

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

На правах рукописи

**САДУЛЛАЕВ ОРИФ АЛИМОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА ВОДНО-  
ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА БАРАБАННЫХ КОТЛОВ ТЭС**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание степени магистра по специальности:

**5А310105 – ТЕПЛОТЕХНИКА**

Работа рассмотрена и  
допущена защите  
Зав. кафедрой к.т.н.,  
доц. Бабаходжаев Р.П.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

Научный руководитель  
к.т.н., доц. Короли М.А.

\_\_\_\_\_

консультант

к.ф.-м.н. Исламов Б.И.

**Ташкент – 2014**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	7
1.1. Использование воды, свойства воды.....	7
1.2. Промышленная водоподготовка.....	10
1.3. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых электростанций.....	16
1.4. Нормы качества воды в водогрейных котлах.....	18
Глава 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДООБРАБОТКОЙ И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.....	25
2.1. Приборы автоматического химического контроля.....	25
2.2. Зарубежный опыт работы системы АК ВХР.....	30
Выводы по второй главе.....	46
ГЛАВА 3. ОБРАБОТКА ВОДЫ В ОСВЕТИТЕЛЯХ И ФИЛЬТРОВАНИЕ.....	48
3.1. Осветление воды пропуском через слой взвешенного осадка.....	48
3.2. Осветлители конического типа.....	50
3.3. Фильтрация воды после осветлителей.....	51
3.4. Современные методы автоматизации процесса осветления воды.....	53
3.5. Контрольно-измерительный модуль «коагулянт-осветлитель» (КИМ «коагулянт-осветлитель»).....	56
3.6. Контрольно-измерительный и управляющий модуль автоматического дозирования коагулянта и флокулянта	

(КИМ АДКФ).....	58
Выводы по третьей главе.....	61
Глава 4. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА БАРАБАННЫХ КОТЛОВ ТЭС	63
4.1. Теоретические основы предварительной обработки воды в осветлителях .....	63
4.2. Разработка устройства мониторинга водно-химического режима.....	65
ВЫВОДЫ.....	75
ЛИТЕРАТУРА.....	77

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность проблемы:**

Надежность и экономичность работы оборудования тепловых электрических станций (ТЭС) в значительной степени зависит от надежности работы водоподготовки (ВПУ) и состава технологической воды, в том числе от содержания в ней органических примесей (ОПР). Для большинства тепловых и атомных электрических станций источником водоснабжения служат открытые водоемы: реки, озера, водохранилища. Их воды содержит грубодисперсные (взвешенные вещества), коллоидные примеси и истинно-растворенные вещества.

Установлено, что содержание в технологической воды органических примесей, которые участвуют в формировании в энергетических котлах отложений, которые при забросе в турбину (особенно в период пуска) приводят к ее загрязнению и абразивному износу, снижая эффективность работы основного оборудования, ухудшают эффективность предварительной очистки воды и ионного обмена в связи со способностью к комплексообразованию с металлами и с адсорбцией на поверхности ионитов.

Оптимальные схемы водоподготовки содержат в своем составе специализированные функциональные узлы. И первым из этих узлов при обработке воды является предварительная очистка (предочистка), обеспечивающая удаления из воды взвешенных и коллоидных веществ, её обесцвечивание и частичную дезинфекцию, а также, в частных случаях, обезжелезивание, уменьшение жёсткости, щёлочности и солесодержания воды. И что не менее важно непрерывный аналитический контроль воды.

Такой контроль может обеспечить автоматизированная система контроля и управления технологическим процессом водоподготовки (АСУ ТП ВПУ), реализация которой в настоящее время является актуальной задачей ТЭС.

Работа выполнена в рамках Закона «О рациональном использовании энергии» N 482-II от 25.04.2003 г., цель которого - формирование общих правовых основ, обеспечивающих сохранение национальных энергетических ресурсов, эффективное использование энергии и производственного потенциала, (Статьи 17 - 21 Экономические механизмы рационального использования энергии).

### **Цель работы:**

Разработка и изготовление система 5-ти канального on-line мониторинга степени осветления воды на выходе осветлителей и механических фильтров ВПУ ТашТЭС.

Основной системой является создание измерителя прозрачности воды с выводом информации на ПЭВМ с архивацией.

### **Задачи поставленные для реализации цели:**

- Анализ существующих средств и методов мониторинга водно - химического режима.

- Создать измеритель прозрачности воды с выводом информации на ПЭВМ с архивацией.

- в режиме реального времени получать информацию о величинах удельной электропроводности исходной и осветленной воды на входе и выходе всех трех осветлителях и механических фильтров ВПУ ТашТЭС.

- Проработать все возможности введения в эксплуатацию многоканальной системы кондуктометрического мониторинга технологических процессов оборудования предварительной очистки воды, что позволит: обеспечить необходимое качество осветленной воды и исключить выход из строя оборудования предварительной очистки воды ТашТЭС из-за нарушения режима работы.

### **Научная новизна:**

Создание автоматизированной системы управления и контроля технологических процессов осветления воды на ВПУ ТашТЭС с использованием многоканального измерителя прозрачности воды.

### **Практическая значимость:**

Возможность применения автоматизированной системы управления и контроля технологических процессов осветления воды на ВПУ ТашТЭС с использованием многоканального измерителя прозрачности воды.

### **Эффект реализации:**

В случае внедрения разработанной многоканальной системы кондуктометрического мониторинга технологических процессов предварительной очистки воды можно получить экономию коагулянта в пределах 10-15 % расход коагулянта в сутки составляет 20 кг. или в сумах 7520сум. При внедрении данной разработки в эксплуатацию годовая экономия расхода коагулянта составит ~13,5 млн. сум.

### **Апробация работы:**

Разработка устройства мониторинга водно-химического режима барабанных котлов ТЭС. «Иктидорли ёшларнинг фан ҳафталиги», Ташкент, 21-26 апрель, 2014

### **Публикации:**

1. Автоматизация технологического процесса предварительной обработки воды в осветлителях на теплоэлектростанциях. Республиканский межвузовский сборник «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук», часть 2, Ташкент, 2014
2. К вопросу разработки датчика теплового расходомера. Республиканский межвузовский сборник «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук», часть 1, Ташкент, 2014

**Объем работы:** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и списка литературы, представлена на 74 страниц, включая 20 рисунков и 25 наименований используемой литературы.

# Глава 1. ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.

## 1.1. Использование воды, свойства воды.

Теплоэнергетическая промышленность - один из крупных потребителей воды. Превращение воды в один из важнейших элементов.

Энергетического производства объясняется:

- наличием комплекса ценных свойств (высокая теплоемкость, малая вязкость, низкая температура кипения);
- доступностью и дешевой (затраты исключительно на извлечение и очистку);
- не токсичностью;
- удобством использования в производстве и транспортировке.

Воды морей и океанов - так например, содержание элементов в водах океана составляет: К- $3.8 \cdot 10^{-2}\%$ , V-  $5 \cdot 10^{-8}\%$ , Au - $4 \cdot 10^{-10}\%$ , Ag - $5 \cdot 10^{-9}\%$ . Приняв массу воды на планете -  $1.4 \cdot 10^{18}$ , получим соответственно содержание в ней Au- $5.6 \cdot 10^6$  т.

Общее количество воды на Земле составляет  $1.386 \cdot 10^{18} \text{ м}^3$ .

Природную воду принято делить на 3 вида, сильно различающихся по наличию примесей:

*Атмосферная вода* – вода дождевых и снеговых осадков, содержит минимальное количество примесей, главным образом, растворенные газы CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, а в промышленных районах NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>. Почти не содержит растворенные соли.

*Поверхностная вода* – речные, озерные, морские, содержат различные минеральные и органические вещества, природа и концентрация которых зависят от климата, геоморфологических и гидротехнических мероприятий.

*Подземная вода* – вода артезианских скважин, колодцев, ключей, гейзеров. Для них характерно высокое содержание минеральных солей,

выщелачиваемых из почвы и осадочных пород и малое содержание органических веществ.

Морская вода представляет многокомпонентный раствор электролитов и содержит все элементы, входящие в состав литосферы.

Вода, используемая в энергетической промышленности должна удовлетворять по качеству определенным требованиям. Качество воды определяется совокупностью физических и химических характеристик, к которым относятся: цвет, прозрачность, запах, общее солесодержание, жесткость, рН, окисляемость. Для промышленных вод важнейшими из этих характеристик являются солесодержание, жесткость, рН, содержание взвешенных веществ.

Жесткостью называется свойство воды, обусловленное присутствием в ней солей Са и Mg. В зависимости от природы анионов различают временную жесткость (устраняемую, карбонатную), удаляемую при кипячении –  $J_{\text{в}}$  и постоянную (некарбонатную) –  $J_{\text{п}}$ . Сумма  $J_{\text{в}}$  и  $J_{\text{п}}$  называется общей жесткостью воды  $J_{\text{о}} = J_{\text{в}} + J_{\text{п}}$ .

Принята следующая классификация по жесткости: мягкая (Са и Mg до 3 мгэкв/л), умеренно-жесткая (3-6 мгэкв/л) и жесткая (более 6 мгэкв/л).

В зависимости от солесодержания природные воды делятся на пресные (с/с менее 1г/кг), солоноватые (с/с от 1 до 10 г/кг) и соленые (с/с более 10г/кг).

Окисляемость воды обусловлена наличием в воде органических примесей и определяется количеством мг перманганата калия, израсходованного при кипячении 1л воды. РН воды характеризует ее кислотность щелочность.

Водооборотные циклы химико-технологических производств являются важным фактором рационального использования водных ресурсов. В этих циклах осуществляется многократное использование воды без выброса загрязненных стоков в водоемы, а потребление свежей воды для ее восполнения ограничено только технологическими превращениями и

естественными потерями. В теплоэнергетических производствах используются схемы водооборота в зависимости от технологических изменений, которые вода претерпевает в процессе производства.

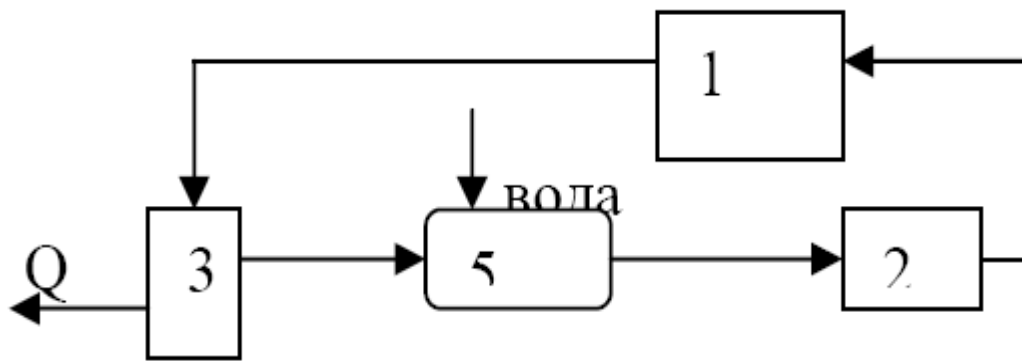


Рис.1.1. Цикл с охлаждением оборотной водой

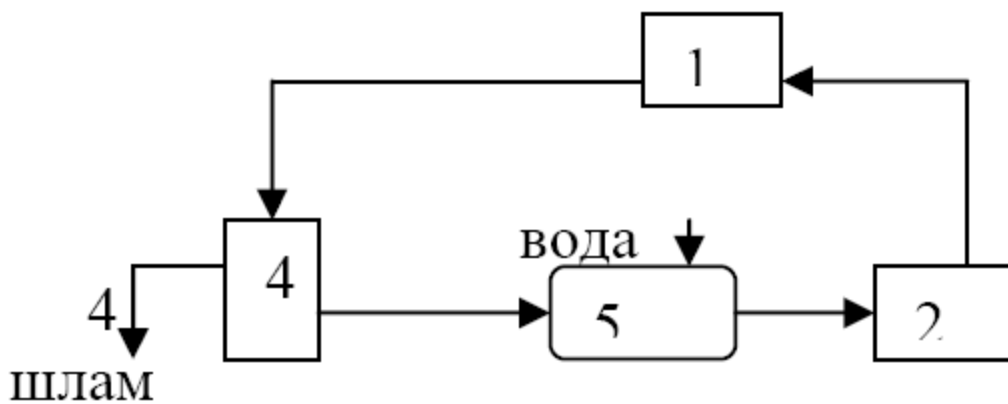


Рис.1.2. Цикл с очисткой оборотной воды

1- технологическая установка, 2 – насосная станция, 3-градирня, 4 -очистное сооружение, 5 – камера для восполнения потерь воды

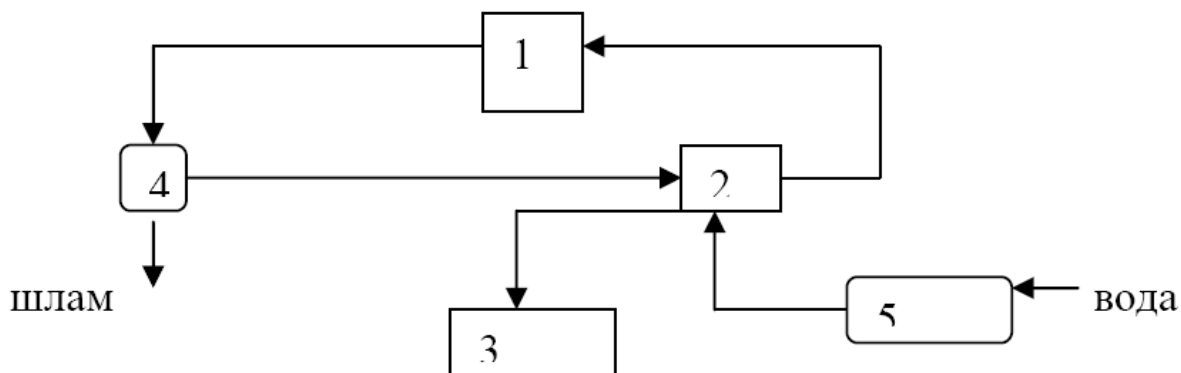


Рис.1.3. Цикл с очисткой и охлаждением оборотной воды

## 1.2. Промышленная водоподготовка

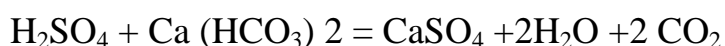
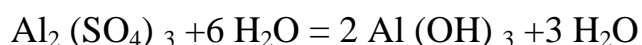
Вредное влияние примесей, содержащихся в промышленной воде, зависит от их химической природы, концентрации, дисперсного состояния, а также технологии конкретного производства использования воды. Все вещества, присутствующие в воде, могут находиться в виде истинного раствора (соли, газы, некоторые органические соединения в коллоидном состоянии) и во взвешенном состоянии (глинистые, песчаные, известковые частицы). Растворенные в воде вещества образуют при нагревании накипь на стенках аппаратуры и вызывают коррозионное разрушение ее. Коллоидные примеси вызывают загрязнение диафрагмы электролизеров, вспенивание воды. Грубодисперсные взвеси засоряют трубопроводы, снижают их производительность, могут вызвать их закупорку. Все это вызывает необходимость предварительной подготовки воды, поступающей на производство - водоподготовку.

Промышленная водоподготовка представляет собой комплекс операций, обеспечивающих очистку воды – удаление из нее вредных примесей, находящихся в молекулярно-растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Основные операции водоподготовки: очистка от взвешенных веществ отстаиванием и фильтрованием, умягчение, в

отдельных случаях - обесцвечивание, нейтрализация, дегазация и обеззараживание.

Процесс *отстаивания* позволяет осветлять воду вследствие удаления из нее грубодисперсных веществ, оседающих под действием силы тяжести на дно отстойника. Отстаивание воды проводится в непрерывно - действующих отстойных бетонированных резервуарах. Для достижения полноты осветления и обесцвечивания декантируемую из отстойника воду подвергают коагуляции с последующим фильтрованием.

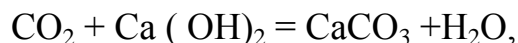
*Коагуляция* – высокоэффективный процесс разделения гетерогенных систем, в частности, выделение из воды мельчайших глинистых частиц и белковых веществ. Осуществляют коагуляцию введением в очищаемую воду небольших количеств электролитов  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeSO_4$  и др. соединений, называемых коагулянтами. Физико-химическая сущность этого процесса в упрощенном виде состоит в том, что коагулянт в воде превращается в агрегат несущих заряд частиц, которые взаимодействуя с противоположно заряженными частицами примесей, обуславливают выпадение нерастворимого коллоидного осадка. Так,  $Al_2(SO_4)_3$  в результате гидролиза и взаимодействия с солями кальция и магния, растворенными в воде, образует хлопьевидные положительно заряженные частицы  $Al(OH)_3$



Взаимодействие положительно заряженных частиц гидроокиси алюминия и несущих отрицательный заряд примесей приводит к быстрой коагуляции. Одновременно идет процесс адсорбции на поверхности осадка органических красящих веществ, в результате чего вода обесцвечивается.

*Обеззараживание* воды обеспечивается ее хлорированием или озонированием.

Дегазация – удаление из воды растворенных газов достигается химическим способом, при котором газы поглощаются химическими реагентами, например, в случае диоксида углерода:



или физическими способами – термической деаэрацией на воздухе или в вакууме. Одной из основных и обязательных операций водоподготовки технологической воды является ее умягчение.

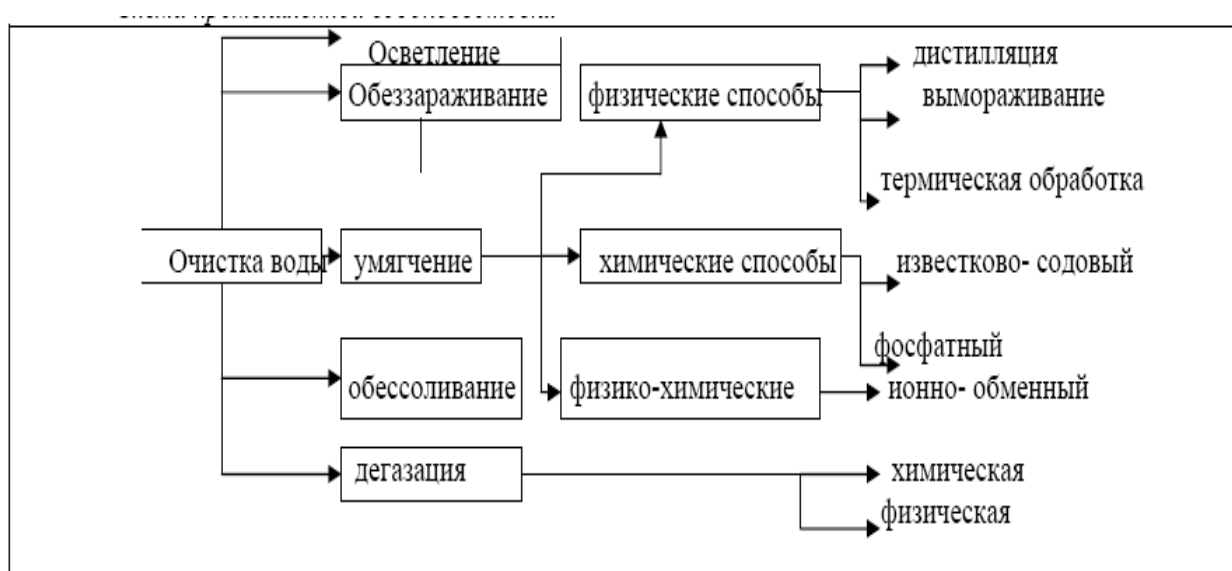


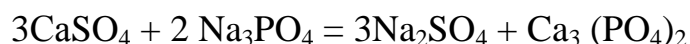
Рис.1.4. Схема промышленной водоподготовки

Умягчением называется обработка воды для понижения ее жесткости, т.е. уменьшения концентрации ионов кальция и магния различными физическими, химическими и физико-химическими методами.

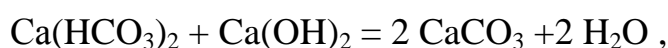
При физическом методе воду нагревают до кипения, в результате чего растворимые гидрокарбонаты кальция и магния превращаются в их карбонаты, выпадающие в осадок:



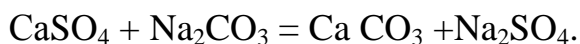
Этим методом удаляется только временная жесткость. К химическим методам умягчения относятся фосфатный и известково-содовый, заключающийся в обработке тринатрийфосфатом или смесью гидроксида кальция и карбоната натрия. В первом случае протекает реакция образования нерастворимого трикальцийфосфата, выпадающего в осадок:



Во втором случае протекают две реакции. Бикарбонаты кальция и магния реагируют с гидроксидом кальция, чем устраняется временная жесткость:



а сульфаты, нитраты и хлориды – с карбонатом натрия, чем устраняется постоянная жесткость:

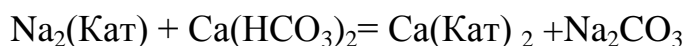


*Обессоливание* применяется в тех производствах, где к воде предъявляются особо жесткие требования по чистоте, например, при получении полупроводниковых материалов, химически чистых реактивов, фармацевтических препаратов. Обессоливание воды достигается методом ионного обмена, дистилляцией, электродиализом.

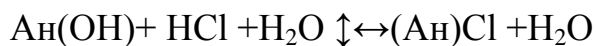
*Метод ионного обмена* основан на свойстве некоторых твердых тел (ионитов) поглощать из раствора ионы в обмен на эквивалентное количество других ионов того же знака. Иониты подразделяются на катиониты и аниониты. Катиониты содержат подвижные катионы натрия или

водорода, а аниониты подвижные ионы гидроксила. В качестве катионитов применяют сульфогли, алюмосиликаты, искусственные смолы, в качестве анионитов искусственные смолы.

Соответственно процессы ионного обмена подразделяются на H(Na)-катионирование, например:

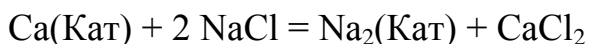


и анионирование, например:

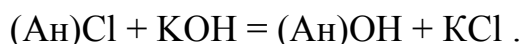


где (Кат) и (Ан) – не участвующая в обмене матрица ионита.

Поскольку процесс ионного обмена обратим, установление равновесия в системе означает прекращение процесса обессоливания. Поглощающая способность ионита характеризуется его обменной емкостью, равной количеству ионов кальция и магния, которое может поглотить единица объема или массы ионита, выраженное в граммах-эквивалентах: гэкв/м<sup>3</sup> и гэкв/кг. От величины обменной емкости при данном объеме ионита зависит время рабочего цикла ионитовых фильтров. При насыщении ионита он может быть регенерирован промывкой растворами для H катионитов кислоты, Na катионитов хлорида натрия и для анионитов раствором щелочи. В приведенных выше примерах работы анионитов при этом протекают реакции:



и



Полное обессоливание воды обеспечивается ее *дистилляцией* (термическое обессоливание) обычно после того, как вода предварительно очистится с помощью ионитовых фильтров.

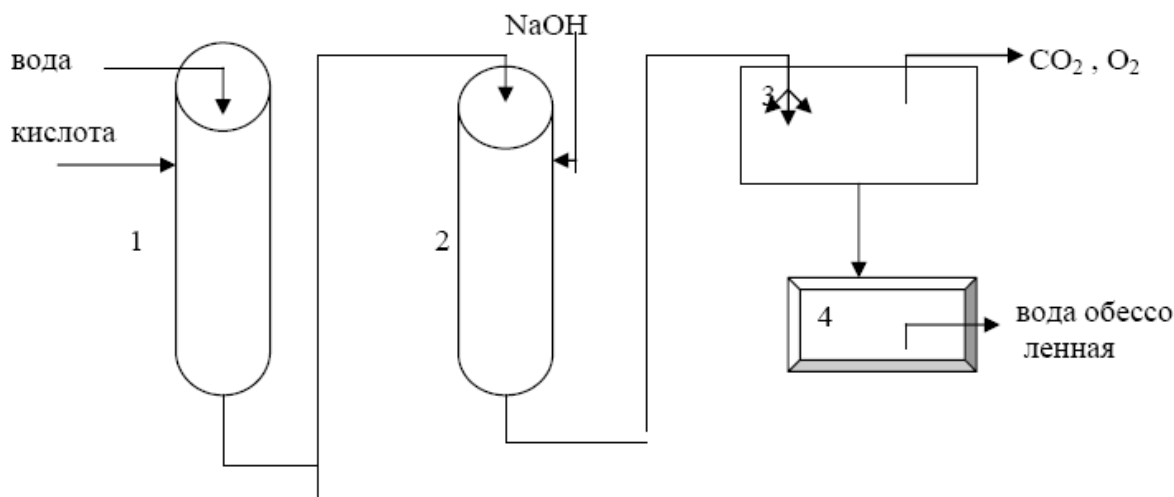


Рис.1.5. Схема обессоливания воды методом ионного обмена

1- катионитовый фильтр, 2 – анионитовый фильтр, 3- дегазатор, 4 – сборник очищенной воды.

Вода последовательно проходит через катионитный и анионитный фильтры и поступает, распыляясь в дегазатор, где из нее удаляются растворенные диоксид углерода, кислород и другие газы.

Для регенерации катионита в фильтр периодически подается кислота или раствор хлорида натрия, для регенерации анионита – раствор щелочи.

*Электродиализом* называется процесс диализа под воздействием электрического поля. При этом выделение солей из диализуемого раствора происходит в результате перемещения ионов через пористые мембраны, содержащие катионит у катода и анионит у анода, с последующим их разрядом на электродах.

Современные схемы промышленной водоподготовки включают все основные операции:

осветление в грубых и коагуляционных отстойниках, фильтрование через зернистый материал, умягчение методом ионного обмена, дегазацию.

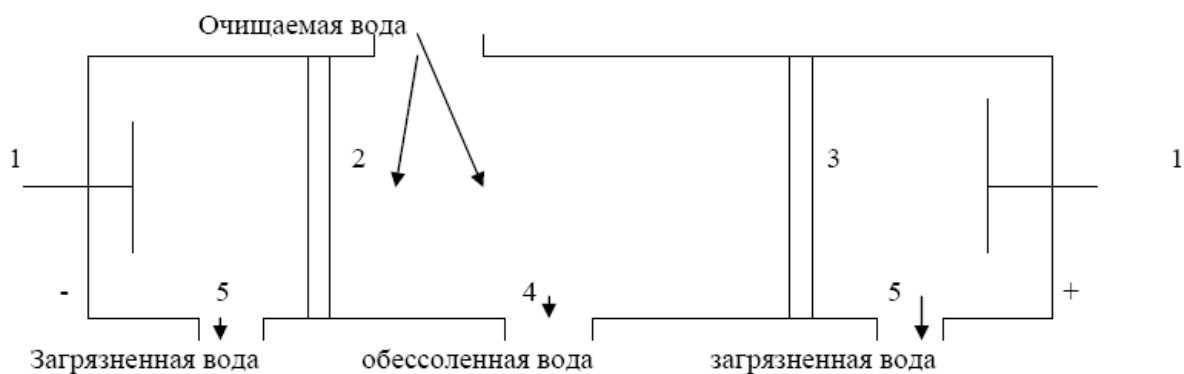


Рис.1.6. Схема электродиализатора

1-электроды, 2- катионитовая мембрана, 3- анионитовая мембрана,  
4- внутренняя камера, 5 –внешние камеры.

### 1.3. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых электростанций.

Режим эксплуатации водоподготовительных установок и водно-химический режим должны обеспечить работу электростанций и тепловых сетей без повреждений и снижения экономичности, вызванных коррозией внутренних поверхностей водоподготовительного, теплоэнергетического и сетевого оборудования, а также образованием накипи и отложений на теплопередающих поверхностях, отложений в проточной части турбин, шлама в оборудовании и трубопроводах электростанций и тепловых сетей.

1. Организацию и контроль за водно-химическим режимом работы оборудования электростанций и организаций, эксплуатирующих тепловые сети, должен осуществлять персонал химического цеха (лаборатории или соответствующего подразделения).

2. Включение в работу и отключение любого оборудования, могущие вызывать ухудшение качества воды и пара, должны быть согласованы с химическим цехом (лабораторией или соответствующим подразделением).

3. Внутренние осмотры оборудования, отбор проб отложений, вырезку образцов труб, составление актов осмотра, а также расследование аварий и неполадок, связанных с водно-химическим режимом, должен выполнять

персонал соответствующего технологического цеха с участием персонала химического цеха (лаборатории или соответствующего подразделения).

4. Любые изменения проектных схем и конструкций оборудования, которые могут влиять на работу водоподготовительных установок и установок для очистки конденсатов, а также на водно-химический режим электростанции (тепловых сетей), должны быть согласованы с химической службой энергосистемы.

5. Общестанционные баки запаса обессоленной воды и конденсата должны быть смонтированы с нанесением на них антикоррозионных покрытий к началу предпусковой очистки оборудования первого энергоблока (котла) электростанции.

6. Устройства механизации и автоматизации технологических процессов водоподготовки, очистки конденсата, а также коррекционной обработки воды и приборы автоматического химического контроля должны быть включены в работу при пуске соответствующих установок и агрегатов.

7. На энергоблоках сверхкритического давления разрешается применение гидразинно-аммиачного, нейтрально-кислородного, кислородно-аммиачного, гидразинного водно-химических режимов при соблюдении условий, предусмотренных нормативными документами.

8. На котлах с естественной циркуляцией должно быть организовано фосфатирование котловой воды с подачей фосфатного раствора в барабан котла. При необходимости должно корректироваться значение рН котловой воды раствором едкого натра. На котлах давлением 40 - 100 кгс/см<sup>2</sup> (3,9 - 9,8 МПа) разрешается применение трилонной обработки котловой воды взамен фосфатирования.

9. На котлах давлением до 70 кгс/см<sup>2</sup> (7 МПа) при необходимости более глубокого удаления кислорода из питательной воды в дополнение к термической деаэрации можно проводить обработку питательной воды сульфитом натрия или гидразином.

10. На котлах давлением 70 кгс/см<sup>2</sup> (7 МПа) и выше при необходимости более глубокого удаления кислорода обработка конденсата или питательной воды производится только гидразином, кроме котлов с кислородными водно-химическими режимами и котлов с отпуском пара на предприятия пищевой, микробиологической, фармацевтической и другой промышленности в случае запрета санитарных органов на наличие гидразина в паре.

**Химический контроль** на электростанции должен обеспечивать: своевременное выявление нарушений режимов работы водоподготовительного, теплоэнергетического и теплосетевого оборудования, приводящих к коррозии, накипеобразованию и отложениям; определение качества воды, пара, конденсата, отложений, реагентов, консервирующих и промывочных растворов, топлива, шлака, золы, газов, масел и сточных вод; проверку загазованности производственных помещений, баков, колодцев, каналов и других объектов; определение количества вредных выбросов электростанции в окружающую среду. На всех контролируемых участках пароводяного тракта должны быть установлены отборники проб воды и пара с холодильниками для охлаждения проб до 20 - 40 град. С. Пробоотборные линии и поверхности охлаждения холодильников должны быть выполнены из нержавеющей стали.

#### **1.4. Нормы качества воды в водогрейных котлах.**

Качество питательной воды прямооточных котлов должно удовлетворять следующим нормам:

Общая жесткость, мкг.эquiv/дм <sup>3</sup> , не более .....	0,2
Соединения натрия, мкг/дм <sup>3</sup> , не более .....	5
Кремниевая кислота, мкг/дм <sup>3</sup> , не более .....	15
Соединения железа, мкг/дм <sup>3</sup> , не более .....	10
Растворенный кислород при кислородных режимах, мкг/дм <sup>3</sup> .....	100 - 400
Удельная электрическая проводимость, мкСм/см, не более .....	0,3

Соединения меди в воде перед деаэратором, мкг/дм <sup>3</sup> , не более .....	5
Растворенный кислород в воде после деаэратора, мкг/дм <sup>3</sup> , не более .....	10
Значение рН при режиме:	
гидразинно -аммиачном .....	9,1 +/- 0,1
гидразинном .....	7,7 +/- 0,2
кислородно-аммиачном.....	8,0 +/- 0,5
нейтрально-кислородном .....	7,0 +/- 0,5
Гидразин, мкг/дм <sup>3</sup> , при режиме: гидразинно- аммиачном .....	20 - 60
гидразинном .....	80 - 100
пуска и останова .....	до 3000
Содержание нефтепродуктов (до конденсатоочистки), мг/дм <sup>3</sup> , не более .....	0,1

На тех электростанциях с прямоточными котлами на давление пара 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 МПа), где проектом не была предусмотрена очистка всего конденсата, выходящего из конденсатосборника турбины, допускается содержание соединений натрия в питательной воде и паре при работе котлов не более 10 мкг/дм<sup>3</sup>, общая жесткость питательной воды должна быть не более 0,5 мкг.экв/дм<sup>3</sup>, а содержание в ней соединений железа - не более 20 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Качество питательной воды котлов с естественной циркуляцией должно** удовлетворять следующим нормам:

Номинальное давление за котлом, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	100(9,8)	140(13,8)
..... 40(3,9)		
Общая жесткость, мкг.экв/дм <sup>3</sup> , не более, для котлов:		
на жидком топливе .....	5	1
на других видах топлива .....	10	3
Содержание соединений железа, мкг/дм <sup>3</sup> , не более, для котлов:		
на жидком топливе .....	50	20
на других видах топлива .....	100	30

Содержание соединений меди в воде перед деаэратором, мкг/дм <sup>3</sup> , не более, для котлов:			
на жидком топливе .....	10	5	5
на других видах топлива. ....	не нормируется	5	5
Содержание растворенного кислорода в воде мкг/дм <sup>3</sup> , не более .....	20	после деаэратора, 10	10
Содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup> , не более .....	0,5	0,3	0,3
Значение рН <*> .....	8,5 - 9,5	9,1 +/- 0,1	9,1 +/- 0,1
Номинальное давление за котлом, кгс/см <sup>2</sup> (МПа) .....	70 - 100	(7,0 - 9,8)	140(13,8)
Содержание кремниевой кислоты, мкг/дм <sup>3</sup> , не более:			
для ГРЭС и отопительных ТЭЦ .....	80	30	
для ТЭЦ с производственным отбором пара .....		60	
Устанавливается теплотехническими испытаниями			

Содержание соединений натрия для котлов 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 МПа) должно быть не более 50 мкг/дм<sup>3</sup>. Допускается с разрешения энергосистемы корректировка норм содержания натрия в питательной воде на ТЭЦ с производственным отбором пара в случае, если на ней не установлены газоплотные или другие котлы с повышенными локальными тепловыми нагрузками экранов и регулирование перегрева пара осуществляется впрыском собственного конденсата. Удельная электрическая проводимость Н-катионированной пробы для котлов давлением 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 МПа) должна быть не более 1,5 мкСм/см. Допускается с разрешения энергосистемы соответствующая корректировка нормы удельной электрической проводимости в случаях корректировки нормы содержания натрия в питательной воде. Содержание гидразина (при обработке воды

гидразином) должно составлять от 20 до 60 мкг/дм<sup>3</sup>; в период пуска и останова котла допускается содержание гидразина до 3000 мкг/дм<sup>3</sup> (со сбросом пара в атмосферу). Содержание аммиака и его соединений должно быть не более 1000 мкг/дм<sup>3</sup>; в отдельных случаях с разрешения энергосистемы допускается увеличение содержания аммиака до значений, обеспечивающих поддержание необходимого значения рН пара, но не приводящих к превышению норм содержания в питательной воде соединений меди. Содержание свободного сульфита (при сульфитировании) должно быть не более 2 мг/дм<sup>3</sup>. Суммарное содержание нитритов и нитратов для котлов давлением 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 Мпа) должно быть не более 20 мкг/дм<sup>3</sup>; для котлов давлением 100 кгс/см<sup>2</sup> (9,8 Мпа) и менее допустимое содержание нитритов и нитратов должно быть установлено энергосистемой на основе имеющегося опыта эксплуатации исходя из условий обеспечения безаварийной и экономичной работы оборудования, при этом для котлов давлением 70 кгс/см<sup>2</sup> (7,0 Мпа) и менее содержание нитратов не нормируется. Избыток фосфатов в котловой воде должен составлять: для котлов давлением 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 Мпа) по чистому отсеку – 0,5 – 2 мг/дм<sup>3</sup>, по солевому отсеку – не более 12 мг/дм<sup>3</sup>; для котлов давлением 100 кгс/см<sup>2</sup> (9,8 Мпа) и ниже по чистому отсеку 2 – 6 мг/дм<sup>3</sup>, по солевому отсеку – не более 30 мг/дм<sup>3</sup>. Для котлов без ступенчатого испарения избыток фосфатов должен (как и остальные показатели) соответствовать норме для чистого отсека в зависимости от давления в котле.

Значение рН котловой воды чистого отсека должно составлять:

для котлов давлением 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 Мпа) – 9,0 – 9,5;

для котлов давлением 100 кгс/см<sup>2</sup> (9,8 Мпа) и ниже – не менее 9,3.

**Значение рН** котловой воды солевого отсека должно составлять:

для котлов давлением 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 Мпа) – не более 10,5;

для котлов давлением 100 кгс/см<sup>2</sup> (9,8 Мпа) – не более 11,2;

для котлов давлением 40 кгс/см<sup>2</sup> (3,9 Мпа) – не более 11,8.

Для котлов давлением 100 кгс/см<sup>2</sup> (9,8 Мпа), питаемых химически очищенной водой, с разрешения энергосистемы допускается значение РН продувочной воды не более 11,5.

**Качество обессоленной воды** для подпитки прямоточных котлов должно удовлетворять следующим нормам, не более:

Общая жесткость, мкг.эquiv/дм <sup>3</sup> .....	0,2
Содержание кремниевой кислоты, мкг/дм <sup>3</sup> .....	20
Содержание соединений натрия, мкг/дм <sup>3</sup> .....	15
Удельная электрическая проводимость, мкСм/см .....	0,5

**Качество обессоленной воды** для подпитки котлов с естественной циркуляцией давлением 140 кгс/см<sup>2</sup> (13,8 Мпа) должно удовлетворять следующим нормам, не более:

Общая жесткость, мкг.эquiv/дм <sup>3</sup> .....	1
Содержание кремниевой кислоты, мкг/дм <sup>3</sup> .....	100
Содержание соединений натрия, мкг/дм <sup>3</sup> .....	80
Удельная электрическая проводимость, мкСм/см .....	2,0

Качество добавочной воды для подпитки барабанных котлов давлением 100 кгс/см<sup>2</sup> (9,8 Мпа) и ниже, а также качество внутростанционных составляющих питательной воды прямоточных и барабанных котлов (конденсаты регенеративных, сетевых и других подогревателей, вод дренажных баков, баков нижних точек, баков запаса конденсата и других потоков) должно быть таким, чтобы обеспечивалось соблюдение норм качества питательной воды. При загрязненности внутростанционных составляющих питательной воды, вызывающей нарушение норм, они до возвращения в цикл должны быть подвергнуты очистке или сброшены. При снижении щелочности исходной воды Н-Na-катионированием или добавлением кислоты остаточная общая щелочность химически очищенной воды должна быть в пределах 0,2 – 0,8 мг.эquiv/дм<sup>3</sup>. При появлении в исходной воде или в тракте водоподготовительной установки бактерий, вызывающих образование нитритов, должна проводиться периодическая

обработка трубопроводов исходной воды и фильтрующих материалов осветлительных фильтров раствором хлорной извести.

**Качество конденсата**, возвращаемого с производства, должно удовлетворять следующим нормам, не более:

Общая жесткость, мкг.эquiv/дм <sup>3</sup> .....	50
Содержание соединений железа, мкг/дм <sup>3</sup> .....	100
Содержание соединений меди, мкг/дм <sup>3</sup> .....	20
Содержание кремниевой кислоты, мкг/дм <sup>3</sup> .....	120
РН .....	8,5 – 9,5
Перманганатная окисляемость, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> .....	5
Содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup> .....	0,5

Возвращаемый конденсат не должен содержать потенциально кислых или щелочных соединений, вызывающих отклонение значения РН котловой воды от установленных норм более чем на 0,5 единицы при неизменном режиме коррекционной обработки фосфатами или фосфатами и едким натром.

**Фактическое качество питательной воды прямоточных котлов ТашТЭС:**

Общая жесткость, мкг.эquiv/л, -	1.
Соединения натрия, мкг/кг, -	50.
Кремниевая кислота, мкг/ кг, -	0,04.
Соединения железа, мкг/ кг, -	20.
Растворенный кислород при кислородных режимах, мкг/ кг -	20.
Удельная электрическая проводимость, мкСм/см, не более	- 15.
Соединения меди в воде перед деаэратором, мкг/ кг, не более	- 5.
Растворенный кислород в воде после деаэратора, мкг/дм <sup>3</sup> , не более –	
Значение рН при режиме:	
гидразинно-аммиачном	- 91 ± 0,1.
Гидразином	- 20 - 60.

Кислородно-аммиачном	нет данных
нейтрально-кислородном	нет данных

В результате анализа требований к качеству воды в барабане котла и фактических данных по качеству питательной воды в котлах ТашТЭС возникает необходимость постоянного контроля водно–химического режима барабанных котлов ТЭС.

В связи с этим основными задачами диссертации являются:

1. Анализ существующих средств и методов мониторинга водно–химического режима.

2. Создать измеритель прозрачности воды с выводом информации на ПЭВМ с архивацией:

- в режиме реального времени получать информацию о величинах удельной электропроводности исходной и осветленной воды на входе и выходе всех трех осветлителей и механических фильтров ВПУ ТашТЭС;

3. Проработать все возможности введения в эксплуатацию многоканальной системы кондуктометрического мониторинга технологических процессов оборудования предварительной очистки воды, что позволит: обеспечить необходимое качество осветленной воды и исключить выход из строя оборудования предварительной очистки воды ТашТЭС из-за нарушения режима работы.

## **Глава 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДООБРАБОТКОЙ И ВОДНО- ХИМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.**

### **2.1. Приборы автоматического химического контроля.**

В настоящее время для контроля качества питательной и котловой воды применяются как титриметрические, так и приборные методы. Традиционные методы лабораторного химического контроля, как правило, трудоемки и не позволяют получать оперативную информацию для управления водно-химическим режимом (ВХР), а также своевременно устанавливать и устранять быстротекущие нарушения ВХР. Они не могут использоваться и в системах автоматического управления дозированием реагентов, например, аммиака или фосфатов.

Для комплексного решения проблемы контроля состояния и ведения ВХР в последнее десятилетие широко используются системы химико-технологического мониторинга (СХТМ), основу которых составляют приборы автоматического химического контроля (АХК). Наиболее надежными приборами АХК в промышленной эксплуатации являются кондуктометры и рН-метры, потенциал которых используется, но не в полном объеме. Примером является отсутствие практики измерений удельной электропроводности Н-катионированной пробы котловой воды барабанных котлов на действующих тепловых электрических станциях (ТЭС).

Развитие аналитической техники контроля качества воды, пара и конденсата на современных электростанциях с мощными энергоблоками происходит в направлении создания автоматизированных систем, включающих устройства отбора и подготовки проб для анализа, соответственно анализаторов и устройств сбора и обработки информации. Стабильное поддержание заданных оптимальных концентраций ионных примесей

водного теплоносителя может быть обеспечено при условии непрерывного автоматического дозирования корректирующих реагентов.

Отмечено, что указанное выше подтверждается в решениях Симпозиума международной ассоциации по свойствам воды и пара – IAWPS (Чехия, Пльзень, сентябрь 2011 г.), где основным направлением развития признан автоматический химический контроль качества водного теплоносителя с разработкой дополнительных функций.

Сегодня в широком ассортименте в качестве приборов автоматического химического контроля (АХК) используются приборы фирмы SWAN (Швейцария), приборы фирмы WTW (Германия) предназначенные для сравнения показаний.

Кондуктометры PowerconSpecific/Acid представляют собой автоматические кондуктометры и предназначены для измерения общей удельной электропроводности питательной воды, пара и конденсата. Обеспечивают надежное непрерывное измерение и контроль УЭП в пароводяном цикле ТЭЦ с целью обеспечения стабильности параметров ВХР. Цифровой дисплей и система контроля и сохранения информации обеспечивают комфортную эксплуатацию прибора.

PowerconSpecific: измерение УЭП проводится с помощью стандартного двухэлектродного датчика SwansensorRCUP со встроенным датчиком температуры NT5K. Константа кондуктометрического датчика определяется с точностью до пятого знака. Внешний вид кондуктометра приведен на рис.2.1.

Powercon Acid: отличается тем, что измерения электропроводимости происходит после сильнокислотного катионита. В комплект входит проточная ячейка из нержавеющей стали со встроенной катионообменной колонкой. Анализатор автоматически определяет ресурс работы катионита. Внешний вид кондуктометра приведен на рис.2.2.

Анализаторы натрия AMISodiumP представляют собой автоматический анализатор для измерения содержания растворенного натрия

в питательной воде, паре и конденсате. Анализатор обеспечивает надежное непрерывное измерение и контроль содержания натрия при зР пробы >7 в воде, паре и конденсате в пароводяном цикле ТЭЦ с целью обеспечения стабильности параметров ВХР.



Рис.2.1. Внешний вид кондуктометра PowerconSpecific

Технические данные Powercon Acid:

Диапазон измерения: 0.055 мкСм/см – 1000 мкСм/см

Количество каналов измерения: один

Погрешность: +/- 1% от измеренного значения

Требования к пробе:

Температура пробы до 50°C

Расход пробы от 5 до 20 л/ч

Давление пробы от 0,2 до 2 бар

Электропитание 230 В переменного тока

Параметры окружающей среды:

Температура от +5 до +50°C

Влажность 10...90% без конденсации влаги

Класс защиты корпуса: IP65

Аналоговые выходы: 2\* 4-20мА

Дискретные выходы: 2 реле предельной сигнализации

1 реле аварийной сигнализации



Рис.2.2. Внешний вид кондуктометра Powercon Acid



Рис.2.3. Внешний вид анализатора натрия AMISodiumP

Анализаторы натрия AMISodiumP представляют собой автоматический анализатор для измерения содержания растворенного натрия в питательной воде, паре и конденсате. Анализатор обеспечивает надежное непрерывное измерение и контроль содержания натрия при зР пробы  $>7$  в воде, паре и

конденсате в пароводяном цикле ТЭЦ с целью обеспечения стабильности параметров ВХР.

Анализаторы поставляются укомплектованными и полностью смонтированными на панели из нержавеющей стали. Добавление подщелачивающего реагента с постоянным контролем рН пробы. Простая двухточечная калибровка, история калибровок сохраняется в памяти трансмиттера. Непрерывный контроль протока пробы. Автоматическая температурная компенсация. Большой дисплей.

За счет наличия у этих анализаторов возможности анализа пробы отобранной вручную нет необходимости приобретать отдельный лабораторный анализатор растворенного натрия.

Технические данные:

Диапазон измерения:	0,1 – 10000 мкг/л
Количество каналов измерения:	один
Погрешность:	+/- 5% от измеренного значения
Требования к пробе:	
Температура пробы	5-45°C
Расход пробы мин.	100 мл/мин
Давление пробы	от 0,3 до 3 бар
Электропитание	230 В переменного тока
Параметры окружающей среды:	
Температура	от -10 до +50°C
Влажность	10...90% без конденсации влаги
Класс защиты корпуса:	IP65
Аналоговые выходы:	2* 4-20мА
Дискретные выходы:	2 реле предельной сигнализации 1 реле аварийной сигнализации



Рис.2.4. Возможный вариант размещения анализаторов на монтажной стойке.

## 2.2. Зарубежный опыт работы системы АК ВХР

Автоматический химический контроль и управление составом теплоносителя пароводяного тракта ТЭС — важнейшее средство защиты основного оборудования от отложений и коррозионных повреждений, вызывающих преждевременные и аварийные остановки, которые приводят к недовыработке энергии, трудовым и экологическим потерям. Экспериментально установлено, что образование отложений наиболее неблагоприятно, к примеру, для цилиндра высокого давления турбины, имеющего наименьшие проходные сечения. Так, занос на 1% сечения проточной части ЦВД турбины энергоблока мощностью 300 МВт снижает внутренний относительный КПД на (0,5 – 1) % и приводит к перерасходу условного топлива на 1– 2,5 тыс. т в год. Многолетний опыт работ на ТЭС показывает, что своевременная индикация нарушений, т.е. отклонений значений показателей качества теплоносителя в пароводяном тракте от

установленных ПТЭ значений и предотвращение развития этих нарушений — один из важнейших способов энергосбережения на ТЭС.

Важно, однако, отметить, что эффективность автоматизации обеспечивается не путем установки единичных анализаторов воды, а путем создания автоматизированных систем контроля динамики изменения основных показателей качества (ПК) по пароводяному тракту ТЭС. Фиксируя отклонения текущих значений контролируемых ПК от нормированных значений, Система по заданному алгоритму анализирует эти изменения во времени и, устанавливая источник нарушения ВХР, своевременно дает совет оператору о действиях по устранению этого нарушения.

Известно, что обеспечение требуемого качества теплоносителя достигается путем оснащения ТЭС комплексом установок по обработке добавочной воды, очистки исходной воды на ВПУ, поддержания заданного состава питательной и котловой воды путем коррекционной обработки, очистки возвратных конденсатов и т. п. Все эти установки имеют специфические технологические схемы и зачастую расположены на значительном расстоянии друг от друга. В связи с этим проблема реализации автоматического контроля и управления качеством теплоносителя ТЭС решается различными путями. На первом этапе разработок автоматизация ВПУ и ВХР ТЭС осуществлялась путем создания независимо действующих систем контроля и управления ВПУ, ВХР пароводяного тракта, коррекционной обработки на базе в основном отечественных технических средств химического и теплотехнического контроля и регулирования с отображением получаемой информации на регистрирующих приборах.

С развитием на пост советском пространстве программно-технических средств были созданы и реализованы на отдельных электростанциях автоматизированные системы контроля и управления ВХР пароводяного тракта (АСХКУ ВХР ПВТ) и ВПУ (АСХКУ ВПУ) с представлением оперативной информации на автоматизированные рабочие места (АРМ) оператора-технолога в экспресс-лабораторию, начальнику смены

химического цеха и постоперативной информации начальнику химического цеха. Возможность реализации первых автоматизированных систем контроля и управления ВПУ обеспечивалась производством надежно действующей запорной и регулирующей арматуры с различными типами привода (электрический, пневматический, гидравлический). Опыт показал, что наиболее устойчивыми эксплуатационными качествами обладает запорная арматура типа дисковой заслонки, изготавливаемая и поставляемая комплектно с электроприводом ЗАО "АРМАТЕК" (г.Санкт-Петербург) и рядом других компаний. На базе этой арматуры и программно-логических устройств управления в 80-е годы прошлого века были разработаны и внедрены системы автоматизации осветлителей предочистки и фильтров ионообменной части ВПУ Калининской ТЭЦ, ТЭЦ-21 и ТЭЦ-23 Мосэнерго, Молдавской ГРЭС. Эффективность этих работ заключалась в снижении затрат труда персонала при пооперационном управлении с переключением арматуры из положения "открыто" в положение "закрыто" и некотором упорядочении процессов подачи реагентов в осветлители, регенерационных растворов, воды на взрыхление и отмывку фильтров при их регенерации. Контроль процессов ионирования, т.е. качества обрабатываемой воды, оставался, в основном, "ручным", выполняемым периодически в лаборатории. Автоматизация оперативного химического контроля ВХР пароводяного тракта в тот период заключалась, как правило, в установке отдельных автоматических анализаторов воды по пароводяному тракту ТЭС. Результаты измерения контролируемых показателей качества при этом считывались оператором-технологом с табло измерительных преобразователей по заданному графику. Интенсификация работ ряда отечественных фирм по созданию автоматических анализаторов воды обеспечила выход на рынок необходимого комплекта отечественных приборов, соответствующих условиям эксплуатации на ТЭС. Современные анализаторы, такие как кондуктометр, кондуктометр с Н-фильтром, рН-метр, натремер, кислородомер, а также лабораторный автоматизированный

анализатор содержания в воде эмульгированных и растворенных нефтепродуктов, обеспечивали оперативный химический контроль основных показателей качества, характеризующих ВХР пароводяного тракта ТЭС. Анализ содержания в нем железа и меди, являющихся продуктами медленно текущих коррозионных процессов, проводился и проводится в лаборатории периодически. Результаты анализа при этом вводятся в компьютер оператором вручную. В настоящее время с применением автоматических анализаторов воды, основные технические характеристики которых соответствуют современному техническому уровню, созданы автоматизированные системы химического контроля и управления (АСХКУ) ВХР, т.е. контроля параметров ВХР и управления дозированием корректирующих реагентов в пароводяной тракт ТЭС (рис. 3.1).

Опыт показывает, что необходимыми условиями эффективного функционирования САР дозирования реагентов являются достоверный контроль теплотехнических и химических параметров обрабатываемых сред, высокая скорость решения поставленных задач, способность системы к оперативному поиску решений и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации. Для выполнения этих условий Система управления оснащена экспертной системой, способной функционировать в реальном масштабе времени, действуя так же, как опытный оператор-технолог. Экспертная система включает в себя отдельные подсистемы: пополняемой базы знаний, логического вывода и предварительной обработки информации в режиме реального времени. Эти подсистемы организуются в виде иерархической структуры. На первом уровне определяется вид нарушения, осуществляется диагностирование и выбирается схема управления; на втором — обрабатываются текущие результаты измерений на объекте автоматизации и собирается дополнительная информация о реальном состоянии процесса; на нижнем уровне находится совокупность подсистем управления, функционирующих в нормальных и нештатных ситуациях. В случае индикации нарушений подсистема входит в режим диагностирования,

выявляя причины этих нарушений и вырабатывая необходимые управляющие действия. Предлагаемая САР реагентов, корректирующих ВХР пароводяного тракта, действует как комбинированная. Основным возмущением является расход обрабатываемой воды (питательной или котловой). По разомкнутому контуру компенсируется высокочастотное возмущение (изменение расхода воды). Все прочие возмущения, такие как концентрация рабочего раствора корректирующего реагента, режим работы оборудования и т.п., устраняются по более инерционному корректирующему контуру обратной связи. Таким образом, задачи регулирования и управления делятся на задачи верхнего и нижнего уровней. На верхнем уровне осуществляются контроль состояния оборудования, переключение, расчет управляющих воздействий, отображение текущих значений параметров состояния (показателей качества обрабатываемой среды), диагностика и т.п. На нижнем уровне реализуется управление воздействием через частотно-регулируемый электропривод (преобразователь частоты) асинхронного двигателя насоса-дозатора.

Программное обеспечение АСХКУ ВХР позволяет персоналу химического цеха, осуществляющему контроль ВХР ПВД ТЭС (и теплосети), просматривать на экранах своих операторских станций информацию о любых интегрированных подсистемах. На АРМ дежурного лаборанта, лаборанта ЦХЛ вводится программа сбора данных лабораторных анализов, а также формирования ведомостей показателей качества ВХР пароводяного тракта и ВПУ, анализа отклонений показателей качества от заданных значений, также может быть введена программа расчета ожидаемого межпромывочного периода котлов.

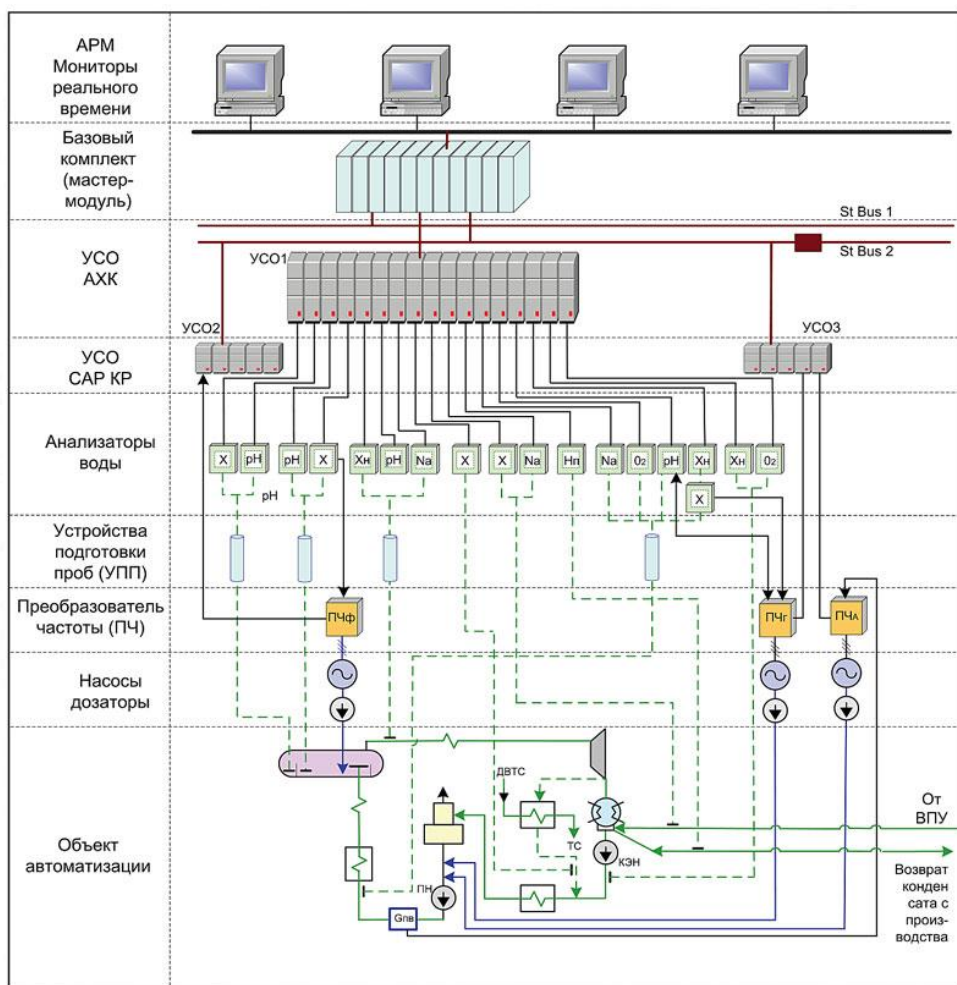


Рис.2.5. Укрупнённая структурная схема АСХКУ ВХР пароводяного тракта ТЭС

В начале 90-х годов прошлого века работы по созданию полнофункциональной АСУ ТП ВПУ на базе программируемых контроллеров активно проводились на ряде ТЭС Мосэнерго. На ТЭС-27 была разработана и введена в эксплуатацию распределенная техническая структура, позволяющая несмотря на размещение технологического оборудования ВПУ на большой площади существенно сократить кабельные трассы и упростить монтаж. Система обеспечивала автоматизацию технологических процессов оборудования предочистки ВПУ (осветлители, механические фильтры), установки умягчения добавочной воды для теплосети на Na-катионитных фильтрах и установки обессоливания добавочной воды в пароводяной тракт ТЭС, а также установки очистки

замасленных вод, баков, мешалок, насосов. Процесс управления обработкой воды был разбит на три относительно автономных узла (технически и программно) с локальной подсистемой контроля и управления: установка обессоливания, установка подпитки теплосети, склад хранения и подготовки растворов реагентов. Однако опыт эксплуатации показал, что аппаратное и организационное разделение системы на три автономные подсистемы неудобно, так как технологическое оборудование ВПУ может использоваться как для одной части — установки умягчения, так и для другой — установки обессоливания воды и т.п.

Новая концепция организации управления ВПУ и ВХР — это создание единой для всего оборудования АСУ ТП ВПУ и ВХР, интегрированной с АСУ ТП ТЭС. При этом должны быть выполнены следующие условия:

- автономные подсистемы контроля и управления всеми технологическими установками объединены в единую АСУ ТП ВПУ и ВХР с возможностью управления ими с одной операторской станции;
- организован обмен информацией с интегрированной АСУ ТП ТЭС;
- введена актуальная система мнимокадров;
- организованы АРМ оператора-технолога, начальника смены химического цеха, станции анализа, инженерной станции (специалиста цеха АСУ).

На АРМ начальника смены химического цеха (АРМ НС ХЦ), размещаемого в помещении щита управления ВПУ, так же как и на АРМ оператора-технолога, представляется информация о ходе технологических процессов всей химводоочистки и информация о ВХР ПВТ ТЭЦ и теплосети. Станция анализа, располагаемая в помещении щита управления ХВО, выполняет функции:

- отображения результатов различных анализов;
- получения и предоставления оперативному персоналу расчетной информации о работе химического цеха;

- вывода на печать ведомостей работы технологического оборудования и технологических показателей.

Инженерная станция — это инструмент оператора цеха КИП для подготовки прикладного программного обеспечения и его загрузки в технические средства АСУ ТП и т.п. Опыт эксплуатации АСУ ТП ВПУ и ВХР показывает, что автоматизация контроля и управления позволяет:

- оперативно обнаруживать отклонения заданных параметров технологических режимов и действовать своевременно по их устранению;
- свести к минимуму ошибочные действия оператора при управлении оборудованием;
- повысить надежность и безаварийность работы оборудования;
- снизить эксплуатационные затраты за счет соблюдения правил эксплуатации оборудования;
- обеспечить автоматический учет баланса воды, стоков, расхода реагентов;
- реализовать автоматическое ведение ведомостей учета, что сокращает время их составления и воздействие "человеческого фактора" при их заполнении.

Все это разгружает оперативный персонал от излишних операций ручных анализов, устраняет транспортное запаздывание результатов анализов и повышает оперативность управления ВПУ.

Принятые в настоящее время повышенные требования по энерго- и ресурсосбережению ТЭС обусловили значительное развитие исследований и разработок методов обеспечения работы электростанций без повреждений, вызываемых, как сказано выше, загрязнениями поверхностей нагрева котлов и проточной части турбин. В течение последних 15–20 лет были предложены новые технологии очистки воды преимущественно поверхностных источников от ионогенных и прочих минеральных и органических соединений. Так, к примеру, для очистки добавочной воды ТЭС с барабанными котлами на давление 14 МПа разработана технологическая

схема, включающая мембранные установки ультрафильтрации и обратного осмоса, а также и барьерную ионообменную установку глубокого обессоливания, обеспечивающую требуемое ПТЭ качество добавочной воды в котлы 10–14 МПа и выше.

Известные зарубежные компании (Rohm & Haas, Dow Chemical, Purolite, Bayer и др.) предложили новые монодисперсные ионообменные материалы, оборудование и технически и экономически обоснованные технологические схемы, обеспечивающие требуемое потребителем качество добавочной воды, получаемой из исходных вод различного состава. На базе новых решений в России специалисты ряда предприятий (ВТИ, ОРГРЭС, МЭИ, ЭКОС-ВОДГЕО) создали рекомендательные и методические материалы по водообработке. В 2005 г. ФГУП ВНИИ АМ, ООО НФП ЭКОС-ВОДГЕО и консорциум "АКВАХИМ" разработали каталог "Водоподготовительное оборудование для ТЭС и промышленной энергетики". В нем даны технические характеристики выпускаемого отечественными заводами (ОАО ТКЗ "Красный котельщик", Таганрог; ОАО Бийский котельный завод; ООО ПП "ТЭКО-Фильтр", Тольятти; ЗАО "Гидроник", Москва, и др.) нового оборудования и установок ВПУ в целом, соответствующие номенклатурным перечням заводов-изготовителей. В процессе исследований и опытно-промышленной эксплуатации установлено, что особые сложности возникают при обработке поверхностных вод с повышенным содержанием высоко-молекулярных органических примесей. В результате термоллиза этих примесей в пароводяном тракте ТЭС образуются свободные хлорид-ионы и низкомолекулярные карбоновые кислоты, инициирующие коррозионные повреждения оборудования. Признано, что очистка воды от органических примесей наиболее эффективна на установках обратного осмоса (УОО). Однако обратноосмотические мембраны адсорбируют на своей поверхности органические соединения, взвешенные и коллоидные примеси, что снижает селективность и производительность УОО. Поэтому для защиты обратноосмотических мембран на ВПУ перед

УОО принято использовать ультрафильтрационную установку (УФУ), улавливающую все коллоидные и ряд других мешающих примесей. Отсюда следует, что перед УОО требуется достаточно дорогая установка предварительной очистки воды. Эта установка включает сетчатые фильтры для удаления крупнодисперсных взвешенных веществ и ультрафильтры для удаления тонкодисперсных и коллоидных примесей, осветления и обеззараживания воды.

Таким образом, из всего упомянутого следует, что современные ВПУ очистки добавочной воды в пароводяной тракт электростанций с барабанными котлами 14 МПа или с прямоточными котлами состоят из разнофункциональных технологических узлов с разным оборудованием. Так, к примеру, для умягчения и обессоливания воды вместо прямоточных применяются противоточные одно- и двухкамерные фильтры, реализующие технологические процессы на слабо- и сильнокислотных и слабо- и сильноосновных ионообменных материалах и т.п. Создание АСУ ТП таких ВПУ — довольно сложная, но выполнимая задача при условии применения современных технических средств автоматического контроля и управления и налаженной в соответствии с режимной картой технологической схемой. Так, на ТЭЦ, потребляющей, к примеру, маломинерализованную исходную воду с Усть-Илимского водохранилища, или на ТЭЦ средней полосы России, потребляющей исходную воду средней минерализации, устанавливают двухкамерные противоточные Н-ОН-фильтры, оснащенные арматурой с пневмо- или электроприводом. Предварительная очистка исходной воды осуществляется на установке ультрафильтрации, в ряде случаев с последующей нанофильтрацией. Опыт показывает, что только мембранные методы фильтрации задерживают органические вещества, опасные для мембран обратноосмотических установок, выполняющих частичное обессоливание воды.

Разработанные в настоящее время аппаратно-программные средства контроля и управления ВПУ позволяют решить поставленную задачу (при

отлаженной технологической схеме). Следует помнить, что автоматизация эффективна для ВПУ, персонал которой строго выполняет предписанную режимную карту технологической схемы. Анализ опыта разработок и внедрения автоматизированных систем контроля и управления ВПУ и ВХР ТЭС различными организациями (ВТИ, ТЭП, ОРГРЭС, МЭИ, Энергосистемотехника-2000 и др.) на базе современных аппаратно программных средств и автоматических анализаторов химических и физических параметров водных сред показывает, что разработчик должен адаптировать свои системы автоматизации ВПУ и ВХР к условиям конкретных объектов.

Система автоматизированного контроля водно-химического режима (АК ВХР) предназначена для оперативного мониторинга водно-химического режима предприятия с целью обеспечения надежной эксплуатации оборудования, исключения возможных аварийных ситуаций, связанных с нарушением ВХР на теплотехническом оборудовании, обеспечивает экономичность работы оборудования, сокращение трудозатрат.

На Норильской ТЭЦ-2 (Россия) на момент начала работ контроль за водно-химическим режимом работы оборудования выполнялся вручную с периодичностью от двух раз в смену до одного раза в сутки. Часть анализов выполняется по устаревшим методикам, что дает значительные погрешности в результатах анализов. Не определяется содержание солей Na, электропроводимость в паре и конденсате, хотя они являются нормируемыми показателями.

Лаборатории не оснащены современными приборами лабораторного контроля с повышенной чувствительностью и точностью измерений. Отсутствует автоматический химический контроль режима работы основного оборудования, что не позволяет своевременно выявлять и устранять возникающие нарушения водно-химического режима и принимать меры по их устранению, вследствие чего допускается длительная работа

оборудования с нарушениями. Не в полном объеме осуществляется контроль за нормируемыми показателями качества воды и пара.

Основным технологическим оборудованием КТС АСУ ТП ВХР ТЭЦ 2 являются приборы автоматического химконтроля (АХК), устройства подготовки проб (УПП), приборы контроля расходов, температур и разряджений. Также КТС содержит шкафы сбора данных (ШСД), сервер, автоматизированные рабочие места (АРМы) и сеть передачи данных.

КТС АСУ ТП ВХР входит в ОАО «НТЭК» и располагается в существующих помещениях котло - турбинного цеха ТЭЦ-2 в осях 29-32 ряд Б-В отм.9,6. Приборы контроля расходов, температур и разряджений устанавливаются по месту и передают информацию на ШСД по интерфейсу 4-20 мА. Пробы по импульсным линиям доставляются от пробоотборных вентилей к устройствам подготовки проб (УПП), на которых производится охлаждение пробы и понижение давления и далее поступают на приборы АХК.

Приборы АХК производят анализ подготовленных проб и передают информацию на ШСД по интерфейсу 4-20 мА. Приборы АХК могут быть переведены в ручной режим для выполнения ремонтных работ, калибровки и тд. Информация о переводе в ручной режим, калибровке или возникновении аварии передается на ШСД посредством «сухого контакта».

ШСД передает собранную информацию через вычислительную сеть на сервер. На сервере производится обработка и архивирование поступающей информации. Кроме того сервер совмещен с АРМ администратора системы. Сервер предоставляет информацию на все АРМы, где она отображается в виде видеокладов. В качестве приборов автоматического химического контроля (АХК) использованы приборы фирмы SWAN (Швейцария).

На рис.3.2 представлена укрупненная структурная схема распределенной системы управления ВПУ. Функциональные возможности контроллеров семейства "ТРЭИ", использованных в ней, позволяют создавать распределенные системы с централизованным и

децентрализованным интеллектом в единой Системе. При нормальной работе Системы главный процессор мастер-контроллера контролирует Систему и управляет Системой, а локальными распределенными процессорами контроллеров являются УСО.

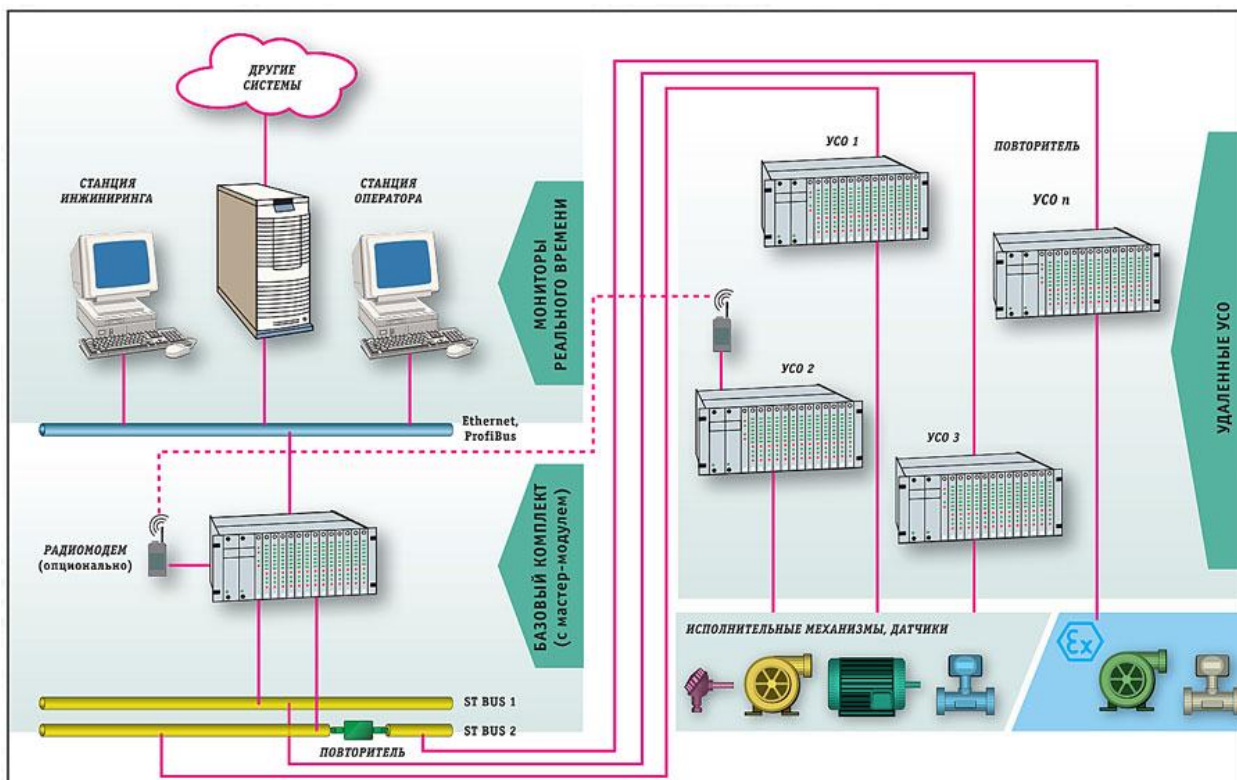


Рис.2.6. Укрупнённая схема распределённой системы управления

При сбоях в Системе локальные контроллеры берут на себя все функции контроля и управления локальной задачей и при восстановлении работоспособности Системы в целом "безударно" включаются в единый комплекс и передают накопившуюся историю событий в общую базу данных. Поскольку производственный комплекс компании "ТРЭИ" включает в себя производство контроллеров и шкафов управления, имеется возможность заводских испытаний с модуляцией реального производственного процесса.

Разработанные комплексные решения АСХКУ ВПУ и ВХР, интегрированные с АСУ ТП ТЭС, могут обеспечивать не только

технологические схемы ВПУ и ВХР, но и всех других участков, связанных с обработкой различных потоков, таких как сточные воды, возвратные конденсаты с производства, стоки складского хозяйства. При этом для всех участков водообработки принята единая программная платформа: контроль и управление технологическими процессами, противоаварийная защита, блокировки, технико-экономические расчеты. Многолетний опыт внедрения изготавливаемой на предприятии продукции на многих производствах в металлургической, нефтяной, энергетической и других отраслях промышленности подтвердил надежность ее действия.

Мембранная технология водоподготовки для электростанций Азербайджана предложена Алиевым А.Ф. на ГРЭС «Шимал» [1]. С сентября 2002 года применяется новейшая полностью автоматизированная и компьютеризированная система водоподготовки (ВПУ) для котлоагрегатов, включающая мембранную обратноосмотическую (reverse osmotic RO) установку. Подобные системы отсутствуют на всем пост советском пространстве и Азербайджан является первой страной СНГ, обладающий этой технологией для электростанций в промышленном масштабе.

Преимуществами обратноосмотического (гиперфильтрационного) обессоливания воды являются сравнительно небольшие и быстро окупаемые капитальные затраты. Установки просты и надежны, легко автоматизируются и не требуют больших трудозатрат. Мембранная технология как энерго-, материало-и ресурсосберегающая является приоритетным показывают широкие возможности ее применения во многих отраслях промышленности, в частности, энергетической. При этом, наряду с экономическими проблемами, и экологические проблемы.

При эксплуатации ТЭС и АЭС остается актуальной проблема создания и поддержания таких физико-химических свойств теплоносителей, которые бы предотвращали коррозионные повреждения конструкционных материалов оборудования и образование отложений на его поверхностях. Эта проблема рассматривается в статье М.А. Смалько [4]. Оптимальное ведение водно-

химического режима (ВХР) и контроль коррозионно-эрозионного износа тепломеханического оборудования (ТМО) должно осуществляться на основе многофакторного анализа и прогнозирования развития событий. Такой подход возможен в полном объеме только при создании единой комплексной системы (ЕКС) автоматического и лабораторного контроля водно-химического режима и коррозионно-эрозионного износа оборудования с возможностью прогнозирования развития событий.

Система ЕКС должна обеспечивать выполнения следующих функций:

- сбор данных от приборов автоматического химического контроля (АХК);
- организацию ввода, редактирования и отображения результатов лабораторного химического контроля (ЛХК) и данных контроля коррозионно-эрозионного износа (ККЭИ) тепломеханического оборудования с синхронизацией этих данных с данными АХК ВХР для их совместной обработки;
- визуализация данных АХК, ЛХК и ККЭИ в виде мнемосхем, таблиц данных, диаграмм и графиков;
- обмен с информационными системами ТЭС и синхронизация работы по системе единого времени;
- анализ и статистическая обработка полученной оперативной информации с созданием математических моделей и прогнозированием развития событий в технологических процессах ведения водно-химического режима с выполнением функций экспертной системы и системы помощи оператору;
- предупредительную и аварийную сигнализацию при выходе параметре ВХР за границы контрольных уровней и эксплуатационных пределов;
- возможность ретроспективного анализа развития ситуации за произвольные промежутки времени с формирования таблиц различных структур данных после их статистической обработки, а также построения на этой основе временных сравнительных графиков, трендов, диаграмм и т. д.;

- формирование, сохранение и вывод на печать ежедневных, среднесуточных, среднемесячных и среднегодовых отчетов, а также отчетов за выбранный период и другой отчетной документации;
- хранение собранных данных и обработанной информации о ВХР в событийных базах данных с краткосрочным и долгосрочным периодом хранения, создание архивов и хранение их на различных носителях;
- защиту от несанкционированного доступа, идентификация пользователей по паролю с формированием индивидуальных списков доступа и журналов учёта на управление и изменение информации;
- открытость системы для дальнейшей модернизации и расширения.

В работе обобщены и проанализированы результаты внедрения единой комплексной системы АХК и ЛКХ ВХР, а также ККЭИ тепломеханического оборудования ТЭС, АЭС и ХВО. В статье представлена общая структура единой комплексной системы АХК и ЛКХ ВХР, а также ККЭИ тепломеханического оборудования ТЭС, АЭС и ХВО. В состав ЕКС входят датчики и измерительные приборы АХК ВХР с устройствами подготовки пробы, рабочие станции (РС) ввода результатов ЛКХ ВХР и ККЭИ тепломеханического оборудования, аппаратно-программные средства с модулями сбора, обработки, синхронизации данных и решения технологических задач, а также экспертная система помощи оператору с представлением информации персоналу и руководству станции.

Таким образом гибкие технические решения автоматизированных систем контроля и управления, а также функциональные возможности технических средств обеспечивают надежную эксплуатацию объектов.

Создание единой комплексной системы автоматического и лабораторного контроля водно-химического режима, коррозионно-эрозионного износа тепломеханического оборудования с возможностью прогнозирования развития событий и экспертной системой обеспечат анализ и оперативное представление данных ВХР, что даст возможность оперативно принимать решения по оптимизации ведения ВХР и поддержанию физико-

химических свойств теплоносителей, которые бы предотвращали коррозионные повреждения конструкционных материалов ТМО и образование отложений на их поверхностях, повышая безопасность и эффективность эксплуатации оборудования ТЭС, АЭС и ХВО.

### **Выводы по второй главе**

- Внедрение СХТМ (контроль ВХР) позволяет своевременно обнаружить нарушение качества питательной воды по кислороду, оперативно меры по устранению нарушений, сократить их величину и продолжительность, что позволит снизить скорость коррозионных процессов.
- Очевидно, что эффект от внедрения автоматического химконтроля может быть достигнут при комплексном решении этого вопроса. Как показывает практика, наличие приборов автоматического контроля по отдельным потокам полностью не решает проблему оперативного устранения нарушений ВХР. Это связано с невозможностью, при выполнении ручных анализов, оперативно обнаружить и устранить источник нарушения режима в потоках, состоящих из множества составляющих.
- Срок окупаемости затрат на внедрение системы АХК ВХР составит около 6,5 лет. Не все аспекты внедрения автоматического химического контроля параметров водно-химического режима блока можно оценивать экономическими категориями. Следует отметить такие положительные стороны, как повышение культуры производства, снижение объема выполнения ручных анализов, улучшение условий труда персонала и др.

## **ГЛАВА 3. ОБРАБОТКА ВОДЫ В ОСВЕТИТЕЛЯХ И ФИЛЬТРОВАНИЕ**

Установки для предварительной очистки воды (предочистки) служат для удаления или снижения содержания в воде взвешенных и органических веществ, полного удаления свободной углекислоты, магния, бикарбонатного иона и кремниевой кислоты путем коагуляции, известкования, отстаивания и отфильтровывания выпавшего осадка.

Основными этапами обработки являются: приготовление растворов реагентов и дозирование их; смешение воды с реагентами; осветление-отстаивание выделившегося осадка; фильтрование отстоявшейся воды через зернистые фильтры.

Наиболее распространенной схемой предочистки при химической обработке воды для питания паровых котлов является схема с коагуляцией в осветлителях — фильтрование.

### **3.1. Осветление воды пропуском через слой взвешенного осадка**

Для предварительного осветления воды (перед подачей ее на фильтры) вместо отстойников в настоящее время широко используют так называемые осветлители со взвешенным осадком.

Этот метод осветления применим только при условии введения в воду коагулянта, т.е. при условии предварительной обработки воды, лишаящей частицы взвеси агрегативной устойчивости.

Вода из смесителя (после введения в нее реагентов) подается в нижнюю часть осветлителя. В большинстве современных конструкций осветлителей их нижнюю часть устраивают постепенно расширяющейся кверху (т.е. конической или призматической). Благодаря этому скорость восходящего потока в пределах нижней части осветлителя постепенно уменьшается. Хлопья коагулянта и увлекаемые ими частицы взвеси поднимаются восходящим потоком воды до тех пор, пока их скорость

выпадения не станет равной восходящей скорости потока. Допустим, что это будет иметь место на высоте, но над точкой ввода воды. Выше этого уровня по мере работы осветлителя образуется слой взвешенного осадка, через который будет проходить и как бы фильтроваться осветляемая вода. Высота слоя взвешенного осадка зависит от требуемого эффекта осветления воды. Эта высота обеспечивается расположением устройства для отбора осадка на определенном уровне. Осадок удаляется в осадкоуплотнитель. Вода, прошедшая такой своеобразный «взвешенный фильтр», продолжает восходящее движение до уровня, где расположены устройства для ее сбора и отвода.

В слое взвешенного осадка происходит процесс прилипания частиц взвеси к образовавшимся в воде хлопьям коагулянта, т.е. своеобразный процесс контактной коагуляции. В этом слое имеет место так называемое стесненное осаждение хлопьев и частиц мути; скорость выпадения частиц в условиях стесненного осаждения всегда меньше, чем при их свободном осаждении; скорость восходящего движения воды в пределах этого слоя в каждый момент работы осветлителя равна скорости выпадения хлопьев. При увеличении концентрации вещества в слое взвешенного осадка изменяется (уменьшается) скорость выпадения частиц. Поэтому слой взвешенного осадка обладает известной устойчивостью.

Если скорость восходящего движения будет превышать скорость выпадения частиц при данной концентрации взвеси, то эта концентрация уменьшится и может быть нарушен баланс поступления взвеси в осветлитель и удаления ее избытка в осадкоуплотнитель. В результате этого произойдет подъем слоя взвешенного осадка и вынос взвеси из осветлителя.

Для надлежащего эффекта осветления необходимо, очевидно, правильно назначить высоту взвешенного слоями и скорость восходящего движения воды. Эти величины для заданной степени осветления будут зависеть от качества природной воды и методов ее химической обработки.

Осветлители со слоем взвешенного осадка в настоящее время широко используются для осветления мутных вод, при обесцвечивании, а также при реагентном умягчении воды

Осветлители работают эффективно при условии относительно незначительных колебаний часового расхода подаваемой воды (не более  $\pm 10\%$  в течение часа) и незначительных колебаний ее температуры (не более  $1^\circ$  в течение 1 ч).

### **3.2. Осветлители конического типа.**

На рис. 3.1 представлен осветлитель ЦНИИ—МПС. Осветляемая вода, пройдя воздухоотделитель 1, поступает в нижнюю коническую часть 2 осветлителя по тангенциально расположенным соплам. Туда же подаются требуемые реагенты.

В конической части 2 обеспечивается смешивание воды с реагентами и равномерное движение ее по сечению осветлителя. Поднимаясь, вода проходит через дырчатое днище 3 и между вертикальными перегородками 4. Специальное устройство 5 позволяет устанавливать желательную высоту слоя взвешенного осадка, отводимого в выносной шламоуплотнитель 6. В верхней части осветлителя располагается дренажная решетка 7 для обеспечения равномерного отвода воды по желобу 8.

Следует отметить, что, как показал опыт эксплуатации осветлителей, их нормальная работа в значительной степени зависит от постоянства не только гидравлического, но и температурного режима. При колебаниях температуры поступающей в осветлитель воды наблюдается появление быстро восходящих токов более теплой воды и прорыв взвешенного фильтра. Это наблюдалось в установках для умягчения воды с подогревом. Особенно чувствительными к колебаниям температуры оказались осветлители конического типа. Для борьбы с указанным явлением при осветлении подогреваемой воды необходимо автоматическое регулирование ее температуры.

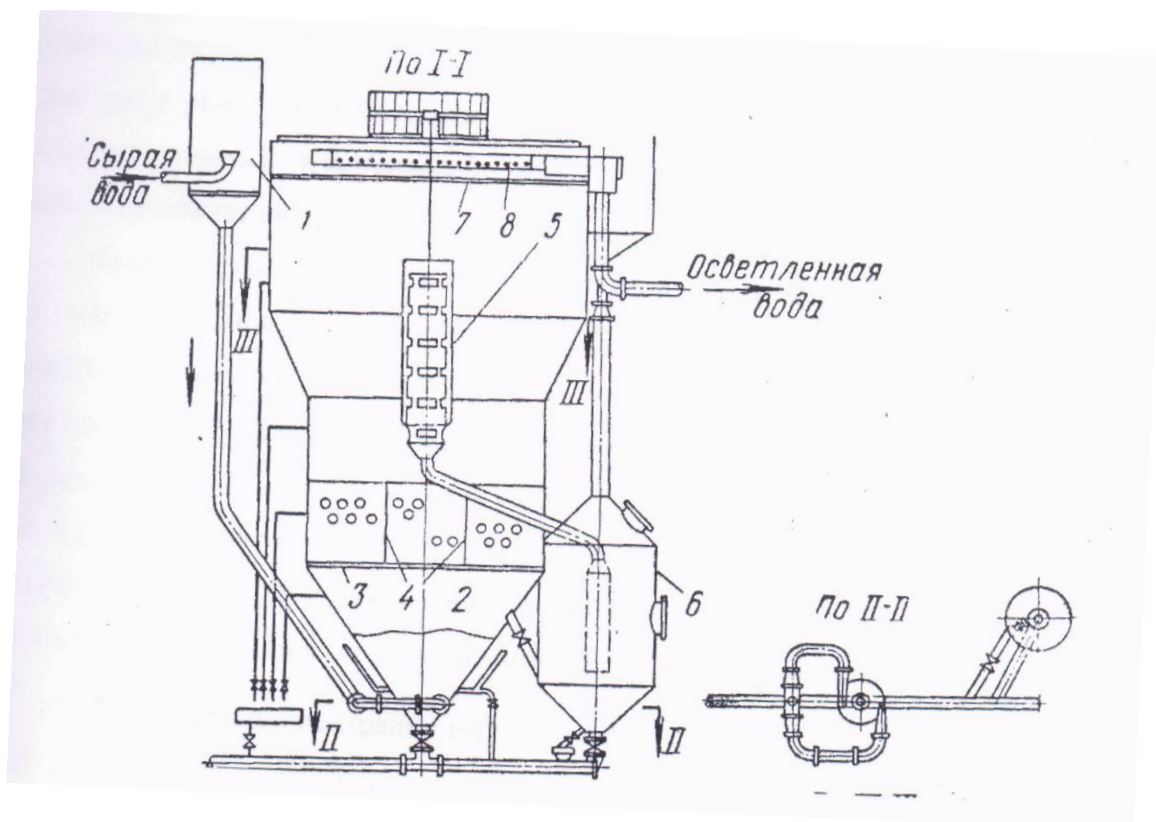


Рис. 3.1. Схема осветлителя ЦНИИ-МПС

Условные обозначения: 1- воздухоотделитель, 2- коническая часть, 3- дырчатое днище, 4- вертикальные перегородки, регулятор высоты взвешенного осадка, 6- выносной шламоуплотнитель, 7- дренажная решетка, 8- желоб для отвода осветленной воды.

На ВПУ ТашТЭС установлены осветлители типа ЦНИИ-2 (2 шт.) и типа ЦНИИ-3 производительностью 150 и 230 т/ч.

### 3.3. Фильтрование воды после осветлителей.

Обработанная осветленная вода даже при нормальной работе осветлителя содержит какое-то количество механических примесей, находящихся в форме взвешенных различной степени дисперсности — от невидимых глазом частиц до мелких хлопьев — остатков процесса коагуляции. В моменты нарушения режима работы осветлителя количество примесей резко возрастает за счет выносимого шлама.

Для улавливания этих примесей служат механические фильтры, принцип работы которых основан на механическом улавливании засыпанном в фильтры материалом нерастворимых примесей фильтруемой воды. Конструктивно механический представляет собой цилиндрический сосуд, работающий под давлением до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).

Обрабатываемая вода поступает в фильтр через верхнее дренажно-распределительное устройство (ВДРУ), и, проходя фильтрующий слой, освобождается от механических примесей и органических веществ. При этом в процессе работы происходит постепенное загрязнение фильтрующего слоя и, как следствие этого, возрастает сопротивление фильтра, снижается скорость фильтрования. Сопротивление включенного в работу фильтра составляет 0,02 -г 0,05 МПа (0,2 -г 0,5 кгс/см ). Фильтр отключается на промывку для удаления загрязнений при перепаде 0,1 + 0,12 МПа (1,0 + 1,2 кгс/см<sup>2</sup>). Период включения фильтра в работу до вывода его на промывку составляет фильтроцикл, продолжительность которого зависит в основном от загрязненности исходной воды, скорости фильтрации и обычно составляет на практике не менее 24-30 часов.

Механические фильтры с предварительной коагуляцией с течением времени, особенно при нарушении режима работы осветлителей, подвергаются постепенному заносу мельчайшими частичками, не удаляемыми при обычных воздушных промывках. В этом случае промывку фильтров осуществляют 1 %-ным раствором NaOH (щелочи). Промывка проводится пропуском раствора снизу вверх с предварительным взрыхлением фильтра воздухом и водой. Отмывка после пропуски щелочи проводится по линии промывки фильтра до отсутствия гидратной щелочности в отмывочных водах.

#### **3.4. Современные методы автоматизации процесса осветления воды.**

Информация о концентрации взвешенных частиц (или дисперсной фазы - ДФ) в жидких дисперсных системах (ЖДС) - эмульсиях, суспензиях,

коллоидных растворах, - часто бывает очень важна для управления технологическими процессами [3]. Типичными примерами объектов и процессов, где требуются измерения концентрации ДФ с целью мониторинга или управления технологическим оборудованием, являются: все этапы подачи и очистки воды на станциях подготовки питьевой воды; контроль качества подготовки обратной воды, закачиваемой в скважины на нефтепромыслах для подавливания нефтеносных пластов; технологические процессы в химической, пищевой промышленности и т.д.

Для промышленных измерений концентрации ДФ в ЖДС наиболее приемлемыми преобразователями являются фотометрические преобразователи, измеряющие мутность - величину, характеризующую способность среды рассеивать свет на частицах ДФ. Соответствующие приборы называются мутномерами, они подразделяются на два основных подкласса - турбидиметры и нефеметры. Градуироваться мутномеры могут как в единицах мутности, так и в единицах концентрации ДФ.

Основной трудностью, возникающей при эксплуатации датчиков мутности, являются паразитные отложения на прозрачных окнах излучателей и фотоприемников, которые постепенно накапливаются и приводят к искажениям результатов и метрологическому отказу. При этом доступ к датчикам часто затруднен или невозможен без остановки технологического процесса, а их обслуживание может быть сопряжено со значительными материальными, временными и трудовыми затратами. Проблема обычно усугубляется тем, что мутномеры рассчитаны на определенный, достаточно узкий диапазон концентраций. Для широкодиапазонных измерений мутности требуется адаптивная перестройка геометрических параметров мутномера и алгоритма его работы.

Как указывалось ранее, традиционно для удаления коллоидных примесей применяют коагулянты на основе соединений алюминия и железа [4]. Введение коагулянтов обычно происходит почти в самом начале водоочистки на стадии осветления воды. Для этого в очищаемую воду с

помощью дозирующих устройств вводят растворы коагулянтов. Аппараты для дозирования растворов реагентов подразделяются на два основных типа:

- дозаторы постоянной дозы, которые применяются на станциях водоочистки с постоянным расходом воды;
- дозаторы пропорциональной дозы, которые автоматически изменяют размер дозы при переменном потоке.

Оба типа дозаторов, в зависимости от их конструктивного устройства, могут работать в напорном и безнапорном режимах. В конструкции дозаторов используются поплавки, сифоны, датчики, измеряющие значение электропроводности воды после ее обработки коагулянтом, а также плунжерные насосы.

К сожалению, точность таких методов дозирования невысока. Это вынуждает регулярно производить отбор проб и проводить лабораторные анализы, которые позволили бы судить о протекании процесса очистки. Однако сложность отбора проб и трудоемкость выполнения анализов ограничивают возможности лабораторного контроля за процессом очистки воды. В то же время существенную помощь в проведении таких измерений могут оказать системы автоматизации, моделирования и компьютерной обработки данных. К сожалению, в настоящее время многие водоочистные станции Узбекистана не используют системы автоматизации.

Для получения требуемой глубины очистки воды необходим непрерывный, автоматический контроль основных его этапов, т.е. параметров, знание которых позволит диспетчерской и технологическим службам своевременно принимать решения, а автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУ ТП) оперативно и правильно осуществлять управляющие действия.

Современные средства автоматизации, компьютерные технологии, широкий класс контроллеров и промышленных компьютеров являются надежной основой для автоматического контроля и оптимального управления технологическими процессами очистки воды.

Для оптимизации действующих на водоочистных станциях технологий очистки воды средствами АСУ ТП предприятием ООО «НВЦ УНИТОК» с 1995 года разрабатываются, модернизируются, изготавливаются и внедряются контрольно-измерительные и управляющие модули «Коагулянт-Осветлитель», автоматического дозирования коагулянта и флокулянта (КИМ АДКФ), щелочного реагента (КИМ АДЩР) и «Хлор-мониторинг». Они, в совокупности, образуют контрольно-аналитический комплекс «УНИТОК -1», (СЕРТИФИКАТ об утверждении типа средств измерений RU.C.31.005.A, № 19924), модули которого в настоящее время применяются для подготовки питьевой воды согласно СНИПин 2.1.4.1074 - 01 на 32-х водоочистных станциях России и Казахстана.

Названные выше модули являются средствами локальной автоматизации контроля и управления технологическим процессом реагентной очистки воды и представляют собой самостоятельные измерительно-вычислительные комплексы, которые рассчитаны на интеграцию в любую АСУ ТП и внедрение на любой станции очистки воды независимо от ее производительности, технического состояния и квалификационного уровня службы АСУ ТП.

Наряду с автоматическим измерением ряда физико-химических параметров очищаемой воды и управлением исполнительными механизмами, в модулях осуществлены: автоматическая очистка датчиков; автоматическая самодиагностика исправности основных электрических схем и исполнительных механизмов; контроль цепей управления и состояния исполнительных механизмов, дозирующих реагенты; анализ алгоритма безопасности реализуемого технологического процесса; автоматический контроль поступления контролируемых проб воды и эффективности применяемого закона управления.

### **3.5. Контрольно-измерительный модуль «коагулянт-осветлитель» (КИМ «коагулянт-осветлитель»).**

Разработка этого модуля была предпринята по заказу МУП «Водоканал» города Архангельска в 1995 году, внедрение выполнено в декабре 1996 года, а результаты использования в период 1996-1997 гг. на нескольких водоочистных станциях России описаны в работе.

КИМ «Коагулянт-Осветлитель» осуществляет контроль 12-ти проб воды с различных участков технологического процесса, измеряя при этом значения их мутности, величины рН, температуры и скорости осветления коагулированной взвеси. Им решаются следующие задачи: контроль параметров проб исходной воды, отобранных после смесителей, отстойников, контактных осветлителей, фильтров; контроль фильтроцикла фильтрующего оборудования; качественный контроль стабильности дозирования коагулянта (по изменению мутности исходной воды после добавления коагулянта); контроль и автоматическое моделирование осветления коагулированной взвеси в отстойниках (режим «Пробная коагуляция») в рабочей емкости модуля. При этом, как показывает опыт, достигаются следующие результаты: контроль технологической и диспетчерской службами всей технологической цепочки: от исходной неочищенной воды - до воды, отправляемой потребителю; оперативный подбор оптимальных доз коагулянта и флокулянта при автоматическом моделировании осветления коагулированной воды в отстойниках сооружений в рабочей емкости модуля; перераспределение нагрузок между фильтрами, контактными осветлителями; экономия коагулянта, в среднем, на 10%; экономия расхода воды на промывки фильтров, осветлителей и отстойников, в среднем, на 10%; устойчивое снижение содержания остаточного алюминия, железа, хлорорганических и иных примесей; повышение технологической дисциплины и культуры производства вследствие полной подотчетности технологического персонала (результаты работы всех смен хранятся в архиве данных компьютера).

Одна из составных частей КИМ «Коагулянт-Осветлитель» - блок приема и распределения потоков, приемная воронка которого устанавливается под управлением компьютера на определенной позиции для отбора конкретной пробы. Общее количество проб - 12 и они поочередно контролируются датчиками мутности, величины рН и температуры, установленными в рабочей емкости модуля. Время контроля 1-й пробы от 4-х до 7,5 минут. Один модуль «Коагулянт-Осветлитель» можно использовать для контроля всей технологической цепочки или какой-либо отдельной ее части. Например, на ГОСВ города Хабаровска установлены 2 модуля «Коагулянт-Осветлитель», причем КИМ «Коагулянт-Осветлитель» №1 контролирует исходную воду (река Амур), смесители и отстойники, а КИМ «Коагулянт-Осветлитель» №2 - 12 фильтров станции.

Пробы воды, поступающие к КИМ «Коагулянт-Осветлитель» являются, как правило, самотечными. Для этого выбирается соответствующее по уровню место его установки. Так, например, природный рельеф головных очистных сооружений ГКП «Водоканал» г.Алматы республики Казахстан предоставил возможность самотечного подведения проб к панели потоков модуля. К модулю подведены пробы речной воды, воды с реагентами, поступающей на горизонтальные, вертикальные и спиральные отстойники, воды, прошедшей отстойники и поступающей на «старую» и «новую» фильтровальные станции, а также ряд проб фильтрованной воды. Длины импульсных пробоподводящих труб марки ПНД достигают 200 м.

КИМ «Коагулянт-Осветлитель» передает диспетчерской службе в сутки около 2000 значений мутности, величины рН и скорости осветления коагулированной взвеси проб воды с разных участков технологического процесса, в том числе временные зависимости мутности проб исходной воды и воды с коагулянтом, отобранной из водовода после смесителя. Сравнение значений мутности этих 2-х проб позволяет качественно контролировать стабильность создаваемой в очищаемой воде дозы коагулянта, т.к. введение его в сырую воду в смесителе вызывает повышение ее мутности.

Оперативная информация о динамике работы каждого отстойника и фильтра, поступающая от модулей в диспетчерскую позволяет сменному мастеру своевременно реагировать на изменяющиеся условия технологического процесса, планировать промывку фильтров и регламентный сброс с отстойников.

Как показывает опыт применения КИМ «Коагулянт-Осветлитель», возможность оперативного перераспределения нагрузки между отдельными фильтрами, форсирование режимов некоторых из них, способствует увеличению производительности станции, а также времени фильтроцикла, в среднем, на 10%

### **3.6. Контрольно-измерительный и управляющий модуль автоматического дозирования коагулянта и флокулянта (КИМ АДКФ)**

Разработка этого модуля выполнена в 2000 году по заказу МУП города Хабаровска «Водоканал».

КИМ АДКФ автоматически определяет созданные дозы коагулянта и флокулянта в очищаемой воде, причем дозу флокулянта - «по расходам» (зная расходы сырой воды и рабочего раствора реагента), а дозу коагулянта - 2-мя способами: «по расходам» и «по изменению электропроводности» очищаемой воды, обусловленному введением в нее коагулянта. При определении дозы коагулянта «по изменению электропроводности» не требуется знания величин расходов сырой воды и рабочего раствора коагулянта (т.е. наличия соответствующих расходомеров), а также его плотности и концентрации. При этом градуировка модуля АДКФ, при кондуктометрическом определении дозы коагулянта, производится с использованием аттестованной методики (для алюминиевого коагулянта - СВИДЕТЕЛЬСТВО РФ №222.01.02.284/2004) определения концентрации коагулянта в очищаемой воде.

КИМ АДКФ решает следующие задачи: автоматическое измерение доз коагулянта и флокулянта в очищаемой воде; автоматическое управление

дозировочными устройствами; автоматический контроль исправности цепей управления и дозирующих устройств; автоматическую самодиагностику исправности основных электрических узлов модуля; автоматическую очистку электродов кондуктометрического датчика; автоматический анализ эффективности применяемого закона управления дозирующими устройствами; анализ алгоритма безопасности технологического процесса; автоматический контроль поступления контролируемых проб очищаемой воды; накопление архива данных. При этом достигаются следующие результаты: стабилизация дозирования коагулянта и флокулянта независимо от расхода сырой воды; стабилизация работы отстойников и фильтров и как результат - экономия реагентов, в среднем, на 10%; устойчивое повышение качества очищаемой воды.

К модулю АДКФ подводятся 2 пробы воды: исходной и отобранной из водовода после смесителя. Обе пробы поочередно поступают в кондуктометрическую ячейку, в которой производится измерение величин их удельной электропроводности. Разность измеренных значений удельной электропроводности однозначно связана с дозой коагулянта.

КИМ АДКФ измеряет и передает в диспетчерскую, на монитор компьютера, около 90 технологических и контрольных параметров. Из них основные технологические параметры следующие: расходы рабочих растворов коагулянта, флокулянта, расход сырой воды, величины электропроводности проб очищаемой воды без коагулянта и с коагулянтом, рабочие частоты частотных приводов насосов-дозаторов, величины управляющих сигналов, дозы коагулянта и флокулянта.

Для реализации метода дозирования «по расходам», как известно, необходимо наличие аттестованных расходомеров сырой воды и рабочего раствора реагента, а также знание его концентрации и плотности.

Авторы разработок КИМ1 АДК при внедрении систем автоматического дозирования коагулянта неоднократно сталкивались с неисправностями штатных расходомеров. При этом автоматическое дозирование коагулянта

становилось возможным только благодаря реализации кондуктометрического метода измерения его дозы.

В автоматическом режиме управления дозированием коагулянта модуль АДКФ поддерживает заданную оператором его дозу, причем не имеет значения, какого: ОХА или сульфата алюминия. Время переходного процесса при изменении расхода исходной воды на 15% составляет не более 10 минут. В ручном режиме управления дозированием коагулянта модуль отслеживает временную зависимость его дозы без ее автоматической коррекции. Технолог или сменный мастер имеют при этом возможность дистанционного управления насосами, подающими рабочий раствор коагулянта в очищаемую воду, и проведения необходимых градуировок.

При своем появлении на водоочистой станции КИМ «Коагулянт-Осветлитель» и КИМ АДКФ начинают объединять в работе 4 службы предприятия: диспетчерскую, технологическую, службы КИП и АСУ ТП. Нередко внедрение модулей совпадает с организацией службы АСУ ТП предприятия и всегда сопровождается реальной оптимизацией технологического процесса реагентной очистки воды, как по экономическим, так и по качественным ее показателям [8-10].

#### Выводы по третьей главе.

1. КИМ «Коагулянт-Осветлитель» в режиме оперативного контроля значений мутности, величины рН и скорости осветления коагулированной взвеси проб воды с различных участков технологического процесса ее реагентной очистки предоставляет диспетчеру информацию об его оптимальности. Оперативность принятия при этом решений способствует экономии расходов реагентов (в среднем на 10%) и воды на собственные нужды (в среднем на 10%), повышению производительности станции, а также получению стабильного качества очищаемой воды по остаточному

алюминию железу, хлорорганическим и иным примесям, особенно в периоды дождей и паводков.

2. Автоматизация процесса дозирования реагентов КИМ АДКФ позволяет постоянно поддерживать их оптимальные дозы. При этом осуществляется контроль дозирующего оборудования. При автоматическом управлении дозирование коагулянта «по проводимости» не требуется знание расходов исходной воды и рабочего раствора коагулянта, а также значений его концентрации и плотности. Отклонение от оптимальных доз реагентов составляет не более 5-7%, что способствует стабилизации работы отстойников, осветлителей и фильтров.

3. Оперативная информация о динамике работы каждого отстойника, осветлителя и фильтра позволяет сменному мастеру своевременно реагировать на изменяющиеся условия технологического процесса и планировать технологические мероприятия, такие как промывка фильтров и регламентный сброс с отстойников.

4. Архивные данные модулей «Коагулянт-Осветлитель» и КИМ АДКФ предоставляют возможность технологу станции установить причинно-следственную связь между событиями «дозы коагулянта и флокулянта —> мутность отстойников —> качество фильтрата», тем самым осуществлять контроль работы сменного мастера, а сменному мастеру - прогнозировать технологические режимы и контролировать эксплуатационный персонал, участвующий в технологическом процессе.

## **Глава 4. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА БАРАБАННЫХ КОТЛОВ ТЭС**

### **4.1. Теоретические основы предварительной обработки воды в осветлителях**

Установки для предварительной очистки воды (предочистки) служат для удаления или снижения содержания в воде взвешенных и органических веществ, полного удаления свободной углекислоты и частичное удаление кальциевых и магниевых бикарбонатов, кремниевой кислоты путем коагуляции, известкования, отстаивания и фильтрования выпавшего осадка.

Основными этапами обработки являются: приготовление растворов реагентов и дозирование их; смешение воды с реагентами; осветление-отстаивание выделившегося осадка; фильтрование отстоявшейся воды через зернистые фильтры.

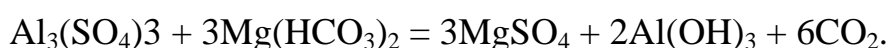
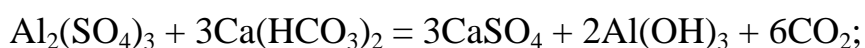
Наиболее распространенной схемой предочистки при химической обработке воды для питания паровых котлов является схема с коагуляцией в осветлителях — фильтрование.

В схемах с одной коагуляцией без известки хорошие результаты дает применение флокулянта — полиакриламида, ускоряющего осаждение хлопьев коагулянта  $[Al(OH)_3]$ . Известкование в осветлителях (в необходимых случаях с коагуляцией) и фильтрование является основным, наиболее универсальным способом предочистки. Расход (доза) реагентов определяется экспериментально по ГОСТ 2676-44 и ГОСТ 2919—45 упрощенными методами или расчетом.

#### **Обработка воды в осветлителях.**

Осветление воды основано на осаждаемости грубодисперсных частиц под действием силы тяжести. Для ускорения процессов осаждения взвеси применяют ее коагулирование, для чего в воду добавляют химические вещества — коагулянты<sup>1</sup>. В результате образуются коллоидные хлопья,

быстро осаждающиеся и увлекающие за собой частицы взвеси. В качестве коагулянтов используют сернокислый алюминий  $Al_2(SO_4)_3$ , сернокислое  $Fe_2(SO_4)_3$  и хлорное  $FeCl_3$  железо или железный купорос  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . Коагулянт вступает в химическую реакцию с содержащимися в воде гидрокарбонатными солями кальция и магния.



При коагулировании с помощью  $Al_2(SO_4)_3$  происходящий гидролиз заканчивается образованием гидроксида алюминия  $2Al(OH)_3$ , который в виде хлопьев выпадает в осадок, и свободной углекислоты  $CO_2$ .

Коагулирование взвешенных веществ происходит хорошо в мягких природных водах. При низкой щелочности воду подщелачивают гашеной известью  $Ca(OH)_2$ .

Ориентировочная потребность коагулянтов ( $Al_2(SO_4)_3$  или  $Fe_2(SO_4)_3$  или  $FeCl_3$ ) ориентировочно определяются по мутности исходной воды. Следует отметить, что с повышением температуры ускоряются химические реакции и кристаллизация осадков, улучшается их осаждение. Колебания температуры ухудшают условия осаждения. При коагуляции температура должна быть не ниже  $20^\circ C$ , при известковании оптимально  $35-40^\circ C$ . Колебания температуры при осаждении шлама в осветлителе не должно превышать  $\pm 1^\circ C$ .

При наличии в воде магния в результате известкования осаждение магния происходит на основании следующей реакции:

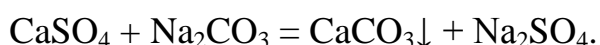


Хлопья  $Mg(OH)_2$  выпадают в осадок медленнее, чем  $CaCO_3$ .

При осветлении необходимо соблюдать следующие требования:

- постоянство качества воды по удаляемым примесям;
- постоянство концентрации ( $\pm 5\%$  от расчетной) растворов реагентов;
- постоянство дозировки реагентов с отклонениями от средней оптимальной не более чем на 2-3%;
- постоянство производительности осветлителей или плавное повышение ее не более чем на 5-10% в минуту во избежание выноса хлопьев;
- энергичное перемешивание воды с реагентами при скорости движения (входа воды) в зону смешения 0,5-1,5 м/сек;
- пребывание воды в зоне смешения 3-10 мин, в зашламленном (реакционном) объеме – 30-60 мин, в зоне осветления не менее 40-80 мин;
- содержание сухого вещества в зоне зашламливания 5-10 г/л, а в продуваемом шламе не менее 30 г/л.

Глубина умягчения зависит от наличия в обработанной воде осаждаемых ионов и осадительных реагентов. Так при наличии в обработанной воде избытка карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (0,5 ммоль/л) и при температуре до 60 °С остаточная жесткость содоизвесткованной воды равна 0,2-0,3 ммоль/л за счет протекания реакции



При отсутствии избытка  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  остаточная жесткость в 2 раза выше. При понижении температуры остаточная жесткость повышается.

#### **4.2. Разработка устройства мониторинга водно - химического режима.**

Важным показателем качества воды на ВПУ до начала процесса осветления и после осветления является прозрачность.

Прозрачность - величина, косвенно обозначающая количество взвешенных частиц и других загрязнителей в воде. Определяется по глубине исчезновения из вида плоского диска белой или черно-белой окраски

диаметром обычно 20-30 мм (**диска Секки**). Его опускают на такую глубину, чтобы он полностью исчез из виду, эта глубина и считается показателем прозрачности. Подобный способ измерения был впервые применен в ВМС США в 1804 году.

Прозрачность воды - показатель, характеризующий способность воды пропускать свет. В лабораторных условиях за прозрачность принимается толщина слоя воды, через который различим стандартный крест.

В настоящее время на ВПУ ТашТЭС используется метод количественного определения прозрачности основан на определении высоты водяного столба (Д см), при которой еще можно визуально увидеть юстировочную метку – темный крест на белом фоне.

Однако этот метод не удовлетворяет современным требованиям и не может обеспечить достаточное качество осветления исходной воды, особенно в периоды весенних и осенних паводков.

В настоящее время на ТашТЭС в паводковые дни доза коагулянтов принимается  $0,094 \text{ мг. экв./м}^3$ , суточный расход составляет 0,2 т.. В данное время стоимость 1т. коагулянта составляет 188000сум. Суточный расход коагулянта в суммах составляет 37600сум.

Целью данной работы является создание автоматизированной системы управления и контроля технологического процесса осветления воды на ТЭС, на примере ВПУ ТашТЭС.

В ходе выполнения работы нами изготовлен и установлен стенд в химцехе ТашТЭС. Стенд состоит из 5-ти канального измерителя прозрачности воды и датчиков, которые подключены к трем осветлителям. Измеритель прозрачности воды состоит:

- из пяти однотипных модулей для измерения прозрачности исходной сырой воды с канала Боз-су, обработанной воды с осветлителей № 1, № 2, № 3 ТашТЭС и особо чистой воды, как эталона рис.4.1.
- датчиков, которые подключены к трем осветлителям.

Разработанный измеритель прозрачности воды представляет собой непрозрачный сосуд, в который снизу вверх подается проверяемая вода. С левой стороны сосуда имеется светодиод, работающий в импульсном режиме и посылающий короткие световые импульсы сквозь воду на приемный фототранзистор, расположенный с правой стороны сосуда. Ток в цепи коллектора фототранзистора создает напряжение на измерительном резисторе, величина которого пропорциональна количеству света, проходящего сквозь воду

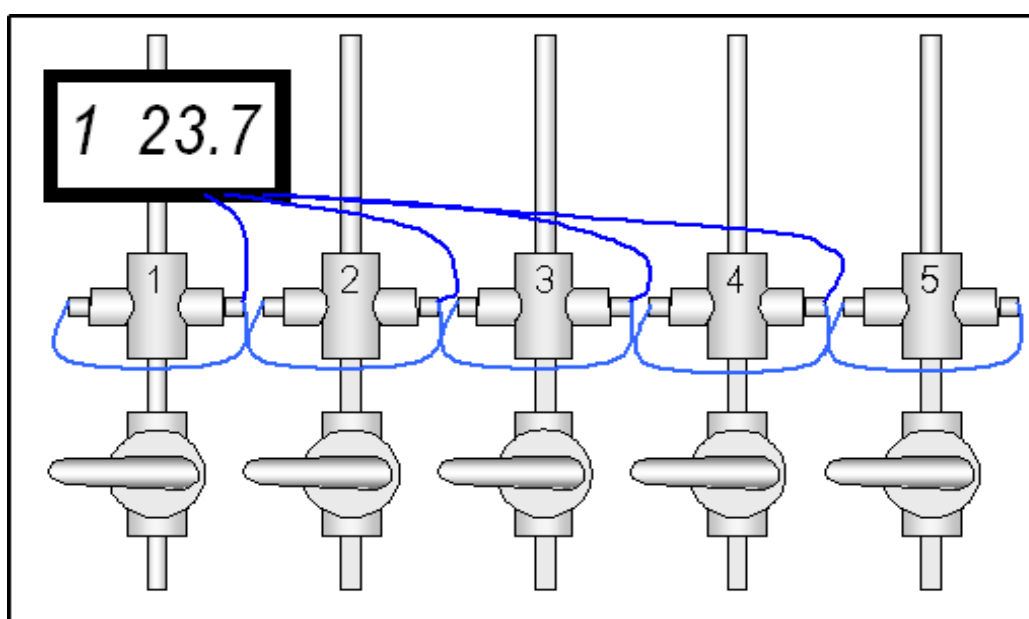


Рис.4.1. Стенд 5-ти канального измерителя прозрачности воды

Схема измерителя прозрачности воды изображена на рис.4.2. Электронный блок ИПВ выполняет функции измерения прозрачности воды по 5-ти каналам, причем выбор канала измерения можно осуществлять вручную и с помощью микроконтроллера, который через заранее заданные интервалы времени осуществляет переключение каналов, передает текущее значение величины прозрачности воды  $D$  (см) в ПЭВМ, где эти величины отображаются в окнах «Обзор», «Диаграммы» и архивируются в окне «Данные». Оперативный автоматический контроль степени прозрачности воды на всех стадиях технологического процесса осветления воды нужен

для получения необходимого качества воды, обработанной на ВПУ и обеспечения сохранности ионообменной загрузки всех фильтров.

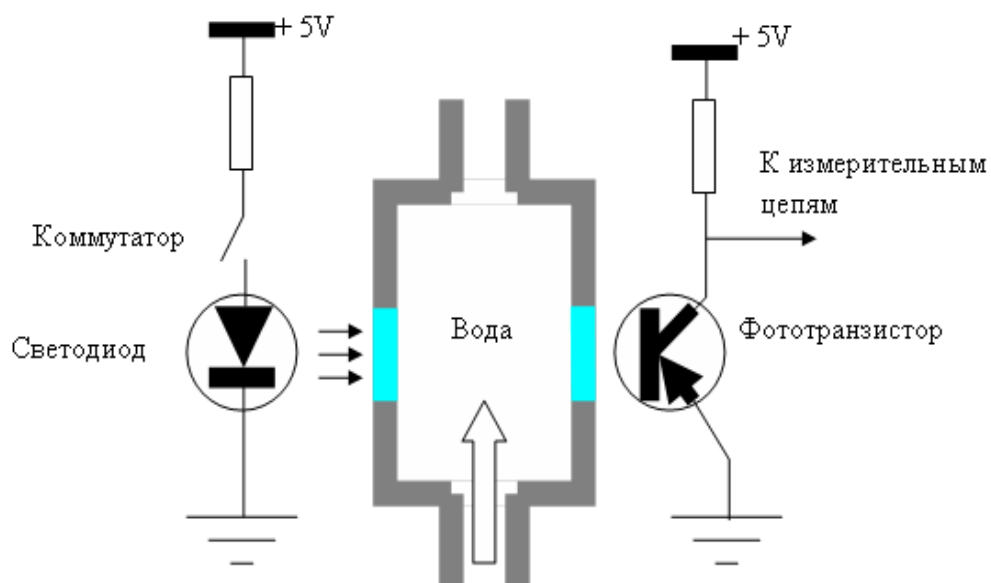


Рис.4.2. Схема измерителя прозрачности воды

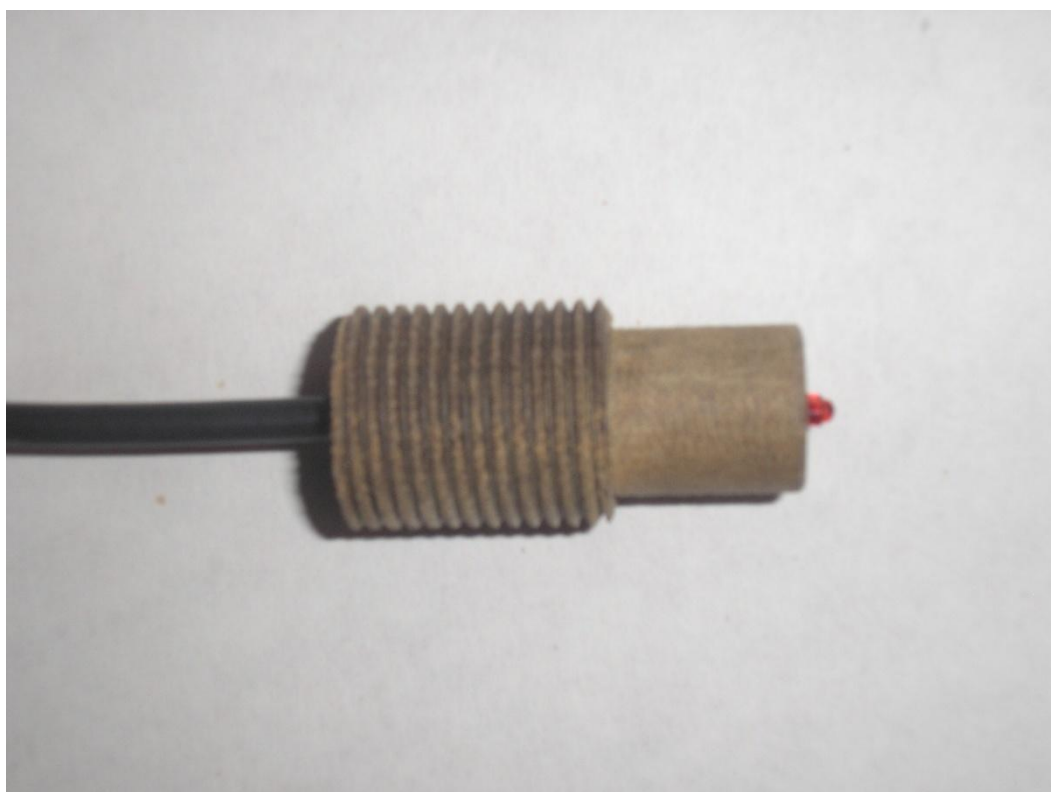


рис. 4.3. Узел фотоприемника измерителя прозрачности воды



рис.4.4. Измерительный модуль ИПВ в разобранном виде



Рис. 4.5. Отдельный измерительный модуль в собранном виде



Рис.4.6. Электронный блок измерения, управления и индикации измерителя прозрачности воды ИПВ.

Для ликвидации влияния внешней подсветки измерение проводится в следующем порядке:

1. Измеряется среднее напряжение при отсутствии свечения светодиода. Проводится серия из 4-х измерений с интервалом 50 мкс. Результаты суммируются в отдельную переменную Udark.

2. Измеряется среднее напряжение при включенном светодиоде. Выполняется прогрев светодиода в течение 240 мкс, затем проводится серия из 4-х измерений с интервалом 50 мкс. Результаты суммируются в переменную Ulight.

3. Пункты 1 и 2 выполняются 16 раз в течение 40 мс, это значительно сокращает влияние помехи частотой 50 Гц.

Разность между напряжением освещенного и неосвещенного фототранзистора можно считать пропорциональной прозрачности воды. Перевод измеренного напряжения в сантиметры водного столба осуществляется по формуле:

$$P = A_p * (U_{light} - U_{dark}) + C_p$$

где  $P$  – прозрачность в сантиметрах водяного столба,  
 $U_{light}$  – напряжение при освещенном фототранзисторе,  
 $U_{dark}$  – напряжение при неосвещенном фототранзисторе,  
 $A_p$ ,  $C_p$  – коэффициенты установки, определяемые при калибровке прибора.

Для калибровки разработана специальная программа тестирования и калибровки измерителей прозрачности «Dialog\_V.xls» изображенная на рис.3. Калибровка каждого канала измерителя производится отдельно. Сначала прозрачность чистой воды проверяется в типовой колбе с линейкой, затем вода помещается в сосуд измерителя. Результаты измерения заносятся в колонки «Чистая,см» и «Чистая,замер». Затем используется загрязненная вода с известной прозрачностью. Результаты измерения заносятся в колонки «Грязь,см» и «Грязь,замер». Вычисления выполняются с учетом ограничений, накладываемых арифметикой микропроцессора и форматом хранения данных в памяти микропроцессора. Перенос полученных коэффициентов осуществляется при нажатии кнопки, соответствующей номеру канала справа от таблицы. Подробное описание работы с программой Dialog\_V изложено в инструкции к программе «Тестирование и калибровка измерителей прозрачности». Разработанный измеритель прозрачности воды входит в состав 5-ти канального измерителя прозрачности воды. В настоящее время проводится работа подводки кабеля из стенда на ПЭВМ.

Предлагаемая система технологических процессов осветления воды обеспечит непрерывный on-line мониторинг прозрачности исходной и обработанной воды в осветлителях, а также на основании полученных данных о прозрачности осуществлять автоматическое регулирование и дозирование подаваемого раствора коагулянта в осветлители.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Каналы	Замеры	Уклоны	Базы					
2	0	0,00	2,1328	0,0000	0,0000		Пуск		
3	1	116,75	8,9727	-2,7813	33,5558				
4	2	114,00	11,3906	-4,7422	8,4531		Стоп		
5	3	168,00	7,8516	-4,0234	28,9063				
6	4	204,75	9,7695	-5,8711	49,7312				
7	5	173,75	10,6797	-6,1523	28,0596				
8									
9	Ответ 1	31 31 0 0 C0 74 0 72 0 A8 C0 CC C0 AD CB 1C				0	16		
10	Ответ 2	31 32 22 2 F9 8 64 B DA 7 C5 9 AE A 86 27				0	16		
11	Ответ 3	31 33 0 0 38 FD 42 FB FA FB 21 FA D9 F9 7E 96				0	16		
12			0,5	255,9570313					
13									
14	Канал	Чистая, см	Грязь, см	Чистая, замер	Грязь, замер	Уклон	База		
15	1	50	15	135	96	8,974359	-2,77945	1	
16	2	50	7	150,5	112,75	11,39073	-4,74338		2
17	3	50	7	194,75	140	7,853881	-4,02165	3	
18	4	50	7	205	161	9,772727	-5,87269		4
19	5	50	7	194,25	154	10,68323	-6,15319	5	
20									

Рис.4.7 Программа тестирования и калибровки измерителей прозрачности.

### Инструкция по использованию программы тестирования и калибровки измерителей прозрачности «Dialog\_B.xls»

Программа «Dialog\_B.xls» используется при отладке оборудования и предназначена для квалифицированного персонала. Программа разработана в среде Excel Windows XP на языке Visual Basic for Applications. Внешний вид окна программы и перечень полей представлены на рис. 4.8 В поле 1 расположена таблица, содержащая фактические замеры, произведенные измерителями прозрачности («Замеры»), коэффициент наклона  $A_p$  («Уклоны»), коэффициент высоты  $C_p$  («Базы») и расчетные значения прозрачности, полученные по формуле:

$$P = \text{Замер} * A_p / 10 + C_p * 25.6$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Каналы	Замеры	Уклоны	Базы					
2	0	0,00	2,1328	0,0000	0,0000			Пуск	
3	1	116,75	8,9727	-2,7813	33,5558				
4	2	114,00	11,3906	-4,7422	8,4531			Стоп	
5	3	168,00	7,8516	-4,0234	28,9063				
6	4	204,75	9,7695	-5,8711	49,7312				
7	5	173,75	10,6797	-6,1523	28,0596				
8									
9	Ответ 1	31 31 0 0 C0 74 0 72 0 A8 C0 CC C0 AD CB 1C			0	16			
10	Ответ 2	31 32 22 2 F9 8 64 B DA 7 C5 9 AE A 86 27			0	16			
11	Ответ 3	31 33 0 0 38 FD 42 FB FA FB 21 FA D9 F9 7E 96			0	16			
12			0,5	255,9570313					
13									
14	Канал	Чистая, см	Грязь, см	Чистая, замер	Грязь, замер	Уклон	База		
15	1	50	15	135	96	8,974359	-2,77945	1	2
16	2	50	7	150,5	112,75	11,39073	-4,74338	3	4
17	3	50	7	194,75	140	7,853881	-4,02165		
18	4	50	7	205	161	9,772727	-5,87269		
19	5	50	7	194,25	154	10,88323	-6,15319		
20									

Дополнительное деление на 10 и умножение на 25.6 введены для удобства передачи данных в микропроцессор.

В поле 2 отражаются фактические ответы микропроцессора на запросы компьютера. По ним можно судить о наличии ответов и искажениях в средствах передачи информации.

Поле 3 представляет собой таблицу для выполнения калибровки прозрачномеров. В колонки «Чистая, см» и «Грязь, см» вносятся данные поверочного измерения прозрачности. Колонки «Чистая, замер» и «Грязь, замер» должны содержать показания колонки «Замер» поля текущих значений (1), когда в прозрачномере находится соответствующая вода. Колонки «Уклон» и «База» заполняются автоматически.

В поле 4 имеются кнопки, запускающие механизм передачи коэффициентов соответствующего канала в микропроцессор.

Калибровку следует проводить в следующем порядке:

1. Включить прозрачномер.

2. Запустить программу нажатием кнопки «Пуск». Поле 1 и 2 должно очиститься и через секунду должна появиться информация. Если информация отсутствует, необходимо проверить кабельные соединения между прозрачномером и компьютером.

3. Наполнить прозрачномеры эталонной чистой водой. Через 30-40 секунд остановить программу кнопкой «Стоп».

4. Перенести вручную данные из колонки «Замер» поля 1 в колонку «Чистая, замер» поля 3.

5. Наполнить прозрачномеры эталонной мутной водой.

6. Запустить программу кнопкой «Пуск». Через 30-40 секунд остановить программу кнопкой «Стоп».

7. Перенести вручную данные из колонки «Замер» поля 1 в колонку «Грязь, замер» поля 3.

8. Проверить и откорректировать колонки «Чистая, см» и «Грязь, см» поля 3.

9. Запустить программу кнопкой «Пуск».

10. Последовательно нажимая кнопки поля 4, перенести коэффициенты в микропроцессор. Интервал между нажатиями кнопок должен быть не менее 5 секунд, что обеспечит нормальную запись данных и визуальный контроль изменения информации на соответствующем канале.

11. Проверить работу прозрачномера в разных режимах.

## ВЫВОДЫ

В результате анализа решения вопросов ВХР ТЭС и проведенных исследований по предварительной очистке исходной воды сделано следующее:

1. Создан измеритель прозрачности воды с выводом информации на ПЭВМ с архивацией:

- в режиме реального времени получать информацию о величинах удельной электропроводности исходной и осветленной воды на входе и выходе всех трех осветлителей и механических фильтров ВПУ ТашТЭС;

2. Проработаны все возможности введения в эксплуатацию многоканальной системы кондуктометрического мониторинга технологических процессов оборудования предварительной очистки воды, что позволит:

- обеспечить необходимое качество осветленной воды и исключить выход из строя оборудования предварительной очистки воды ТашТЭС из-за нарушения режима работы;

- во время прекращать работу механических фильтров до проскока взвешенных веществ;

- до 20÷30% экономить осветленную воду, расходуемую на собственные нужды механических фильтров;

- значительно облегчить труд персонала химцеха, сократить число необходимых химанализов, исключить ошибки персонала и аварийные остановки.

3. В случае внедрения разработанной многоканальной системы кондуктометрического мониторинга технологических процессов предварительной очистки воды можно получить экономию коагулянта в пределах 10-15 % расход коагулянта в сутки составляет 20 кг. или в суммах 7520 сум. При внедрении данной разработки в эксплуатацию годовая экономия расхода коагулянта составит ~13,5 млн. сум.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ЗАКОН РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН 25 апреля 1997 г. N 412-I  
О рациональном использовании энергии (изменения внесены изменения согласно раздела XX Закона РУз N 482-II от 25.04.2003 г.)
2. <http://stringer46.narod.ru/water-purification.htm>. «Водоснабжение, водоподготовка и очистка сточных вод». Цикл лекций для студентов специальности "Промышленная теплоэнергетика".
3. Алиев А.Ф. Мембранная технология водоподготовки для электростанций азербайджана Баку. Журн. Проблемы энергетики, № 2, 2005
4. Саламов А.А. Развитие методов водоподготовки, Теплоэнергетика. -2003. - №7.- с.76-78.
5. Декк Э., Рогов С Л., Живилова Л.М., Костандян В.А. Автоматизация контроля и управления водообработкой и водно-химическим режимом электростанций на базе современных аппаратно-программных средств М. Журнал ЭНЕРГЕТИК, 2007, №2
6. М.А.Смалько ООО "Энвитек", Украина г. Киев журнале АВИТЭ № 8, 2011
7. [mikle\\_7@ukr.net](mailto:mikle_7@ukr.net), [mismalko@yahoo.com](mailto:mismalko@yahoo.com)
8. Белоконова Н. А. Совершенствование методологии контроля и управления технологическими процессами подготовки воды на тепловых электростанциях, АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Екатеринбург, 2009
9. В.Д.Семенюк, В.Н.Евстратов, М.И.Киевский, В.С.Пазюра, В.И.Копейка Водоподготовка промышленных предприятий.- К.: Техніка, 1980. – 119 с.
10. Б.И. Исламов. «Разработка и создание автоматизированной многоканальной системы on-line мониторинга степени осветления воды на выходе осветлителей и механических фильтров ВПУ ТашТЭС» хоздоговор НИР, ИЭиА АНРУз, 2013г.

11. Б.И. Исламов, В.Н., Кадушкин, М.С. Арзуметова, А.И. Савинов, С.Н. Литвинов, М.М. Саматов Разработка автоматизированной системы мониторинга водно - химического режима на водоподготовительной установке ТашТЭС. Узбекский журнал проблемы информатики и энергетики, № 5, 2009 г. с. 35-42.19 января 2011 г.

12. <http://nst.e-apbe.ru/book/2.2.1.pdf>.

13. [http://www.mediana-filter.ru/st\\_jadan3.html](http://www.mediana-filter.ru/st_jadan3.html)

Лежина Л., Воробьев Д., Бердикова Е. Внедрение системы мониторинга водно-химического режима на энергоблоках Пермской ГРЭС. Современные технологии автоматизации. 2005,4, стр. 14-18.

15. Иванов В. Серенков В., Данилушкин И, Колпащиков С. Автоматизированная система управления участком подпитки теплосети ТЭЦ ВАЗа Современные технологии автоматизации. 2005, 4, стр. 6-12.

16. Исламов Б.И., Кадушкин В.В., Арзуметова М.С., Савинов А.И. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления и контроля ионообменной части ВПУ ТашТЭС. Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики» 2008, 5, стр. 43-48.

17. Исламов Б.И., Кадушкин В.В., Литвинов С.Н., Савинов А.И., Арзуметова М.С., Саматов М.М. Многоканальная система сбора информации с кондуктометрических датчиков ионообменных фильтров ВПУ ТашТЭС. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции “ИННОВАЦИЯ -2008”, Ташкент-2008, 282 - 283с.

18. Б.И. Исламов, В.В. Кадушкин, С.Н. Литвинов, М.С. Арзуметова, А.И. Савинов, М.М. Саматов Широкодиапазонный кондуктометр многоканальный цифровой (КМЦ-1) для автоматизации технологических процессов крупных водоподготовительных установок. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции “ИННОВАЦИЯ-2009”, Ташкент, 228-230с.

19. Б.И. Исламов, В.В. Кадушкин, А.И. Савинов, М.С. Арзуметова, С.Н. Литвинов, М.М. Саматов Разработка автоматизированного on-line мониторинга технологических процессов на ВПУ ТАШТЭС. Сборник

научных статей Международной научно-практической конференции “ИННОВАЦИЯ -2009”, Ташкент-2009, 230-232с.

20. Б.И. Исламов, В.В. Кадушкин, А.И. Савинов, М.С. Арзуметова, С.Н. Литвинов, М.М. Саматов. Разработка многоканальной on-line системы определения момента истощения Н-катионитовых фильтров водоподготовительных установок. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции “ИННОВАЦИЯ -2009”, Ташкент-2009, 153-155с.

21. <http://www.sensor.ru/>

22. Кольер. Статья 9042 РАСХОДОМЕРЫ И СЧЕТЧИКИ КОЛИЧЕСТВА  
<http://www.diclib.com/cgi-bin/>

23. <http://www.rotametr.ru/>

24. Виглеб. Датчики. Устройство и применение, Перевод с немецкого к.ф.м.н. М.А. Хацернова Изд. «Мир» 1989, с. 197.

25. Högrefe W. Auswahlkriterien für Durchflußmeßgeräte. Regel-technische Praxis, Heft 9/11/12 (1982).