает расход электроэнергии при эксплуатации системы. Для предотвращения образования минеральных отложений в конденсаторах турбин применяют:

- продувку системы;
- физическую обработку воды в магнитном или акустическом поле;
- стабилизационную обработку воды с помощью химических реагентов.

Следует отметить, что использование продувки для снижения накипеобразования лимитировано возможностями источника исходной воды и экономическими составляющими (платой за исходную воду и сброс продувочной воды).

Физическая обработка воды в магнитном поле не показала стабильных результатов, поэтому его применение ограничено фактором надежности работы.

Выяснено, что стабилизационная обработка воды используемыми в



нашей стране реагентами - кислотой и фосфонатами позволяет снизить скорость роста отложений.

Однако из зарубежных публикаций следует, что наиболее эффективными методами ведения ВХР системы охлаждения являются использование комплексных программ ингибирования и пленкообразующих аминов. Одной из наиболее известных комплексных программ в нашей стране является программа компании GE Water; наиболее распространенными ПАА – хеламин и ОДА. Однако данные по влиянию всех перечисленных реагентов на скорость коррозии латуни отсутствуют.

Таким образом, на основании проведенного обзора литературных данных сформулирована задача о необходимости изучения влияния качества охлаждающей воды и различных корректирующих реагентов на скорость коррозии латуни.

Во второй главе проведен анализ качества добавочной и охлаждающей воды на ТЭЦ-8, ТЭЦ-25 и ТЭЦ-26 ОАО “Мосэнерго”, из которого следует, что качество воды в этих системах значительно отличается, и изменяется в течение сезона. Было установлено, что в данных системах охлаждения имеет место образование отложений солей жесткости и коррозия медьсодержащих сплавов. Кроме того, из расчета коэффициентов упаривания по щелочности, жесткости и хлоридам выявлено, что даже после внедрения ВХР с дозированием ОЭДФК в системе охлаждения ТЭЦ-8 ОАО “Мосэнерго” происходит интенсивное выпадение солей жесткости на теплопередающих поверхностях.

В третьей главе приведены результаты экспериментов, по влиянию используемого в настоящий момент на ТЭЦ-8 ОАО “Мосэнерго” корректирующего реагента – ОЭДФК, а также перспективного реагента – хеламина 9100 МК на работу катионита IRA 120 Н.

Следует отметить, что на ТЭЦ-8 ОАО “Мосэнерго” вода системы охлаждения используется в качестве исходной воды для водоподготовительной установки подпитки теплосети. Поэтому, при

обработке охлаждающей воды различными реагентами необходимо учитывать их влияние на работу катионитных фильтров, которые используются в схеме подготовки воды.

Результаты экспериментов по изучению влияния ОЭДФК и хеламина 9100 МК на работу катионита IRA 120 Н приведены в табл. 1 и 2.

Было установлено (табл. 1), что в результате дозирования в обрабатываемую воду ОЭДФК в концентрации 1 мг/дм<sup>3</sup> обменная емкость катионита снижалась примерно на 11 %. Проведенный расчет показал, что в случае использования ОЭДФК расход воды на собственные нужды катионитных фильтров увеличивается на 13,8 %.

Таблица 1.

Влияние ОЭДФК на удельное количество обработанной воды и обменную емкость катионита IRA 120Н в зависимости от фильтроцикла.

Фильтроцикл	Удельное количество пропущенной нопитом воды за фильтроцикл, мл/см <sup>3</sup>		Обменная емкость до проскока, г-экв/м <sup>3</sup>		Снижение, %
	Без ОЭДФК	С ОЭДФК	Без ОЭДФК	С ОЭДФК	
№ 1	805	716	2011	1790	11
№ 2	267	233	666	583	12
№ 3	264	258	659	645	2
№ 4	232	240	580	599	-3
№ 5	311	207	778	519	33
Среднее значение	376	331	939	827	11

Таблица 2.

Влияние хеламина 9100 МК на удельное количество обработанной воды и обменную емкость катионита IRA 120Н в зависимости от фильтроцикла.

Фильтроцикл	Удельное количество пропущенной нопитом воды за фильтроцикл, мл/см <sup>3</sup>		Обменная емкость до проскока, г-экв/м <sup>3</sup>		Снижение, %
	Без хеламина	С хеламином	Без хеламина	С хеламином	
№ 1	805	798	2011	1994	0
№ 2	267	275	666	688	-3
№ 3	264	245	659	612	7

№ 4	232	262	580	655	-11,5
Среднее значение	376	395	939	987	-1,5

Дозирование в обрабатываемую воду хеламина марки 9100 МК в концентрации 3 мг/дм<sup>3</sup> практически не влияло на обменную емкость катионита IRA 120 Н (табл. 2).

В четвертой главе приведены результаты опытов по изучению влияния качества охлаждающей воды и дозирования таких корректирующих реагентов как ОЭДФК, хеламин 9100 МК, ОДА, и реагентов компании GE на скорость коррозии латуни Л 68 в охлаждающей воде.

Из данных, приведенных в главе 2 следует, что состав охлаждающей воды различается значительно и может сильно влиять на протекание коррозионных процессов в тракте системы охлаждения. Поэтому были проведены опыты по изучению скорости коррозии латуни на водах, качество которых характерно для систем оборотного охлаждения в системе ОАО "Мосэнерго", а также на воде, качество которой характерно для добавочной воды этой энергосистемы. В таблице 3. приведены данные о составе вод, которые использовались для проведения опытов. Из этих данных следует, что использованные в опытах воды значительно различаются, в первую очередь, по содержанию в них хлоридов и сульфатов, т.е. по наличию коррозионно-активных примесей.

Таблица 3.

Химический состав вод, на которых проводились опыты.

Наименование показателя	рН, Ед.	Сухой остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Ж, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Щ, мг-экв/дм <sup>3</sup>
Вода 1	8,40	321	29,7	26,4	-	-
Вода 2	8,32	471	98,1	50,0	-	-
Вода 3	8,45	-	71,8	44,4	5,68	4,0
Вода 4	7,70	193	20,0	27,7	3,63	2,6
Вода 5	8,89	323	54,2	46,9	5,60	3,9

Результаты экспериментов по определению скорости коррозии латуни Л 68 на водах оборотных систем охлаждения.

№ испытуемой воды	Время испытаний, ч	Скорость коррозии, мг/м <sup>2</sup> *ч	Ошибка определения, %
Вода 1 (C <sub>Cl<sup>-</sup></sub> = 29,7 мг/дм <sup>3</sup> ; C <sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></sub> = 26,4 мг/дм <sup>3</sup> , pH = 8,4)	790	3,40	8
		3,12	7
		3,21	4
		<b>3,24</b>	3
Вода 2 (C <sub>Cl<sup>-</sup></sub> = 98,1 мг/дм <sup>3</sup> ; C <sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></sub> = 50,0 мг/дм <sup>3</sup> , pH = 8,32)	1121	16,18	1
		16,81	4
		15,54	5
		<b>16,18</b>	3
Вода 3 (C <sub>Cl<sup>-</sup></sub> = 71,8 мг/дм <sup>3</sup> ; C <sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></sub> = 44,4 мг/дм <sup>3</sup> , pH = 8,45)	584	3,28	11
		4,35	9
		3,83	3
		<b>3,82</b>	4
Вода 4 (C <sub>Cl<sup>-</sup></sub> = 20,0 мг/дм <sup>3</sup> ; C <sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></sub> = 27,7 мг/дм <sup>3</sup> , pH = 7,7)	525	0,67	8
		0,74	15
		0,60	13
		<b>0,67</b>	11
Вода 5 (C <sub>Cl<sup>-</sup></sub> = 54,2 мг/дм <sup>3</sup> ; C <sub>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></sub> = 46,9 мг/дм <sup>3</sup> , pH = 8,89)	1460	0,74	7
		0,92	14
		0,54	14
		<b>0,73</b>	9

Из экспериментальных данных следует (табл. 4), что воды систем охлаждения обладают повышенной коррозионной активностью по отношению к латуни Л 68. Было установлено, что скорость коррозии латуни в охлаждающей воде в основном зависит от концентрации хлоридов (рис. 2.). В результате обработки экспериментальных данных в программе Mathcad 13, было выведено уравнение, показывающее зависимость скорости коррозии латуни от концентрации хлоридов в охлаждающей воде:

$$g_{кор} = 7,64 \cdot 10^{-3} \cdot e^{0,077 \cdot C_{Cl^-}} + 1,47, \text{ мг/м}^2 \cdot \text{ч}$$

Опыты по изучению влияния дозирования ОЭДФК, хеламина 9100 МК, ОДА и комплексной программы обработки охлаждающей воды реагентами компании GE Water на скорость коррозии латуни показали следующее.

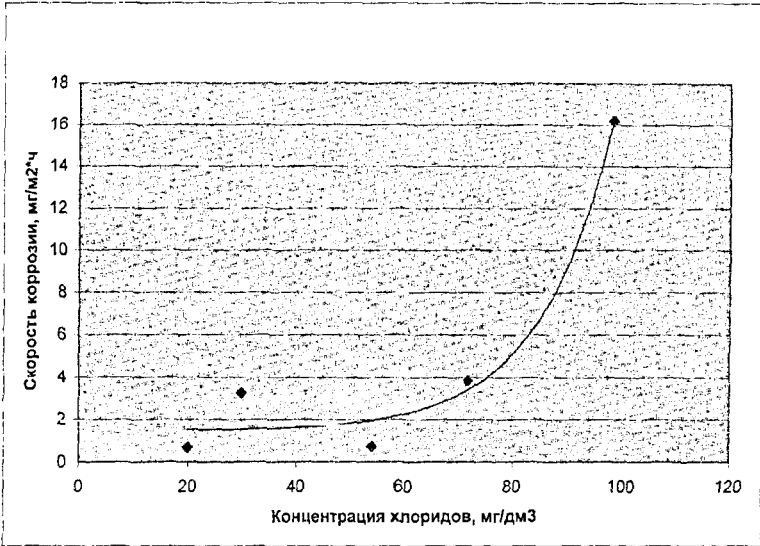


Рис. 2. Изменение скорости коррозии латуни Л-68 в зависимости от содержания хлоридов в охлаждающей воде ( $pH = 7,7 - 8,9$ ).

Наличие ОЭДФК в охлаждающей воде в исследованном диапазоне концентраций (до  $10 \text{ мг/дм}^3$ ) приводило к повышению скорости коррозии латуни (рис. 3.).

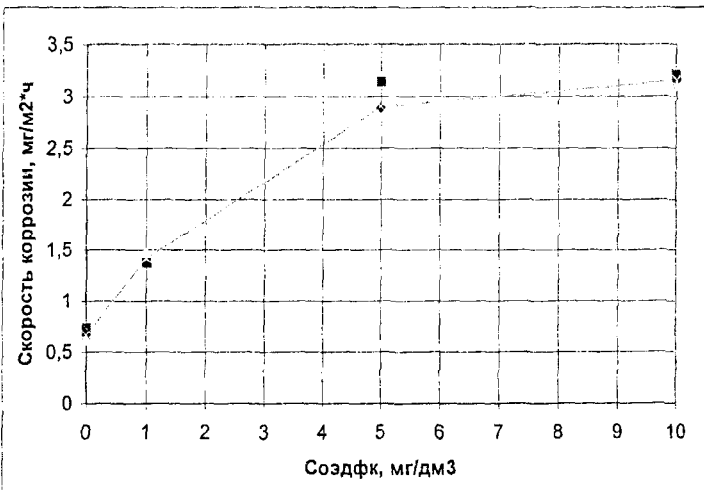


Рис. 3. Влияние концентрации ОЭДФК на скорость коррозии латуни в воде № 4.

Опыты по влиянию хеламина 9100 МК на скорость коррозии латуни показали, что дозирование данного реагента в воду систем охлаждения приводит к увеличению скорости коррозии латуни Л 68 во всем диапазоне исследованных концентраций т.е. до  $10 \text{ мг/дм}^3$  (табл. 5.).

Таблица 5.

Влияние концентрации хеламина на скорость коррозии латуни Л-68 в воде № 1, 2, 4.

Схел, мг/дм <sup>3</sup>	№ образца	Скорость коррозии, мг/м <sup>2</sup> *ч		
		Вода № 1	Вода № 2	Вода № 4
0	1	3,40	16,18	0,67
	2	3,12	16,81	0,74
	3	3,21	15,54	0,60
	Среднее значение	3,24	16,18	0,67
1	1	3,77	16,31	5,09
	2	4,03	16,82	5,18
	3	3,34	16,18	5,15
	Среднее значение	3,71	16,44	5,14
5	1	5,22	22,00	4,71
	2	5,09	20,99	4,71
	3	5,03	23,01	5,10
	Среднее значение	5,11	22,00	4,84
10	1	5,31	25,34	7,42
	2	5,44	23,52	7,23
	3	6,01	27,15	7,17
	Среднее значение	5,59	25,34	7,27

Данные по влиянию дозирования ОДА показывали, что дозирование данного реагента в охлаждающую воду при температуре  $\approx 25 \text{ }^\circ\text{C}$  во всем диапазоне исследованных концентраций (до  $20 \text{ мг/дм}^3$ ) не влияло на скорость коррозии латуни Л 68 (рис. 4).

Результаты испытаний по влиянию комплексной программы обработки охлаждающей воды реагентами GE Water (Inhibitor AZ 8101 в концентрации  $15 \text{ мг/дм}^3$  и реагент Depositrol BL 5313 в концентрациях от 0 до  $15 \text{ мг/дм}^3$ ) показывают, что данная обработка не позволяет снизить скорость коррозии латуни Л-68 в охлаждающей воде (рис. 5).

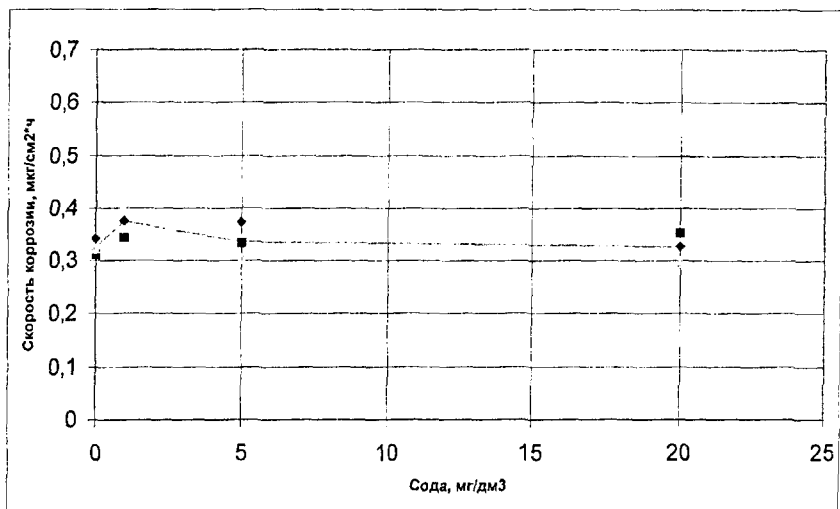


Рис. 4. Зависимость скорости коррозии латуни Л68 от концентрации ОДА в воде № 1.

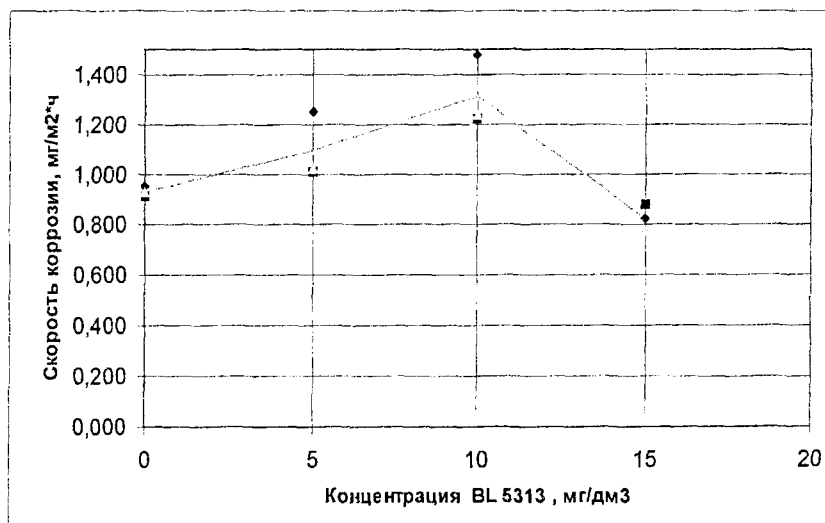


Рис. 5. Изменение скорости коррозии латуни Л 68 при различных концентрациях реагента Depositrol BL 5313 в воде № 5 в присутствии реагента AZ 8101 в концентрации 15 мг/дм³.

Таким образом, результаты экспериментов показали, что ни один из рекомендуемых производителями реагентов, изученных в данной работе, не

позволяет снизить скорость коррозии латуни Л-68 в охлаждающей воде различных систем охлаждения ОАО “Мосэнерго”.

В пятой главе рассмотрены результаты опытов по обработке поверхности конденсаторов турбин ПАА ОДА со стороны охлаждающей воды на скорость коррозии латуни и образования отложений на поверхности латунных трубок.

Данный способ имеет ряд преимуществ по сравнению с ингибированием охлаждающей воды, а именно:

1. Нет необходимости в постоянном дозировании в тракт дорогостоящих химических реагентов;
2. Продувочные воды системы охлаждения не содержат ингибиторов, ПДК на которые, как правило, невелики.
3. Поверхность защищена не только во время работы оборудования, но и во время простоев.

Результаты опытно-промышленных испытаний данного метода на ТЭЦ-8 и ТЭЦ-22 ОАО “Мосэнерго” показали, что обработка поверхности конденсаторов турбин ОДА позволяет существенно снизить как скорость коррозии латуни, так и скорость образования отложений на поверхности латунных трубок (табл. 6).

Таблица 6.

Скорость образования отложений и коррозии латуни Л 68 в воде систем охлаждения ТЭЦ-8 и ТЭЦ-22.

Показатель	ТЭЦ-8		ТЭЦ-22	
	Образцы без обработки	Образцы, обработанные ОДА	Образцы без обработки	Образцы, обработанные ОДА
Скорость образования отложений, мг/м <sup>2</sup> ·ч	1,93	0,59	56,0	28,0
Скорость коррозии, мг/м <sup>2</sup> ·ч	4,38	1,46	0,86	0,62

В рамках договора с ТЭЦ-22 ОАО “Мосэнерго” была разработана схема



и методика проведения обработки конденсатора турбины Т-100 со стороны охлаждающей воды, приведенная на рис. 6.

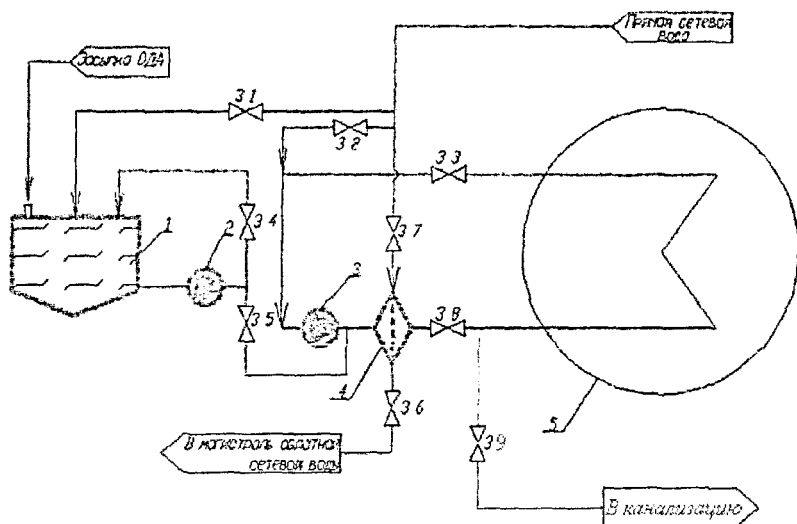


Рис. 6. Схема обработки конденсаторных трубок турбины Т-100 водной эмульсией ОДА.

1 – бак водной эмульсии ОДА, 2 – насос рециркуляции и дозирования раствора реагента, 3 – циркуляционный насос, 4 – теплообменник, 5 – конденсатор.

Расчет экономической эффективности данного способа показал, что капитальные затраты на его проведение составляют 4.175.000 руб, годовая экономия – 5.094.000 руб, а период окупаемости – менее 10 месяцев.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ литературных данных показал, что в настоящее время на ТЭС с оборотными системами охлаждения отсутствуют эффективные методы предотвращения коррозии медьсодержащих материалов.
2. Проведен анализ качества охлаждающей воды конденсаторов на ряде ТЭС показавший, что в системах охлаждения конденсаторов

турбин протекают коррозионные процессы конструкционных материалов на основе меди.

3. Изучено влияние ОЭДФК и пленкообразующего амина хеламин 9100 МК на обменную емкость катионита IRA 120Н в Na-форме: наличие ОЭДФК в обрабатываемой воде в концентрации  $1 \text{ мг/дм}^3$  снижает обменную емкость катионита IRA 120Н (примерно на 11%), а пленкообразующий амин хеламин 9100 МК в концентрации  $3 \text{ мг/дм}^3$  практически на нее не влияет.
4. Установлено, что охлаждающие воды, на которых проводились эксперименты, обладают высокой коррозионной активностью по отношению к латуни Л-68, при этом определяющим фактором, влияющим на скорость коррозии латуни Л 68, является концентрация хлоридов. Выведена математическая зависимость, позволяющая прогнозировать скорость коррозии латуни в охлаждающей воде в зависимости от концентрации хлоридов.
5. Установлено, что дозирование в охлаждающую воду ОЭДФК, хеламина 9100 МК, октадециламина и реагента AZ 8101 не позволяет эффективно снизить скорость коррозии латуни Л-68.
6. Показано, что предварительная обработка поверхности конденсаторных трубок водной эмульсией ОДА является эффективным способом снижения скорости коррозии латуни Л-68 и образования отложений на ее поверхности.
7. Разработана методика и схема обработки конденсаторных трубок со стороны охлаждающей воды конденсаторов с турбинами Т-100.
8. Рассчитано, что срок окупаемости метода защиты поверхности конденсатора турбины Т-100 с помощью нанесения пленки ОДА на поверхность конденсаторных трубок составляет менее 10 месяцев.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

1. Петрова Т.И., Репин Д.А., Факторы, влияющие на работу оборотных систем охлаждения тепловых станций. // Вестник МЭИ. 2009 № 1, с. 106-111
2. Петрова Т.И., Репин Д.А., Влияние пленкообразующих аминов на скорость коррозии латуни в охлаждающей воде конденсаторов турбин. // Новое в российской электроэнергетике, 2008, №5., с. 49-54
3. Репин Д.А., Петрова Т.И. Способы коррекции ВХР оборотной системы охлаждения конденсаторов турбин // Тринадцатая междунар. научн.-техн. конф. студентов и аспирантов “Радиоэлектроника, электротехника и энергетика”: Тез. докл. – М., 2007. – Т.3. – С. 141-142.
4. Репин Д.А., Петрова Т.И. Влияние хеламина на скорость коррозии латуни в оборотных системах охлаждения. // Четырнадцатая междунар. научн.-техн. конф. студентов и аспирантов “Радиоэлектроника, электротехника и энергетика”: Тез. докл. – М., 2008. – Т.3. – С. 136-137.
5. Репин Д.А., Петрова Т.И. Влияние ОЭДФК и хеламина на работу катионитных фильтров // Пятнадцатая междунар. научн.-техн. конф. студентов и аспирантов “Радиоэлектроника, электротехника и энергетика”: Тез. докл. – М., 2009. – Т.3. – С. 172-173.

Подписано в печать 9.04.09; Зак. 84 Тир. 100 П.л. 1,25  
Полиграфический центр МЭИ(ТУ)  
Красноказарменная ул., д.13