

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Энергетический

Кафедра Тепловые электрические станции

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

_____ Н.Б. Карницкий

— _____ 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан

_____ К.В. Доброго

— _____ 2016 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ

Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов

(название учебной дисциплины)

для специальности 1-53 01 04 «Автоматизация и управление

теплоэнергетическими процессами»

(код и наименование специальности (направления специальности, специализации))

Составители: доц. Кравченко В.В., доц. Чиж В.А., ст. преп. Нерезько А.В.

Рассмотрено и утверждено

на заседании Совета энергетического факультета «25» февраля 2016 г.,

протокол № 6

Перечень материалов

1. Теоретический раздел:

- «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» – курс лекций;

2. Практический раздел:

- «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» – практические задания и курсовые работы;

3. Контроль знаний:

- «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» – перечень вопросов, выносимых на экзамен;

4. Вспомогательный раздел:

- «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» – учебная программа для учреждения высшего образования.

Пояснительная записка

Целью разработанного электронного учебно-методического комплекса «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» является изучение студентами особого подхода к вопросам управления оборудованием ВПУ.

Основной задачей дисциплины является подготовка специалистов для производственно-технологической, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в области автоматизации химико-технологических процессов на ТЭС.

Полученные при изучении данного электронного учебно-методического комплекса знания предназначены для формирования научного мышления и профессиональной ответственности инженеров энергетического профиля в области автоматизации технологических процессов водоподготовки и водно-химических режимов ТЭС.

Особенности структурирования и подачи учебного материала:

- теоретическая часть включает в себя курс лекций по дисциплине «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» и содержит 18 тем по 6 разделам учебной программы для специальности 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами»;

- практическая часть состоит из примерных перечней тем практических занятий и курсовых работ по дисциплине «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов»;

- раздел контроля знаний содержит вопросы к экзамену;

- вспомогательный раздел содержит учебную программу по дисциплине «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов».

Рекомендации по организации работы с УМК (ЭУМК): Компьютерный файл не требует особых пояснений по эксплуатации. Для просмотра документов требуется установленные программы просмотра pdf- и djvu-файлов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Курс лекций.....	6
1.1 Назначение ВПУ ТЭС.....	6
1.2 Уровень и технико-экономическая эффективность автоматизации.....	11
1.3 Основные факторы, определяющие качество очистки воды в осветлителе и задачи автоматизации.....	14
1.4 Объем и схемы автоматизации установок предочистки.....	16
1.5 Автоматизация управления работой и восстановлением осветлительных фильтров.....	19
1.6 Объем и задачи автоматизации ионообменных установок.....	23
1.7 Автоматическое регулирование гидравлического режима ВПУ.....	28
1.8 Система управления приготовления регенерационных растворов для ионитных фильтров.....	32
1.9 Автоматизация узла восстановления (регенерации) ионитных фильтров.....	33
1.10 Требования к АСУ ТП ХВО.....	36
1.11 Основные нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя.....	40
1.12 Принципы создания системы химико-технологического мониторинга (СХТМ) на ТЭС.....	43
1.13 Задачи оперативного химконтроля ВХР энергоблока.....	46
1.14 Принцип организации схемы хим. контроля теплоносителя в основном цикле ТЭС.....	53
1.15 Организация автоматического дозирования аммиака и гидразина в питательную воду.....	56
1.16 Организация автоматического дозирования фосфатов в котловую воду.....	61
1.17 Система автоматического управления работой деаэратора.....	64
1.18 Система автоматического управления работой БОУ.....	66
2 Практические задания.....	72
2.1 Примерный перечень тем практических занятий по дисциплине «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов».....	72
2.2 Примерный перечень тем курсовых работ по дисциплине «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов».....	72
3 Перечень вопросов к экзамену.....	75
4 Учебная программа.....	79

Электронный учебно-методический комплекс

Теоретический раздел

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И
ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ**

Курс лекций

Минск 2016 г.

1 КУРС ЛЕКЦИЙ

1.1 Назначение ВПУ ТЭС

1.1.1 Характеристика примесей природных вод

Природная вода – сложная дисперсная система, содержащая множество разнообразных минеральных и органических примесей. Она идеальный растворитель.

Чем более детально разрабатывалась классификация вод, тем более исследователи удалялись от краткости и ясности.

Самая простая классификация природных вод основывается на величине их **солесодержания**, согласно которой их делят на три класса:

- пресные воды с солесодержанием до 1 г/кг;
- солоноватые – солесодержание 1–25 г/кг;
- соленые – солесодержание более 25 г/кг.

Кроме того **по характеру преобладающего** в природной воде аниона выделены три больших класса вод:

- гидрокарбонатные воды (преобладают анионы 3 HCO^- или сумма анионов 3 HCO^- и 2 CO_3^{2-});
- сульфатные воды (преобладают анионы 4 SO_4^{2-});
- хлоридные воды (преобладают анионы Cl^-).

По степени дисперсности (крупности) примеси подразделяют на грубо-, коллоидно- и молекулярнодисперсные.

Грубодисперсные примеси образуют с водой гетерогенную систему и состоят из глинистых веществ, песка, органических веществ. Удаляются путем фильтрования.

Коллоиднодисперсные вещества также образуют с водой гетерогенную систему, имеют весьма малые размеры частиц, равномерно распределены по объему воды и их дисперсный состав в течение длительного времени не изменяется. Частицы не видимы даже при самом большом увеличении в микроскоп. В коллоидном состоянии находятся различные формы кремниевой кислоты, соединения алюминия, железа, органические вещества.

Молекулярнодисперсные (истиннорастворенные) примеси представлены в воде в виде отдельных ионов, молекул или комплексов. Такие примеси не имеют с водой поверхности раздела, т.е. образуют гомогенную систему.

По химическому характеру примеси подразделяют на газовые, минеральные и органические.

Газовые примеси составляют газы, растворенные в воде при контакте с воздухом (O_2 , CO_2 , N_2) и газы, образующиеся в результате биохимических процессов (H_2S , SO_2 , NH_3).

К минеральным примесям относятся растворенные минеральные соли, кислоты, основания, находящиеся в значительной степени в диссоциированной форме, т.е. в виде катионов и анионов.

Органические вещества в природных водах представлены в основном гумусовыми веществами, попадающими в воду в процессе отмирания водной флоры и фауны, вымывания из почв и торфяников. Придают воде коричневую или желтую окраску. К органическим примесям относятся также продукты жизнедеятельности человека: белки, жиры, эфирные масла, нефтепродукты и т.д. Из-за сложности индивидуальной классификации органических примесей каждого типа в практике анализа используют общую способность органических примесей окисляться под действием окислителей.

1.1.2 Источники водоснабжения ТЭС

При проектировании ТЭС характеристика источника водоснабжения является одним из основных факторов, определяющих выбор площадки для строительства. При наличии нескольких возможных водоисточников, конкретное решение принимается на основании технико-экономических расчетов с учетом всех специфических условий. При этом учитывают не только нужды химводоподготовки, но и водопотребление электростанции в целом.

Возможными источниками водоснабжения ТЭС являются:

- воды поверхностных источников (реки, озера, водохранилища);
- грунтовые воды (воды артезианских скважин не питьевого качества).

Значительная часть выпадающей дождевой воды, а так же талая вода, просачивается в почву. Там она растворяет содержащиеся в почвенном слое органические вещества и насыщается кислородом. Глубже находятся песчаные, глинистые, известняковые слои. В них органические вещества по большей части отфильтровываются, но вода начинает насыщаться солями и микроэлементами.

В наиболее значительных количествах в грунтовых водах содержатся, как правило: кальций, магний, натрий, калий, железо и в меньшей степени марганец (катионы). Вместе с распространенными в воде анионами – карбонатами, гидрокарбонатами, сульфатами и хлоридами – они образуют соли. Концентрация солей зависит от глубины. Грунтовые воды характеризуются достаточно высокой минерализацией, жесткостью, низким содержанием органики и практически полным отсутствием микроорганизмов. Поэтому при использовании в качестве источника водоснабжения артезианской воды отпадает необходимость в предварительной ее

очистке перед ионообменной обработкой. Кроме того, важным преимуществом этой воды перед поверхностной и очищенной сточной, является стабильный состав истинно-растворенных примесей в течение года, что в значительной степени облегчает эксплуатацию водоподготовительной установки (ВПУ). Однако следует учитывать, что подземные воды обычно содержат большое количество ионов двухвалентного железа, которое при поступлении на поверхность вступает в реакцию с кислородом воздуха и переходит в труднорастворимые соединения, которые необходимо удалить перед последующими ступенями обработки воды. При использовании поверхностного источника следует учитывать, что количественный и качественный состав примесей в воде зависит от метеоусловий и подвержен сезонным колебаниям. Такое непостоянство количественного и качественного состава примесей в воде существенно усложняет эксплуатацию водоподготовительных установок, процессы на которых в данном случае состоят из двух стадий – предварительная и основная очистка воды от примесей. Если имеется несколько источников водоснабжения, то выбор производится на основании технико-экономических расчетов, путем сравнения стоимости обработанной воды и возможности обеспечения необходимого ее расхода.

1.1.3 Принцип выбора и состав ВПУ

Система ВПУ каждой современной электростанции включает: установку химводоочистки, предназначенную для химической очистки добавочной (исходной) воды, восполняющей потери в водопаровом тракте и теплосети, а также для очистки конденсата, возвращаемого с производства, и установку, предназначенную для коррекционной обработки конденсата турбин и питательной воды путем введения в конденсатно-питательный тракт корректирующих реагентов в соответствии с принятым водно-химическим режимом. Кроме того, на электростанциях с энергоблоками СКД имеется блочная обессоливающая установка (БОУ) для очистки турбинного конденсата, а на электростанциях с барабанными котлами – установка для коррекционной обработки котловой воды. Следует отметить, что на ряде зарубежных электростанций очистка турбинного конденсата производится и для энергоблоков с барабанными котлами.

Оборудование ВПУ (основное и вспомогательное) различается по задачам автоматизации и делится на четыре категории:

- осветлители с устройствами дозирования реагентов;
- фильтры разного назначения и конструкции;
- баки (мерники) с устройствами подачи среды (насосами, эжекторами);
- склад химических реагентов.

ВПУ ТЭС разделяют на 2 части: предочистка и окончательная очистка воды от всех примесей.

Предварительная очистка воды предназначена для подготовки воды на ионообменные фильтры, осветлители и осветительные фильтры для удаления из нее солей жесткости. На данном этапе воду обрабатывают методами осаждений. Наибольшее применение на предочистках промышленных предприятий получили коагуляция (для удаления коллоидных примесей) и известкования (для предварительного частичного умягчения воды и удаления свободной CO_2). Выбор конкретных методов предварительной очистки воды проводится по карбонатной жесткости исходной воды:

1. При карбонатной жесткости исходной воды $\text{Жк} \leq 2$ мг-экв/кг целесообразно применять коагуляцию воды сернокислым алюминием $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в осветлителе с последующим осветлением в осветлительных фильтрах.

2. При жесткости исходной воды $\text{Жк} \geq 2$ мг-экв/кг осуществляют коагуляцию сернокислым железом FeSO_4 с известкованием $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в осветлителе с последующим осветлением в осветлительных фильтрах. При окончательной очистке возможно использование как химических так и физических методов очистки воды.

1.1.4 Назначение ВПУ ТЭС

Водно-химический режим электростанции-это комплекс мероприятий по минимизации коррозионных процессов образования отложений в водопаровом тракте и основном оборудовании. К числу этих мероприятий относятся прежде всего мероприятия по кондиционированию состава теплоносителя. Для этого каждая электростанция располагает системой ВПУ, объединенных общей целью подготовки и поддержания состава питательной воды котлов и пара перед турбиной в соответствии с нормами Правила технической эксплуатации электростанции ПТЭ.

Водоподготовительная установка в составе ТЭС и других объектов предназначена для химической обработки сырой воды (речной, артезианской и т.п.) с целью получения обессоленной (умягченной) воды нормируемого качества и подачи ее в цикл станции (или других объектов).

Исходная вода последовательно проходит несколько стадий обработки: методом осаждения в осветлителях удаляются часть солей и взвешенные вещества, далее на фильтрах разного назначения удаляются соли до получения на выходе установки, качества воды, соответствующего нормам, установленным для котлов или тепловой сети.

Технологический режим работы ВПУ, входящих в химический цех, непрерывный. Отличительной особенностью технологического режима ВПУ

является то, что при непрерывном режиме работы всей установки большая часть оборудования работает периодически с определенной цикличностью.

1.1.5 Задачи решаемые ВХР ТЭС

Основной задачей организации водного режима каждой ТЭС и АЭС является обеспечение работы теплосилового оборудования (основного и вспомогательного) без повреждений и снижения экономичности при любых эксплуатационных режимах, которые могут быть вызваны следующими причинами.

- образованием отложений на внутренних поверхностях нагрева котлов, в проточной части турбин, на поверхностях трубок конденсаторов и т.д.;
- образованием и накоплением шлама в котловой воде, тракте питательной воды, в тепловых сетях;
- коррозией внутренних поверхностей теплоэнергетического оборудования.

Внедрению конкретного водно-химического режима (т.е. комплексу технических мероприятий) на ТЭС и АЭС предшествует проведение экспериментальных и наладочных работ, цель которых определить оптимальные условия для его осуществления. При выборе водно-химического режима для определенной электростанции принимают во внимание:

- тип основного оборудования (реактора, котла, турбины);
- параметры рабочей среды;
- вид топлива;
- наличие или отсутствие промежуточного перегрева пара;
- требования к качеству перегретого пара и т.д.

Правильно выбранный и грамотно реализованный ВХР позволяет строго соблюдать установленные нормы качества теплоносителя, что, в свою очередь, гарантирует обеспечение безаварийной работы теплоэнергетического оборудования (по крайней мере в период между капитальными ремонтами) Надежность работы любого элемента теплоэнергетического оборудования ТЭС определяется прежде всего:

- конструкцией оборудования;
- используемыми конструкционными материалами;
- выбранным водно-химическим режимом, обеспечивающим требуемые нормы качества теплоносителя;
- топочным режимом.

Ни на конструкцию, ни на материал эксплуатационный персонал влиять не может, следовательно, именно ВХР ТЭС и АЭС является одним из важнейших факторов позволяющий влиять на надежность экономичность и безопасность эксплуатации оборудования. Наиболее актуальной проблемой во все времена и в

настоящее время, является создание и поддержание таких физико-химических свойств теплоносителя, которые способствовали бы предотвращению коррозионных повреждений конструкционных материалов теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС и образованию отложений на теплообменных поверхностях.

1.2 Уровень и технико-экономическая эффективность автоматизации

1.2.1 Пооперационное и полуавтоматическое управление

Уровень управления	Автоматизируемая операция	Работа обслуживающего персонала	Показатель, определяющий технико-экономическую эффективность
Пооперационное	<p><i>Регулирование</i> уровня воды в промежуточных баках; расходов воды на взрыхление и отмывку; концентрации и скорости пропуска регенерационных растворов, подаваемых к фильтрам</p> <p><i>Дискретное управление</i>: составление технологических линий для проведения операций по восстановлению фильтров; нейтрализация сточных вод.</p> <p><i>Контроль</i> технологических параметров и частично химконтроль за качеством обработанной воды по ступеням ее обработки</p>	<p>Распределение нагрузок по фильтрам. Ввод и вывод фильтров из резерва. Отключение фильтров на восстановление. Определение длительности операций по восстановлению и очередности подключения фильтров к узлам восстановления. Химический контроль за качеством обработанной воды (частично). Устранения аварийных нарушений режима восстановления. Контроль за работой автоматизированной системы управления</p>	<p>Улучшение условий труда. Интенсификация работы фильтров за счет сокращения времени регенераций. Частичная экономия реагентов и воды на собственные нужды</p>
Полуавтоматическое	<p>Все те же операции, что и при пооперационном управлении, и дополнительно к ним: <i>контроль</i> за правильностью и длительностью ведения операций по восстановлению фильтров; предотвращение аварийных нарушений режима восстановления и работы фильтров; химический контроль (частично); нейтрализация сточных вод</p>	<p>Распределение нагрузок по фильтрам. Ввод и вывод фильтров из резерва. Химический контроль (частично). Контроль за работой автоматизированной системы управления. Выбор необходимых программ восстановления по результатам работы фильтров</p>	<p>Улучшение условий труда. Интенсификация работы фильтров. Экономия реагентов и воды на собственные нужды (10–15%). Частичная стабилизация качества обработанной воды</p>

При пооперационном управлении в основном улучшаются условия труда эксплуатационного персонала ХВО, который освобождается от физического труда, связанного с переключением арматуры и частым передвижением по цеху.

При этом происходит сокращение времени восстановления фильтров, которое обеспечивается за счет сокращения времени, затрачиваемого на составление технологических линий для проведения в среднем 5–6 операций по восстановлению каждого фильтра. Так, для подготовки только одной операции вручную персонал затрачивает в среднем 6–10 мин.

При пооперационном управлении время на составление технологической линии для одной (любой) операции по восстановлению определяется временем открытия (закрытия) арматуры и составляет обычно 2–3 мин. Таким образом, при пооперационном управлении достигается экономия времени при каждом восстановлении одного фильтра примерно 20–35 мин, т.е. сокращается время регенерации и увеличивается время работы фильтров в течение года. Другими словами, обеспечивается интенсификация работы фильтровального оборудования при сокращении трудозатрат на его эксплуатацию.

Кроме того, повышается надежность эксплуатации ХВО, поскольку персонал, освобожденный от трудоемких операции может более внимательно контролировать технологические процессы на ХВО. Расчеты и опыт эксплуатации показывают, что затраты на автоматизацию окупаются за 2–3 года.

При полуавтоматическом управлении, когда практически все операции (кроме распределения нагрузок по фильтрам, ввода и вывода их из резерва и частичного химконтроля за качеством обрабатываемой и обработанной воды) автоматизированы, экономический эффект увеличивается за счет сокращения затрат на эксплуатацию установки, вследствие уменьшения расхода регенерационных растворов и воды на собственные нужды, за счет получения дополнительного количества обработанной воды вследствие повышения качества регенерации фильтров и увеличения продолжительности их рабочего цикла. Кроме того, автоматизация позволяет значительно интенсифицировать работу ХВО за счет увеличения скорости пиль грации и снижения возможного количества регенерации, проводимых за смену, что обеспечивает увеличение производительности установки. Это в свою очередь может привести к сокращению капитальных затрат при строительстве новых ТЭС и при необходимости расширения действующих ХВО. В общем случае с учетом затрат на обслуживание устройств автоматики снижение себестоимости обработанной воды при полуавтоматическом управлении ХВО составляет 10–15% для установки производительностью около 300 м³/ч.

1.2.2 Комплексная автоматизация ВПУ

Уровень управления	Автоматизируемая операция	Работа обслуживающего персонала	Показатель, определяющий степень экономическую эффективность
Комплексная автоматизация	Все операции, что и при полуавтоматическом управлении, и дополнительно к ним: распределение нагрузок по фильтрам; ввод и вывод фильтров из резерва; ведение процессов восстановления с необходимым контролем всех параметров	Контроль за работой автоматизированной системы управления (АСУ)	Дополнительно к предыдущему: стабилизация качества обработанной воды; экономия фильтрующих материалов; сокращение численности обслуживающего персонала

При комплексной автоматизации эффективность работы ХВО увеличивается за счет стабилизации качества обрабатываемой воды, повышения надежности эксплуатации установки и частичного сокращения обслуживающего персонала (что возможно на установках с большой производительностью около 1000 м³/ч и при переходе с трехсменного на двух- и односменное обслуживание).

1.2.3 Основные объекты и задачи автоматизации контроля и управления ВПУ и ВХР

Основной задачей при автоматизации контроля и управления ВПУ и ВХР является поддержание химического состава и теплофизических параметров обрабатываемой среды. Исходя из этого и в соответствии с технологическими признаками задачу контроля и управления комплексом мероприятий по кондиционированию состава теплоносителя можно решить в двух направлениях: контроль и управление оборудованием и процессами химической обработки добавочной (исходной) воды, т.е. установкой химводоочистки; контроль и

управление оборудованием и процессами химической обработки основного потока теплоносителя в конденсатно-питательном тракте энергоблока, т.е. водно-химическим режимом электростанции.

Решение задач по этим направлениям обеспечивается соответствующей аппаратурой, поэтому еще одним направлением работ по автоматизации контроля и управления оборудованием водоприготовления и водно-химическим режимом электростанции является создание и использование соответствующей аппаратуры автоматики, а также средств и приборов контроля состава обрабатываемых водных сред.

Задачи автоматизации комплекса ВПУ определяются основными условиями, обеспечивающими надежность и оптимальное протекание процессов водоприготовления, а также необходимостью снижения себестоимости обработанной воды путем сокращения затрат на эксплуатацию и обслуживание установки.

Автоматизация комплекса ВПУ должна ускорить и улучшить прежде всего следующие рабочие процессы:

- при предварительной очистке воды – контроль и регулирование температуры обрабатываемой воды, производительности установки, шламовый режим осветлителей, дозирование реагентов, а также контроль за качеством обрабатываемой воды, режимом работы и восстановления механических фильтров;

- при химическом обессоливании добавочной воды и умягчении подпиточной воды теплосети – контроль и регулирование производительности установки, приготовление и подачу регенерационных растворов; контроль за качеством обрабатываемой воды, режимом работы и восстановления ионообменных фильтров; регулирование процессов нейтрализации сбросных вод;

- при очистке турбинного конденсата – те же, что и при химическом обессоливании добавочной воды, а также контроль за эксплуатацией фильтров для обезжелезивания конденсата;

- при коррекционной обработке питательной и котловой воды – контроль и регулирование дозирования реагентов и контроль за качеством обрабатываемой воды;

- при регулировании продувки барабанных котлов – контроль за размером продувки и качеством котловой воды.

1.3 Основные факторы, определяющие качество очистки воды в осветлителе и задачи автоматизации

1.3.1 Основные технологические процессы очистки воды на ВПУ

К процессам осаждения, используемым в настоящее время при предварительной очистке воды, относятся:

- коагуляция;
- известкование;
- содоизвесткование;
- едконатровый метод;
- магниальное обескремнивание и т.д.

Обработка воды методами осаждения и коагуляции позволяет решить следующие задачи:

- освободить воду от загрязнений, находящихся в ней в состоянии грубого и коллоидного измельчения;
- снизить концентрацию бикарбонатных ионов HCO_3 в воде путем перевода их в ионы CO_3^{2-} и последующего их осаждения в виде карбоната кальция CaCO_3 ;
- частично снизить концентрацию катионов жесткости Ca^{2+} и Mg^{2+} , путем осаждения их в виде карбоната кальция CaCO_3 и гидрата окиси магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$;
- декарбонизировать воду за счет связывания свободной CO_2 .

Обычно эти процессы совмещаются и проводятся одновременно в одном аппарате-осветлителе, что целесообразно как для улучшения суммарного технологического эффекта процесса очистки воды, так и для снижения капитальных и эксплуатационных затрат. Первичное осветление воды производится в осветлителях, а окончательная очистка от осадка осуществляется при помощи процесса фильтрации, на осветлительных фильтрах.

На протекание процессов очистки воды в осветлителе (коагуляции и известкование) оказывают влияние следующие факторы:

- качество исходной воды;
- размер доз коагулянта и извести;
- величина показателя рН среды;
- условие перемешивания воды с реагентами;
- необходимое применение флокулянта;
- порядок ввода реагентов в обрабатываемую воду;
- температура обрабатываемой воды;

- поддержание шламового осветлителя.

1.3.2 Состав оборудования установки предварительной очистки воды

Основным оборудованием предочистки являются осветлители и осветлительные фильтры. На стадии предварительной обработки воды автоматизация должна быть обеспечена для контроля и регулирования температуры обработанной воды, производственной установки, шламовый режим осветлителя, дозирование реагентов, контроль за качеством обработанной воды, а на осветлительных фильтрах управление режимом работы и восстановление фильтрующей способности этих фильтров.

Кроме этого основного оборудования в состав предочистки входят:

подогреватели исходной воды, насосы-дозаторы необходимых реагентов, баки приготовления реагентов, баки сбора осветлительной воды, насосное оборудование.

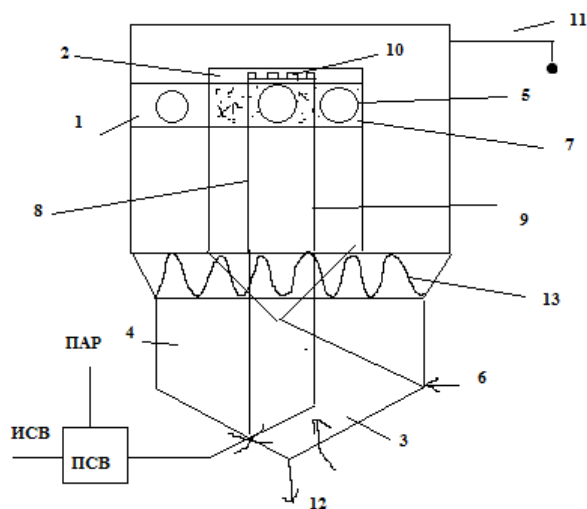
1.3.3 Факторы, определяющие качество предварительной очистки воды

Основными факторами влияющими на качество предварительной очистки воды являются:

- качество исходной воды;
- размер дозирования коагулянта и извести;
- величина показателя рН среды;
- условие перемешивания воды с реагентами;
- необходимость применения флокулянта;
- порядок ввода реагентов в обрабатываемую воду;
- температура обрабатываемой воды;
- поддержание шламового режима осветлителя.

1.4 Объем и схемы автоматизации установок предочистки

1.4.1 Конструкция и принцип работы осветлителя



Конструкция осветлителя

- 1-корпус осветлителя;
- 2-корпус шламоделивателя;
- 3-зона смешения реагентов;
- 4-зона реакции;
- 5-шламоприемное окно;
- 6-продувка осветлителя;
- 7-шламовая зона;
- 8-подъемный трубопровод;
- 9-опускной трубопровод;
- 10-воздухоотделитель;
- 11-сбор осветленной воды;
- 12-спуск поды;
- 13-успокоительные короба;
- ПСВ-подогреватель

Для обеспечения надежной и качественной работы данного аппарата, его оснащают регуляторами нагрузки, позволяющие плавно регулировать производительность осветлителя. С данным регулятором связана автоматическая система реагентов. Для обеспечения стабильной температуры подогрева служит регулятор температуры. Границы шламовой зоны нижняя и верхняя контролируется и поддерживаются сигнализатором уровня шлама (СУШ) на основе фото-реле.

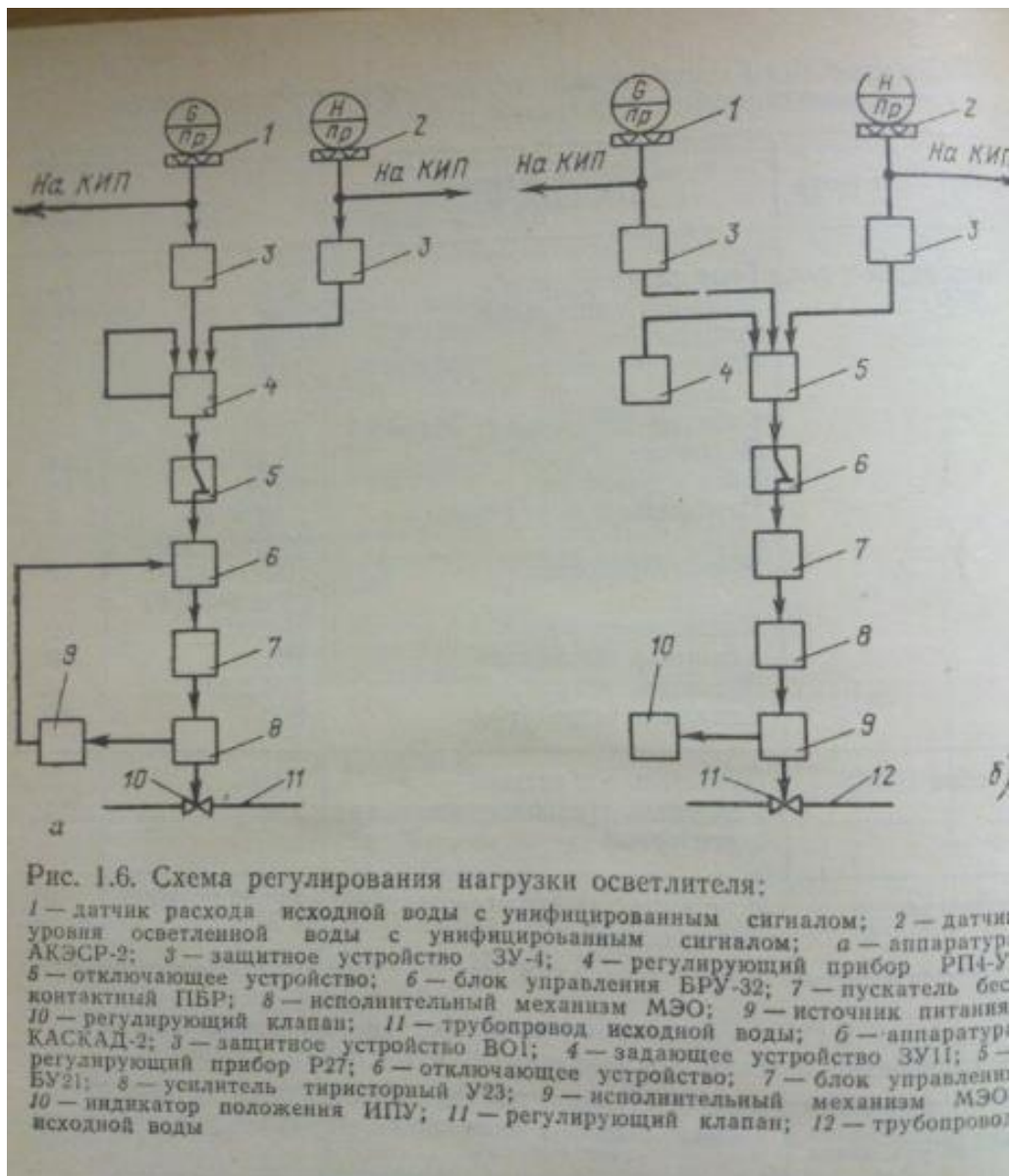
1.4.2 Объем и задачи автоматизации осветлителя

Основными задачами при автоматизации осветлителей являются:

- поддержание температуры воды, поступающей на обработку;
- регулирование производительности осветлителя и доз вводимых в него реагентов;
- поддержание уровня шлама в осветлителе.

1.4.3 Регулирование нагрузки

Выбор схемы регулирования нагрузки должен производиться с учетом конкретных особенностей изменения производительности установки. Обычно регулирование расхода (нагрузки) воды на осветлители осуществляется по схеме



Основной задачей при этом является поддержание соотношения между уровнем в баке осветленной воды и расходом воды, подаваемой на обработку в осветителе. Регулирование производится регулятором, получающим входные воздействия от датчика уровня в баке осветленной воды и от датчика расхода воды, поступающей на каждый осветитель, воздействующего на регулирующий клапан на линии исходной воды. Регулятор поддерживает заданное соотношение между уровнем воды в баке и расходом воды, подаваемой в осветитель. Задание регулятору устанавливается задатчиком в соответствии с требуемой производительностью предочистки. Схемой регулирования предусматривается отключение воздействия на клапан при достижении максимального и минимального расходов исходной воды. Отключение сопровождается светозвуковым сигналом.

1.4.4 Регулирование температуры

Схема регулирования температуры воды после подогревателя сырой исходной воды (ПСВ), в котором в качестве греющей среды используется пар из коллектора собственных нужд или отборов турбины:

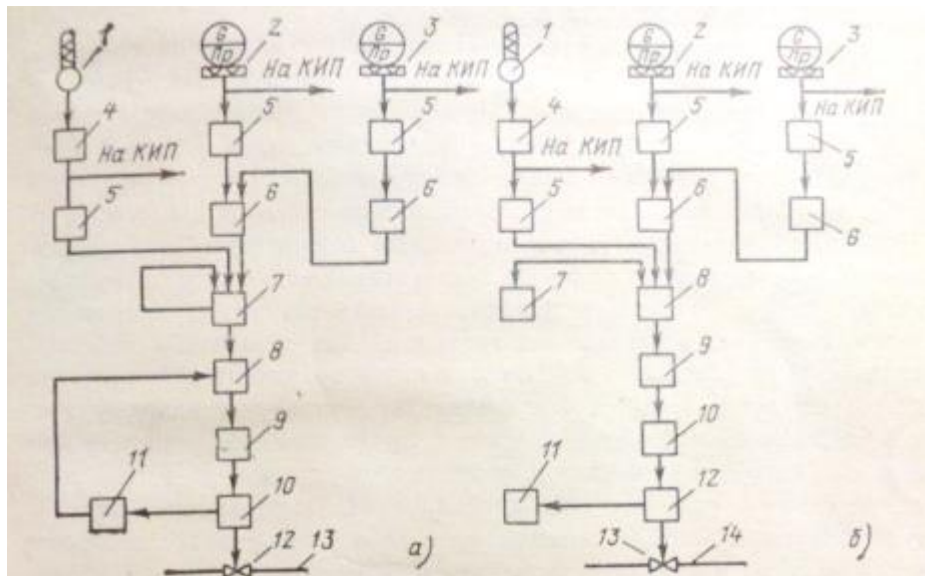


Рис. 1.4. Структурная схема регулирования температуры исходной воды с воздействием по греющему пару:

а — аппаратура АКЭСР-2; 1 — термометр сопротивления за ПСВ; 2 — датчик расхода исходной воды с унифицированным токовым сигналом; 3 — датчик расхода греющего пара с унифицированным токовым сигналом; 4 — измерительный преобразователь; 5 — защитное устройство ЗУ-4; 6 — дифференциатор БДС; 7 — регулирующий прибор РП4-У; 8 — блок управления БРУ-32; 9 — пускатели бесконтактные ПБР; 10 — исполнительный механизм МЭО; 11 — источник питания; 12 — регулирующий клапан; 13 — линия подачи пара; б — аппаратура КАСКАД-2; 1 — термометр сопротивления; 2 — датчик расхода исходной воды ДМЭР; 3 — датчик расхода пара ДМЭР; 4 — измерительный преобразователь Ш79; 5 — защитное устройство ВО1; 6 — дифференциатор ДО5; 7 — задающее устройство ЗУ11; 8 — регулирующий прибор Р27; 9 — блок управления БУ21; 10 — усилитель тиристорный У23; 11 — индикатор положения ИПУ; 12 — исполнительный механизм МЭО; 13 — регулирующий клапан; 14 — линия подачи пара

ПСВ является инерционным объектом, поэтому для управления им используется автоматическая система с двухимпульсным регулятором температуры. Регулятор получает основное входное воздействие по температуре воды за ПСВ, дополнительное опережающее воздействие после дифференциатора по скорости изменения расхода воды, подаваемой на предочистку, и воздействует на регулирующий клапан на линии подвода пара к подогревателю.

1.5 Автоматизация управления работой и восстановлением осветлительных фильтров

1.5.1 Методы фильтрования воды

Принципы фильтрования воды (адгезионное и пленочное фильтрование). Полный цикл работы осветлительного фильтра. Структурная САУ осветлительными фильтрами.

Принцип фильтрования воды (адгезионные пленочные фильтрование). Даже при хорошо налаживаемой работы осветлителя не удастся получить воду с концентрацией твердой фазы ниже 10 мг/см^3 . Такая вода не может быть направлена на дальнейшую очистку и требуют должного осветления. В схемах водоподготовки это осветление производится при помощи механических фильтров (осветлителей). Фильтрование представляет собой сложный процесс очистки воды от грубо-дисперсных примесей при течении воды через пористую среду.

В зависимости от соотношения размеров фильтруемых частиц и эффективного диаметра пор, удержание частиц может происходить как в объеме слоя (принцип адгезионного фильтрования), так и на его поверхности (пленочный принцип).

Если диаметр пор слоя превышает диаметр частиц, то последняя входит потоком воды слой и удерживается внутри него.

Если диаметр пор меньше диаметра частиц, то они задерживаются на поверхности слоя, образуя пленку.

Адгезионное фильтрование – если диаметр пор слоя превышает диаметр частиц, то последнее входит с потоком воды в слой и удерживается внутри его. Чаще всего применяется в схемах ВПУ ТЭС и на котельных.

Пленочное фильтрование – если диаметр пор меньше диаметра частиц, то они задерживаются на поверхности слоя образуя пленку. Чаще всего применяется в схемах очистки конденсата.

В схемах ВПУ ТЭС и на котельных чаще всего применяются адгезионное фильтрование, а в схемах очистки конденсата – пленочное. Промышленно выпускаются следующие типы конструкции осветлительных фильтры:

- вертикальные одно-, двух-, трехкамерные;
- горизонтальная.

1.5.2 Полный цикл работы осветительного фильтра и его принцип действия

Загрузка механических фильтров обычно производится кварцевым песком или дробленым антрацитом. На цехе ХВО ТЭС применяются в основном вертикальные одно-, двух- и трехкамерные осветительные фильтры.

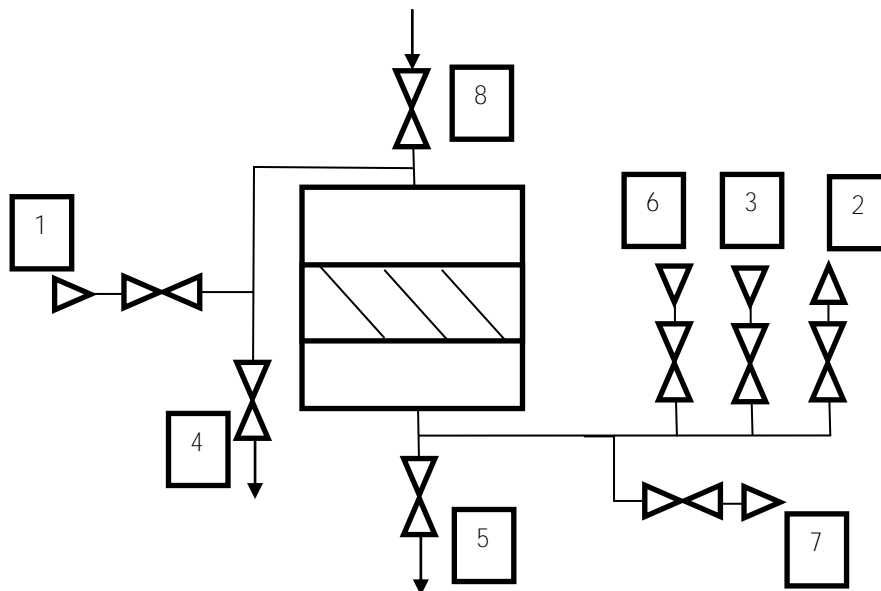


Рисунок – Схема однокамерного осветительного фильтра: 1,2 – вх. и вых. обрабатываемой воды; 3,4 – вх. и вых. промывочной воды; 5 – сброс первого фильтрата; 6 – подвод сжатого воздуха; 7 – штуцер гидровыгрузки; 8 – воздушник.

Трубопроводы и запорная арматура, расположенные по фронту фильтра позволяют осуществить переключение необходимое в процессе его эксплуатации и обеспечивают подвод воды к фильтру на обработку, отвод из фильтра обработанной воды, подвод и отвод промывочной воды, сброс 1-го фильтрата, подвод сжатого воздуха, а также гидровыгрузку и гидрозагрузку фильтрующего материала.

Принцип действия этого фильтра: исх. вода под напором 0,6 МПа поступает в фильтр, проходит через слой зернистого фильтрующего материала в направлении сверху вниз, взвешенные примеси воды задерживаются фильтрующей загрузкой, а осветленная вода собирается внизу сборно-распределительной системы и отводится из фильтра. Рабочий цикл фильтра заканчивается при достижении одного из следующих заданных показателей разности давлений, поступающих на обработку, обработанной воды или осветления определенного количества воды за фильтроцикл. В 1 случае работа фильтра контролируется по разности показаний манометров на трубопроводе воды поступающей на обработку и трубопроводе отводящим из

фильтроцикла осветленную воду. Во 2 случае фиксируется суммарное количество обработанной за фильтроцикл воды. По окончании рабочего цикла фильтр отключается от рабочих магистралей для промывки фильтрующей загрузки и удаления задержанных ею механических примесей исх. воды. Промывка производится либо только водой либо водой и сжатым воздухом в направлении сверху вниз до резкого просветления сбрасываемой в дренаж промывочной воды. По окончании промывки фильтр включается в работу, перед этим 1-й фильтрат сбрасывается в дренаж.

Принцип действия осветлительных двух- и трехкамерных фильтров практически не отличается от однокамерных. Отличие их эксплуатации заключается в проведении операции по промывке. Режим эксплуатации механических фильтров заключается в поддержании заданного диапазона скорости фильтрования, обеспечивая равномерное распределение нагрузки между работающими фильтрами, своевременной промывке фильтрующей загрузки, соблюдение определенной интенсивности подачи воды на промывку и сжатого воздуха на взрыхление в спуске 1-го фильтрата и т.д.

1.5.3 Структурная САУ осветлительных фильтров

Механические фильтры могут находиться в состоянии «работа», «восстановление», «резерв». Автоматизированная система управления механическими фильтрами предназначается для автоматического перевода фильтров из одного состояния в другое, проведения всех операций по восстановлению фильтрующей загрузки, путем ее взрыхления и промывки, а также для контроля за качеством проведения операций по восстановлению загрузки и правильностью выполнения подаваемых системой команд. Объем автоматизации механических фильтров предусматривает автоматическое проведение следующих операции: отключение фильтров от рабочей магистрали при истощении (загрязнении) и перевод в состояние «восстановление» или «резерв»; спуск водяной подушки; промывка фильтров водой вместе с воздухом (3–5 мин при удельном расходе воды 6–7 л/см² и воздуха 10 л/см²); промывка фильтров водой с заданным удельным расходом около 12 л/см²; спуск первого фильтрата; включение фильтра в работу после восстановления. Для решения задач управления механическими фильтрами может быть использована, автоматизированная система управления, структурная схема которой в качестве примера представлена на рисунке.

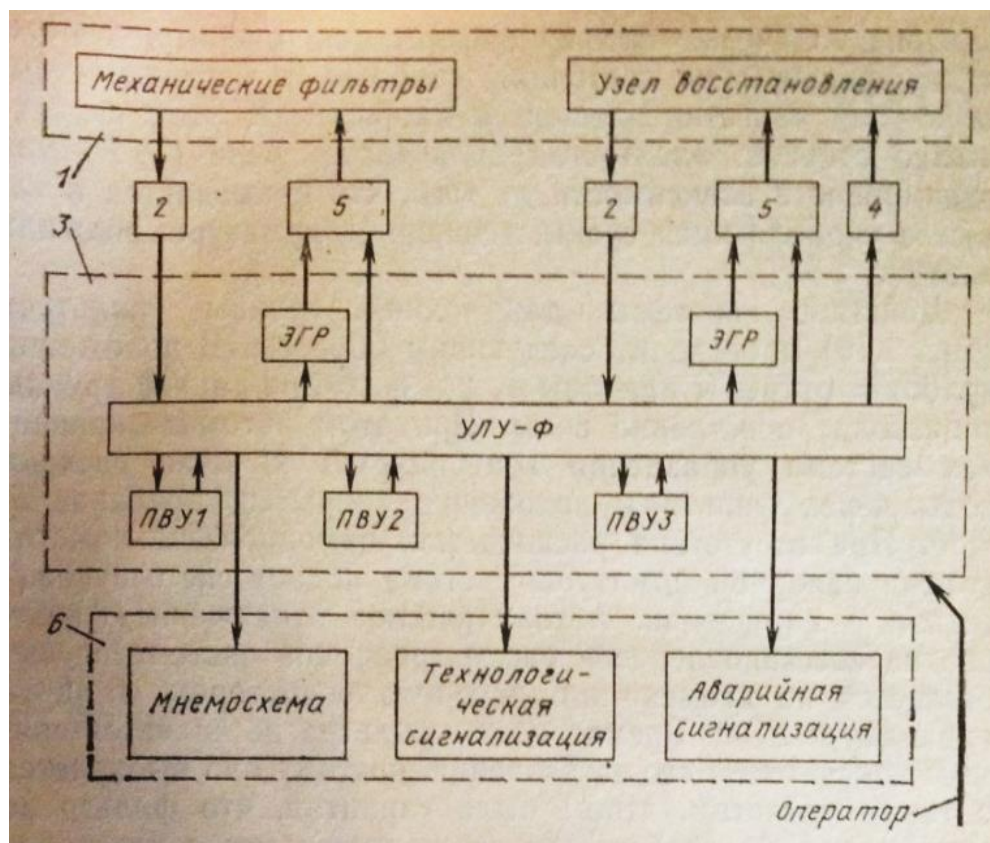


Рисунок – Структурная схема автоматизированной системы управления механическими фильтрами: УЛУ-Ф – устройство логического управления фильтрами; ПВУ – программно- временное устройство; ЭГР – электрогидрореле; 1 – объект управления; 2 – автоматическая система контроля; 3 – система дискретного управления; 4 – автоматическая система регулирования; 5 – исполнительные механизмы; 6 – система представления информации

Основными элементами данной схемы являются: объект управления, система контроля, система дискретного управления, система автоматического регулирования, исполнительные механизмы, система представления информации (мнемосхема, технологическая и аварийная сигнализация). В объект управления данной схемы входят механические фильтры, узел восстановления с запорной и регулирующей арматурой.

Система контроля представляет информацию системам автоматического регулирования, дискретного управления и оператору. В нее входят датчики и приборы расхода и давления, конечные выключатели арматуры и т.п.

Система автоматического регулирования включает в себя два регулятора: расхода промывочной воды и давления воздуха, изменения задания которым осуществляются системой дискретного управления или оператором.

Система дискретного управления реализует алгоритм восстановления механических фильтров и представляет собой программное устройство,

осуществляющее функции логического управления. Система задает очередность и продолжительность операций восстановления, порядок работы блокировок, программу автоматического контроля технологических параметров, изменяет задания регуляторам, периодически выдает информацию оператору, переводит фильтры из состояния «работа» в состояние «резерв» или «восстановление» и наоборот. К этой системе можно отнести электрогидравлическое реле (ЭГР) или пневмореле в зависимости от того, что применяется в качестве управляющей среды в запорной арматуре: вода или воздух.

1.6 Объем и задачи автоматизации ионообменных установок

1.6.1 Физико-химические основы ионного обмена

В общем случае ионообменная часть химводоочистки состоит из фильтров, предназначенных для химического обессоливания и умягчения воды путем фильтрования через слои загруженных в эти фильтры, практически нерастворимых в воде ионообменных материалов – ионитов.

Ионообменная очистка воды основана на способности ионитов поглощать из обрабатываемой воды растворенные в ней ионогенные примеси, отдавая в фильтрат эквивалентное количество других ионов, предварительно введенных в состав ионитов. Иониты, способные поглощать катионы, называются катионитами и используются обычно в H^+ , Na^+ , NH_4^+ – формах. Иониты, поглощающие анионы, называются анионитами и используются в OH^- – форме. При истощении обменной емкости ионитов производится их восстановление (регенерация).

В технологии водоподготовки для удаления из воды растворенных примесей применяют следующие процессы:

- катионирование – удаление из воды катионов. В зависимости от обменного иона процессы получили название: водород-катионирования (обменный катион H^+); натрий-катионирование (обменный катион Na^+); аммоний-катионирование (обменный катион NH_4^+).
- анионирование – удаление из воды анионов. Обменными анионами при анионировании являются анионы OH^- и Cl^- .

1.6.2 Умягчение и обессоливание воды методом ионного обмена

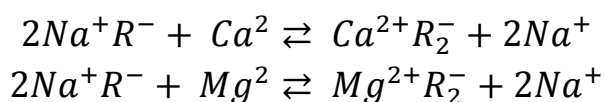
В общем случае ионообменная часть химводоочистки состоит из фильтров, предназначенных для химического обессоливания и умягчения воды путем фильтрования через слои загруженных в эти фильтры, практически нерастворимых в воде материалов – ионитов.

Ионообменная очистка воды основана на способности ионитов поглощать из обрабатываемой воды растворенные в ней ионогенные примеси, отдавая в фильтрат эквивалентное количество других ионов, предварительно введенных в состав ионитов. Иониты, способные поглощать катионы, называются катионитами и используются обычно в H^+ , Na^+ , NH_4^+ формах. Иониты, поглощающие анионы, называются анионитами и используются в OH^- форме. При истощении обменной емкости ионитов производится их восстановление (регенерация).

В технологии водоподготовки применяются два основных процесса для удаления из воды ионизированных примесей: *катионирование* и *анионирование*. В зависимости от обменного иона процессы и аппараты называют: натрий-катионирование, натрий-катионитный фильтр; Н(водород)-катионирование, Н-катионитный фильтр; ОН-анионирование, ОН-анионитный фильтр. Соответственно называется фильтрат, полученный в этих процессах: Na-катионированная вода, Н-катионированная вода, ОН-анионированная вода и т.п. Процесс *Na-катионирования* имеет самостоятельное значение и используется для умягчения воды, в то время как процессы *Н-* и *ОН-ионирования* реализуются совместно в схемах *обессоливания* воды.

Na-катионирование

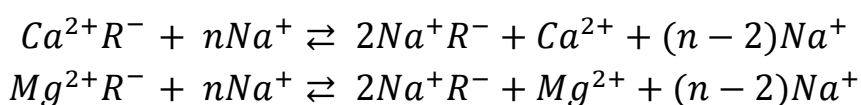
Обработка воды методом натрий-катионирования заключается в фильтровании ее через слой катионита, содержащего в качестве обменных ионов катионы натрия. При этом катионит поглощает из воды ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , обуславливающие ее жесткость, а в воду переходит из катионита эквивалентное количество ионов Na^+ . Протекающие при этом реакции можно представить следующим образом:



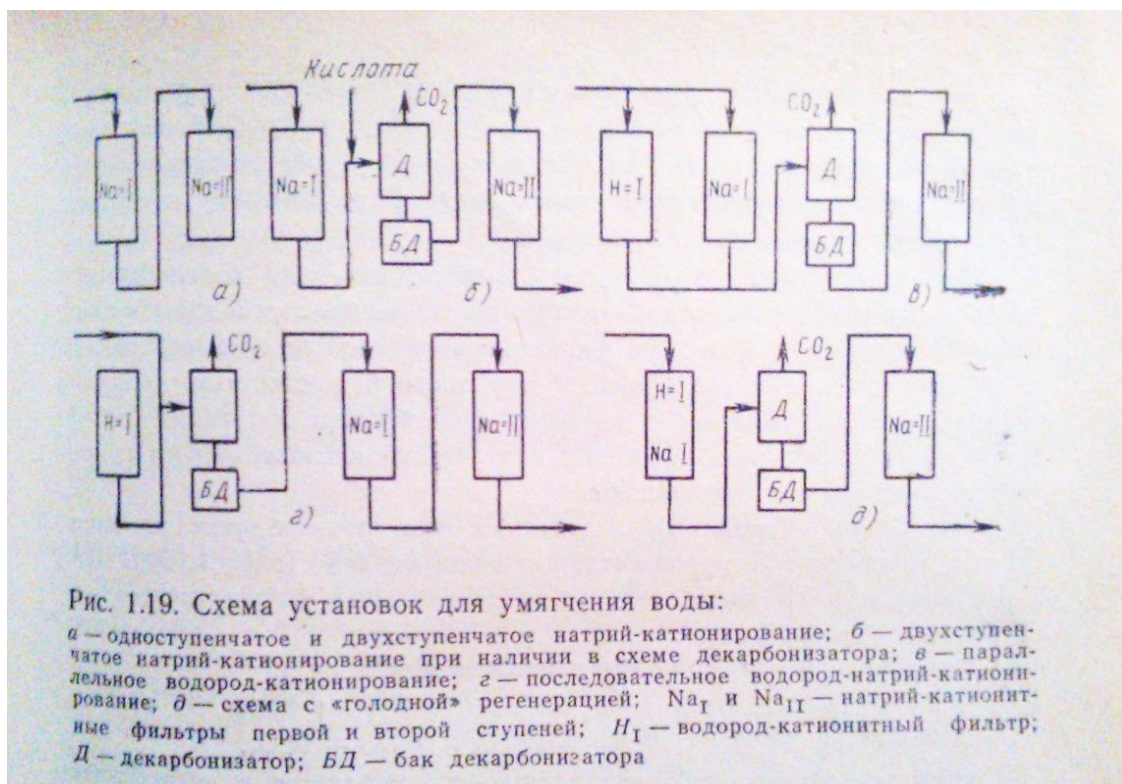
где R^- – сложный органический комплекс катионита, практически нерастворимого в воде.

Когда рабочая обменная способность натрий-катионита истощается, его подвергают регенерации путем вытеснения из него ранее поглощенных ионов кальция и магния 8–10% раствором поваренной соли $NaCl$.

В процессе регенерации происходят следующие реакции:



где n – величина, учитывающая применение для регенерации избытка поваренной соли по сравнению со стехиометрическим (расчетным) ее количеством.



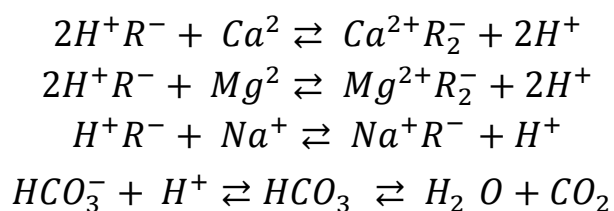
***H*-катионирование**

Обработка воды методом водород-катионирования заключается в фильтровании ее через слой катионита, содержащего в качестве обменных ионов катионы водорода.

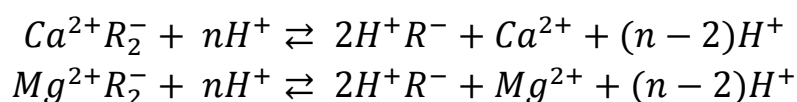
Катионит поглощает из воды катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и др., а в воду переходит эквивалентное количество H^+ ионов.

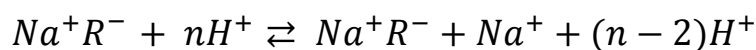
Одновременно разрушается анион бикарбонатной щелочности воды (карбонатной жесткости) HCO_3^- с образованием свободной углекислоты.

При водород-катионировании протекают следующие реакции:



При регенерации истощающего катионита раствором кислоты заданной концентрации поглощенные им катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ заменяются ионами водорода. При этом происходят следующие реакции:



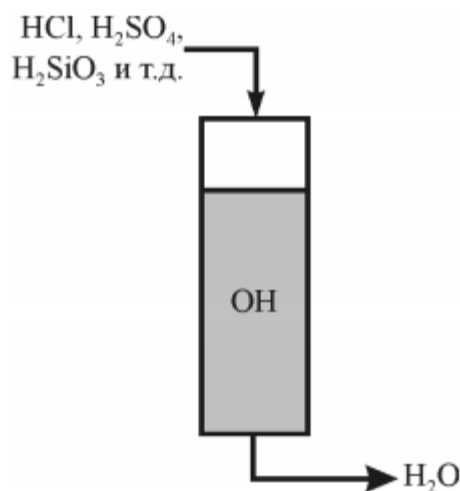
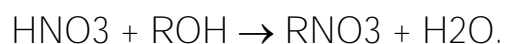
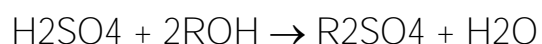
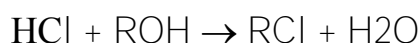


ОН-анионирование

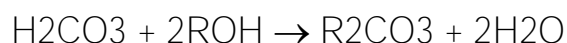
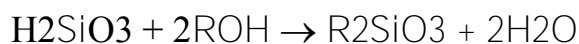
При ОН-анионировании воды обменным анионом является ион OH^- , который в процессе фильтрования воды через слой анионита поглощает из нее анионы. В технологии химического обессоливания данный процесс сочетают с водород-катионированием, поэтому на анионитный фильтр поступает вода содержащая сильные и слабые минеральные кислоты.

При фильтровании водород-катионированной воды через слой анионита происходит обмен анионов кислот на гидроксид ион OH^- , содержащийся в анионите.

Для удаления из обрабатываемой воды анионов сильных кислот (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^-) фильтр загружают низкоосновным анионитом. Реакции протекающие на низкоосновном анионите:

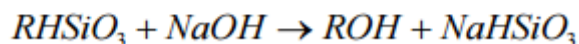
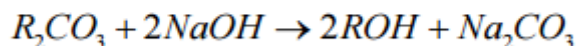
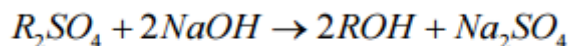
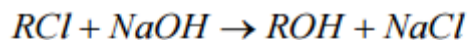


Фильтр, загруженный высокоосновным анионитом, способен удалять из воды анионы как сильных, так и слабых кислот, но, ввиду дороговизны и более низкой обменной емкости, его используют преимущественно на второй ступени обессоливания для удаления анионов слабых кислот и предотвращения проскоков анионов сильных кислот. Реакции, характерные для высокоосновного анионита:



Для восстановления обменных свойств низко- и высокоосновного анионита при анионировании используют щелочь NaOH 4% концентрации: $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

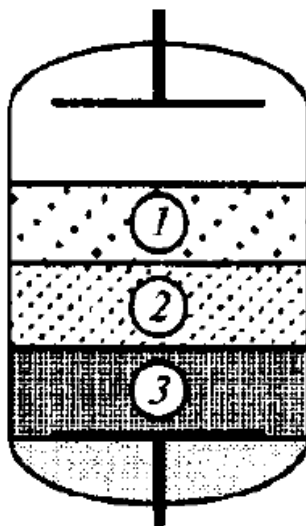
Реакции восстановления:



1.6.3 Полный цикл работы ионитного фильтра

Полная работа любого ионообменного фильтра имеет циклический характер и состоит из ряда операций: ионирование воды – удаление из нее молекулярно-дисперсных примесей, которое заканчивается истощением ионита; регенерации – восстановления обменной способности ионита, которая проходит последовательно следующие этапы: взрыхление, пропуск регенерационного раствора, отмывка.

Слой ионита (ионообменная смола) по ходу движения обрабатываемой воды в процессе ионного обмена можно условно разделить на три зоны.



Расположение зон работы ионита в фильтре:

1 – зона истощения; 2 – зона полезного обмена; 3 – зона свежего ионита

Зона 1 – зона истощения ионита, так как все находящиеся в ней противоионы использованы для обмена на ионы обрабатываемой воды. В этой зоне продолжается селективный обмен между ионами самой обрабатываемой воды, т.е. наиболее подвижные ионы, содержащиеся в воде, вытесняют из ионита менее подвижные.

Зона 2 – зона полезного обмена. Здесь начинается и заканчивается полезный обмен противоионов ионита на ионы обрабатываемой воды. В этой зоне частота обмена ионов обрабатываемой воды на противоионы ионита преобладает над частотой обратного обмена ионов обрабатываемой воды и поглощённых ионитом ионов.

Зона 3 – зона неработавшего, или свежего, ионита. Проходящая через этот слой ионита вода содержит только противоионы ионита и поэтому не изменяет ни своего состава, ни состава ионита.

По мере работы фильтра зона 1 возрастает, заставляя работающую зону 2 опускаться за счёт уменьшения зоны свежего ионита 3, и, наконец, входит за нижнюю границу загрузки фильтра. Здесь высота зоны 3 равна нулю. В фильтрате появляется и начинает возрастать концентрация наименее сорбируемых ионов, и полезная работа ионитного фильтра заканчивается. Фильтр переводят в режим восстановления рабочей обменной емкости.

1.7 Автоматическое регулирование гидравлического режима ВПУ

1.7.1 Способы компоновки фильтров ВПУ

По способу подключения ионитных фильтров в схемах обессоливания различают коллекторный (параллельный) и блочный (цепочки) принципы их соединения (рисунок). При коллекторном способе включения ионитных фильтров исходная вода из общего коллектора параллельными потоками подается к каждому фильтру данной ступени. Фильтрат после фильтров также собирается в общий коллектор и поступает на группу фильтров следующей ступени. Таким образом, ионитные фильтры в схеме соединены параллельно, а ступени обессоливания – последовательно. В коллекторных схемах отдельный фильтр автономен – его состояние (работа–резерв–регенерация) не определяют состояния группы однородных фильтров.

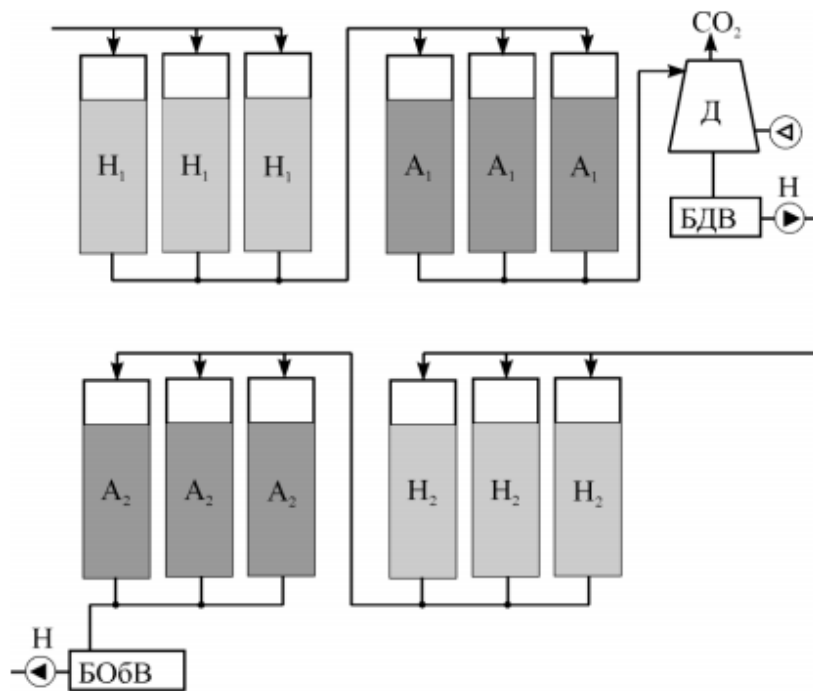


схема № 1

Рисунок – Коллекторный способ подключения ионитных фильтров в схемах обессоливания.

Группа фильтров ступени обрабатывает воду непрерывно, а отдельный фильтр – периодически. Число работающих фильтров в ступени можно изменять в зависимости от требуемой производительности. Частота регенераций отдельных фильтров в разных ступенях непосредственно не связана и определяется ионным составом обрабатываемой воды. Схема универсальна, хорошо адаптируется к изменениям состава воды и производительности, надежность ее достаточно высокая, экономична по количеству оборудования и расходу ионита, при автоматизации имеет более простые алгоритмы управления, но расход химических реагентов на регенерацию значительно выше, чем в блочной схеме и при автоматизации ВПУ датчики истощения ионообменного материала должны быть за каждым фильтром. При блочном способе включения в состав каждого блока (цепочки) входит по одному фильтру соответствующей ступени ионирования, что обеспечивает полный цикл обработки воды по выбранной схеме (рисунок).

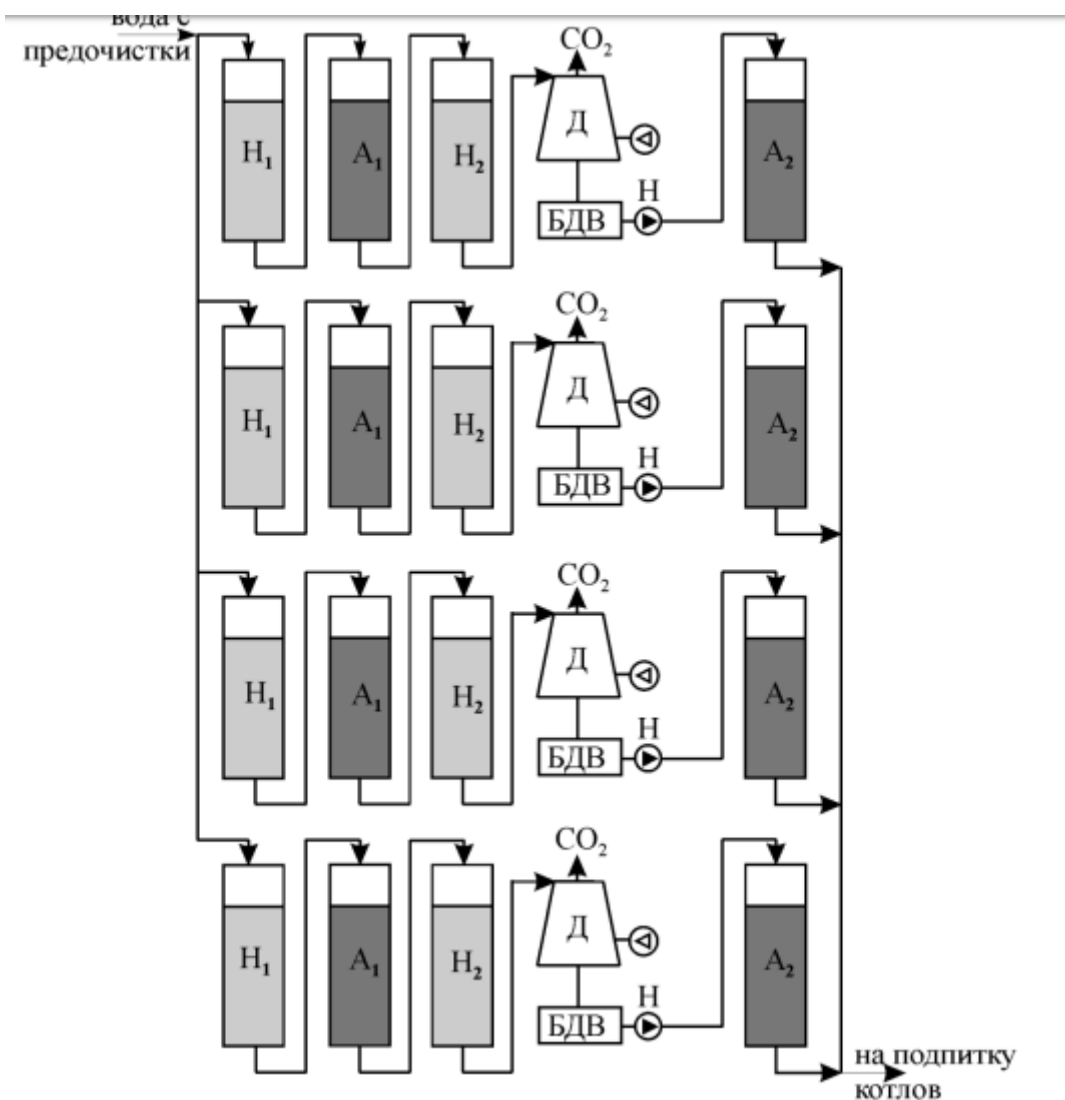


Рисунок – Блочный способ подключения ионитных фильтров в схемах обессоливания.

В данном случае каждый отдельный фильтр не имеет никакой самостоятельности и блок работает периодически, имея три основных состояния: работа–резерв–регенерация (все фильтры одновременно). ФСД в цепочку не включают. При расчете ВПУ количество цепочек выбирается исходя из условия: одна цепочка на регенерации, одна – в резерве, остальные в работе, что приводит к значительному перерасходу ионитов, фильтров и другого оборудования. Схема не может адаптироваться к значительному изменению показателей качества воды. Надежность цепочки определяется наименее надежным узлом, общее число оборудования значительно большее, чем в коллекторной схеме ВПУ. При разработке систем автоматизации имеет сложный алгоритм управления.

К достоинствам блочных схем можно отнести упрощение контроля за качеством воды, снижение расхода реагентов на регенерацию и воды на собственные нужды, за счет проведения совместных регенераций одноименных

фильтров первой и второй ступени. При автоматизации датчики истощения ионита устанавливаются только за анионитным фильтром первой ступени и по его сигналу отключают на регенерацию всю цепочку. Обе схемы имеют области оптимального применения и вопрос о выборе способа подключения фильтров в каждом конкретном случае решается отдельно. Однако при производительности ВПУ свыше 400 м³/ч предпочтение отдают блочной схеме.

Особенности автоматизации гидравлического режима ВПУ с параллельным включением фильтров

Ионно-обменная установка с параллельным включением фильтров (ПВФ) имеет отличие от установок с блочным включением фильтров (БВФ). Для действующих ТЭС с ПВФ предусматривают следующий объём автоматизации:

- 1) Регулирование производительности фильтрованной части ХВО, путём поддержания уровня в заданных пределах в баках воды после декаборнизаторов, в баках обессоленной воды и т.д.;
- 2) Контроль истощения фильтров хим. обессоливающих установок по прямым и косвенным параметрам;
- 3) Поддержание заданного расхода воды на взрыхление и отмывку либо до отмывку фильтров;
- 4) Приготовление регенерационных растворов заданной концентрации и подача их к фильтрам с заданной скоростью, при этом предусматривается пропуск щелочи одной концентрации, а пропуск кислоты 2-х концентраций;
- 5) Составление технологических линий для проведения операции по восстановлению фильтров с возможностью дистанционного управления каждой операцией;
- 6) Сигнализация состояния каждого фильтра (работа, истощение, восстановление, резерв и т.д.), а также аварийная сигнализация;
- 7) Контроль качества обрабатываемой воды;
- 8) Индикация с помощью мнемосхемы положения запорных органов фильтра и узлов восстановления.

Внедрение указанного объёма автоматизации позволяет сократить трудозатраты при эксплуатации ХВО примерно на 80% и получить экономию реагентов и воды на собственные нужды порядка 10–15%. Дальнейшее увеличение объёма автоматизации для установок с ПВФ требует в каждом случае технико-экономическое обоснование, спец. устройств логического управления, значительные реконструкции фильтрованной части ХВО.

Особенности автоматизации гидравлического режима ВПУ с блочным включением фильтров

Блочная схема включения фильтров (БВФ) позволяет реализовать комплексную автоматизацию ионообменной установки. Под комплексной автоматизацией понимается автоматическое выполнение всех основных и вспомогательных технологических операций по эксплуатации всей ионообменной установки при централизации контроля и управления. С одной стороны комплексная

автоматизация не исключает участие чела в выборе рационального и экономичного режима технологических процессов в наблюдении за действием автоматических устройств, а с другой стороны определяется это вмешательство как минимально возможное. Для осуществления комплексной автоматизации технологическая схема ионообменной установки должна обладать рядом свойств, позволяющих выполнить требуемый уровень автоматизации. При экономически целесообразном объеме оснащения, аппаратурой контроля, регулирования и управления. Важнейшими условиями для этого являются:

- кол-во программ и узлов восстановления фильтров;
- схемы подключения фильтров к общим магистралям;
- компоновка фильтровального оборудования, насосов и др. элементов технологической схемы.

1.8 Система управления приготовления регенерационных растворов для ионитных фильтров

1.8.1 Основные требования к системе приготовления регенерационных растворов

Регенерационные растворы ионообменных установок – это водные растворы хим. реагентов, используемых для восстановления обменных свойств ионообменных материалов (катионитов и анионитов), применяемых в установках умягчения и обессоливания воды. Солесодержание регенерационных растворов ионообменных установок достигает 5–20 г/л, что в несколько раз превышает солесодержание исходной воды. Регенерационные растворы ионообменных установок по этому показателю относят к разряду сточных вод. Согласно водоохранным нормам регенерационные растворы ионообменных установок не могут быть направлены ни в водоемы, ни в городскую канализацию без предварит. обработки и очистки или разбавления, т.к. они загрязняют водоемы минеральными солями.

Технология обработки регенерационных растворов определяется содержанием компонентов в сточных водах, зависящим от типа ионитовых фильтров, возможности применения для обработки определенных реагентов и полноты утилизации получаемых побочных продуктов. Самая простая технология обработки таких вод заключается в выделении в процессе регенерации ионообменных фильтров наиболее минерализованной их части с последующим известково-содовым ее умягчением. Раствор после обработки содержит преимущественно хлористый натрий и может использоваться для последующих регенераций фильтров. В отдельных случаях для осаждения магния можно вместо известки использовать едкий натр.

При использовании едкого натра упрощается эксплуатация установок по обессоливанию и умягчению воды, снижается общее количество образующегося осадка, но несколько ухудшаются свойства шлама и экономические показатели.

1.8.2 Принцип выбора концентрации раствора и датчиков контроля концентрации

Для ведения нормального процесса регенерации ионитных фильтров необходим регенерационный раствор заданной концентрации. При автоматизации приготовления рабочего регенерационного раствора необходимо поддерживать принятую скорость его пропуска и заданную концентрацию реагента с допустимой погрешностью и минимальными трудозатратами.

Объем автоматизации приготовления регенерационных растворов включает:

- автоматический контроль и регулирование концентрации регенерационного раствора;
- автоматическое заполнение мерников.

Поддержание заданной концентрации рабочих растворов кислоты и щелочи производится смешением потока воды с постоянным расходом, поддерживаемым регулятором, и определенного количества растворов поваренной соли, кислоты и щелочи, подаваемых насосами-дозаторами. Автоматическое заполнение мерников производится по нижнему и верхнему уровням раствора реагента в мернике.

Во время проведения собственно процесса регенерации концентрация регенерируемых растворов автоматически поддерживается в заданных пределах. Это осуществляется путем подачи постоянного количества кислоты (щелочи) объемными насосами-дозаторами и постоянного количества разбавляющей воды, которое поддерживается регулятором расхода.

Концентрация регенерационного раствора контролируется концентратомерами.

1.9 Автоматизация узла восстановления (регенерации) ионитных фильтров

1.9.1 Способы проведения регенерации ионных фильтров

Конструкция ионообменных фильтров. Применяемые в теплоэнергетике ионитные фильтры разделяются на две группы:

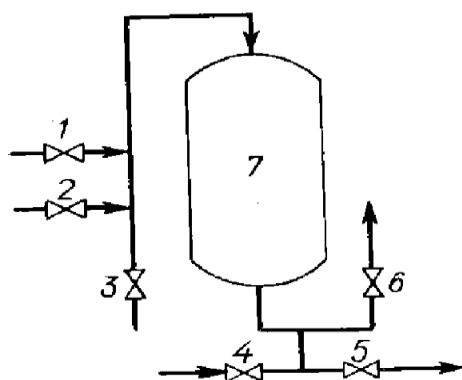
- *прямоточные*, у которых обрабатываемая вода, регенерационный раствор и отмывочная вода проходят фильтр в одном и том же направлении, обычно сверху вниз;

- *противоточные*, у которых обрабатываемая вода и регенерационный раствор проходят фильтр в противоположных направлениях (подразделяются на прямой и обратный противоток).

1.9.2 Прямоточный способ проведения регенерации ионитных фильтров

При прямоточной регенерации ионитного фильтра промывная вода, пройдя через слой ионита, сбрасывается в канализацию через вентиль 3 сразу после взрыхления проводят регенерацию фильтра. Обычно на регенерацию затрачивается 20–30 мин, после чего проводят отмывку фильтра. Для этого через вентиль 2 подают соль или кислоту. Когда процесс закончен, т.е. качество воды отвечает установленным нормам, вентиль 5 закрывают, открывают 6-й вентиль и фильтр включают в работу.

Прямоточная регенерация не позволяет достигнуть полного удаления поглощенных ионов, т.к. их не удастся удалить из-за нижних слоёв смолы. Оставшиеся в нижних слоях катионы (Ca, Mg, Na) при очередном фильтровании воды вытесняются ионами водорода и переходят в очищаемую воду, что ухудшает её качество.



1–6 – вентили; 7 – фильтр.

1.9.3 Противоточный способ проведения регенерации ионитных фильтров

Противоточный способ предусматривает движение в ионитном фильтре обрабатываемой воды и регенерационного раствора в противоположных направлениях (вода сверху вниз, раствор снизу вверх или наоборот). В результате этого поступающая в ионитный фильтр вода сначала встречается с наименее отрегенированными слоями ионита, затем по мере приближения к выходу из фильтра вода контактирует со все более полно отрегенированными слоями ионита, что в конечном итоге обеспечивает глубокое ее умягчение. Противоточный ионный обмен, как явствует из его названия, предусматривает движение в ионитном

фильтре обрабатываемой воды, с одной стороны, и регенерационного раствора и отмывочной воды, с другой стороны, т.е. в противоположных направлениях. В результате этого поступающая в ионитный фильтр вода встречается сначала с наименее отрегенированными слоями ионита, где имеется заметная концентрация удаляемых ионов в ионной атмосфере зерен катионита. Затем по мере приближения к выходу из фильтра обрабатываемая вода взаимодействует со все наиболее полно отрегенированными слоями ионита, что в конечном итоге обеспечивает глубокое умягчение воды.

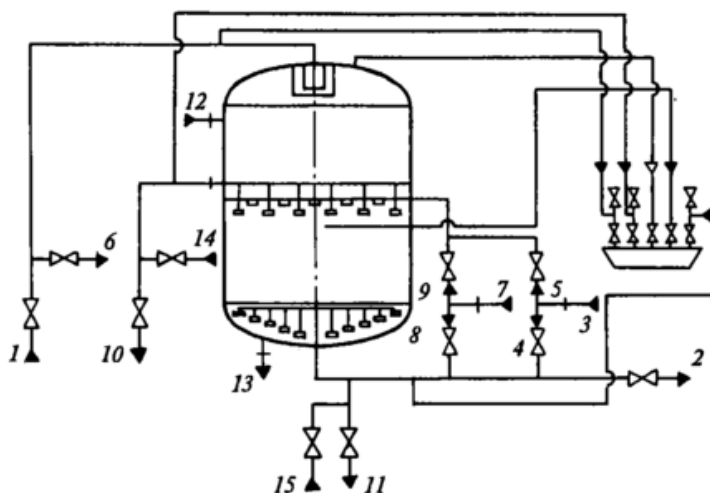


Рис. 4.14. Схема противоточного ионитного фильтра типа ФИПр:

1 — подвод исходной воды; 2 — отвод обработанной воды; 3—5 — подводы промывочной воды соответственно общий, в нижнее распределительное устройство (РУ) и в блокирующее РУ; 6 — отвод промывочной воды; 7—9 — подводы регенерационного раствора соответственно общий, в нижнее РУ и в блокирующее РУ; 10, 11 — дренажи; 12 — гидрозатворка; 13 — гидровыгрузка; 14, 15 — подводы воды для взрыхления в среднее и нижнее РУ

1.9.4 Достоинства и недостатки различных способов регенерации, особенности их автоматизации

Применяемые в теплоэнергетике ионитные фильтры разделяются на две группы прямоточные, у которых обрабатываемая вода, регенерационный раствор и отмывочная вода проходят фильтр в одном и том же направлении, обычно сверху вниз противоточные, у которых обрабатываемая вода и регенерационный раствор проходят фильтр в противоположных направлениях. Противоточный ионитный фильтр отличается от прямоточного наличием средней дренажной системы, расположенной в верхней части фильтра таким образом, чтобы при загрузке ионитом высота его слоя над средней дренажной системой составляла около 0,2 м (в этом и заключаются особенности автоматизации). Эта система рассчитывается лишь на отвод регенерационного раствора при регенерации фильтра. Противоточные ионитные фильтры непрерывного действия обеспечивают более эффективное

использование реагентов, чем фильтры с неподвижным ионитным слоем, если сравнение проводится при одинаковом качестве фильтрата и равных расходах отмывочной воды. При ионировании сильно минерализованных (соленоватых) вод фильтры непрерывного действия требуют меньших количеств ионитов. В фильтрах непрерывного действия опасность загрязнения ионита вследствие окисления гидроокиси железа кислородом меньше, чем в обычных фильтрах, благодаря меньшей продолжительности рабочего цикла ионита. Противоточная схема более экономична.

1.10 Требования к АСУ ТП ХВО

1.10.1 Показатели качества водных сред ХВО на различных стадиях обработки воды

В зависимости от характера использования воды различными потребителями определяются показатели, необходимые для качественной и количественной характеристики воды. Важнейшими показателями качества воды для использования её в теплоэнергетике являются:

- концентрация грубодисперсных веществ (ГДП);
- концентрация истинно-растворенных примесей (ионный состав);
- концентрация коррозионно-активных газов;
- концентрация ионов водорода;
- технологические показатели, в которые входят сухой и прокаленный остаток, окисляемость, жесткость, щелочность, кремнесодержание и т.д.

Концентрация грубодисперсных веществ (ГДП) может быть определена фильтрованием воды через бумажный фильтр с последующим его высушиванием, однако на практике предпочитают использовать методы определения грубодисперсных веществ по прозрачности и мутности воды.

Прозрачность воды определяют при повышенных концентрациях ГДП в воде при помощи стеклянной трубки, залитой водой, на которой расположен шрифт или крест с шириной линии 1 мм.

Сухой остаток позволяет косвенно судить о солесодержании воды, т.е. о сумме всех анионов и катионов в воде, за исключением ионов H^+ и OH^- .

Концентрации отдельных ионов в воде определяют методами химического анализа.

Жесткость воды является одним из важнейших показателей, определяющих пути использования воды в теплоэнергетике.

1.10.2 Автоматизация химического контроля

Принципиальная схема оперативного химического контроля, приведенная на рисунке, была разработана в ВТИ.

Содержанием принципиальной схемы химического контроля является совокупность сведений о точках отбора проб, графике отбора, объеме контроля и методах анализа отбираемых проб. От места расположения точки отбора и тщательности выполнения всех вспомогательных устройств зависит представительность отбираемой пробы в отношении как контролируемого объекта, так и контролируемой примеси. Точку отбора проб называют место взятия проб из аппарата или трубопровода с необходимыми для этого приспособления для отбора. Пробу называют представительной, когда концентрации определяемых примесей в пробе совпадают со средней их концентрацией в контролируемом объекте. Техника отбора проб должна по возможности исключать причины, вызывающие нарушение представительности проб. Согласно этой схеме при оперативном химическом контроле автоматически определяются следующие показатели рабочей среды значения рН питательной воды и конденсата после ПНД удельные электропроводимости Н-катионированной пробы конденсата перед и после конденсатоочистки, а также питательной воды и перегретого пара перед турбиной содержание натрия в конденсате и питательной воде содержание растворенного кислорода в конденсате за конденсатными насосами и после ПНД, до деаэратора, а также в питательной воде за деаэратором и в конденсате за сливными насосами ПНД содержание водорода в паре до и за пароперегревателем содержание растворенных кремнекислых соединений в конденсате после конденсатоочистки и в перегретом паре перед турбиной.

По нормам технологического проектирования ТЭС общестанционная химическая лаборатория площадью 200–400 м² и экспресс-лаборатории площадью 50 на ХВО и на территории энергоблоков, по одной лаборатории на два блока площадью 120 м. Она осуществляет не только химконтроль водного режима, но также топливного, масляного и газового хозяйств электростанции. Она же ведет контроль за состоянием атмосферы и за сточными водами станции, контролирует состав воздуха в аппаратуре, подлежащей осмотру или ремонту, и т.д. Персонал центральной химлаборатории работает только в дневную смену. Экспресс-лаборатории на химводоочистке и на территории энергоблоков работают круглосуточно.

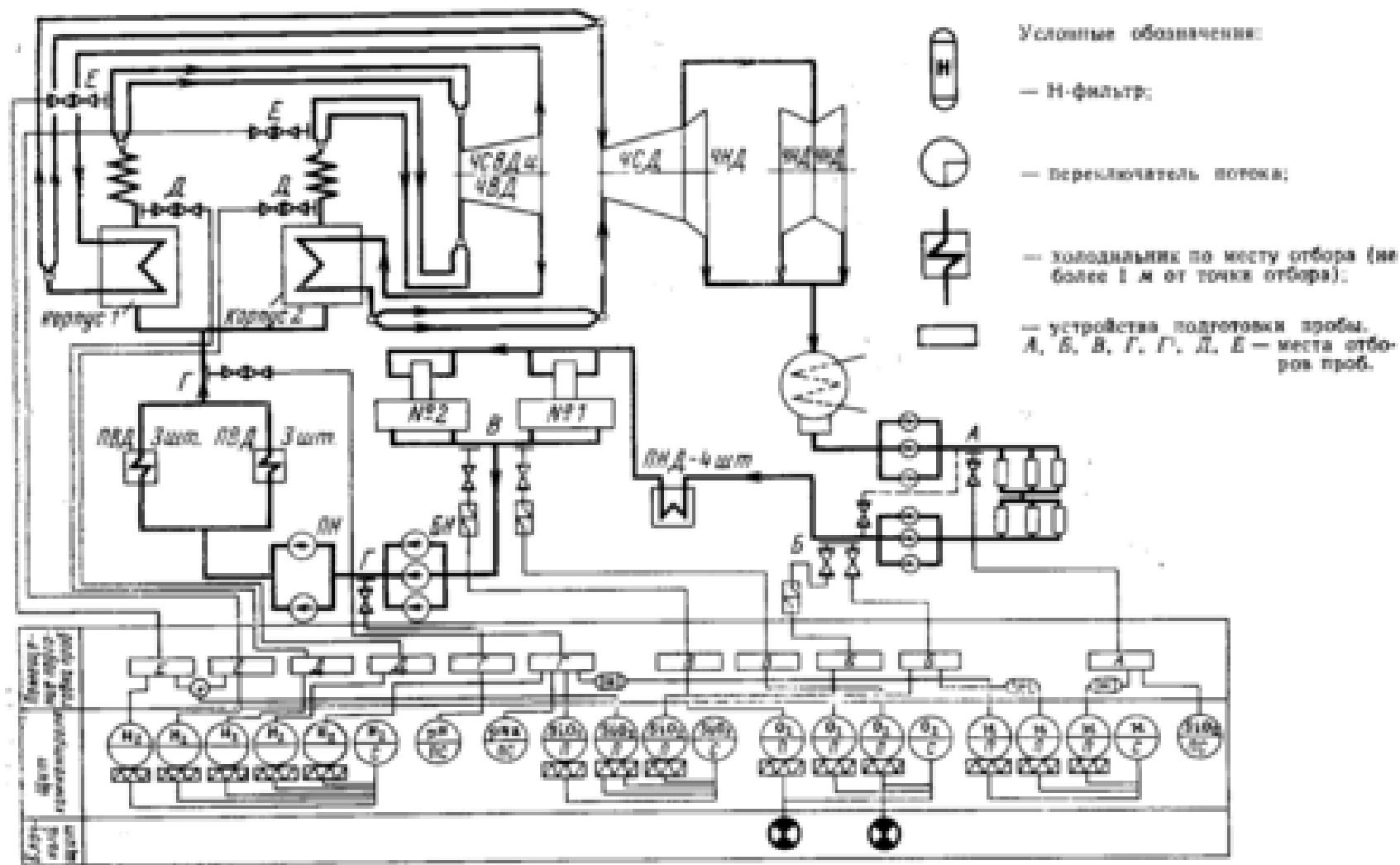


График контроля устанавливает периодичность взятия проб на анализ. Он разрабатывается исходя из характера изменения концентрации примесей в контролируемой среде и целевого назначения химического контроля. Когда концентрация примесей может изменяться достаточно быстро или ее повышение таит угрозу серьезных нарушений водного режима, целесообразно иметь непрерывный контроль. Для осуществления непрерывного химического контроля необходимо иметь автоматически действующие приборы-анализаторы.

1.10.3 Приборы химического контроля

Организация химконтроля на базе автоматических приборов-анализаторов позволяет экономить время и труд на выполнение иногда значительного объема химического контроля. Автоматические анализаторы химсостава широко используют в современном производстве, они уменьшают вклад химика-аналитика в получение первичной информации о химическом составе технологических продуктов, но значительно увеличивают его вклад в метрологическое обеспечение измерений. Существуют автоматические промышленные хроматографы, спектрометры, приборы, работающие на электрохимических принципах, различные сенсорные устройства.

Отечественная промышленность выпускает серийно ряд автоматических приборов химического контроля: рН-метры, кондуктометры, солемеры с дегазацией и обогащением пробы, концентратомеры и т.д. Изготавливаются мелкими партиями кислородомеры и сигнализаторы жесткости воды. В настоящее время выделены специализированная организация и средства для разработки всего комплекта приборов, необходимых для химического контроля за водным режимом энергоблоков.

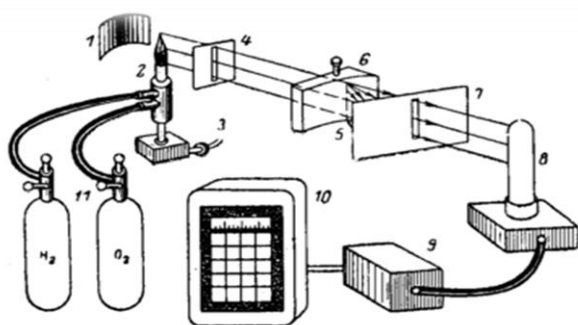


Рис. 6-1. Схема спектропламяфотометра (ВТИ).
1 — зеркало; 2 — горелка; 3 — проба; 4 — входная щель; 5 — спектр; 6 — призма; 7 — выходная щель; 8 — фотоумножитель (фотоэлемент); 9 — усилитель; 10 — вторичный регистрирующий прибор; 11 — баллоны с газом.

Наиболее точным и чувствительным способом контроля качества пара является в настоящее время спектропламяфотометрическое определение в нём Na^+ (чувствительность 0,1 мкг/кг). Примечание: 1 — зеркало; 2 — горелка; 3 — проба; 4 — входная щель; 5 — спектр; 6 — призма; 7 — выходная щель; 8 — фотоумножитель (фотоэлемент); 9 — усилитель; 10 — вторичный регистрирующий прибор; 11 — баллоны с газом.

Принцип действия кислородомера «Марк-3» аналогичен, но в схеме прибора отсутствует насос, а газопередача осуществляется за счет эжекции

водорода анализируемой водой. Чувствительный элемент состоит из той же пары электродов, но расположенных в камере, заполненной специальным материалом, смоченным раствором электролита.

1.11 Основные нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя

1.11.1 Задачи ВХР на ТЭС

Общими задачами *организации водно-химических режимов* на ТЭС являются предотвращение образования отложений на поверхностях основных (котел, турбина, конденсатор) и вспомогательных агрегатов, соприкасающихся с рабочей средой, и уменьшение коррозии конструкционных материалов на всех участках пароводяного тракта, с тем чтобы была обеспечена бесперебойная, надежная и экономичная работа оборудования.

1.11.2 Принципы выбора ВХР в зависимости от типа парогенераторов

Коррекция ВХР – это комплекс мероприятий, направленных на обеспечение и поддержание регламентированных качества и состава пара и воды с целью повышения надежности и экономичности работы оборудования в части зависящей от коррекции ВХР.

Показатели качества и состава теплоносителя (пара и воды) включают в себя солесодержание, электропроводность, рН, содержание различных примесей воды: железо, медь, кислород, уголекислота, а также специально вводимые в теплоноситель (корректирующие) примеси – аммиак, гидразин, фосфаты и др.

Основными объектами, к которым применяется понятие коррекция ВХР, являются ТЭС с барабанными и ТЭС с прямоточными котлами. Кроме того, это понятие применяется к теплосетям и объектам со вспомогательным оборудованием: система охлаждения конденсаторов турбин, система водяного охлаждения статоров, водогрейные котлы и др.

Виды ВХР применительно к основному оборудованию (т.е. к ТЭС с прямоточными и барабанными котлами):

- традиционный для барабанных котлов режим с вводом гидразина и аммиака в питательную воду и с вводом фосфатов в котловую воду;
- получивший распространение на ТЭС с прямоточными котлами нейтрально-кислородный режим (НКВР) с вводом в теплоноситель кислорода

или других окислителей в условиях поддержания очень чистой в отношении других примесей (кроме вводимого окислителя) воды;

- получивший не меньшее распространение на ТЭС с прямоточными котлами кислородно-аммиачный режим (КАВР), где наряду с вводом окислителя в теплоноситель вводятся также небольшие дозы аммиака;

- полиаминные режимы – эпураминный, хеламинный, акваминный – применяемые в последние годы на некоторых ТЭС с барабанными котлами и характеризующиеся вводом в питательную (реже в котловую) воду смеси многоатомных аминов;

- режим без ввода корректирующих реагентов.

1.11.3 Нормирование теплоносителя на ТЭС для барабанных котлов

Согласно «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» нормирование теплоносителя для котлов барабанного типа осуществляют по качеству котловой, питательной воды и перегретого пара. Нормы качества напрямую определяются рабочим давлением котла, соответственно, рабочее давление определяет и водно-химический режим.

При средних давлениях растворимость всех примесей в паре, включая кремниевую кислоту, незначительна. Поэтому содержание кремниевой кислоты в питательной воде для котлов средних давлений не нормируется. Соответственно в конструкциях этих котлов не предусматривается промывка пара. В тоже время в паровых котлах давлением до 7 МПа соли, уносимые паром из котловой воды, присутствуют только в каплях котловой воды. Отделение этих капель, увеличение «сухости» пара – путь к уменьшению осаждения солей.

Основным водно-химическим режимом является фосфатирование.

Ввод фосфатов производится в барабан котла. Если котел выполнен со ступенчатым испарением, то поступление фосфатов организуют в чистый отсек барабана.

Для таких котлов возможно применение и комплексонного режима. Однако при нормируемых значениях жесткости питательной воды для котлов средних давлений и степени упаривания котловой воды он дороже в связи со значительным расходом комплексона на образование комплексонатов кальция.

Наиболее оптимальным при организации водных режимов для котлов среднего давления является режим фосфатирования с предварительной комплексонной обработкой в процессе каждой растопки. Технологии ее такова:

перед растопкой котла его водяной объем заполняется холодной питательной водой, содержащей 300–500 мг/кг трилона Б. В процессе растопки после достижения температуры теплоносителя 40–150 °С при давлении $P = 0,5–0,6$ МПа дальнейший подъем температуры не производится в течение 1,5–2 часов. В результате этого поверхности труб очищаются и подготавливаются к образованию на них оксидной пленки, а образующиеся при этом комплексоны железа переходят в раствор.

Питательная вода при применении фосфатного режима должна корректироваться аммиаком и гидразином.

Для котлов высокого давления требования к теплоносителю ужесточаются. Поэтому подпиточная вода готовится по схемам обессоливания, а в конструкциях этих котлов установлены паропромывочные устройства, т.к. питательная вода нормируется и по содержанию в ней кремниевой кислоты.

«Правилами технической эксплуатации электростанций и сетей» для котлов с рабочим давлением 11 МПа рекомендуются также два водных режима: фосфатный и комплексонный. Питательная вода корректируется аммиаком и гидразином.

Однако при этом необходимо учитывать, что, чем выше качество питательной воды, тем более фосфатирование теряет свою актуальность, так как состав отложений при этом резко меняется и основу их составляют уже оксиды металлов, а не соли жесткости. При наличии избытка ионов PO_4^{3-} это может привести к образованию отложений, состоящих из фосфатов железа.

Преимущества фосфатного режима для высокого давления проявляются только в периоды резко повышенных присосов охлаждающей воды в конденсаторах турбин, предотвращая кальциевые накипеобразования. При нормальной плотности конденсатора и высоких тепловых нагрузках экранных труб опыт эксплуатации котлов данного типа на фосфатном режиме выявил серьезные недостатки.

В связи с минимальным содержанием в питательной воде ионов кальция, фосфат-ионы не только образуют железофосфатные отложения ($Fe_3(PO_4)_2$, $NaFePO_4$), но и проникают в дефекты решетки магнетита, замещая атомы кислорода и разрыхляя тем самым защитную пленку на стали. Это способствует развитию коррозии с проникновением в металл выделяющегося водорода (наводороживание стали).

В результате на котлах высокого давления и особенно при работе на жидком топливе, которое вызывает высокие тепловые нагрузки, наблюдались хрупкие, формационные разрушения экранных труб. Также наблюдались

отложения кислых фосфатов, которые, взаимодействуя с защитной магнетитовой пленкой, разрушали ее, интенсифицируя тем самым коррозию.

Для устранения выявленных недостатков на котлах высокого давления был рекомендован модифицированный (эквивалентный) фосфатный режим. Суть его заключается в снижении концентрации фосфатов в котловой воде с одновременным введением сильной щелочи NaOH в количестве 1–2 мг/кг, что позволяет снизить скорость образования железофосфатных отложений, вследствие незначительной концентрации фосфатов, а также уменьшить интенсивность коррозии труб экранной системы.

Наряду с модифицированным фосфатным режимом «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» разрешен комплексный водный режим. Подпиточная вода для котлов высокого давления готовится по схеме обессоливания, поэтому жесткость питательной воды очень мала и основной ее примесью являются оксиды железа. Главное назначение комплексного водного режима состоит в обеспечении образования и поддержании защитных оксидных пленок в экранных трубах. Равномерное распределение образующегося магнетита по всем обогреваемым и необогреваемым трубам поверхности парообразующей системы котла, высокая теплопроводность пленки, малая ее толщина показывают на оптимальность комплексного водного режима для котлов высокого давления. Тем не, менее по ряду объективных причин, широкого применения данный режим не получил.

1.12 Принципы создания системы химико-технологического мониторинга (СХТМ) на ТЭС

1.12.1 Назначение СХТМ, факторы, учитываемые при её создании и внедрении на ТЭС.

Системы химико-технологического мониторинга представляют собой специализированные информационно-измерительные системы, предназначенные для непрерывного контроля за водно-химическим режимом (ВХР) котлоагрегатов и турбин всех типов, а также другого оборудования ТЭС и второго контура АЭС.

Внедрение систем химико-технологического мониторинга позволяет существенно снизить повреждаемость и увеличить ресурс основного оборудования ТЭС и АЭС за счет правильного ведения ВХР и оперативного устранения нарушений ВХР.

Экономическая эффективность внедрения систем химико-технологического мониторинга обусловлена высокой повреждаемостью

основного оборудования при нарушениях ВХР (до 50% всех повреждений) при объеме автоматического контроля ВХР не более 20% от общего объема контроля параметров энергетического оборудования.

Системы автоматического мониторинга обеспечивают:

1. Непрерывный контроль за удельной электропроводностью (солесодержанием), показателем рН, содержанием кислорода и натрия;
2. Возможность ввода данных от ряда датчиков штатной системы АСУ ТП;
3. Наглядное оперативное отображение информации на мнемосхемах, в таблицах и на графиках на любой ЭВМ в системе;
4. Предупредительную и аварийную сигнализацию при выходе параметров ВХР за заданные границы с выдачей аварийного сигнала на БЩУ;
5. Возможность контроля ВХР как в стационарном, так и в пусковом режиме с автоматическим изменением номенклатуры и границ полей допусков датчиков в зависимости от режима работы оборудования;
6. Возможность получения расчетным путем косвенных параметров ВХР (например, расчет концентрации аммиака и углекислоты по результатам автоматического измерения УЭП и рН, карбонатного индекса и т.д.);
7. Возможность ввода, отображения и анализа результатов экспресс-анализов, проводимых обслуживающим персоналом вручную;
8. Сохранение информации в течение всего срока эксплуатации систем химико-технологического мониторинга и возможность анализа ВХР за любой прошедший промежуток времени;
9. Распечатку среднесменных и среднесуточных показателей работы ВХР и других отчетных форм в привычном для персонала виде;
10. Дружественный интерфейс, позволяющий работать с системой персоналу практически без специальной подготовки;
11. Возможность обмена информацией с АСУ ТП и удаленными рабочими местами по локальной сети ТЭС.

Основные преимущества систем химико-технологического мониторинга:

Высокая надежность и приспособленность к работе в промышленных условиях – это основные преимущества поставляемых нами систем химико-технологического мониторинга. Для достижения этих преимуществ использованы следующие основные технические решения:

Применена специально разработанная конфигурация систем химико-технологического мониторинга, предусматривающая «горячее» резервирование на каждой из двух входящих в систему промышленных ЭВМ всех поступающих данных. Это позволяет сохранять все данные и

работоспособность системы в полном объеме, даже при полном выходе из строя одной из ЭВМ.

В основном используются специальные системные модификации приборов автоматического контроля ВХР собственного производства.

Питание программно-технического комплекса систем химико-технологического мониторинга от источников бесперебойного питания. Питание УПП и приборов АХК безопасным напряжением – 36В.

Использование развитой программно-аппаратной системы контроля достоверности поступающих от приборов данных, базирующейся на анализе автоматически передаваемых приборами телеметрических сигналов и на алгоритмической обработке поступающих данных.

Наличие режима ввода данных ручных экспресс анализов в привычной для персонала форме суточной ведомости и отображение этих данных во всех других режимах работы системы наравне с данными автоматических приборов. Это позволяет перейти со временем на безбумажную технологию работы дежурного персонала.

1.12.2 Цели и задачи СХТМ ВХР. Принципиальная схема СХТМ

Основными целями создания СХТМ являются:

- своевременное устранение возникших нарушений ВХР;
- минимизация коррозионных процессов;
- автоматизация ввода и поддержание требуемых концентраций корректирующих реагентов;
- предотвращение образования отложений на поверхностях нагрева;
- снижение повреждаемости оборудования за счет совершенствования ВХР.

При эксплуатации систем:

- наблюдается повышение качества ВХР за счет снижения числа и отсутствия нарушений ВХР;
- отмечается экономия топлива за счет снижения количества отложений на поверхностях нагрева;
- наблюдается снижение затрат на собственные нужды из-за увеличения межпромывочного периода котлов;
- отмечается экономия затрат на ремонт в год из-за снижения повреждаемости поверхностей нагрева по вине нарушений ВХР;
- происходит экономия затрат на корректирующие реагенты за счет автоматизации ввода реагентов.

В настоящее время система мониторинга на ТЭС является подсистемой АСУ ТП, включающей до 1000 различных входных сигналов.

Одной из приоритетных задач в СХТМ является разработка систем автоматического дозирования корректирующих реагентов, т.к. на большинство станций такие системы морально и физически устарели.

Принципиальная схема СХТМ ВХР

Аналоговые сигналы от приборов АХК вводятся в контроллеры, откуда



через полевую контроллерную сеть направляются на рабочие станции оперативного контроля, далее в локальную вычислительную сеть ТЭС и на информационные АРМ. Вся информация поступает на сервер базы данных. Результаты лабораторных анализов вводятся в БД вручную на соответствующих рабочих станциях оперативного персонала химического цеха. На сервере организована первичная обработка и хранение данных.

Преимущества СХТМ

Высокая надежность и приспособленность к работе в промышленных условиях – это основные преимущества поставляемых нами систем химико-технологического мониторинга.

Именно эксплуатация СХТМ существенно повышает надежность поддержания основных параметров в нормируемых диапазонах и приводит к снижению аварийности на станциях.

1.13 Задачи оперативного химконтроля ВХР энергоблока

1.13.1 Виды и характеристика отложений на поверхностях нагрева теплообменного оборудования ТЭС

Примеси, содержащиеся в питательной воде, могут выделяться в твердую фазу на внутренних поверхностях котлов, испарителей, конденсаторов турбин в виде накипи (отложения непосредственно на поверхности нагрева) или шлама (грубодисперстные частицы, находящиеся в объеме воды). Однако четкой границы между накипью и шламом не существует, т.к. с течением времени вещества, образующие накипи, могут переходить в шлам, а шлам при определенных условиях может прикипать к поверхности.

Состав, структура и физические свойства отложений в котлах зависят в основном от химического состава питательной и котловой воды, а также от температурного режима работы оборудования. Химический состав примесей теплоносителя напрямую определяется уровнем химводоподготовки и применяемыми методами коррекции питательной и котловой воды, т.е. водно-химическим режимом.

Источником формирования отложений в теплообменном оборудовании являются:

- растворенные в воде соли:
- коллоидные (органические) вещества с размером частиц от 1 до 15 мкм:
- продукты коррозии конструкционных материалов теплообменного оборудования.

Все виды отложений вызывают ухудшение теплоотдачи и, как следствие, увеличение расхода топлива и повышение температуры металла труб.

Отложения, образующиеся на поверхностях нагрева теплоэнергетического оборудования весьма разнообразны по химическому составу, структуре, плотности, прочности связи с металлом, коэффициенту теплопроводности.

1.13.2 Организация контроля за чистотой поверхности нагрева теплообменного оборудования ТЭС

Контроль состояния поверхностей нагрева парогенераторов

На ТЭС используют два вида контроля за состоянием внутренней поверхности экранных труб котлов:

- в процессе эксплуатации – контроль за температурой металла труб (в случае оборудования котла системой температурного контроля);
- при останове котла (выборочная вырезка контрольных образцов).

Маркировка элементов поверхностей нагрева котла, где устанавливают температурные вставки или делают вырезки, выполняют следующим образом:

при проведении маркировки на котлах с вертикально расположенными трубами (котлы с естественной циркуляцией) наблюдатель должен находиться вне топки лицом к фронту котла. Трубы и змеевики маркируют арабскими цифрами. Трубы фронтального и заднего экранов нумеруют слева направо по фронту котла, трубы боковых и двусветных экранов – по направлению от фронта к задней стене;

Для наблюдения за температурой экранных труб в них вваривают специальные температурные вставки. Температурная вставка представляет собой отрезок трубы длиной 200–300 мм, диаметром и толщиной стенки, равными экранным трубам. Вставку оснащают двумя термопарами на случай выхода одной из них из строя. Показания термопар выводят на вторичный (регистрирующий) прибор, который затем периодически подключают через 5–7 суток на 2–3 часа. Эти показания записывают в специальный журнал на номинальной нагрузке в установившемся режиме работы котла. Для записи выбирается максимальное значение температуры, определяемой в течение 5-10 минут непрерывных записей по каждой вставке.

Коррозионно-эрозионные процессы в пароводяном тракте ТЭС

Более половины аварий и неполадок на оборудовании электростанций вызваны коррозионными повреждениями.

Для надёжной и безопасной эксплуатации теплоэнергетического оборудования, своевременного обнаружения коррозионных повреждений большое значение имеет контроль за скоростью коррозии в условиях эксплуатации на различных участках пароводяного тракта, экономайзерной части котла, оборудования систем теплоснабжения.

Процессы коррозии необратимы и часто приводят к аварийным ситуациям при работе теплоэнергетического оборудования. Поэтому их необходимо обнаруживать на ранних стадиях, иметь возможность давать количественную

оценку коррозионных повреждений, прогнозировать их характер и скорость развития. Оперативно установленные причины коррозионных процессов позволяют грамотно выбрать метод защиты металла.

Целью контроля за скоростью развития коррозии теплоэнергетического оборудования является не только определение срока его службы, но и раскрытие механизма коррозионного процесса, установление агрессивных компонентов теплоносителя, контактирующих с металлом, изучение факторов, влияющих на этот процесс.

Скорость развития коррозионных процессов металла на внутренней поверхности зависит от температуры и физико-химических параметров воды: содержание кислорода, свободной угольной кислоты, хлоридов и сульфатов, являющихся депассиваторами металла, значения pH и щелочности.

Традиционно для определения скорости коррозии в конденсатопитательном тракте ТЭС и системах теплоснабжения используют блок индикаторных пластин (БИП). Индикаторы коррозии - это образцы-свидетели, которые должны быть изготовлены из металла, идентичного металлу трубопровода, либо другого оборудования, и находиться с ним в одинаковых гидрохимических условиях.

Более половины аварий и неполадок на оборудовании электростанций вызваны коррозионными повреждениями.

Для надёжной и безопасной эксплуатации теплоэнергетического оборудования, своевременного обнаружения коррозионных повреждений большое значение имеет контроль за скоростью коррозии в условиях эксплуатации на различных участках пароводяного тракта, экономайзерной части котла, оборудования систем теплоснабжения.

Процессы коррозии необратимы и часто приводят к аварийным ситуациям при работе теплоэнергетического оборудования. Поэтому их необходимо обнаруживать на ранних стадиях, иметь возможность давать количественную оценку коррозионных повреждений, прогнозировать их характер и скорость развития. Оперативно установленные причины коррозионных процессов позволяют грамотно выбрать метод защиты металла.

Целью контроля за скоростью развития коррозии теплоэнергетического оборудования является не только определение срока его службы, но и раскрытие механизма коррозионного процесса, установление агрессивных компонентов теплоносителя, контактирующих с металлом, изучение факторов, влияющих на этот процесс.

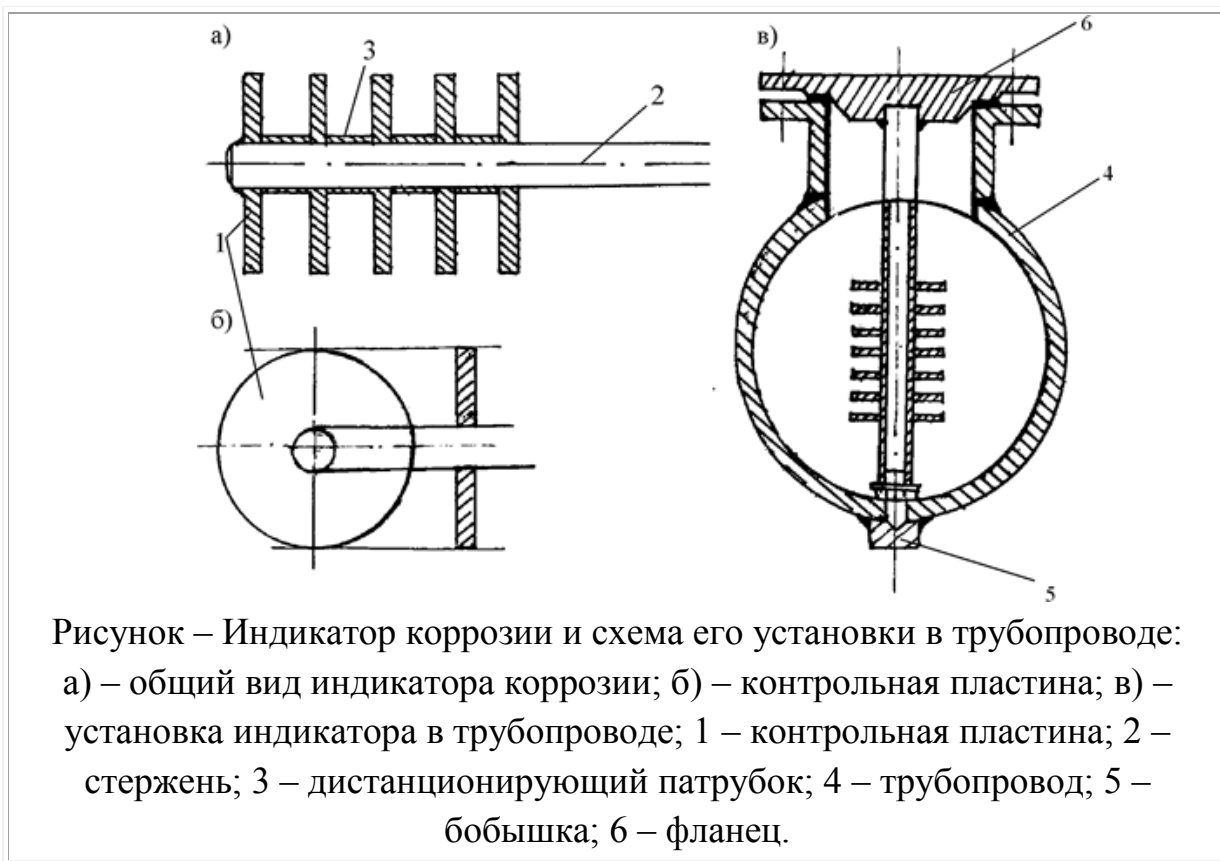
Скорость развития коррозионных процессов металла на внутренней поверхности зависит от температуры и физико-химических параметров воды:

содержание кислорода, свободной угольной кислоты, хлоридов и сульфатов, являющихся депассиваторами металла, значения рН и щелочности.

Традиционно для определения скорости коррозии в конденсатопитательном тракте ТЭС и системах теплоснабжения используют блок индикаторных пластин (БИП). Индикаторы коррозии – это образцы-свидетели, которые должны быть изготовлены из металла, идентичного металлу трубопровода, либо другого оборудования, и находиться с ним в одинаковых гидрохимических условиях.

При организации контроля за внутренней коррозией трубопроводов систем теплоснабжения проводят систематические анализы сетевой воды, а в наиболее характерных точках системы (на выводах с ТЭЦ, конечных участках и двух-трех участках магистрали) устанавливают блоки индикаторных пластин.

Индикатор коррозии и схема его установки в трубопроводе приведена на рисунке а, б, в.



Контрольные пластины 1 представляют собой круглые диски диаметром 60 и толщиной 3 мм с отверстием в центре. Поверхность пластин шлифуется и промывается раствором щелочи, спиртом и эфиром. Перед установкой в трубопровод высушенные образцы взвешивают с точностью до 0,0001 г. Пластины надевают на стержень 2 и отделяют друг от друга дистанционирующими патрубками 3. Стержень с набором пластин

устанавливают по оси трубопровода 4 и фиксируют в нем с помощью бобышки 5 и фланца 6.

После сборки пластин на штоке-держателе в журнал учёта и обработки индикаторов записывают:

- номера пластин-индикаторов;
- вес и площадь каждой пластины;
- последовательность их установки на штоке (от головки болта).

На ТЭС и АЭС индикаторы устанавливают на вертикальных участках трубопроводов. Рекомендуется ставить их в начале и конце конденсатного тракта, а также на трубопроводе греющего пара ПНД. Длительность испытания индикаторов должна быть не менее 1 года. С целью изучения кинетики процесса коррозии рекомендуется устанавливать по 15–20 индикаторных пластин для возможности извлечения по 3–4 пластины через различные промежутки времени. Скорость и формы проявления коррозии конструкционных материалов определяют по состоянию индикаторных пластин, простоявших максимальное время.

После извлечения индикатора из испытуемого оборудования с поверхности пластин необходимо удалить слои продуктов коррозии и отложений. Это делают с помощью мягкой резины под струёй воды. Если отложения удалены не полностью, то пластины на 15–20 минут погружают в 5% раствор ингибированной соляной кислоты, а затем вновь промывают сильной струёй воды. Эту процедуру повторяют до полного удаления отложений. Далее производят их осмотр и фиксируют в специальном журнале состояние, отмечая цвет образцов, равномерность отложений, наличие локальной (язвины, бугорки) или щелевой коррозии.

Для оценки, как состояния металла трубопроводов, так и водно-химического режима, необходимо иметь данные по скорости коррозии в различных участках трубопроводов, виду коррозионного поражения и интенсивности образования отложений. Кроме того, эти данные позволяют установить причины коррозионного повреждения трубопроводов, определить влияние коррозионных повреждений на долговечность трубопроводов и разработать обоснованные мероприятия по защите трубопроводов от внутренней коррозии.

В таблице представлена скорость (проницаемость) коррозии, соответствующая агрессивности сетевой воды систем теплоснабжения.

Таблица

Данные по скорости коррозии и агрессивности сетевой воды

Скорость коррозии, мм/год	Агрессивность сетевой воды
0–0,03	низкая
0,031–0,085	допустимая
0,0851–0,2	высокая
выше 0,2	аварийная

Оценка интенсивности внутренней коррозии приводится по группам интенсивности коррозионного процесса.

Таблица

Оценка интенсивности внутренней коррозии

Группа	Скорость коррозии, (проницаемость) П, мм/год	Интенсивность коррозионного процесса
1	$P < 0,04$	слабая
2	$0,04 < P < 0,05$	средняя
3	$0,05 < P < 0,2$	сильная
4	$0,2 > P$	аварийная

Интенсивность коррозии, соответствующая 1-й группе, считается безопасной.

При интенсивности коррозии, соответствующей 2-й группе, должны быть проанализированы причины коррозии и выработаны мероприятия по их устранению.

При интенсивности коррозии, соответствующей 3-й и 4-й группам, эксплуатация трубопровода до устранения причины, вызывающих интенсивную внутреннюю коррозию, должна быть запрещена.

Основным недостатком контроля скорости коррозии с помощью блока индикаторных пластин является долгосрочность. Кроме того, персоналу невозможно выделить период эксплуатации оборудования и сезон года, когда скорость коррозии была минимальной или максимальной.

Датчик обнаружения коррозии CorrTran™ является первым двухпроводным датчиком с уровнем сигнала 4–20 мА, который в состоянии измерять как общую, так и локальную (точечную) коррозию в едином промышленном корпусе. Он предназначен для проведения замеров коррозии вне лаборатории с целью ежедневного контроля за скоростью коррозии. В

основе работы датчиков CorrTran™ лежат современные алгоритмы и методы анализа данных, позволяющие точно измерять скорость общей и локальной (точечной) коррозии. В ходе цикла измерения датчик CorrTran™ осуществляет измерение уникального электрохимического шума, который в сочетании с данными о скорости коррозии обеспечивает измерение точечной коррозии. При завершении каждого цикла измерения вычисляется соответствующая скорость коррозии или значение точечной коррозии в форме сигнала 4–20 мА.

Оперативная информация с помощью управляющего сигнала 4–20 мА позволяет определить состояние коррозии. Можно сравнить архивные данные о скорости коррозии с текущей скоростью и быстро определить изменения в качестве воды, химические изменения и эффективность ингибитора коррозии.

Чтобы измерение было точным, электроды должны быть сделаны из того же материала, что и труба или сосуд, в котором осуществляется измерение. На электроды наводится небольшой сигнал, и они помещаются непосредственно в коррозионную среду. Чтобы получить точные сведения о коррозии, сигналы электродов отслеживаются и анализируются датчиком в течение 7 минут.

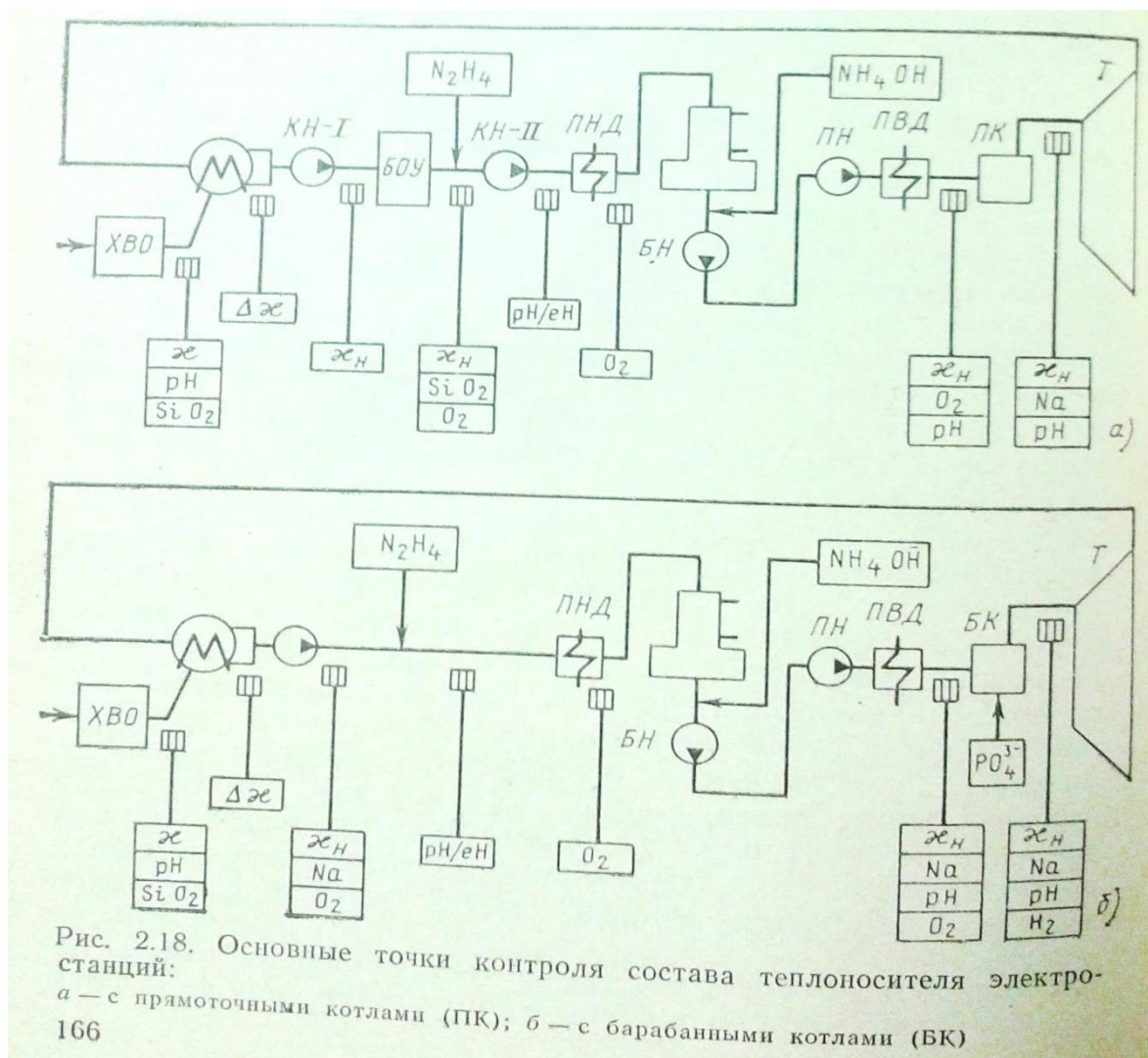
1.14 Принцип организации схемы хим. контроля теплоносителя в основном цикле ТЭС

1.14.1 Точки отбора проб, графики отбора, объёмы анализа. Представительность проб

Показатели качества и основные места отбора проб для автоматического химконтроля представлены на рисунке а и б.

При этом автоматически контролируют следующие показатели качества теплоносителя: электропроводность Н-катионированной пробы x_n ; значение рН; содержание растворенных кислорода O_2 , натрия Na^+ , SiO_2 . В ряде случаев необходимо получать непрерывные данные о содержании в паре растворенного водорода H_2 , а также содержания в нем хлоридов Cl^- . Содержание продуктов коррозии (ПК) (железа и меди) контролируют эпизодически лабораторными (инструментальными) методами.

Наличие этих примесей в теплоносителе является результатом медленно текущих коррозионных процессов, и их концентрация не подвержена резким изменениям во времени. Контроль за содержанием в теплоносителе корректирующих добавок (гидразина, аммиака, кислорода и др.) необходим для оптимального беления процесса коррекционной обработки.



Контроль за этими показателями входит в объем оперативного управления составом теплоносителя. Работники лаборатории составляют программу и график обследований, которые согласовывают с отделами и службами ТЭС и утверждает главный инженер. **Представительной** называется проба, малое количество которой отражает истинное состояние теплоносителя.

1.14.2 Требования к прокладке пробоотборных линий

Для проведения химического контроля используют штатные схемы в том случае, когда установка отборного зонда соответствует направлению потока продувочного пара. Диаметр пробоотборных линий должен быть не менее 10мм, чтобы они не забивались во время ПКО. Для получения представительной пробы на содержание продуктов коррозии железа на выхлопном трубопроводе устанавливают зонд с пробоотборником диаметром 16мм и штуцером для отбора пробы на кислород. Пробоотборные линии и поверхности охлаждения холодильников должны быть выполнены из нержавеющей стали.

На тепловых электростанциях с энергоблоками мощностью 200 МВт и более и на ТЭЦ с агрегатами мощностью 50 МВт и более линии отбора проб должны быть выведены в специальное, имеющее вентиляцию помещение, примыкающее к экспресс лаборатории.

Одним из условий получения достоверных и, главное, сопоставимых результатов химических анализов проб таких объектов химического контроля, как вода, пар и конденсат, является обеспечение одинаковых или по крайней мере близких физических параметров (температуры, давления) проб в момент их отбора на работающем оборудовании. Для этого рекомендуется также, насколько это возможно, сокращать протяженность пробоотборных линий.

Для наиболее рациональной организации химического контроля на мощных ТЭС линии отбора проб должны быть выведены в специальное помещение, примыкающее к экспресс лаборатории. Этим обеспечивается большая оперативность контроля, в значительной мере исключается возможность загрязнения проб при транспортировке их от мест отбора до лаборатории, улучшаются условия эксплуатации холодильников и устройств подготовки пробы, облегчаются и упорядочиваются условия труда персонала, что позволяет уменьшить его численность без снижения качества и оперативности химического контроля.

1.14.3 Устройства для отбора представительных проб теплоносителя(зонды)

Таблица 1

Наименование устройства	Отбираемая проба	Место установки		Требования установки		Примечание
		Котлы НД, СД	Котлы ВД и СКД	Котлы НД и СД	Котлы ВД и СКД	
Зонд трубчатый (рисунок 1)	Питательная вода	Трубопровод питательной воды вблизи котла. Трубопровод питательной воды после II ступени экономайзера**.		Наличие прямого вертикального *** участка трубопровода длиной не менее 10 $d_{вн}$ до места установки и не менее 5 $d_{вн}$ после него		При наличии двух питательных линий отбор производится из любой линии
	Конденсат впрыска	-	Трубопровод перед узлом впрыска	-	Наличие прямого вертикального участка трубопровода длиной не менее 10 $d_{вн}$ до места установки и не менее 5 $d_{вн}$ после него	На котлах с впрыском питательной воды отбор не предусматривается
	Котловая вода котлов без ступенчатого испарения	Опускная труба		Наличие прямого участка на нижней части опускной трубы с учетом размещения оборудования на пробоотборной линии и уклона ее по ходу пробы. Длина прямого участка 10 $d_{вн}$ до места установки и 5 $d_{вн}$ после него.		-
	Котловая вода I ступени испарения	Опускная труба I ступени испарения (одна из средних по длине барабана)				-

Продолжение таблицы 1

Наименование устройства	Отбираемая проба	Место установки		Требования установки		Примечание
		Котлы НД, СД	Котлы ВД и СКД	Котлы НД и СД	Котлы ВД и СКД	
Зонд трубчатый (рисунок 1)	Котловая вода II ступени испарения (при двухступенчатом испарении)	Опускная труба II ступени испарения		Наличие прямого участка на нижней части опускной трубы с учетом размещения оборудования на пробоотборной линии и уклона ее по ходу пробы. Длина прямого участка $10 d_{\text{нп}}$ до места установки и $5 d_{\text{нп}}$ после него.		При отсутствии линий выравнивания солевой кратности отбор производится с обеих сторон котла. При наличии линии выравнивания - с одной стороны
	Котловая вода III ступени испарения (при трехступенчатом испарении)	Опускная труба III ступени испарения	-			
Зонд устьевой (рисунки 2,3)	Насыщенный пар котлов с пароперегревателем	Средняя по длине барабана пароводящая труба		Устанавливается в устье пароводящей трубы таким образом, чтобы входное сечение наконечника располагалось по касательной к внутренней поверхности барабана.		Зонд в пароводящем штуцере барабана устанавливается по рисунку 2, в трубе - по рисунку 3
Зонд щелевой со смесителем (рисунок 4)	Насыщенный пар котлов без пароперегревателя Рабочая среда	Горизонтальный или нисходящий вертикальный участок паропровода	За встроенной задвижкой (перед встроенным сепаратором)	В горизонтальном паропроводе зонд устанавливается только вертикально с отводом пробы вниз. Перед смесителем должен быть прямой участок трубопровода не менее $5 d_{\text{нп}}$.	-	Смеситель не устанавливается, если зонд устанавливается на расстоянии $1+2 d_{\text{нп}}$ за подкладным кольцом или $5+6 d_{\text{нп}}$ за измерительной диафрагмой

Продолжение таблицы 1

Наименование устройства	Отбираемая проба	Место установки		Требования установки		Примечание
		Котлы НД, СД	Котлы ВД и СКД	Котлы НД и СД	Котлы ВД и СКД	
Зонд однососковый (рисунок 5)	Перегретый пар	Общий паропровод		-	-	При наличии двух и более паропроводов отбор производится из любого паропровода
	Пар после промпрегрева	-	На линии подачи вторичного пара на турбину вблизи котла	-	-	Отбор предусматривается только для котлов СКД
	Перегретый пар	-	На трубопроводе после пароперегревателя вблизи котла	-	-	
Примечание: Для котлов НД и СД допускается отбор пробы котловой воды выполнять из линии продувки штуцером, который приваривается до узла регулирования продувки заподлицо с внутренней поверхностью трубы.						

1.15 Организация автоматического дозирования аммиака и гидразина в питательную воду

1.15.1 Назначение ввода аммиака и гидразина в питательную воду

Соединения гидразина, обладая сильными восстановительными свойствами, обуславливают восстановление кислорода, нитритов, окислов железа и меди, создание на поверхности металла теплоэнергетического

оборудования устойчивой защитной пленки как при рабочих параметрах, так и при низких температурах, обеспечивая надежную и экономичную эксплуатацию энергетического оборудования.

Гидразинная обработка теплоносителя устраняет или ослабляет:

- коррозию поверхностей котлов и оборудования конденсатно-питательного тракта, выполненных из стали;
- коррозию медьсодержащих сплавов теплопередающих поверхностей конденсатного тракта;
- подшламовую и пароводяную коррозию металла элементов котла, подвергающихся высоким тепловым нагрузкам;
- коррозию конструкционных материалов проточной части турбины.

Суммарная реакция между гидразином и кислородом протекает по уравнению:



На электростанциях, несмотря на хорошую деаэрацию питательной воды, содержащей нитриты (а также нитраты), наблюдаются коррозионные разрушения металла кипяточных и экранных труб котлов, имеющие некоторое внешнее сходство с кислородной коррозией.

Для предупреждения нитритной коррозии стали в барабанных котлах высокого давления в определенных пределах эффективно применение гидразина.

Гидразинная обработка заключается в непрерывном дозировании гидразина в питательную воду, которое обеспечивает практически полное устранение из воды нитритов и нитратов, а также кислорода и создает избыток гидразина. Гидразинную обработку осуществляют в две стадии. На первой стадии гидразинную обработку проводят в течение 5–7 суток при обеспечении расчетной дозировки реагента. Вторая стадия (эксплуатационный режим) гидразинной обработки заключается в постоянном дозировании в питательную воду и поддержании в ней избытка гидразина не менее 0,02 мг/кг, а в котловой воде не менее 0,01 мг/кг.

Гидразин-гидрат, гидразин-сульфат и все растворы гидразина токсичны, поэтому при работе с ними необходимо соблюдать большую осторожность.

Аммиачная обработка питательной воды осуществляется для предупреждения коррозии металла конденсатно-питательного тракта котлов путем повышения значения рН питательной воды.

Водородный показатель рН – мера активности (в очень разбавленных растворах она эквивалентна концентрации) ионов водорода в растворе, количественно выражающая его кислотность.

Доза аммиака должна обеспечивать полное связывание свободной углекислоты и некоторый избыток NH_4OH для повышения рН питательной воды до значения $\text{pH} = 9,1 \pm 0,1$.

При обеспечении необходимой дозы аммиака в питательной воде следует учитывать, что в тепловой схеме ТЭС часть аммиака непрерывно удаляется в деаэраторах, с отсосом паровоздушной смеси из конденсаторов и теплообменных аппаратов. Необходимо также учесть, что часть аммиака, содержащегося в питательной воде, переходит в котле в котловую воду (коэффициент распределения аммиака при давлении 15,5 МПа между паром и водой составляет 3–4, причем некоторая доля его удаляется непрерывной продувкой).

1.15.2 Количественно-качественное регулирования дозирования аммиака и гидразина в питательную воду

Автоматическая система управления дозированием гидразина

Управление дозированием гидразина может осуществляться по двум схемам: пропорционального дозирования реагента в соответствии с расходом обрабатываемой воды и дозирования реагента в соответствии с качеством обрабатываемой воды.

На рисунке представлена принципиальная схема системы автоматического дозирования раствора гидразина заданной концентрации пропорционально расходу обрабатываемой воды. Подача гидразина при этом осуществляется насосом-дозатором типа НД-0,5Э автоматически или дистанционно путем изменения длины хода плунжера с помощью электрического исполнительного механизма. Без каких-либо существенных изменений система может быть дополнена корректирующим импульсом по параметру качества обрабатываемой воды.

Система включает два насоса-дозатора, один из которых находится в резерве, а другой – в работе. Выбор насоса, подключаемого к регулятору, осуществляется переключателем управления 1. Регулятор 2 получает входное воздействие от датчика расхода типа ДМ, воздействует через магнитный пускатель МП на исполнительный механизм насоса-дозатора и изменяет длину хода плунжера.

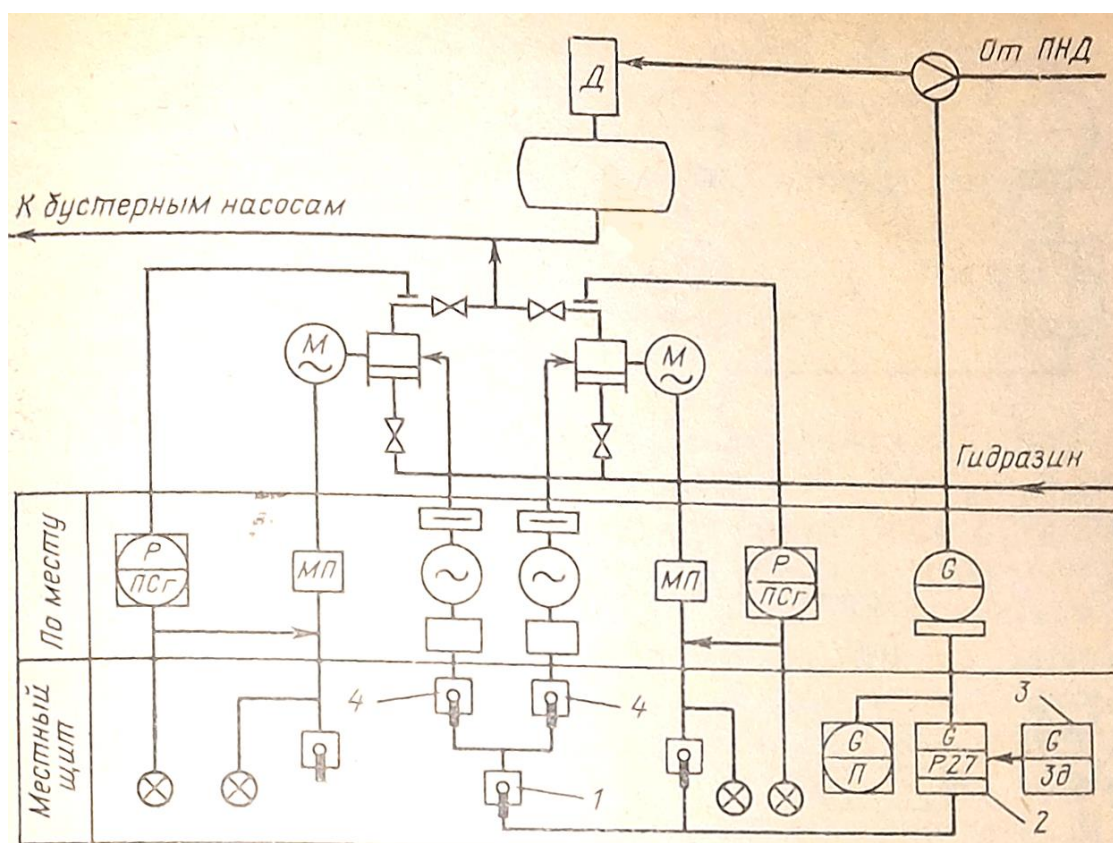


Рисунок – Принципиальная схема системы автоматического дозирования раствора гидразина пропорционально расходу обрабатываемой воды

В насосе обеспечена линейная зависимость между длиной хода плунжера и производительностью. Изменение дозы гидразина осуществляется задатчиком 3 регулятора. С помощью ключа управления 4 возможно дистанционное изменение производительности насоса-дозатора. В системе предусмотрена сигнализация аварийного останова насосов-дозаторов и защита от превышения давления на линии нагнетания насоса. Защита осуществляется с помощью электроконтактного манометра типа ЭКМ, установленного на линии нагнетания. При повышении давления в линии выше установленного разрывается цепь включения НД.

Автоматическая система управления дозированием аммиака

Типовая схема автоматического управления дозированием аммиака представлена, на рисунке. Ввод аммиака производится насосом-дозатором, автоматическое управление которым осуществляется регулятором, получающим входное воздействие от датчика электропроводности и действующим через магнитный пускатель МП на исполнительный механизм насоса-дозатора. В зависимости от значения электропроводности аминированной воды регулятор изменяет дозу аммиака. В системе

предусмотрен автоматический контроль и регистрация электропроводности и автоматический контроль за рН обрабатываемой воды.

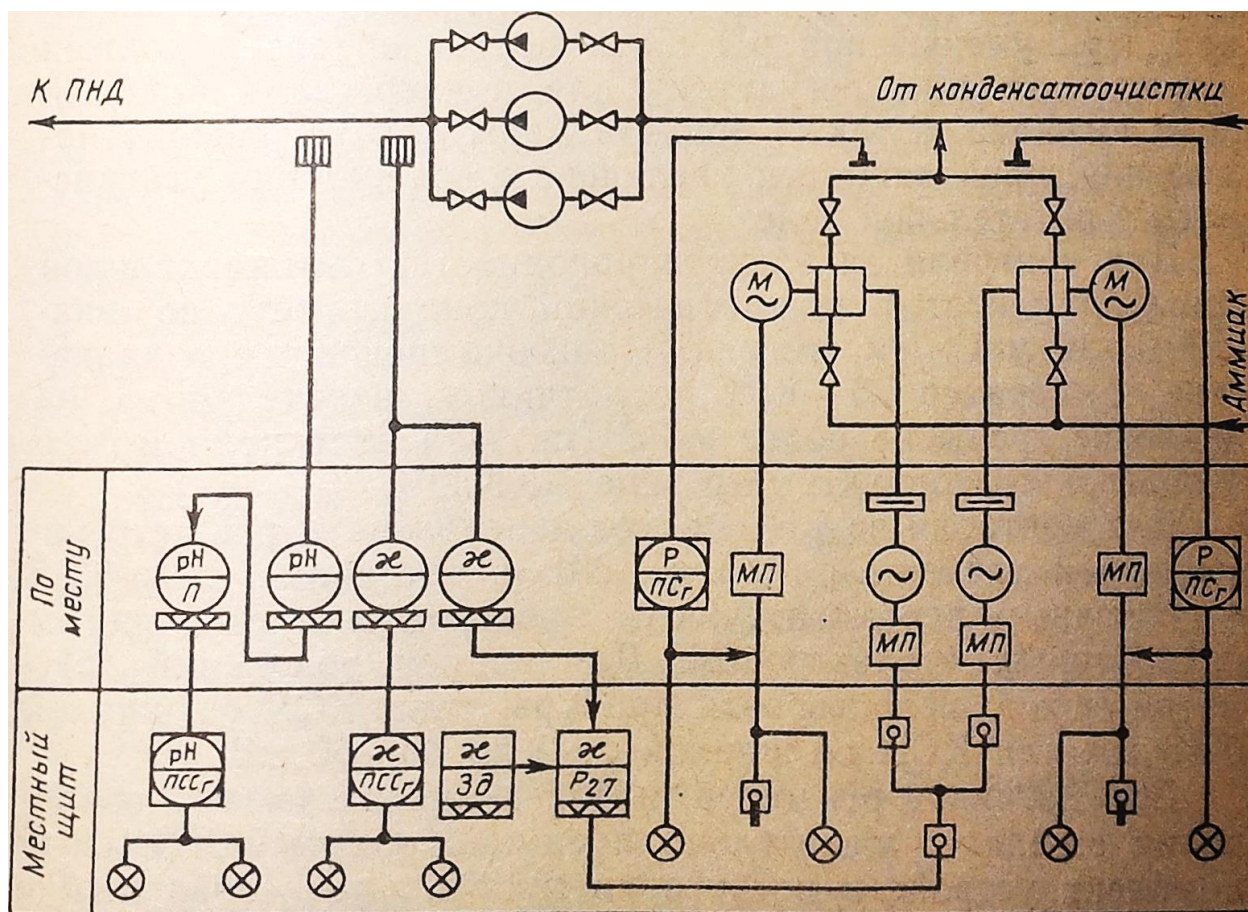


Рисунок – Принципиальная схема автоматического управления дозированием аммиака

Применение для регулирования электропроводности вместо рН повышает надежность системы, так как техника ее измерения более проста и надежна, чем техника измерения рН. Известно, что при отсутствии в воде CO_2 для поддержания значения рН в диапазоне $9,1 \pm 0,1$ необходима концентрация аммиака от 285 до 500 мкг/кг, что допускает отклонение концентрации аммиака примерно на $\pm 25\%$. При этом погрешностью в дозировании аммиака, возникающей за счет изменения фоновой электропроводности обрабатываемой воды (обессоленного конденсата) в диапазоне 0,1–0,2 мкСм/см, можно пренебречь, так как ее значение в 15–40 раз менее значений электропроводности аминированного конденсата. Изменение фоновой электропроводности на 0,1 мкСм/см приведет к изменению подачи аммиака на 15 мкг/кг, что составит 4% среднего значения концентрации NH_3 в обрабатываемой воде. При появлении в питательной воде углекислоты рН ее

упадет значительно сильнее, чем электропроводность. При этом система регулирования увеличит дозу аммиака в количестве, недостаточном для поддержания заданного рН. Во избежание этого в системе предусмотрен автоматический рН-метр с записью и сигнализацией предельных отклонений. При уменьшении рН ниже нормы оператор должен изменить задание регулятору для поддержания большей дозы аммиака, а также принять меры для устранения нарушения, приводящего к увеличению содержания углекислоты в питательной воде.

Для контроля за электропроводностью аминированной воды применяется автоматический кондуктометр со шкалой 0–10 мкОм/см, имеющий термокомпенсацию в диапазоне температур 20–40°С, с датчиком, рассчитанным на давление среды не более 9,8 МПа. Для этой цели можно использовать кондуктометр типа АКК-201.

Для контроля за рН следует использовать рН-метр повышенной точности типа рН-201 с датчиком ДПр-5315 с проточным вспомогательным электродом и стеклянным измерительным электродом. Для записи показаний рН-метра можно использовать приборы типа КСУ со шкалой 0–5 мА или КСП со шкалой от 0 до 30–60 мВ.

Для датчиков рН-метра, используемых в схеме дозирования аммиака, желательно предусматривать отдельный комплект устройств подготовки пробы, не связанный с УПП системы химконтроля. Врезка пробоотборника производится там, где обеспечивается быстрое и надежное смешение введенного аммиака с водой (например, общий трубопровод после бустерных насосов). В целях обеспечения требуемой скорости подачи пробы не менее 0,6 м/с (без увеличения расхода воды через датчики) пробоотборные линии выполняются из нержавеющей трубчатой продукции внутренним диаметром не более 8 мм.

1.16 Организация автоматического дозирования фосфатов в котловую воду

1.16.1 Назначение фосфатирования котловой воды

Фосфатирование котловой воды является средством предупреждения образования в котле кальциевой накипи. Одновременно путем фосфатирования может поддерживаться определенная щелочность рН котловой воды, обеспечивающая защиту металла котла от коррозии.

Фосфатирование следует применять для всех барабанных котлов с абсолютным давлением более 16 кгс/см² при жесткости питательной воды более 1 мкг-экв/л.

Для фосфатирования котловой воды в зависимости от качества питательной воды могут применяться: тринатрийфосфат, смесь тринатрийфосфата с кислыми фосфатами и в отдельных случаях – аммонийфосфат.

При осуществлении фосфатирования в котлах низкого и среднего давлений необходимо поддерживать концентрацию свободных фосфатов в котловой воде:

- а) для котлов без ступенчатого испарения – не менее 5 и не более 15 мг/л;
- б) для котлов со ступенчатым испарением – в чистом отсеке не менее 5 и не более 10 мг/л, в соленом отсеке – не более 75 мг/л.

Фосфатирование должно осуществляться путем непрерывного и равномерного ввода раствора фосфата в котловую воду по индивидуальной схеме, т.е. в каждый котел.

Применение центрального фосфатирования во всасывающую линию питательных насосов недопустимо из-за возможности зашламления питательного тракта. Ввод фосфатов производится насосами-дозаторами, устанавливаемыми согласно инструкции по два на каждый котел. При подаче питательной воды в котел по двум магистралям раствор фосфата следует вводить в обе магистрали на расстоянии 4–5 м от барабана.

1.16.2 Схема автоматического регулирования водного режима барабанного котла

Регулирование водного режима БПК осуществляется следующими образом. Химический состав воды, циркулирующей в барабанных котлах, оказывает существенное влияние на длительность их безостановочной и безремонтной компаний. К основным показателям качества котловой воды относятся общее солесодержание и избыток концентрации фосфатов. Поддержание общего солесодержания котловой воды в пределах нормы осуществляется с помощью непрерывной и периодической продувок из барабана в специальные расширители. Потери котловой воды с продувкой выполняются питательной водой в количестве, определяемом уровнем воды в барабане. Регулирование непрерывной продувки осуществляется путем воздействия регулятора на регулирующий клапан на линии продувки (рисунок).

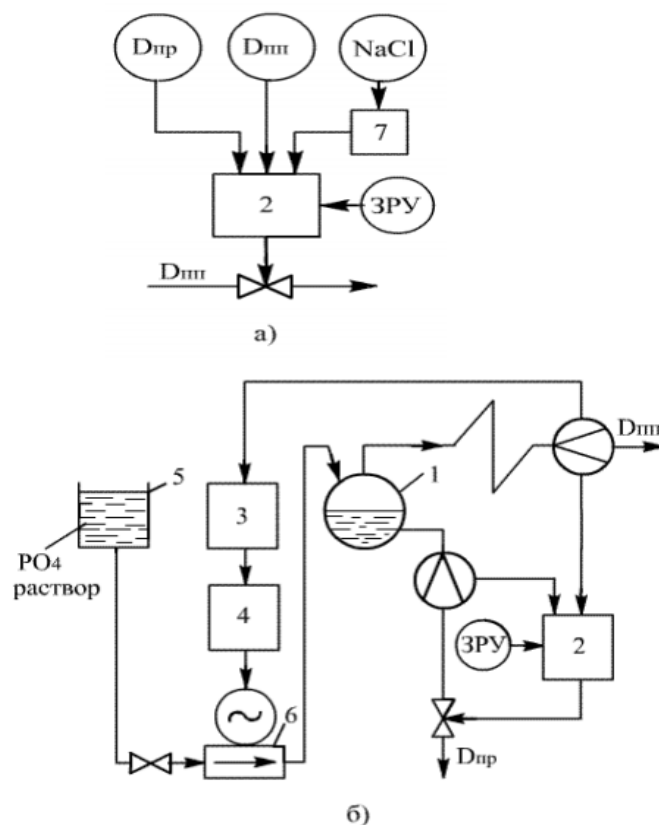


Рисунок – Регулирование водного режима барабанного пароперегревателя:

а) схема регулирования продувки с трехимпульсным регулятором;

б) принципиальные схемы регулирования продувки и ввода фосфатов;

1 – барабан;

2 – регулятор продувки;

3 – импульсатор расхода пара;

4 – пусковое устройство;

5 – мерный бак;

6 – плунжерный насос;

7 – корректирующий прибор.

Помимо корректирующего сигнала по солесодержанию, на вход ПИ-регулятор 2 поступает сигнал по расходу продувочной воды $D_{пр}$ и сигнал по расходу пара $D_{пп}$ (рисунок а).

В некоторых случаях значение непрерывной продувки определяется не общим солесодержанием котловой воды, а концентрацией кремневой кислоты. При этом концентрация кремневой кислоты в допустимых пределах гарантирует поддержание в пределах нормы и общего солесодержания котловой воды.

Концентрацией кремневой кислоты в котловой воды оценивается по косвенным показателям: паровой нагрузки и количеству продуваемой воды.

При этом зависимость между содержанием кремневой кислоты, паровой нагрузкой и значениям непрерывной продувкой устанавливается по результатам специальных теплехимических испытаний котла. Автоматическое регулирование продувки в этом случае осуществляется по двухимпульсной схеме (рисунок б).

Для выполнения без накипей работы поверхностей нагрева и поддержания требуемой щелочности котловой воды барабанный котел оснащается аппаратурной, регулирующей ввод фосфатов. Требуемая концентрация фосфатов устанавливается в зависимости от паровой нагрузки путем ввода фосфатов в чистый отсек барабан.

Сигнал по расходу пара поступает на расходомер 3, электромеханический интегратор которого используется в качестве импульсатора, воздействующего через пусковое устройство 4 на включение и отключение плунжерного фосфатного насоса 6. При увеличении паровой нагрузки увеличивается продолжительность цикла включения насоса и наоборот. Требуемые соотношения между содержанием фосфатов, паровой нагрузкой и непрерывной продувкой устанавливаются по результатам теплехимических испытаний.

Автоматизация водного режима облегчает труд обходчиков оборудования, позволяет сократить трудоемкий лабораторный анализ качества котловой воды, ведет к увеличению срока безремонтной службы основного оборудования.

1.17 Система автоматического управления работой деаэратора

1.17.1 Принцип действия и назначения деаэратора

Деаэратор – техническое устройство, реализующее процесс деаэрации некоторой жидкости (обычно воды или жидкого топлива), то есть её очистки от присутствующих в ней нежелательных газовых примесей. На многих электрических станциях также играет роль ступени регенерации и бака запаса питательной воды.

Назначение

Защита трубопроводов и оборудования от коррозии.

Недопущение воздушных пузырей, нарушающих проходимость гидравлических систем, нормальную работу форсунок и т.д.

Защита насосов от кавитации.

Принцип действия

В деаэраторе происходит процесс массообмена между двумя фазами: жидкостью и парогазовой смесью.

Основан на законе Генри-Дальтона:

$G_{\Gamma} = k_{\Gamma} \cdot P_{\Gamma}$, где k_{Γ} – константа Генри; P_{Γ} – порциальное давление; G_{Γ} – концентрация газа.

Концентрация газа прямо пропорциональна давлению газа над водой.

Закон Дальтона:

$P = \sum_{i>1}^n P_i$ – общее давление равно сумме всех порциальных.

Газы: коррозионно-активные (O_2 , CO_2) и некоррозионно-активные (N_2)

1.17.2 Условия эффективной работы деаэратора

Для обеспечения нормальной и надежной работы термического деаэратора он должен быть снабжен следующей арматурой и контрольно-измерительными приборами:

а) запорно-регулирующей арматурой на подаче греющего пара, питательной и добавочной воды и отводе выпара, из деаэратора запорной арматурой на линиях отвода деаэрированной воды из бака-аккумулятора;

б) водоуказательным стеклом, устанавливаемым на баке-аккумуляторе, по всей высоте водоуказательная колонка должна иметь краны на паровом, водяном и продувочном штуцерах;

в) гидравлическим затвором, предохраняющим корпус деаэратора от смятия в случае образования в нем чрезмерного вакуума (в вакуумных деаэраторах) и предотвращающим увеличение (в атмосферных деаэраторах) давления выше расчетного. В обоих случаях вследствие ухода воды из гидравлического затвора внутренняя полость деаэратора сообщается с атмосферой. Гидравлический затвор или автоклапан устанавливается также на переливной трубе бака-аккумулятора, предотвращающей его переполнение водой;

г) двумя предохранительными клапанами у деаэраторов повышенного давления, предупреждающими повышение давления в деаэраторе выше расчетного;

д) отборниками проб воды, с холодильниками;

е) трубопроводами с задвижками для опорожнения баков-аккумуляторов регулирующая и запорная арматура деаэраторов с давлением 5 кг/см и выше должна быть стальной;

ж) пружинным мановакуумметром или манометром класса точности 1,5 (наибольшая погрешность 1,5 /о от предельного деления шкалы);

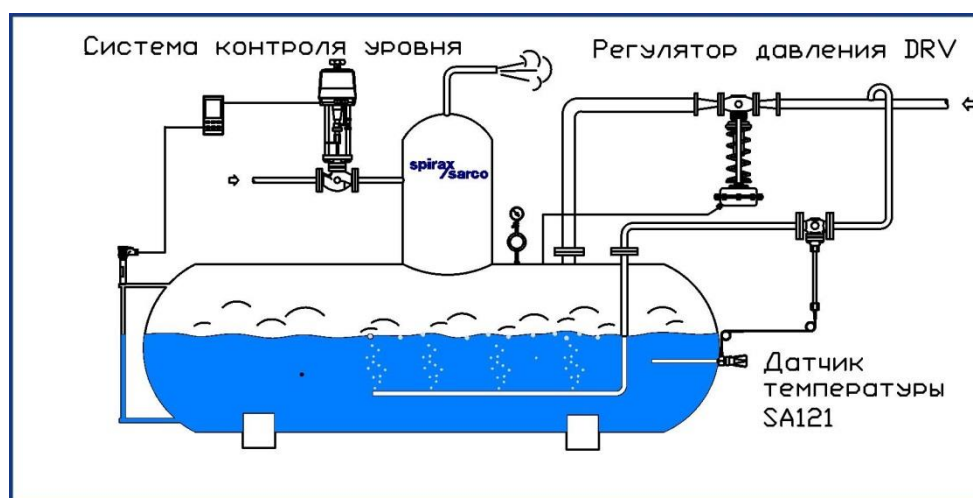
з) гильзами и термометрами для измерения температуры греющего пара перед колонкой деаэратора и воды, выходящей из бака-аккумулятора;

и) регистрирующим кислородомером. Деаэраторы должны быть оборудованы устройствами для автоматического регулирования подачи пара и

питания водой, а также сигнализацией нижнего уровня воды, в аккумуляторном баке.

1.17.3 Функциональная схема управления деаэратором

При увеличении потребления пара растет расход питательной воды из бака деаэратора. При этом возникает отклонение ее уровня, измеряемого датчиком, от заданного значения. Регулятор уровня воздействует на регулирующий клапан подачи воды в колонку деаэратора, так что ее расход увеличивается и уровень восстанавливается. При этом шток клапана занимает новое положение, соответствующее большему расходу.



1.18 Система автоматического управления работой БОУ

1.18.1 Назначение и состав оборудования БОУ

Блочная обессоливающая установка (БОУ) – предназначена для очистки всего конденсата (основного конденсата турбины, конденсата турбины ТПН, обессоленной воды из БЗК) от продуктов коррозии, смываемых с поверхности оборудования и трубопроводов второго контура и химических примесей, поступающий в КПП с добавочной водой, присосами охлаждающей (технической) воды в основной конденсатор турбины.

Блочная обессоливающая установка состоит из электромагнитного фильтра (ЭМФ), пяти параллельно включенных фильтров смешанного действия (ФСД), ловушек зернистых материалов, регенерационной установки, трубопроводов, арматура и КИП.

Схема БОУ позволяет:

- производить очистку всего турбинного конденсата сначала на ЭМФ, затем на ФСД;
- отключить ЭМФ и пропускать весь конденсат мимо ЭМФ на очистку на ФСД;
- очищать весь конденсат только на ЭМФ с пропуском его помимо ФСД;
- пропускать весь конденсат мимо БОУ перед включением системы в работу.

Благодаря конденсатоочистке уменьшается загрязненность питательной воды парогенератора продуктами коррозии конструкционных материалов, а также ионодисперсными примесями. Снижается загрязненность внутренней поверхности парообразующих труб и проточной части турбины, что удлиняет рабочую кампанию энергоблока между эксплуатационными промывками парогенератора и проточной части турбины; ускоряется пуск и выход на расчетные параметры энергоблока после капитальных и текущих ремонтов.

Основную массу нерастворенных загрязнений конденсата составляют продукты коррозии конструкционных материалов пароводяного тракта, в первую очередь соединения железа, меди, цинка.

Особенно необходима надежно работающая обезжелезивающая часть в схеме БОУ в переходные периоды работы, то есть во время пусков, снижения и последующего подъема нагрузки, когда требуется быстрое и глубокое улавливание значительных количеств продуктов коррозии.

Способ глубокого обезжелезивания турбинного конденсата на ЗАЭС выполняется с помощью электромагнитного фильтра (ЭМФ) с намагниченной шариковой загрузкой, установленного в схеме блочной обессоливающей установки перед фильтрами смешанного действия. Данная схема наиболее рациональна, так как через ЭМФ при этом можно пропускать весь поток очищаемого конденсата. При таком включении на ЭМФ лежит основная нагрузка по выводу железистоокисной взвеси из контура энергоблока.

1.18.2 Организация контроля за температурой турбинного конденсата

Очистка турбинного конденсата производится на индивидуальной для каждого энергоблока БОУ, выполняющей функции обессоливания, обескремнивания и обезжелезивания конденсата. Установка включается в тракт энергоблока после конденсатных насосов первой ступени и состоит из двух групп фильтров: механических и ионообменных. Очищенный конденсат подается на сторону всасывания конденсатных насосов 2 ступени.

Первой стадией является обезжелезивание конденсата, осуществляемое обычно на механических (сульфоугольных) фильтрах. Вторая стадия очистки – обескремнивание и обессоливание конденсата в фильтрах смешанного типа. Восстановление конденсата фильтрующих материалов (анионита и катионита) в этом случае целесообразно производить отдельно. Для этого фильтрующую загрузку выводят из фильтра в специальный резервуар, где осуществляют гидравлическое разделение ионитов восходящим потоком воды. Далее разделенные катионит и анионит направляются на восстановление в отдельные емкости, а затем после восстановления возвращаются в фильтр.

В настоящее время намечаются тенденции оптимизации технологической схемы очистки конденсата, разрабатываются новое оборудование и средства автоматизации. Промышленность осваивает производство механических фильтров большой единичной производительности (радиальные фильтры, двух- и трехпоточные фильтры), электромагнитные фильтры для глубокой очистки конденсата от окислов железа.

При эксплуатации конденсатоочистки возможны следующие ее состояния: включение установки в работу, работа, отключение установки от тракта энергоблока, регенерация фильтров. Конденсатоочистку включают в работу при растопке котла, когда содержание железа в промывочной воде достигает примерно 0,5 мг/кг.

В состоянии работы необходимо поддерживать гидравлический режим установки во избежание превышения скорости потоков воды через фильтры и перепадов давления на них сверх заданных значений. Распределение нагрузки по параллельно работающим фильтрам происходит в соответствии с их гидравлическим сопротивлением. Обычно расход конденсата через БОУ энергоблока 800 МВт составляет 2600–2700 т/ч. При увеличении расхода на 10–15% (примерно до 3000 т/ч) скорость потоков воды через фильтр увеличивается, качество обрабатываемого конденсата ухудшается, а перепады давления на фильтрах могут стать выше нормы.

Эксплуатация фильтров БОУ заключается в стабилизации режимов их работы регенерации. При этом, кроме физических величин (скорости, давления и температуры конденсата), необходимо контролировать, поддерживать его качественные физико-химические характеристики. В режиме работы конденсатоочистки производится контроль за качеством конденсата по стадиям обработки. В полностью обессоленном конденсате непрерывно с помощью автоматических приборов определяют электропроводность, содержание растворенных кремнекислых соединений и натрия.

1.18.3 Автоматизации химконтроля за качеством турбинного конденсата

При эксплуатации конденсатоочистки необходимо автоматически контролировать производительность установки и отдельных фильтров, температуру конденсата перед фильтрами смешанного действия, давление воды до и после каждого фильтра, перепад давлений на ловушках ионитов, содержание в фильтрате кремниевой кислоты и натрия после каждого ФСД, электропроводность конденсата до и после БОУ.

Все перечисленные параметры выводятся на местный щит управления БОУ. Количество работающих фильтров и процессы их переключения должны отражаться на мнемосхеме. Некоторые из перечисленных параметров (расход конденсата через БОУ, температура конденсата перед ФСД) выводятся на БЩУ.

Значительное место при решении задачи автоматизации БОУ занимают вопросы автоматического управления процессами, происходящими в фильтрах. Каждый фильтр может находиться в одном из четырех состояний: резерв, исходное положение, работа, регенерация. В резерв фильтр может быть отключен оператором. Включение резервного фильтра в работу производится оператором либо автоматически по сигналу об отключении одного из однофункциональных фильтров на регенерацию. На регенерацию фильтр отключается по сигналу от датчиков истощения или дифференциального манометра.

Эксплуатация сульфугольного фильтра состоит из периодического повторения технологических операций его работы и регенерации, технологические операции по восстановлению отработавшего сульфогля выполняют методом выносной регенерации, производимой в следующей последовательности: взрыхление ионита водовоздушной смесью и промывка его водой; гидротранспорт сульфогля из сульфугольного фильтра в фильтр регенерации сульфогля; вторичная промывка в дренаж регенерации сульфогля; регенерация сульфогля кислотой; отмывка материала после регенерации; гидроперегрузка сульфогля из фильтра регенерация сульфогля в сульфугольный фильтр; дополнительная отмывка сульфогля в сульфугольном фильтре. Отрегенерированный фильтр либо включают в очередной цикл фильтрования турбинного конденсата, либо выводят в резерв.

Эксплуатация ФСД с выносной регенерацией состоит из периодического последовательного повторения технологических операций, т.е. пропуска очищаемого конденсата через слой отрегенерированного ионита и гидроперегрузки истощенных ионитов из ФСД в фильтр регенерации катионита

и анионита, а затем в фильтр готовой смеси (ФГС) и обратно из ФГС в ФСД. Разделение ионитов осуществляют в фильтре регенерации катионита. Технологические операции гидроперегрузки смешанной шихты фильтра при регенерации ФСД происходят в следующей последовательности: взрыхление смеси ионитов; гидроперегрузка ионитов из ФСД в фильтр регенерации катионита; вытеснение остатка пульпы из ФСД сжатым воздухом; взрыхление смеси ионитов в фильтре готовой смеси; гидроперегрузка ионитов из фильтра готовой смеси о ФСД; вытеснение остатков пульпы из фильтра готовой смеси сжатым воздухом; дренирование водяной подушки в ФСД; смешение ионитов воздухом; заполнение ФСД; отмывка ФСД. Технологическая последовательность операций регенерации катионита и анионита следующая: взрыхляющая отмывка и разделение ионитов в фильтре регенерации катионита; гидроперегрузка анионитов в фильтр регенерации анионита; регенерация катионита, отмывка катионита в бак-нейтрлизатор; гидроперегрузка катионита в фильтр готовой смеси; регенерация анионита, отмывка анионита в бак-нейтрлизатор; отмывка анионита в бак отмывочных бод. По окончании отмывки фильтр отключают в резерв или включают в работу.

Электронный учебно-методический комплекс

Практический раздел

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И
ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ**

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Минск 2016 г.

2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

2.1 Примерный перечень тем практических занятий по дисциплине «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов»

1. Уровень и технико-экономическая эффективность автоматизации ВПУ и ВХР ТЭС.
2. Комплексная автоматизация установок предварительной очистки воды.
3. Цех ХВО, как объект контроля и управления.
4. Объем и задачи автоматизации ионообменных установок.
5. Автоматическое регулирование гидравлического режима ВПУ.
6. Организация оперативного химконтроля и диагностики нарушений ВХР ТЭС.
7. Принципы создания системы химико-технологического мониторинга (СХТМ) на ТЭС.
8. Задачи оперативного хим. контроля ВХР энергоблока.
9. Принцип организации схемы хим. контроля теплоносителя в основном цикле ТЭС.

2.2 Примерный перечень тем курсовых работ по дисциплине «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов»

1. Автоматизация работы осветлителя.
2. АСУ осветлительными фильтрами.
3. Автоматизация гидравлических режимов осветлительных фильтров.
4. САУ работой осветлительного фильтра.
5. Автоматизация гидравлического режима ВПУ (ионообменная часть).
6. Автоматизация гидравлического режима ВПУ (блочная компоновка).
7. Автоматизация гидравлического режима ВПУ (коллекторная компоновка).
8. Автоматизация узла регенерации ионитных фильтров.
9. Автоматизация химконтроля ХВО с разработкой алгоритма управления.
10. Автоматизация непрерывной продувки барабанного котлоагрегата.
11. САР питания барабанного котлоагрегата.
12. САР дозирования химреагентов в котловую воду барабанного котлоагрегата.

- 13.САР количественно-качественного дозирования химреагентов в питательную воду.
- 14.САР работы деаэрата.
- 15.Автоматизация работы блочной обессоливающей установки.
- 16.Автоматизированное устройство подготовки пробы перегретого пара.
- 17.Автоматизация подготовки проб для подачи ее в автоматические приборы химконтроля.
- 18.САР температуры пара за РОУ.
- 19.САР температуры пара прямоточного котла.
- 20.САР температурой прямой сетевой воды.
- 21.САР нагрузки барабанного котлоагрегата.
- 22.САР водного режима барабанного котла.
- 23.САР утилизации тепла.
- 24.САР уровня в группе ПВД.
- 25.Система нейтрализации сточных вод.
- 26.Автоматизация химического и теплотехнического контроля сточных вод ТЭС.
- 27.Система контроля разгрузки кислот и щелочей на ТЭС.
- 28.Автоматизация контроля теплоносителя по пароводяному тракту.
- 29.Система химико-технологического мониторинга на ТЭС.
- 30.Автоматизация химконтроля.

Электронный учебно-методический комплекс

Раздел контроля знаний

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И
ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ**

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

Минск 2016 г.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Характеристика примесей природных вод.
2. Источники водоснабжения ТЭС.
3. Водно-химический комплекс ТЭС.
4. Принцип выбора и состав ВПУ.
5. Назначение ВПУ ТЭС.
6. Задачи, решаемые ВХР ТЭС.
7. Уровень и технико-экономическая эффективность автоматизации.
8. Пооперационное и полуавтоматическое управление.
9. Комплексная автоматизация ВПУ.
10. Перечень основных задач, решаемых на каждом уровне автоматизации.
11. Основные технологические процессы очистки воды на ВПУ.
12. Состав оборудования установки предварительной очистки воды.
13. Факторы, определяющие качество предварительной очистки воды.
14. Цех ХВП как объект контроля и управления. Требования к АСУ.
15. Конструкция осветлителя, требования к протекающим в нем технологическим процессам.
16. Объем и задачи автоматизации осветлителя.
17. Регулирование нагрузки.
18. Регулирование температуры.
19. Управление шламовым режимом.
20. Дозирование реагентов.
21. Принципы фильтрования воды.
22. Адгезионное фильтрование воды.
23. Пленочное фильтрование воды.
24. Полный цикл работы осветлительного фильтра.
25. Структурная САУ осветлительными фильтрами.
26. Структурная схема цеха ХВП.
27. Физико-химические основы ионного обмена (общие сведения).
28. Умягчение и обессоливание воды методом ионного обмена.
29. Na – катионирование.
30. H – катионирование.
31. OH – ионирование.
32. Полный цикл работы ионообменного фильтра.
33. Способы компоновки фильтров ВПУ.
34. Блочный способ компоновки фильтров ВПУ.
35. Коллекторный способ компоновки фильтров ВПУ.

36. Достоинства и недостатки, область применения различных способов компоновки фильтров ВПУ
37. Особенности автоматизации гидравлического режима ВПУ с параллельным включением фильтров.
38. Особенности автоматизации гидравлического режима ВПУ с блочным включением фильтров.
39. Основные требования к системе приготовления регенерационных растворов.
40. Принцип выбора концентрации раствора и датчиков контроля концентрации.
41. Способы проведения регенерации ионитных фильтров.
42. Прямоточный способ проведения регенерации ионитных фильтров.
43. Противоточный способ проведения регенерации ионитных фильтров.
44. Достоинства и недостатки различных способов регенерации, особенности их автоматизации.
45. Основные требования к АСУ химцехом.
46. Структура АСУ ТП ХВО.
47. Функции АСУ ТП ХВО.
48. Показатели качества водных сред ХВО на различных стадиях обработки воды.
49. Автоматизация хим. контроля за процессами очистки воды на ХВО.
50. Приборы автоматического химконтроля на ХВО.
51. Методы химического контроля.
52. Задачи ВХР на ТЭС.
53. Принципы выбора ВХР в зависимости от типа парогенераторов.
54. Нормирование теплоносителя на ТЭС для барабанных котлов.
55. Хеламиновый ВХР.
56. Нормирование теплоносителя на ТЭС для прямоточных котлов СКД.
57. Назначение СХТМ, факторы, учитываемые при ее создании и внедрении на ТЭС.
58. Структура СХТМ на ТЭС.
59. Цели и задачи СХТМ ВХР. Принципиальная структурная схема СХТМ.
60. Принцип выбора контролирующей и управляющей аппаратуры.
61. Виды и характеристика отложений на поверхностях нагрева теплообменного оборудования ТЭС.
62. Организация контроля за чистотой поверхностей нагрева теплообменного оборудования ТЭС.
63. Коррозионно-эрозионные процессы в пароводяном тракте ТЭС.

64. Организация контроля за скоростью коррозии.
65. Точки отбора проб, графики отбора, объем анализа, представительность проб.
66. Требования к прокладке пробоотборных линий.
67. Устройства для отбора представительных проб теплоносителя (зонды).
68. Устройства подготовки проб для подачи ее в автоматические приборы химконтроля.
69. Назначение ввода аммиака и гидразина в питательную воду.
70. Качественно-количественное регулирование дозирования аммиака и гидразина в питательную воду.
71. Назначение фосфатирования котловой воды.
72. Схема автоматического регулирования водного режима барабанного котла.
73. Назначение и принцип действия деаэратора.
74. Условия эффективной работы деаэратора.
75. Функциональная схема управления деаэратором.
76. Назначение и состав оборудования БОУ.
77. Организация контроля за температурой турбинного конденсата.
78. Автоматизация химконтроля за качеством турбинного конденсата.

Электронный учебно-методический комплекс

Вспомогательный раздел

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И
ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ**

Учебная программа

Минск 2016 г.

4 УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА
Белорусский национальный технический университет
УТВЕРЖДАЮ
Декан энергетического факультета

_____ К.В. Доброго

Регистрационный № УД- _____/р.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Наименование дисциплины

Учебная программа для специальности

1-53 01 04 Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами

(код специальности)

(наименование специальности)

Факультет _____

название факультета Энергетический

Кафедра _____ Тепловые электрические станции

название кафедры

Курс (курсы) _____ IV

Семестр (семестры) _____ 7

Лекции _____ 48

количество часов

Практические (семинарские)

занятия _____ 16

количество часов

Лабораторные

занятия _____

количество часов

Экзамен _____ 7

(семестр)

Зачет _____

(семестр)

Курсовой проект (работа) _____ 7

(семестр)

Всего аудиторных часов

по дисциплине _____ 64

количество часов

Всего часов

по дисциплине _____ 180

количество часов

Составил _____ В.В. Кравченко,

доцент _____

Форма получения

высшего образования _____ дневная

кандидат _____ экономических _____ наук,

2016 г.

Учебная программа составлена на основе типовой программы

«Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов»

(название типовой учебной программы (учебной программы), дата утверждения, регистрационный номер)

Рассмотрена и рекомендована к утверждению в качестве рабочего варианта на заседании кафедры «Тепловые электрические станции»

___ 2016 г., протокол № ___

Заведующий кафедрой

(подпись) Н.Б. Карницкий
(И.О.Фамилия)

Одобрена и рекомендована Советом энергетического факультета Белорусского национального технического университета

___ 2016 г, протокол № ___

Председатель

(подпись) К.В Доброго
(И.О.Фамилия)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Химический цех современной электростанции представляет комплекс мощных установок по подготовке воды высокого качества, идущей на восполнение потерь теплоносителя в пароводяном цикле энергоблока; для умягчения воды, используемой для подпитки теплосети; для очистки турбинного конденсата и конденсата, возвращаемого от производства.

Химико-технологические объекты ТЭС являются специфическими объектами (агрессивность реагентов, влага и т.д.). Эти факторы требуют особого подхода к вопросам управления оборудованием ВПУ, применения в схемах автоматического управления, регулирования и контроля электрохимических датчиков и приборов.

Автоматизация водоподготовительных установок (ВПУ), кроме снижения трудозатрат на обслуживание оборудования и повышения надежности их работы, дает технико-экономический эффект за счет оптимизации и интенсификации технологических процессов, позволяет получить воду высокого качества.

Целью преподавания дисциплины «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» является получение студентами знаний особого подхода к вопросам управления оборудованием ВПУ.

Для успешного освоения материала дисциплины «Автоматизация водоподготовки и водно-химических режимов» необходимо знание дисциплин «Химия» (аналитическая химия), «Теплотехнические измерения и приборы», «Автоматизированные системы управления на ТЭС», «Теория автоматического управления», изучаемых в высших учебных заведениях.

Основной задачей дисциплины является подготовка специалистов для производственно-технологической, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в области автоматизации химико-технологических процессов на ТЭС.

Учебный план специальности для данной дисциплины предусматривает лекции и практические занятия.

В результате изучения дисциплины будущий специалист должен:

знать:

- комплексную схему химводоочистки ТЭС;
- основные факторы, определяющие качество очистки воды в осветлителе и задачи автоматизации предочистки и ионообменной части ВПУ;
- организацию оперативного автоматического химконтроля и диагностику нарушений ВХР ТЭС;

- основные контролируемые и нормируемые показатели качества теплоносителя;

- принципы создания системы химико-технологического мониторинга (СХТМ) на ТЭС;

- методы оптимизации систем автоматического регулирования (САР) ВПУ и водно-химическими режимами;

уметь:

- сделать выбор объема приборов автоматического хим. контроля ВХР;

- рассчитывать параметры оптимальной динамической настройки САР ВПУ и ВХР;

приобрести навыки:

- организации оперативного химического контроля за процессами водоподготовки и ВХР энергоблока;

- организации автоматической коррекции теплоносителя ТЭС;

- определения объема и точек контроля за качеством теплоносителя по тракту энергоблока;

- оптимизации динамических процессов ВПУ и ВХР.

Диагностика компетенции студента

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале. Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных вопросов по отдельным темам;

- защита курсовой работы;

- сдача экзамена по курсу.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел I. ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ТЭС

Тема 1. Назначение ВПУ ТЭС

Характеристика примесей природных вод. Источники водоснабжения ТЭС. Принцип выбора и состав ВПУ. Назначение ВПУ ТЭС. Задачи, решаемые ВХР ТЭС.

Тема 2. Уровень и технико-экономическая эффективность автоматизации

Пооперационное и полуавтоматическое управление, комплексная автоматизация ВПУ. Перечень основных задач, решаемых на каждом уровне автоматизации.

Раздел II. КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Тема 3. Основные факторы, определяющие качество очистки воды в осветлителе и задачи автоматизации

Основные технологические процессы очистки воды на ВПУ (коагуляция, известкование, содоизвесткование). Состав оборудования установки предварительной очистки воды. Факторы, определяющие качество предварительной очистки воды.

Тема 4. Объем и схемы автоматизации установок предочистки

Конструкция осветлителя, требования к протекающим в нем технологическим процессам. Объем автоматизации осветлителя. Регулирование нагрузки, температуры, управление шламовым режимом, дозирование реагентов.

Тема 5. Автоматизация управления работой и восстановлением осветлительных фильтров

Принципы фильтрования воды (адгезионное и пленочное фильтрование). Полный цикл работы осветлительного фильтра. Структурная САУ осветлительными фильтрами.

Раздел III. ЦЕХ ХВО, КАК ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Тема 6. Объем и задачи автоматизации ионообменных установок

Физико-химические основы ионного обмена. Умягчение и обессоливание воды методом ионного обмена (H – и Na – катионирование, OH – ионирование). Полный цикл работы ионообменного фильтра.

Тема 7. Автоматическое регулирование гидравлического режима ВПУ

Способы компоновки фильтров ВПУ (блочный и коллекторный). Их достоинства и недостатки, область применения. Особенности автоматизации гидравлического режима ВПУ.

Тема 8. Система автоматического управления приготовлением регенерационных растворов для ионитных фильтров

Основные требования к системе приготовления регенерационных растворов. Принцип выбора концентрации раствора и датчиков контроля концентрации.

Тема 9. Автоматизация узла восстановления (регенерации) ионитных фильтров

Способы проведения регенерации ионитных фильтров (прямоточный, прямой и обратный противоток). Достоинства и недостатки различных способов регенерации, особенности их автоматизации.

Тема 10. Требования к АСУ ТП ХВО

Показатели качества водных сред ХВО на различных стадиях обработки воды. Автоматизация хим. контроля за процессами очистки воды на ХВО. Приборы хим. контроля на ХВО.

Раздел IV. ОРГАНИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ ВХР ТЭС

Тема 11. Основные нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя

Задачи ВХР на ТЭС. Принципы выбора ВХР в зависимости от типа парогенераторов (барабанные и прямоточные). Нормирование теплоносителя на ТЭС.

Тема 12. Принципы создания системы химико-технологического мониторинга (СХТМ) на ТЭС

Назначение СХТМ, факторы, учитываемые при ее создании и внедрении на ТЭС. Принцип выбора контролирующей и управляющей аппаратуры.

Тема 13. Задачи оперативного хим. контроля ВХР энергоблока

Виды и характеристика отложений на поверхностях нагрева теплообменного оборудования ТЭС. Организация контроля за чистотой этих поверхностей. Коррозионно-эрозионные процессы в пароводяном тракте ТЭС, организация контроля за скоростью коррозии.

Тема 14. Принцип организации схемы хим. контроля теплоносителя в основном цикле ТЭС

Точки отбора проб, графики отбора, объем анализа, представительность проб. Требования к прокладке пробоотборных линий. Устройства для отбора представительных проб теплоносителя (зонды). Устройства подготовки проб (УПП) для подачи ее в автоматические приборы хим. контроля.

Раздел V. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ЭНЕРГООБЛОКОВ ТЭС

Тема 15. Организация автоматического дозирования аммиака и гидразина в питательную воду

Назначение ввода аммиака и гидразина в питательную воду. Качественно-количественное регулирование дозирования аммиака и гидразина в питательную воду.

Тема 16. Организация автоматического дозирования фосфатов в котловую воду

Назначение фосфатирования котловой воды. Схема автоматического регулирования водного режима барабанного котла.

Раздел VI. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС

Тема 17. Система автоматического управления работой деаэратора

Назначение и принцип действия деаэратора. Условия его эффективной работы. Функциональная схема управления деаэратором.

Тема 18. Система автоматического управления работой БОУ

Назначение и состав оборудования БОУ. Организация контроля за температурой турбинного конденсата. Автоматизация хим. контроля за качеством турбинного конденсата.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Уровень и технико-экономическая эффективность автоматизации ВПУ и ВХР ТЭС.
2. Комплексная автоматизация установок предварительной очистки воды.
3. Цех ХВО, как объект контроля и управления.
4. Объем и задачи автоматизации ионообменных установок.
5. Автоматическое регулирование гидравлического режима ВПУ.
6. Организация оперативного хим. контроля и диагностики нарушений ВХР ТЭС.
7. Принципы создания системы химико-технологического мониторинга (СХТМ) на ТЭС.
8. Задачи оперативного хим. контроля ВХР энергоблока.
9. Принцип организации схемы хим. контроля теплоносителя в основном цикле ТЭС.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Живилова, Л.М. Автоматизация водоподготовительных установок и управления водно-химическими режимами / Живилова Л.М., Максимов В.В. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Герзон, В.М. Управление водоподготовительным оборудованием и установками / Герзон В.М. и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования / Г.Т. Кулаков. – Мн.: УП «Технопринт». – 2003. – 134 с.

Дополнительная литература

1. Золоторева, В.А. Водно-химический режим ТЭС (методическое пособие) / В.А. Золоторева, Н.Б. Карницкий, В.А. Чиж. – Мн., 1995.

2. Золоторева, В.А. Основы проектирования ВПУ (методическое пособие) / В.А. Золоторева, Н.Б. Карницкий, В.А. Чиж. – Мн., 1995.

3. Чиж, В.А. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учебное пособие / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий, А.В. Нерезько. – Минск: Выш. шк., 2010. – 351 с.: ил.