

ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

На правах рукописи

АБУД МАЗЕН

УДК 628.1:621.311.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ

(Применительно к республике Сирия)

05.23.04 - Водоснабжение, канализация, строительные
системы охраны водных ресурсов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков - 1994

Диссертацией является рукопись.

Работа выполнена в Харьковском Государственном техническом Университете строительства и архитектуры.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор ПАНТЕЛЯТ Г.С.

Официальные оппоненты: член-корр. ИА Украины,
доктор технических наук,
профессор ДУШКИН С.С.

кандидат технических наук
доцент НАЙМАНОВ А.Я.

Ведущая организация: Украинский государственный институт по проектированию металлургических заводов (Укргипромет)

Защита состоится " 7 декабря 1994 г. на заседании специализированного ученого Совета Д 02.07.01 в Харьковском Государственном техническом Университете строительства и архитектуры, 310002, г. Харьков-2, ул. Сумская, 40.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Харьковского Государственного технического Университета строительства и архитектуры, г. Харьков-2, ул. Сумская, 40.

Автореферат разослан " 11 ноября 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного ученого
Совета, канд. техн. наук, доцент


Н.И. Колотило

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777202 (P)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Основным направлением рационального использования воды на тепловых электрических станциях (ТЭЦ или ТЭС) является создание замкнутых систем водоснабжения, исключающих сброс отработанных вод в водоем. Достаточно отметить, что одна современная ТЭЦ или ТЭС потребляет 250-300 тыс. м³/ч воды. Основное количество воды (до 90 % от общего расхода) на тепловых электрических станциях используется для охлаждения и конденсации пара.

На современных ТЭЦ и ТЭС свежая вода используется на следующие цели:

- 1) восполнение потерь воды в системе оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин;
- 2) использование воды на нужды химводоочистки;
- 3) использование воды на нужды гидрозолоудаления при использовании в качестве топлива угля;
- 4) восполнение потерь воды в системе оборотного водоснабжения газоочисток.

На ТЭЦ и ТЭС образуется несколько видов сточных вод и шламов:

- 1) продувочные воды системы оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин. Количество этих вод достигает 1 % от расхода циркулирующей воды и колеблется от 100 до 3000 м³/ч;
- 2) засоленные сточные воды от регенерации ионо-обменных фильтров;
- 3) замазученные сточные воды;
- 4) сточные воды системы гидрозолоудаления;
- 5) поверхностно-ливневый сток с территории предприятий;
- 6) известковые шламы химводоочисток, шламы газоочисток, зола и др. твердые и жидкие отходы.

Из изложенного следует, что создание экологически чистых систем оборотного водоснабжения тепловых электрических станций является весьма актуальной задачей как для стран СНГ, так и для республики Сирия, испытывающей острый дефицит пресной воды. В первую очередь, это относится к системам водоснабжения конден-

саторов паровых турбин.

Целью диссертационной работы является разработка технических решений, обеспечивающих работу систем оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин в замкнутом режиме, исключающем сброс сточных вод в водоемы, применительно к Республике Сирия.

Научная новизна работы:

1. Выполнено научное обоснование возможности создания замкнутых систем оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин ТЭЦ и ТЭС с исключением сброса нагретых и засоленных вод в водоемы;
2. Исследовано влияние роста содержания оборотной воды и его компонентов на интенсивность образования плотных солевых отложений (карбонатных и гипсовых) и интенсивность коррозионного износа различных металлов;
3. Предложены новые зависимости для определения влияния компонентов содержания воды на равновесную щелочность. Это относится к концентрациям хлоридов, сульфатов, кальция, магния, окисляемости;
4. Разработаны технические решения, обеспечивающие управление водно-химическим режимом замкнутых систем оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин.

Практическая значимость работы:

1. Обоснование возможности создания замкнутых систем оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин ТЭЦ и ТЭС с исключением сброса сточных вод в водоемы, применительно к условиям Республики Сирия;
2. Обоснование использования в качестве подпитки замкнутых систем оборотного водоснабжения ТЭЦ и ТЭС воды с высоким содержанием;
3. Разработка технических решений, позволяющих управлять водно-химическим режимом работы замкнутых систем оборотного водоснабжения ТЭЦ и ТЭС;
4. Заинтересованность в результатах диссертационной работы подтверждена письмом Дамасского университета (Республика Сирия). Письмо приложено к диссертационной работе.

Методология исследований. Использовано современное оборудование стран СНГ и других стран (Германия, Венгрия и др.) для исследования физико-химических свойств, структуры и состава осадков.

Для обработки экспериментальных данных использованы современные методы статистической обработки.

Точность инструментальных замеров некоторыми приборами составляет $\pm 0,5\%$, точность интерполяции экспериментальных данных $-5-10\%$ что достаточно для инженерных расчетов.

На защиту выносятся:

1. Научное обоснование возможности создания замкнутых систем оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин;
2. Обоснование использования для восполнения безвозвратных потерь воды в системах оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин воды с высоким содержанием солей;
3. Технические решения, позволяющие управлять водно-химическим режимом работы полностью замкнутых систем оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин.

Апробация работы. Основные результаты исследований и главные положения диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава Харьковского инженерно-строительного института в 1992-1994 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ, получено положительное решение на выдачу патента Российской Федерации.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и содержит 174 страницы машинописного текста, 40 таблиц, 25 рисунков и I приложение. Список литературы включает 113 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, практическая значимость, положения, защищаемые автором.

В первом разделе рассмотрены существующие схемы водоснабжения промышленных предприятий и тепловых электростанций. Приведен анализ применяемых норм (требований) качества воды в системах оборотного водоснабжения с точки зрения величины общего содержания, включая хлориды, сульфаты, кальций, магний, щелочность, окисляемость и т.д. Анализ литературных данных показал, что рост содержания и концентраций отдельных его компонентов (например, хлоридов и сульфатов) в нейтральных средах снижает скорость коррозионного износа трубопроводов и оборудования.

Рассмотрены существующие методы стабилизационной обработки оборотной воды с целью предотвращения плотных солевых (карбонатных и гипсовых) отложений. Наиболее перспективными являются физические методы, заключающиеся в применении электрического тока, магнитного, ультразвукового поля и др. Однако, в настоящее время наиболее распространены реагентные методы обработки воды.

На основании литературного обзора и изучения передового опыта сформулированы цель, научные и прикладные задачи диссертационной работы.

Во втором разделе рассмотрены особенности водного хозяйства ряда ТЭЦ и ТЭС, что позволило сопоставить опыт их эксплуатации, определить основные недостатки и наметить пути совершенствования действующих систем оборотного водоснабжения, как в странах содружества независимых государств (СНГ), так и в Республике Сирия. Установлено, что системы водоснабжения конденсаторов паровых турбин работают в незамкнутом режиме с продувкой, достигающей 10 % от расхода циркулирующей воды. Работа конденсаторов осложняется образованием плотных солевых (преимущественно карбонатных) отложений и коррозионным износом. Имеются примеры использования для указанных потребителей морской воды. Однако, в этом случае повсеместно применяют прямоточные схемы водоснабжения. При применении морской воды в системе водоснабжения конденсаторов паровых турбин на ТЭЦ в городе Баниясе (Сирия) интенсивность солевых отложений и коррозионного износа металла не превышает интенсивность аналогичных явлений, имеющих место на ТЭЦ, работающих на пресной воде.

Подробно рассмотрен опыт эксплуатации системы водоснабжения ТЭЦ в городе Мхарды (Республика Сирия). Источником подпиточной воды для этой системы является река Аль-Асси. Вода этой реки отличается повышенной минерализацией. Определены водный и солевой (материальный) балансы этой системы и на этой основе установлена истинная величина продувки воды в водоем, достигающая 10 % и более от циркулирующего расхода воды. Выполнены расчеты по определению стабильности химического состава оборотной воды. Установлено, что в системе образуются карбонатные отложения по тракту движения воды как при существующем водном балансе, так и при исключении продувки.

В третьем разделе приведены результаты исследований по определению влияния солевого содержания и его компонентов на образование плотных солевых отложений и коррозионный износ различных металлов. Исследования проводили в динамических и статических условиях на модели циркуляционного контура и термостатических ячейках при различных температурах. Измерение температуры нагрева поверхности контрольной кварцевой трубки осуществляли с помощью термоэлектрического термометра цифрового типа ТТЦ-1-1-02 "Ватра", позволяющего измерять температуру в диапазоне от 0 до 600 °С. Класс точности прибора $\pm 0,5$ °С. Температура нагрева наружной поверхности кварцевой трубки достигала 80-100 °С, что значительно превышает температуру нагрева трубок конденсаторов паровых турбин. Это создает более жесткие условия эксперимента по сравнению с реальными условиями и позволяет с уверенностью переносить полученные результаты в натуре.

Исследования на модели замкнутого циркуляционного контура с минимальными потерями воды на капельный унос на градирне показали, что коэффициент концентрирования K_K может достигать величины 30-40. При этом общее солевого содержание оборотной воды достигает 40-50 г/л, в том числе, хлоридов - 13-15 г/л, сульфатов - 10-12 г/л, общей жесткости - 180-200 мг-экв/л. Эти величины солевого содержания достигаются при подпитке системы водой, отличающейся высокими концентрациями солей, что характерно для многих регионов земного шара, например, Дес.басс, Средняя Азия, Ближний Восток, Африка и др.

Установлено, что рост солевого содержания и его компонентов не только не вызывает интенсификацию процесса образования карбонатных и гипсовых отложений, а, наоборот, предотвращает их. При этом в диапазоне величин K_K до 10-12 интенсивность карбонатных отложений колеблется в широких пределах. При $K_K = 10-12$ и более интенсивность отложений снижается до некоторой минимальной величины, которая остается на постоянном уровне до $K_K = 25-30$ и более (см. рис. 1).

Для обработки экспериментальных данных, характеризующих зависимость интенсивности карбонатных отложений (J) от величины солевого содержания или, другими словами, от коэффициента концентрирования хорошо растворимых солей (K_K), применен метод наименьших квадратов. Получены следующие аналитические выражения:

$$\text{Кривая I } J = -3,2 \cdot 10^4 K_K^3 + 1,39 \cdot 10^{-2} \cdot K_K^2 - 0,14 K_K + 0,398 \quad (I)$$

$$\text{Кривая 2 } J = -2,59 \cdot 10^{-5} \cdot K_K^3 + 1,9 \cdot 10^{-3} \cdot K_K^2 - 4,58 \cdot 10^2 \cdot K + 0,373 \quad (2)$$

$$\text{Кривая 3 } J = -3,99 \cdot 10^{-4} \cdot K_K^3 + 1,42 \cdot 10^{-2} \cdot K_K^2 - 0,158 K_K + 0,588 \quad (3)$$

$$\text{Кривая 4 } J = -9,27 \cdot 10^{-6} \cdot K_K^3 + 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot K_K^2 - 3,45 \cdot 10^{-2} K + 0,39 \quad (4)$$

Выработана гипотеза, объясняющая уменьшение карбонатных и отсутствие гипсовых отложений с ростом солевого содержания оборотной воды. Физико-химическая сущность этой гипотезы заключается в одновременно протекающих двух взаимосвязанных процессах:

1) увеличение концентраций зародышей кристаллов карбоната кальция в объеме воды. Они являются центрами кристаллизации для плохо растворимых солей карбоната и сульфата кальция;

2) увеличение концентрации хлоридов и сульфатов в оборотной воде снижает адгезионную способность образующихся кристаллов плохо растворимых солей. Это приводит к повышению концентрации зародышей кристаллов плохо растворимых солей в объеме циркулирующей в контуре воды.

Установлено также, что увеличение солевого содержания оборотной воды не интенсифицирует процесс коррозионного износа металлов: СТ-3, латунь, нержавеющая сталь (см. табл. I).

Изучена структура и химический состав осадка, образующегося в замкнутом циркуляционном контуре. Исследования проводились методами оптической и электронной микроскопии, рентгенофазного и термографического анализа, а также химического анализа. При этом использовано следующее современное оборудование: автоматический структурный анализатор "Эпиквант" (фирма Карл Цейсс Йена, ФРГ), стереоскопический микроскоп МКСУ-1, электронный микроскоп ЭМВ-100Б, дифрактометр ДРОН-3М, дериватограф фирмы MOM (Венгрия) и др. Установлено, что образующиеся на контрольных участках плотные солевые отложения состоят из карбоната кальция. Осадки, образующиеся при различных режимах работы циркуляционного контура, отличаются по химическому составу. При подпитке контура водой с высоким солевым содержанием в составе образующегося осадка практически отсутствует гипс. Осадок при этом представляет монофазное вещество, состоящее из CaCO_3 (II).

В четвертом разделе приведены результаты исследований по определению равновесной щелочности воды в условиях работы замкнутых систем оборотного водоснабжения.

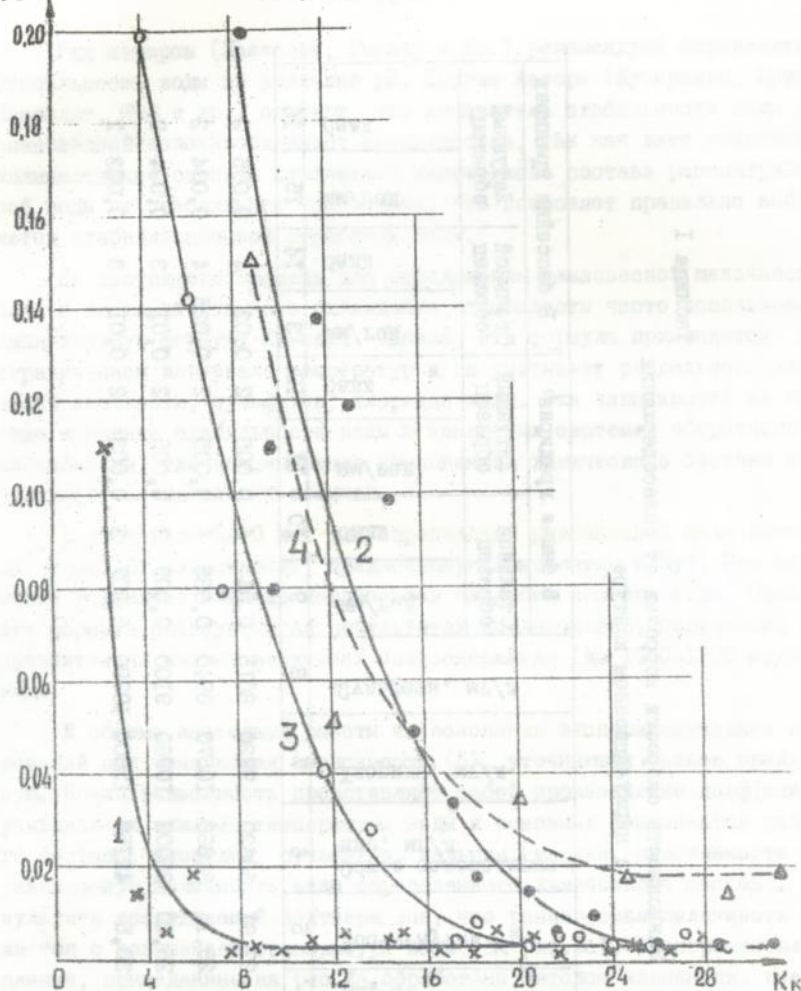


Рис. I. Зависимости интенсивности карбонатных отложений от солевого содержания (величины K_k).

- 1-температура оборотной воды 36 °С; подпитка водой р.Аль-Ассы;
- 2-температура оборотной воды 40 °С; подпитка водой р.Аль-Ассы; с уменьшенной щелочностью;
- 3-температура оборотной воды 40 °С; подпитка водой р.Аль-Ассы;
- 4-температура оборотной воды 40 °С; подпитка водопроводной водой г.Харькова

Таблица I

Зависимость скорости коррозии от содержания
в циркуляционном контуре

№ пп	Продолжительность эксперимента, час	Температура, °С	Перепад температуры, °С	Достигнутый Кк	Общее содержание, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	В башне градирни				В бассейне градирни			
								Стальной образец		Латунный образец		Стальной образец		Латунный образец	
								мм/год	балл	мм/год	балл	мм/год	балл	мм/год	балл
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1632	40	4	23,61	30620	9920	8015	0,04	4	0,005	2	0,03	4	0,005	2
2	2040	40	6	25,14	34860	10570	8940	0,035	4	0,005	2	0,025	4	0,004	2
3	3360	40	5	25,20	35000	10960	9100	0,009	3	0,005	2	0,01	3	0,004	2
4	4950	40	5	30,5	42150	13800	10980	0,007	3	0,003	2	0,01	3	0,003	2

Ряд авторов (Ланжелье, Ризнар и др.) рекомендуют определять стабильность воды по величине рН. Другие авторы (Кучеренко, Крушель, Пантелят, Шуб и др.) считают, что показатель стабильности воды по равновесной щелочности имеет преимущества, так как дает возможность количественно оценить отклонение химического состава рассматриваемой воды от стабильного состояния, что позволяет правильно выбрать метод стабилизационной обработки воды.

До настоящего времени для определения равновесной щелочности воды в системах водяного охлаждения специалисты часто использовали эмпирическую формулу Крушеля. Однако, эта формула применяется в ограниченном интервале температур и не учитывает раздельного влияния солей жесткости, сульфатов, хлоридов и др. Эта зависимость не применима к оценке стабильности воды в замкнутых системах оборотного водоснабжения, где концентрации компонентов химического состава воды достигают значительных величин.

В последние 5-10 лет для определения равновесной щелочности воды применяют зависимость, предложенную Пантелятом и Шуб. Эта зависимость учитывает влияние компонентов солевого состава воды. Однако, эта формула базируется на результатах исследований, полученных при сравнительно низких величинах соледержания (до 1000-1200 мг/л) воды.

В объеме настоящей работы на основании экспериментальных исследований получена новая зависимость (6), уточняющая ранее предложенную. Новая зависимость представляет собой произведение коэффициентов, учитывающих влияние температуры воды и основных компонентов солевого состава: хлоридов, сульфатов, кальция, магния, окисляемости на равновесную щелочность воды определенного химического состава. В результате исследований подтверждено, что равновесная щелочность снижается с повышением температуры воды (см. рис. 2а). Экспериментальные данные, приведенные на рис. 2а, обработаны методом наименьших квадратов. Получена следующая зависимость:

$$\text{Щ} = -0,9506 \cdot 10^{-4} t^3 + 0,0141 t^2 - 0,8349 t + 17,3053 \quad (5)$$

Существенно расширен диапазон величин соледержания (до 30-50 г/л и более), что позволяет применять уточненную зависимость для практически всех систем оборотного водоснабжения, работающих с подпиткой водой любого качества, включая воды с высокой минерализацией, в том числе, морскую воду:

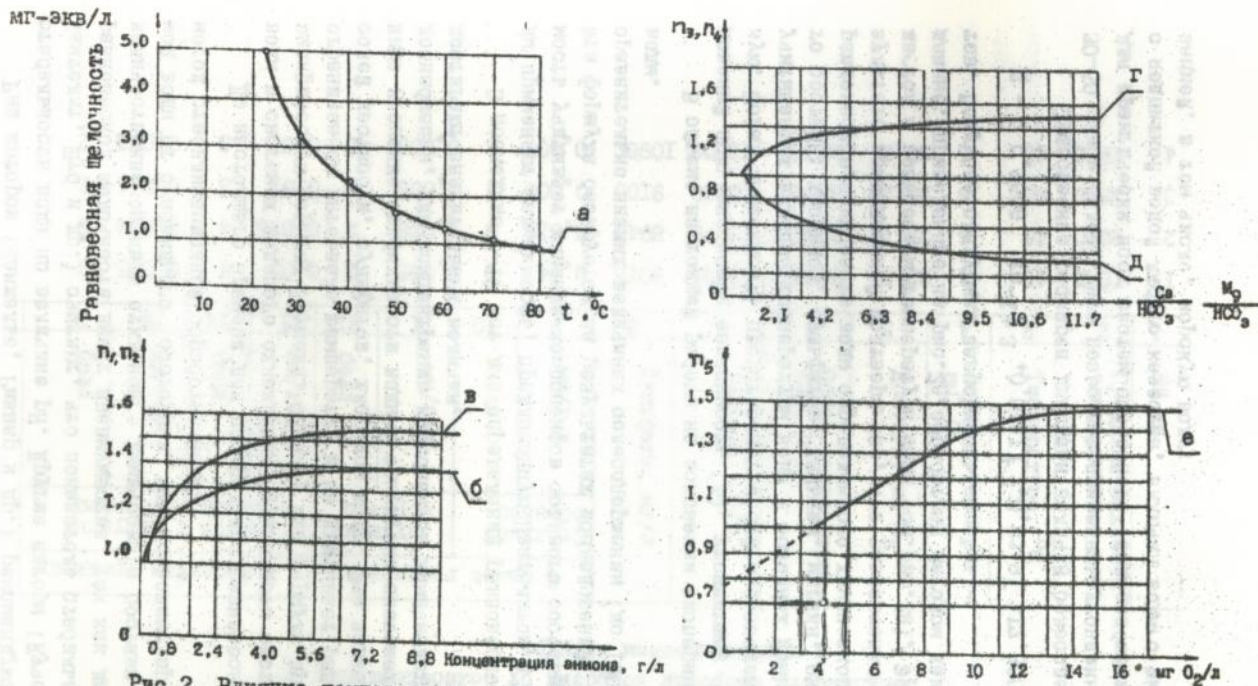


Рис. 2. Влияние температуры, окисляемости и основных компонентов солевого состава воды на равновесную щелочность
 а - температура; б - хлориды; в - сульфаты; г - магний;
 д - кальций; е - окисляемость.

$$a = b \cdot \Pi_1 \cdot \Pi_2 \cdot \Pi_3 \cdot \Pi_4 \cdot \Pi_5 \quad (6)$$

- где: a - равновесная бикарбонатная щелочность рассматриваемой воды, мг-экв/л;
- b - равновесная бикарбонатная щелочность воды известного химического состава, мг-экв/л;
- Π_1 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние хлоридов на равновесную щелочность воды;
- Π_2 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние сульфатов на равновесную щелочность воды;
- Π_3 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние ионов магния;
- Π_4 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние ионов кальция;
- Π_5 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние окисляемости рассматриваемой воды.

Для определения равновесной щелочности исследуемой воды произвольного химического состава использован метод физико-химического моделирования. Переход от параметров модели (вода известного химического состава) к параметрам объекта (исследуемой воды) выполнен с помощью критерия подобия (формула (6)), где a - равновесная щелочность объекта; b - равновесная щелочность модели; Π_i - ($i = \overline{1,5}$) - масштабные факторы, описывающие влияние различных компонентов химического состава на соотношение параметра (равновесной щелочности) модели и объекта.

Критерий подобия (6) позволяет определить равновесную щелочность исследуемой воды расчетным путем без проведения специальных экспериментальных исследований.

Ниже приведены математические зависимости для масштабных факторов Π_i - ($i = \overline{1,5}$), полученные по результатам экспериментов, выполненных в объеме настоящей работы. При этом получена точность интерполяции, достаточная для выполнения инженерных расчетов по предложенному критерию подобия (5-10 %).

В процессе выполнения работы установлено, что влияние компонентов солевого состава на равновесную щелочность воды не одинаково при различных концентрациях компонентов. В частности, установлено, что с увеличением концентрации сульфатов и хлоридов растет равновесная бикарбонатная щелочность воды. При этом при концентрации сульфатов и хлоридов до 1000-1100 мг/л рост равновесной

щелочности более существен, чем при концентрации от 1100 до 8400 мг/л, а при концентрации, превышающей 8400 мг/л, рост равновесной щелочности прекращается.

Отмеченная закономерность позволила предложить для каждого коэффициента зависимости для расчета на различных отрезках экспериментальных кривых (см. рис. 2 а, б, в, г, д, е).

Для коэффициента π_1 экспериментальная кривая разделена на четыре участка: первый - при концентрации хлоридов до 600 мг/л; второй - 600-2400 мг/л; третий - 2400-5600 мг/л; четвертый - 5600-7900 мг/л и более. Математическая обработка экспериментальных данных позволила получить для каждого участка следующие зависимости:

$$\begin{aligned} \pi_1(1) &= \frac{C}{3235,3} + 0,99; & \pi_1(2) &= \frac{C}{15000} + 1,13; \\ \pi_1(3) &= \frac{C}{33684} + 1,22; & \pi_1(4) &= \frac{C}{120000} + 1,33 \end{aligned} \quad (7)$$

Для коэффициента π_2 экспериментальная кривая разделена на четыре участка: первый - до 800 мг/л; второй - 800-1200 мг/л; третий - 1200-3200 мг/л; четвертый - более 3200 мг/л. Получены следующие зависимости:

$$\begin{aligned} \pi_2(1) &= \frac{C}{2917} + 0,966; & \pi_2(2) &= \frac{C}{6667} + 1,12 \\ \pi_2(3) &= \frac{C}{12500} + 1,204; & \pi_2(4) &= \frac{C}{60000} + 1,407 \end{aligned} \quad (8)$$

Для коэффициента π_3 кривая разделена на следующие участки: первый до 1,72, второй - 1,72-5,15; третий - 5,15-10,30; четвертый - более 10,30. Получены следующие зависимости:

$$\begin{aligned} \pi_3(1) &= \frac{C}{4,8} + 0,86; & \pi_3(2) &= \frac{C}{12,44} + 1,114 \\ \pi_3(3) &= \frac{C}{30,46} + 1,342; & \pi_3(4) &= \frac{C}{334} + 1,722 \end{aligned} \quad (9)$$

Изменение равновесной щелочности в результате влияния ионов кальция определяется поправочным коэффициентом π_4 . Кривая представляет собой гиперболу. На участки ее не делим.

$$\pi_4 = \frac{0,685}{C} + 0,315 \quad (10)$$

Изменение равновесной щелочности воды в результате влияния окисляемости определяется коэффициентом μ_5 . Кривая разделена на два участка: первый - 3,6-12,0 мг/л; второй - 12,0-18,0 мг/л. Получены следующие зависимости:

$$\mu_5(1) = \frac{C}{18,18} + 0,77 \quad (II)$$

$$\mu_5(2) = \frac{C}{200} + 1,37$$

Пятый раздел посвящен разработке технических решений по использованию воды в замкнутых системах оборотного водоснабжения ТЭЦ и ТЭС. Технические решения разработаны на основе обобщения опыта эксплуатации существующих систем оборотного водоснабжения, а также результатов исследований, выполненных в объеме настоящей работы. Указанные системы оборотного водоснабжения рекомендуется проектировать работающими в беспродувочном режиме с исключением сброса воды в водоемы. При этом в качестве подпитки может быть использована вода с любой минерализацией.

Технические решения дифференцированы также в зависимости от типа водоохлаждающих устройств (градирен). Например, при подпитке речной водой с обычной минерализацией и щелочностью до 6 мг-экв/л и при применении градирен обычных конструкций ($K_K = 3-4$) для предотвращения карбонатных отложений рекомендуется применять новый метод стабилизационной обработки оборотной воды с помощью смеси триполифосфата натрия с полимером демитилдиалкиламмонийхлорида (ВПК-402). При применении градирен с уменьшенным капельным уносом воды (0,05 %) и $K_K = 20-22$ указанные выше решения должны быть дополнены установкой для умягчения подпиточной воды до щелочности 0,5-0,6 мг-экв/л. Это исключает образование как карбонатных, так и гипсовых отложений.

При подпитке систем водоснабжения водой с повышенной минерализацией и применении градирен с усовершенствованным каплеуловителем ($K_K = 20-22$) концентрация солей в оборотной воде достигает 30-50 г/л, в том числе, хлоридов 10-15 г/л, сульфатов - 8-10 г/л; кальция - 100-200 мг-экв/л; магния - 80-100 мг-экв/л. В начальный период эксплуатации системы водоснабжения следует предусмотреть умягчение подпиточной воды до щелочности 0,5-0,6 мг-экв/л. После достижения $K_K = 10-12$ умягчение подпиточной воды следует прекра-

тить. При этом карбонатные и гипсовые отложения не будут образовываться за счет высокой концентрации хлоридов. Рекомендуемая схема представлена на рис.3.

Основные результаты работы

1. Системы водоснабжения конденсаторов паровых турбин ТЭЦ и ТЭС, как в странах СНГ, так и в Республике Сирия работают в незамкнутом режиме с продувкой, достигающей 10 % от расхода циркулирующей воды.

2. Работа конденсаторов паровых турбин действующих ТЭЦ и ТЭС осложняется образованием плотных солевых (преимущественно карбонатных) отложений и коррозионным износом;

3. При проектировании полностью замкнутой системы оборотного водоснабжения новой ГРЭС Ростовской области, отличающейся минимальными потерями воды на капельный унос на градирнях, определено, что солесодержание оборотной воды будет достигать значительных величин (30 г/л и более), что приближается к составу морской воды. При этом следует ожидать существенных затруднений в эксплуатации, связанных с образованием интенсивных карбонатных и гипсовых отложений.

4. При применении морской воды в системе водоснабжения конденсаторов паровых турбин на ТЭЦ в городе Баниясе (Сирия) интенсивность солевых отложений и коррозионного износа металла не превышает интенсивность аналогичных явлений, имеющих место на ТЭЦ, работающих на пресной воде;

5. Исследования на модели полностью замкнутого циркуляционного контура с минимальными потерями воды на капельный унос на градирне показали, что величина коэффициента концентрирования может достигать величины 30-40. При этом общее солесодержание оборотной воды достигает 40-50 г/л, в том числе, хлоридов - 13-15 г/л; сульфатов - 10-12 г/л; общей жесткости - 180-200 мг-экв/л. Эти величины солесодержания достигаются при подпитке системы водой, отличающейся высокими концентрациями солей, что характерно для многих регионов, например, Донбасс, Ближний Восток, Африка и т. . . , а также при использовании дл. водоснабжения морской воды.

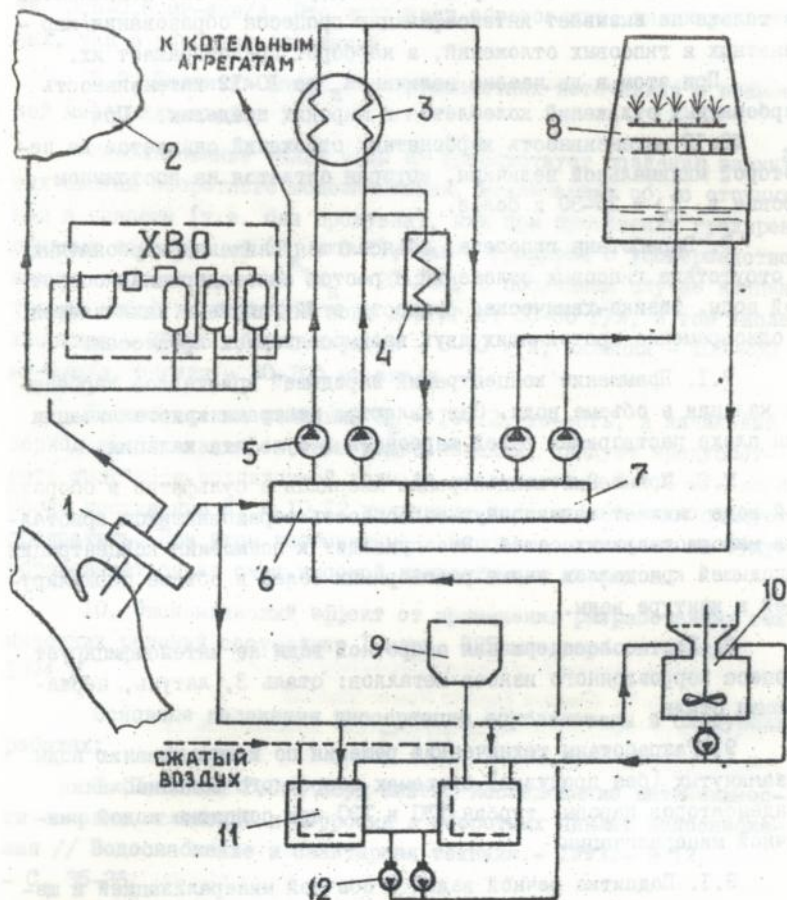


Рис. 3. Рекомендуемая схема водоснабжения ТЭЦ

I-береговая насосная станция; 2-накопитель; 3 - конденсатор паровых турбин; 4-маслоохладитель; 5-циркуляционный насос; 6-резервуар холодной воды; 7-резервуар горячей воды; 8-градирня; 9-емкость для дозирования полифосфатов; 10-емкость для хранения полимера; 11-емкость для приготовления смеси полимера с полифосфатом; 12-насосы-дозаторы типа НД

6. Установлено, что рост соледержания и его компонентов не только не вызывает интенсификацию процесса образования карбонатных и гипсовых отложений, а наоборот предотвращает их.

При этом в диапазоне величин K_K до 10-12 интенсивность карбонатных отложений колеблется в широких пределах. При K_K 10-12 интенсивность карбонатных отложений снижается до некоторой минимальной величины, которая остается на постоянном уровне д. $K_K = 25-30$ и более.

7. Выработана гипотеза, объясняющая снижение карбонатных и отсутствие гипсовых отложений с ростом соледержания оборотной воды. Физико-химическая сущность этой гипотезы заключается в одновременно протекающих двух взаимосвязанных процессах:

7.1. Повышение концентраций зародышей кристаллов карбоната кальция в объеме воды. Они являются центрами кристаллизации для плохо растворимых солей карбоната и сульфата кальция.

7.2. Повышение концентрации хлоридов и сульфатов в оборотной воде снижает адгезионную способность образовавшихся кристаллов малорастворимых солей. Это приводит к повышению концентрации зародышей кристаллов плохо растворимых солей в объеме циркулирующей в контуре воды.

8. Рост соледержания оборотной воды не интенсифицирует процесс коррозионного износа металлов: сталь 3, латунь, нержавеющая сталь.

9. Разработаны технические решения по использованию воды в замкнутых (без продувки) системах оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин ТЭЦ и ТЭС при подпитке водой различной минерализации:

9.1. Подпитка речной водой с обычной минерализацией и щелочностью до 6 мг-экв/л.

При применении градирен обычных конструкций ($K_K = 3-4$) для предотвращения карбонатных отложений рекомендуется применять новый метод стабилизационной обработки оборотной воды с помощью смеси триполифосфата натрия с полимером диметилдiallyламоний-хлорида (ВПК-402).

При применении градирен с уменьшенным капельным уносом воды (0,05 %) и $K_K = 20-22$ указанные выше решения должны быть дополнены установкой для умягчения подпиточной воды до щелочнос-

ти 0,5-0,6 мг-экв/л. Это исключает образование, как карбонатных, так и гипсовых отложений.

9.2. Подпитка водой из поверхностных источников с повышенной минерализацией.

Использование такой воды не препятствует созданию замкнутых систем оборотного водоснабжения, исключаящих сбор сточных вод в водоемы (т.е. без продувки), как при применении градирен обычных конструкций ($K_K = 3-4$), так и градирен с усовершенствованным каплеуловителем ($K_K = 20-22$). В последнем случае концентрация солей в оборотной воде достигает 30-50 г/л, в том числе, хлоридов - 10-15 г/л, сульфатов - 8-10 г/л, кальция - 100-200 мг-экв/л, магния - 80-100 мг-экв/л.

До достижения величины $K_K = 10-12$, то-есть, в начальный период эксплуатации системы водоснабжения, следует предусмотреть умягчение подпиточной воды до щелочности 0,5-0,6 мг-экв/л. После достижения $K_K = 10-12$ умягчение подпиточной воды следует прекратить. При этом карбонатные и гипсовые отложения не будут образовываться за счет высокой концентрации хлоридов.

10. Экономический эффект от применения разработанных технических решений составляет 1 млрд. 825 млн. карб. в ценах 1994 г.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Пантелят Г.С., Абуд Мазен. Исследование интенсивности солевых отложений и коррозии в оборотных циклах водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. - 1993. - № 12. - С. 35-36.

2. Пантелят Г.С., Абуд Мазен. Разработка замкнутых систем оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин тепловых электрических станций/ Арабский инженер. Дамаск. - 1994. № 5. - С. 49-50.

3. Пантелят Г.С., Абуд Мазен. К вопросу о создании замкнутых систем оборотного водоснабжения тепловых электрических станций // Повышение эффективности строительства. Тезисы докладов научно-технической конференции Харьковского инженерно-строительного института (ХИСИ). Харьков. - 1993. - С.9.

4. Пантелят Г.С., Абуд Мазен. Нормирование соледержания в замкнутых системах оборотного водоснабжения // Повышение эффективности строительства. Тезисы докладов научно-технической конференции Харьковского инженерно-строительного института (ХИСИ). - Харьков. - 1992. - С. 11.

5. Абуд Мазен, Пантелят Г.С. Исследование влияния различных факторов на равновесную щелочность воды в замкнутых системах оборотного водоснабжения // Повышение эффективности строительства. Тезисы докладов научно-технической конференции Харьковского инженерно-строительного института. - Харьков. - 1994 г. - С. 15.

6. Положительное решение на выдачу патента Российской Федерации "Способ управления водно-химическим режимом работы систем оборотного водоснабжения тепловых электрических станций". Заявка № 93001671/26 (001370) от 11.01.1993 г. С02F5/00/ Кучеренко Д.И., Пантелят Г.С., Абуд Мазен.

Aboud Mazen. Research of Closed Circulating Systems of Water-Supply for Thermal Electric Power Stations.

Candidate of Technical Science Dissertation. Speciality 05.23.04 — Water-Supply, Sewerage, Building Systems for Guarding of Water Resources. Kharkov State Technical University of Building and Architecture, Kharkov, 1994.

Dissertation contains experimental facts permitted to offer new dependences for definition influence of salt composition components on balance alkaline for water with various salt maintenance under 30-50 g/l and more. Technical decisions have been elaborated on using of water in closed circulating systems of water-supply for condensers of steam turbines of thermal electric power stations.

Абуд Мазен. Исследование замкнутых систем оборотного водоснабжения тепловых электрических станций.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 - водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры, Харьков, 1994.

Диссертация содержит экспериментальные данные, позволившие предложить новые зависимости для определения влияния компонентов солевого состава воды на равновесную щелочность для вод с различным содержанием солей, до 30,0-50,0 г/л и более. Разработаны технические решения по использованию воды в замкнутых системах оборотного водоснабжения конденсаторов паровых турбин тепловых электрических станций.

Ключові слова:

Солевий склад, рівноважна лужність, системи оборотного водопостачання.

Подп. к печати **09.11.94.** Формат 60 x 84 1/16.

Офсетная печать. 1,0 усл. печ. л.; 1,0 уч. изд. л. Тираж 100.
Заказ 168.

Участок оперативной печати Харьковского Г. У.
312131, п/о "Коммунист-1", учебный городок.



AB 31.33

AB 31.337