

ISBN: 978-93-86253-14-8

Автоматизация технологического процесса коагуляции воды в осветлителях ВПУ ТашТЭС с использованием «online» мониторинга



Authors:

Тўйчиева МаҳлиёОбиджон қизи



Published by

Novateur Publication

466, Sadashiv Peth, M.S.India-411030
novateurpublication.org

На правах рукописи

УДК 621.2 821 26

Тўйчиева Маҳлиё Обиджон қизи

**«Автоматизация технологического процесса коагуляции воды в
осветлителях ВПУ ТашТЭС с использованием «online»
мониторинга»**

Наманган - 2024 й

Аннотация

Магистрлик диссертацияси иссиқлик энергетикаси соҳасида ишлатиладиган сувларни тозалаш жараёнида ишлатиладиган тиндиргич қурилмасида тозаланаётган сувларни коагуляция қилишда сарфланадиган коагулянт дозаси миқдорини автоматик бошқариш масалалари ёритилган.

Диссертациянинг бош қисмда ҳозирги вақтда иссиқлик энергетикасида буга олиш учун ишлатиладиган сувларни тузсизлантиришда иқтисодий тежамкорликни ошириш, сарфланадиган реагентлар миқдорини камайтириш имкониятларининг назарий ва амалий томонлари илмий асосида ёритилган.

Диссертациянинг илмий тадқиқот бўлимида Тошкент иссиқлик энергетикасида сувни дағал зарачалардан тозалаш жараёнларида замонавий янги технологияларнинг қўланилиши ва сарфланадиган реагентлар миқдорини камайтириш ва бундай жараёнларини автоматик бошқариш Республикамизнинг иссиқлик энергетикаси соҳасида қўллаш имкониятлари асослаб берилган.

Аннотация

В магистерском диссертации освещены вопросы по автоматическому управлению количества дозы коагулянта

выделяемых при коагуляции очищаешь вод в осветительном сооружении который используется для очистки воды в теплоэнергетике.

В главном части диссертации научно обосновано теоретические и практические аспекты возможностей по повышению экономическому сбережению и уменьшению количеству используемых реагентов в процессе обессоливания вод используемых в теплоэнергетике для получения пара.

В научно-исследовательском части диссертации обоснованы применения современных технологий при очистке вод в теплоэнергетике г. Ташкент и уменьшения количества реагентов и автоматическое управления этих процессов, также обоснованы возможности применения их в теплоэнергетической отрасли Республики.

Abstract

The master thesis covers the issues of automatic control of the amount of coagulant dose allocated in the coagulation of the purified waters in the clarifying device, which is used for water treatment in thermal engineering.

In the main part of the thesis here are scientifically proved the theoretical and practical aspects of the opportunities to improve the economic savings and reducing the amount of reagents used in the process of desalination of the water that is used in the thermal power to produce steam.

In its research part of the thesis here is proved the application of modern technologies in water treatment in the thermal engineering of Tashkent and reducing of the amount of reagents and automated management of these processes, here are also proved the possibilities of using them in the thermal power industry of the Republic.

Содержание

Введение.....	
.....	
ГЛАВА.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СХЕМЫ, ВПУ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ.....	
ГЛАВА.2. ПРИМЕНЕНИЕ ОКСИХЛОРИДОВ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ КОАГУЛЯЦИИ ВОДЫ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ И НИЗКОЙ ЩЕЛОЧНОСТЬЮ.....	
ГЛАВА.3. ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	
.....	
3.1. Предварительная очистка воды путем её прямоточной коагуляции.....	
3.2. Схемы и аппаратура автоматизации химводочисток.....	
ГЛАВА.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ В ОСВЕТИТЕЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ON-LINE МОНИТОРИНГА ОСВЕТЛЕНИЯ ВОДЫ НА ВПУ ТАШТЭС.....	

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

.....

4.2 Цель и задачи работы.....

4.3. Автоматизированная система управления и контроля технологического процесса осветления воды на водопотготовительной установке ТАШТЭС.....

4.4. Пятиканальный кондуктометр и его исследование.....

4.5. Инструкция по использованию программы тестирования и калибровки измерителей прозрачности «Dialog-V.xls».....

СПИСОК

ЛИТЕРАТУРЫ.....

ВВЕДЕНИЕ

В докладе президент Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров. Посвященном итогам социально-экономического развития страны в 2009 году и важнейшим приоритетам экономической программы на 2010 год были изложены следующие цели и задачи дальнейшего развития страны и повышения благосостояния народа.

Наша важнейшая задача сегодня – дать критическую оценку итогам истекшего 2009 года в условиях углубления мирового финансово – экономического кризиса и на этой основе определить важнейшие приоритеты социально – экономического развития страны на 2010 год. [1]

Принципиально важное значение имеет объективная оценка эффективности Антикризисной программы на 2009 – 2012 годы, с тем, чтобы при необходимости внести соответствующей коррективы в ход ее реализации в 2010 и последующих годах.

Огромное перспективное значение для выхода нашей экономики на ведущие позиции имеет реализация таких стратегически важных проектов, как строительство парогазовых установок на Ташкентской, Навоийской и Талимарджанской ТЭС строительство Устюртскогогазо – химического комплекса на базе месторождения Сургиль по производству полиэтилена и пропилена создание нового комплекса по производству поливинилхлорида и каустической соды, строительство установок пропана – бутановойсмеси на Мубарекском ГПЗ.

Как правило, программа формируется на длительный период (10-12 лет) и разбивается на несколько этапов, в том числе и с учетом сроков полномочий администрации. В большинстве случаев первый этап программы – антикризисный, направленный на принятие чрезвычайных мер по преодолению негативных тенденций в комплексе теплоснабжения.

По своей структуре программа повторяет основные разделы паспорта теплоснабжения региона, прогнозируя изменение объемов производства тепла и теплопотребление, структуры топливно – энергетических ресурсов, планируя реализацию резервов энергосбережения с учетом их приоритетности по срокам окупаемости, устраняя недостатки в сфере управления и эксплуатации, совершенствуя тарифную политику и учетнобиллинговую систему.

Важнейшим элементом программы должна стать схема развития теплоснабжения, соответствующая перспективному генеральному плану строительства города. По существу утверждения администрацией региона схема является руководящим документом для выдачи технических условий на присоединение к тепловым сетям, для получения разрешения на строительство новых тепловых источников, как в новом строительстве, так и при реконструкции объектов в сложившейся застройке.

Схема должна учитывать долгосрочный баланс градостроительных решений, экологических требований, экономических интересов.

Актуальность. В теплоэнергетических отраслях Республика Узбекистана актуальной проблемой является изменения и усовершенствования энергосберегающих технологий. Создание теплоэнергетические технология с минимальной затратой и усовершенствование технологического процесса подготовке воды является важнейших научно – исследовательских проблемой в современном этапе.

Цель и задача работы. На основание проведенных исследование при подготовке воды для тепловых электрических станции предложена эффективные и надежное варианты и разработать технологического процесса эксплуатации рекомендуемых вариантов.

Для этого в магистерской диссертационной работе ставятся и решаются следующие задачи:

1. Проведено литературного анализа отечественных и зарубежных материалов по химводоочистке и технологии водоподготовки, а также усовершенствование технологического процесса подготовки воды в теплоэнергетике.
2. Произведен литературного обзора о рациональных методах подготовки воды и автоматизация оборудование ВПУ с применением новых технологий в современной теплоэнергетике.
3. Доказать и определить возможность и эффективности автоматизация оборудования ВПУ при очистке воды и создание малоотходной технология химводоочистки на ТЭС и ТЭЦ при подготовке добавочной воды.

4. Исследовано и предложено новые эффективные и экономичные технологии химводоочистки для ТЭС и ТЭЦ. С автоматизаций основные оборудования ХВО.

5. Разработать методику эксплуатации рекомендуемой автоматизированной технологии в схемах ХВО при подготовки воды на ТЭС.

6. Указать основные показатели эффективности и экономичности, а также преимущества эксплуатации рекомендуемой автоматизированной технологии при подготовке воды для ТЭС.

Научная новизна представляет:

1. Изучение особенности и надежности эксплуатации различных способов автоматизацией при подготовке воды на ТЭС.
2. Рекомендованы и доказаны возможности применения новой технологии при автоматизации оборудование ВПУ.
3. Разработаны и указаны автоматизация технологические процессы эксплуатациипредочистки воды и автоматизированных вариантов подготовке осветленной воды в ХВО.

Практическое значение работы:

На основании проведенных исследований предложены автоматические управление технологического процесса пред очистки воды от накипеобразователей, которые обуславливаются повышенной экономичностью и надежностью оборудование ВПУ при подготовке добавочной воды на ТЭС а также обеспечивают малоотходную технологию в теплоэнергетике.

Объекты исследования:

Ташкентской ТЭС г. Ташкента 2014-2015 г.

Объем диссертационной работы: Содержание диссертационной работы состоит из введения, литературной обзора и нескольких глав, исследованных данных, выводов и список использованной литературы

Работы изложены на страницы текстов.

ГЛАВА.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СХЕМЫ, ВПУ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ

В современных условиях водоподготовки при решении многих технологических задач крайне необходимо наличие теоретических предпосылок, позволяющих рационально использовать накопленный десятилетиями экспериментальный и практический материал, систематизировать его рекомендовать обоснованные и обобщенные методы очистки воды.

Наиболее общими и характерными признаками загрязняющих воду веществ являются формы нахождения их в воде. Поэтому, как уже отмечалось, в основу разработанного в [3,4] принципа группировки примесей положено понятие об их фазовом состоянии в воде, в известной степени характеризующем дисперсностью веществ и определяющем закономерности, которым подчиняются протекающие в этой среде процессы.

Исходные положения этого принципа, позволившего объединить в небольшое число групп разнообразные по своей химической и физической характеристике примеси природных, технических и сточных вод и дать научное обоснование технологическим приемам водообработки, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Фазовой – дисперсное состояние примесей воды с учетом их химических особенностей определяет поведение этих вещества

в водной среде и их отношение к вводимым в воду реагентам в процессе водообработки.

2. Каждому фазовой – дисперсному состоянию примесей соответствует характерная совокупность методов воздействия, приводящая к требуемым качественным показателям воды (кондициям) путем изменения этого состояния или без изменения его.

На этой основе все многообразие загрязнений природных промышленных вод, объединено в четыре группы с общим для каждой набором методов водоочистки, предопределяемым формой нахождения примесей в воде.

3. Способность многих примесей в водной среде изменять свое фазовой – дисперсное состояние под влиянием физических и химических факторов (рН, солевого состава, температуры и др.) дает возможность широко варьировать приемы и методы регулирования процессов обработки воды.

Технология кондиционирования воды подразделяется на процессы, связанные с корректированием ее физических и химических свойств, и процессы обеззараживания (освобождения от болезнетворных бактерий и микроорганизмов). Однако, несмотря на принципиальное различие задач этих методов обработки, они могут быть общими в зависимости от фазовой – дисперсного состояния минеральных, органических и биологических примесей воды.

К первой группе загрязнений воды относятся взвешенные в воде вещества в пределах от тонких взвесей до крупных частиц.

Сюда следует отнести также бактериальные взвеси и другие биологические загрязнения. Удаление этих примесей, т. е. осветление воды, может быть достигнуто применением безреагентных и реагентных методов.

Осветление воды, а также частичное обесцвечивание ее без применения реагентов осуществляется в открытых, специально построенных бассейнах или водохранилищах. В этих условиях длительное и относительно спокойное состояние воды в водоеме способствует осаждению взвесей и окислению некоторых примесей. Если для неполного осветления необходимо отстаивание воды в течение 1 – 2 суток, то для частичного обесцвечивания это время возрастает до 1 – 2 месяцев; последнее ограничивает использование безреагентного осветления и тем более обесцвечивания воды.

В настоящее время для безреагентного удаления грубодисперсных примесей, например фитопланктона, применяется седиментация, фильтрование через сетки или микропроцеживание. Удаление тонких взвесей осуществляется центрифугированием.

При реагентном методе осветления и обесцвечивания воды проводят специальную обработку химическими веществами – коагулянтами (иногда с добавкой флокулянтов), которые обеспечивают более полное и быстрое осаждение взвешенных частиц, обуславливающих мутность и цветности воды.

Процессы осветления и обесцвечивания воды обычно завершаются фильтрованием, при котором воду пропускают через слой

зернистого материал (например, песка или антрацита) с частицами различной крупности. Фильтрация бывает медленная и быстрая. Особенность первого процесса состоит в малых скоростях фильтрации (0,1 – 0,3 м/ч), в применении мелкозернистого фильтрующего материала (с развитием на его поверхности биологической пленки) и отсутствии предварительного коагулирования. Во втором случае скорость фильтрации значительно возрастает (5 – 12 м/ч), используются более крупные фракции фильтрующего материала, а вода предварительно обрабатывается коагулянтами.

В процессе осветления и обесцвечивания вода одновременно освобождается от значительного количества бактерий, т.е. частично обеззараживается. Обеззараживание можно рассматривать как вполне самостоятельный часто единственный, процесс обработки воды (например, на водопроводах, использующих бесцветные, прозрачные поверхностные или подземные воды). Обеззараживание воды может осуществляться при помощи специальных реагентов и безреагентными методами.

Реагентными методами называются такие, при которых для обеззараживания воды применяются химические вещества, вызывающие гибель микроорганизмов. В качестве дезинфектантов применяются многие окислители и некоторые соли тяжелых металлов (в основном соединения серебра и меди). К реагентным методам обеззараживания воды относится также использование замутнителей (палыгорскита, монтмориллонита и др.), обладающих адгезионными свойствами в отношении

бактерии, спор и вирусов. Последующее удаление этой взвеси освобождает воду от микро-организмов.

При безреагентных методах обеззараживания вода подвергается действию ультрафиолетовых лучей, ультразвуковых волн, высокой температуры и других факторов.

В основе используемых приемов для очистки воды от веществ первой группы лежат физико-химические процессы – адгезия на поверхности зернистых инертных загрузок, агрегация при помощи коагулянтов и флокулянтов, а также флотация. Кроме того, при биологических загрязнениях применяются окислители, соли тяжелых металлов, а также электромагнитные излучения и ультразвук.

Примеси второй группы, представляющих собой разные типы гидрофильных и гидрофобных коллоидных систем, высокомолекулярные вещества и детергенты, способные в зависимости от условий менять свою агрегативность, могут удаляться из воды различными методами и технологическими приемами. Так применяется обработка воды хлором, озоном и другими окислителями. При этом снижается цветность воды, уничтожаются микроорганизмы, разрушаются гидрофильные коллоиды, проявляющие защитные свойства по отношению к гидрофобным примесям воды, чем создаются благоприятные условия для последующего коагулирования, ускоряется процесс образования и осаждения хлопьев.

Основными реагентами, обеспечивающими удаление коллоидных примесей воды и приводящими к наиболее полному

обесцвечиванию последней, являются коагулянты. Как показали исследования, степень гидролиза коагулянтов зависит от pH среды, ее солевого состава и температуры. Особенно чувствителен к этим факторам алюминиевый коагулянт $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, наименее чувствителен железный коагулянт FeCl_3 .

Адсорбция на гидроокисях алюминия и железа-избирательный процесс. Более широкая гамма загрязнений будет задерживаться смешанным коагулянтом $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3$, который обладает преимуществами каждого из двух указанных выше. В этом случае процесс коагуляции протекает удовлетворительно в более широком интервале pH и температур. Значительное повышение эффекта коагулирования достигается добавками флокулянтов (полиакриламида, активной кремнекислоты и др.). Введение флокулянтов даже в небольшом количестве ускоряет образование хлопьев, улучшает их структуру, приводит к быстрому и эффективному осветлению воды. Хорошие результаты очистки воды от коллоидных примесей достигаются контактной коагуляцией, т.е. безотстойным фильтрованием.

Классификация примесей воды по их фазово-дисперсному состоянию и процессы, используемые для их удаления

Таблица 1.

Гетерогенные системы		Гомогенные системы	
Взвеси (суспензии,	Коллоидные растворы, высокомолекуля	Молекулярны е растворы (газы,	Ионные растворы (соли, кислоты.основа

микроорганизмы и планктон)	рные соединения и вирусы	растворимые органические вещества)	ния)
Группа I $(10^{-2} - 10^{-4} \text{ см})$	Группа II $(10^{-5} - 10^{-6} \text{ см})$	Группа III $(10^{-6} - 10^{-7} \text{ см})$	Группа IV $(10^{-7} - 10^{-8} \text{ см})$
Механическое безреагентное разделение	Диализ, ультрафильтрац ия	Аэрация,	Гиперфильтрац ия
Окисление хлором, озоном и др.	Окисление хлором, озоном и др.	Окисление хлором, двуокси сю хлора, озоном, перманганато м.	Перевод ионов в малорастворим ые соединения, в том числе и окислением
Флотация, суспензий и эмульсий	Коагуляция коллоидных примесей	Экстракция, органическим и растворителям и	Сепарация ионов при различном фазовом состоянии воды
Адгезия, на гидроокисях алюминия или железа и высокодисперсны х материалах	Адсорбция на гидроокисях алюминия, железа и на глинистых минералах	Адсорбция на активированн ых углях и других материалах	Фиксация ионов на твёрдой фазе ионитов
Агрегация с помощью	Агрегация с помощью	Ассоциация молекул	Перевод ионов в

флокулянтов	флокулянтов катионного типа		малодиссоциир ованные
Электрофильтрац ия суспензий и электро- удерживание микроорганизмов	Электрофорез и электродиализ	Поляризация молекул в электрическом поле	Использование подвижности ионов в электрическом поле
Бактерицидное воздействие на патогенные микроорганизмы и споры	воздействие	Биохимически й распад	Микробное выделение ионов металлов

Для третьей группы примесей, являющихся молекулярными растворами, наиболее эффективные процессы, обеспечивающие их удаление из воды, аэрировано, окисление, адсорбция.

Растворенные в воде газы и летучие органические вещества (легкие бензины, некоторые органические сернистые соединения, низкомолекулярные эфиры, низкомолекулярные карбонильные соединения и др.) устраняются аэрированным воды или обработкой ее определенными химическими реагентами. Для удаления сероводорода воду обрабатывают хлором, для связывания избыточной углекислоты – известковым раствором, мелом или фильтруют через мраморную крошку; избыточный кислород устраняется при фильтровании через железную стружку, обработкой серноокислым натрием или другими реагентами. Растворенные в воде одноатомные и многоатомные фенолы,

некоторые продукты органического синтеза, гуминовые и сульфокислоты разрушаются под действием сильных окислителей.

Многие вещества, входящие в третью группу, удаляются из воды при помощи активированных углей, применение которых основано на том, что растворенные в воде примеси вступают в молекулярное взаимодействие с высокоразвитой поверхностью углей и более или менее прочно на ней закрепляются. На углях хорошо сорбируются гидрофобные соединения, к которым принадлежат растворимые в воде углеводороды нефти, ароматические углеводороды и их производные (хлор феноль), хлорпроизводные угле-водородов и другие малорастворимые в воде соединения. Для адсорбционного извлечения из воды низкомолекулярных соединений могут применяться мелкопористые угли (марки КАД и БАУ). Для удаления веществ с более крупными молекулами, например фульво кислот и гуминовых кислот, нужны крупнопористые угли (марки ОУ и А).

Запахи и привкусы в зависимости от обуславливающих их веществ устраняются различными методами. Запахи и привкусы естественного происхождения, вызываемые продуктами, образующимися при размножении и отмирании обитающих в водохранилищах и озерах микроорганизмов, предотвращаются при обработке водоема медным купоросом. На водоочистных станциях аналогичные запахи устраняются при помощи сильных окислителей (озона, двуокиси хлора) или адсорбентов (активированных углей). Образование хлор фенольных запахов и привкусов при хлорировании воды, содержащей в незначительных

концентрациях фенол и другие производные бензола, предотвращается предварительной обработкой ее аммиаком. Запахи и привкусы, обусловленные растворенными газами или солями, удаляются соответствующими методами дегазации и обессоливания.

Для **четвертой группы** примесей, представляющих собой электролиты, техника очистки воды сводится к связыванию подлежащих устранению ионов в малорастворимые и слабодиссоциированные соединения при помощи добавляемых в воду реагентов. При выборе реагентов целесообразно исходить из величин произведения растворимости образующихся соединений. В случае малых их значений полнота очистки возрастает, особенно при избытке иона-осадителя. Присутствие в воде посторонних солей обуславливает увеличение ионной силы раствора, вследствие чего уменьшаются коэффициенты активности реагирующих ионов и растворимость осадка возрастает.

Для удаления примесей четвертой группы применяются также ионообменные реакции, которые протекают на поверхности твердой фазы (на ионообменные смолах). Такие процессы рационально использовать, когда удаляемые ионы необходимо удержать на нерастворимом в воде материале, заменив их ионами, безвредными для последующего использования воды .

Освобождение воды от ионов можно осуществлять ее испарением, переводом в твердую фазу (вымораживание, образование газогидратов) или добавлением соответствующего несмешивающегося с водой растворителя, для образования двух

фаз, используя неравномерность распределения ионов между этими фазами (экстракция). В некоторых случаях целесообразно использовать направленное движение ионов через мембрану в электрическом поле (электродиализ).

Ионные реакции практически необратимы, если в результате взаимодействия ионов получается вещество, выходящее из сферы реакции, газ, осадок, слабо диссоциированное соединение. При стабилизационной обработке и подщелачивании нужно учитывать, что вода - слабый амфолит и при ее диссоциации образуются в равных концентрациях гидратированные протоны и ионы гидроксила. В кислых или щелочных водах преобладает один из указанных компонентов и для его связывания воду обрабатывают соответственно щелочными или кислыми реагентами.

Связывание примесей воды в малодиссоциированные комплексные ионы следует рассматривать как обменную реакцию, при которой молекулы воды из внутренней сферы гидратов ионов вытесняются молекулами или ионами лигандов, образующих более прочный комплекс. Чем меньше константа нестойкости полученного комплексного иона, тем полнее извлекается данная примесь из воды.

Умягчение воды, т. е. удаление из нее ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , может осуществляться термическими, реагентными и ионообменными методами. Термические методы умягчения основаны на переходе бикарбонатов кальция и магния в малорастворимые карбонаты, выпадающие в осадок при кипячении воды. В случае использования реагентных методов умягчения воды

растворимые соли кальция и магния при помощи химических реагентов переводятся в нерастворимые соединения, удаляемые отстаиванием и фильтрованием. Умягчения воды методом ионного обмена основано на обмене ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , находящихся в воде, на ионы катионита (Na^+ или H^+), через который она фильтруется.[5,6]

В последнее время получил распространение новый способ обработки воды, применяемый для уменьшения образования накипи, состоящих в пропускании ее через магнитные или электромагнитные устройства. В результате электромагнитной обработки воды жесткость ее не изменяется, но осадки выпадают в виде мелких кристалликов подвижного шлама который не прилипает к поверхности нагрева и легко удаляется при продувке.

ГЛАВА.2.

ПРИМЕНЕНИЕ ОКСИХЛОРИДОВ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ КОАГУЛЯЦИИ ВОДЫ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ И НИЗКОЙ ЩЕЛОЧНОСТЬЮ

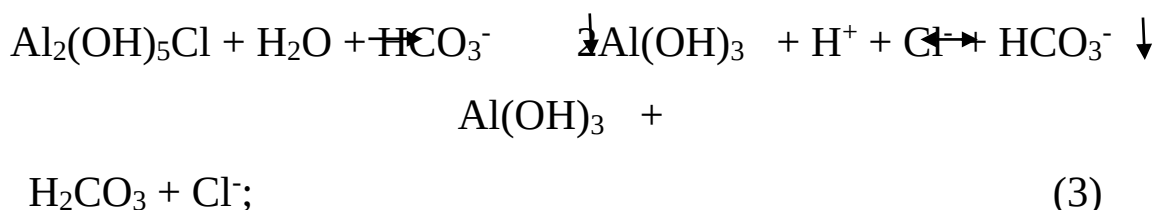
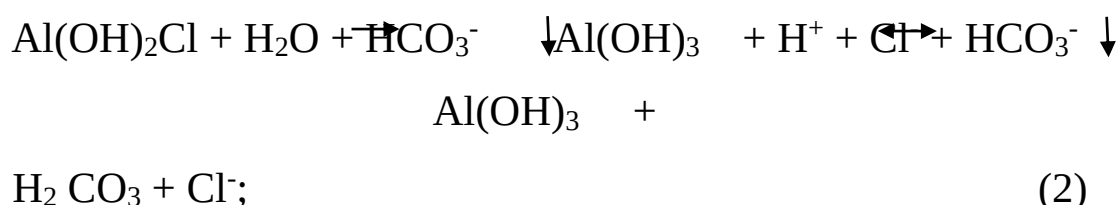
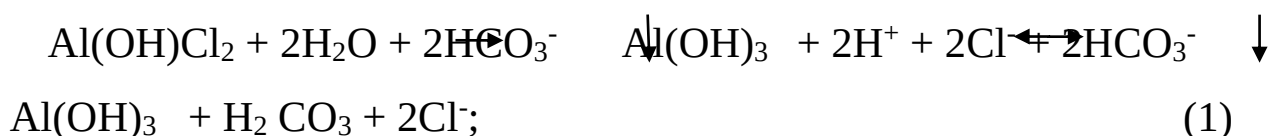
Качество теплоносителя, определяющее надежную работу оборудования ТЭС, во многом зависит от эффективности удаления органических примесей на стадии коагуляции исходной воды. В

настоящее время совершенствование процесса коагуляции осуществляется путем реконструкции осветлителей и заменой $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ коагулянтами типа дигидрокисульфата алюминия или оксихлоридов алюминия (ОХА). Последние синтезируются с различным содержанием OH – групп в молекулах, а их основность характеризуется модулями основности или кислотности, т.е. молярным отношением $\text{OH}/(\text{OH}+\text{Cl})$ или $\text{HCl}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Промышленностью выпускаются ОХА с модулями основности $1/3$ $[\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2]$, $2/3$ $[\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}]$ и $5/6$ $[\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}]$, а также их смеси с содержанием основного продукта Al_2O_3 от 7 до 30 %. Эти коагулянты широко используются в установках питьевого водоснабжения [1] и постепенно внедряются на водоподготовительных установках (ВПУ) электростанций [3].

Исходная вода Псковской ГРЭС (р. Шелонь) характеризуется высоким содержанием органических примесей: перманганатная окисляемость составляет 25.....45 мгО/дм³, цветность 225.....425 град. При этом щелочность Щ обычно равна примерно 1 мг-экв/дм³, а в паводковые периоды (весной и осенью) снижается до 0.6 мг-экв/дм³. Коагуляция такой воды протекает эффективно только при высоких дозах сульфата алюминия с предварительным подщелачиванием при практически «нулевой» щелочности. Такой режим приводит к получению осветленной воды с низкими значениями рН (5,0...5,3), росту солесодержания, повышению агрессивности и нагрузки на ионообменные фильтры ВПУ.

Для улучшения режима работы осветлителей и показателей качества осветленной воды были проведены исследования

коагуляции оксихлоридами алюминия с различными модулями основности. Процесс гидролиза ОХА многостадийный; при этом образуются гидроксо-комплексы, труднорастворимые основные соли и частично полимерные гидроокиси алюминия. Упрощенно этот процесс в зависимости от модулей основностей ОХА можно представить так:



В соответствии с реакциями (1)—(3) дозирование 1 мг-экв/дм³ ОХА с модулями основности 1/3, 2/3 или 5/6 (при наличии щелочного «резерва») в отличие от сульфата алюминия будет приводить к снижению *Щ* и росту концентрации хлорид-ионов для коагулянтов без примесей NaCl или CaCl₂ соответственно только на 2/3; 1/3 и 1/6 мг-экв/дм³. Это показывает, что влияние модуля основности ОХА существенно отразится на качестве осветленной воды, особенно при использовании высокоосновных коагулянтов.

Таблица 2. Состав используемых коагулянтов

Коагулянт	Химическая формула	Al ₂ O ₃ , %	Модуль основности	pH	Плотность, г/см ³
Сульфат алюминия *	Al ₂ (SO ₄) ₃	16,7	—	—	—
ОХА[1/3(50 %) + 2/3(50 %)] *	Al(OH)Cl ₂ + Al(OH) ₂ Cl	10,35	1/3 + 2/3	2,2...2,3	1,220
Аурат-10: ОХА[1/3(10 %) + 2/3(90 %)] **	Al(OH)Cl ₂ + Al(OH) ₂ Cl	10,02	1/3 + 2/3	2,48	1,228
ОХА [2/3 (100 %)] *	Al(OH) ₂ Cl	15,84	2/3	2,7	1,309
ОХА[2/3(60 %) + 5/6 (40 %)] *	Al(OH) ₂ Cl + Al ₂ (OH) ₅ Cl	21,3	2/3 + 5/6	3,0...3,1	1,435

Производитель ОАО «Бокситогорский глинозем».
«Аурат».

Производитель ОА

Лабораторные опыты по коагуляции воды Псковской ГРЭС проводились при дозировании ОХА (табл. 2).

Для сравнения проводилась также коагуляция воды сульфатом алюминия. Формирование хлопьев во всех опытах ускорялось вводом катионного флокулянта Praestol-650TR в количестве 0,1 мг/дм. Дозы коагулянтов рассчитывались по содержанию в реагентах Al₂O₃. Коагуляция воды проводилась по общепринятой методике без предварительного подщелачивания. В отстоянной коагулированной воде определялся pH, в фильтрованной осветленной воде — щелочность, окисляемость (Ок), цветность и концентрации сульфатов, хлоридов, железа и алюминия

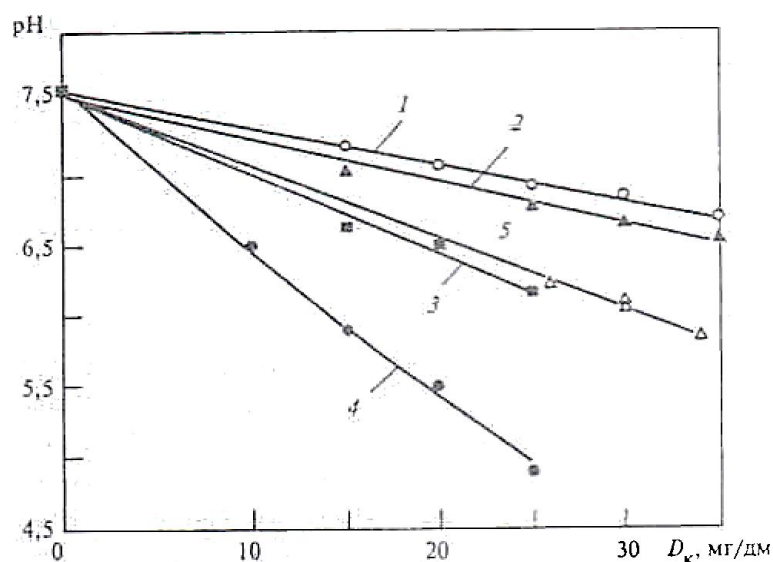


Рис.1. Изменение pH обработанной воды в зависимости от дозы различных коагулянтов

1 — ОХА[2/3(60 %) + 5/6 (40 %)]; 2 — ОХА [2/3(100 %)];
 3 — ОХА [1/3(50 %) + 2/3(50 %)]; 4 — $Al_2(SO_4)_3$, 5 — ОХА [2/3(100%)],
 производитель ОАО «Аурат». Производитель коагулянтов 1—4 — ОАО «Бокситогорский глинозем»

Проведенные опыты показали, что снижение $Щ$ при коагуляции ОХА пропорционально дозе и модулю основности в соответствии с уравнениями (1) – (3), а при коагуляции $Al_2(SO_4)_3$ — эквивалентно дозе. На рис. 1 для примера приведены результаты изменения pH при коагуляции воды с исходной $Щ = 0,93$

мг-экв/дм и окисляемостью $27,3 \text{ мгО/дм}^3$ в зависимости от дозы D_k используемых коагулянтов. Значение pH сильно зависит от D_k при коагуляции сульфатом алюминия, а при обработке оксихлоридами алюминия pH определяется также и модулями основности. Чем выше модуль основности ОХА, тем меньше снижение $Щ$ и pH осветленной воды при равных дозах коагулянтов. Причем абсолютное снижение

щелочности и pH возрастает в соответствии с рядом:

$\text{ОХА} [2/3(60\%) + 5/6(40\%)] < \text{ОХА} [2/3(100\%)] < \text{ОХА} [1/3(50\%) + 2/3(50\%)] < \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Эффективность снижения перманганатной окисляемости также зависит от модуля основности ОХА (рис. 2): чем он выше, тем больше требуется коагулянта для достижения одной и той же окисляемости. При равных D_K снижение концентрации органических примесей более эффективно при меньших pH, т.е. при дозировании $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и ОХА с низким модулем основности. Однако его влияние на окисляемость в отличие от $Щ$ и pH незначительно.

Независимо от исходной окисляемости снижение концентрации органических примесей убывает в соответствии с рядом: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 > \text{ОХА} [1/3 (50\%) + 2/3(50\%)] > \text{ОХА} [2/3 (100 \%)] > \text{ОХА} [2/3 (60 \%) + 5/6 (40 \%)]$. Такая зависимость характерна только для вод с высокой цветностью. При меньшей цветности, наоборот, отмечается высокая эффективность снижения окисляемости при коагуляции высокоосновными ОХА. Доза этих коагулянтов для достижения оптимальной окисляемости меньше, и коагуляция протекает более эффективно в менее кислой среде, чем при дозировании $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Для воды Псковской ГРЭС получены следующие результаты по окисляемости: значения 4,9...5,0 мгО/дм³ достигаются при дозировании около 20 мг/дм³ сульфата алюминия и при незначительном повышении дозы алюминия и при незначительном повышении дозы (на 15...20 %) высокоосновных ОХА. В этом случае $Щ$ воды снижается при обработке $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ примерно на 0,9, а при обработке ОХА — на

0,3 мг-экв/дм при соответствующем снижении рН приблизительно до 5,3 и 7,0 с увеличением концентрации ионов SO_4 на 1,2 мг-экв/дм, а хлоридов — на 0,6 мг-экв/дм. Если применяются смешанные ОХА [2/3 (60 %) + 5/6 (40 %)], то изменение рН и $Щ$ будет еще меньше.

Таблица 3. Результаты лабораторных опытов при $D_K = 25$ мг/дм³

Коагулянт	рН	$Щ$ мг-экв/дм ³	Cl^- мг-экв/дм ³	SO_4^- мг-экв/дм ³	Fe мг/дм ³	Ок мгО/дм ³	$I_{ст}$ [4]
Исходная вода	7.60	0.93	0.1	0.6	1075	24.3	- 0.84
$Al_2(SO_4)_3$	4.90	0.06	0.1	2.1	50	3.7	- 4.56
ОХА [1/3 (50 %) + 2/3 (50 %)]	6.16	0.31	1.0	0.6	19	3.5	- 2.66
ОХА [2/3 (100 %)]	6.79	0.60	0.8	0.6	29	4.8	- 1.85
ОХА [2/3 (60 %) + 5/6 (40 %)]	6.91	0.85	0.6	0.6	25	5.5	- 1.70

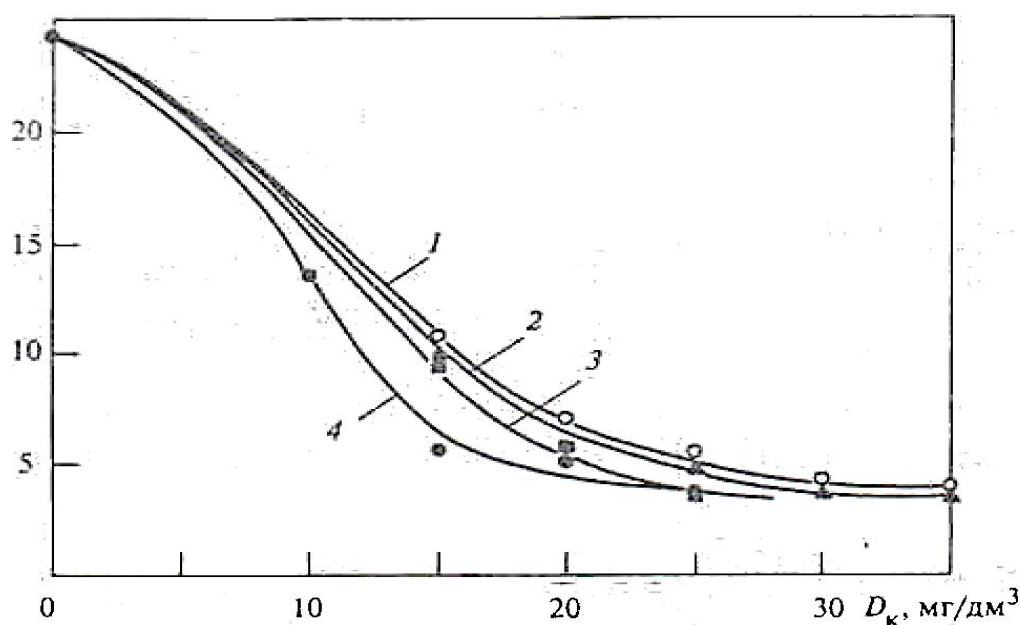


Рис.2. Изменение окисляемости обработанной воды в зависимости от дозы различных коагулянтов. 1-4 см. на рис. 1

Такие изменения качества осветленной воды влияют и на ее стабильность. В табл. 2 приведены результаты лабораторных опытов по коагуляции для исследуемых коагулянтов, а также расчетные значения индекса стабильности $I_{ст}$ [4]. Из анализа ее данных следует, что обработанная $Al_2(SO_4)_3$ вода характеризуется низкими значениями pH, Щ и наибольшим отрицательным индексом стабильности, т.е. вода крайне агрессивна. Качество воды, коагулированной ОХА, отличаются более высокими значениями pH, Щ и меньшей агрессивностью. Различия качества воды, осветленной ОХА [2/3 (100 %)] и смешанным коагулянтом, незначительны. Поэтому для промышленных испытаний рекомендован более дешевый коагулянт с модулем основности [2/3 (100 %)] производства ОАО «Бокситогорский глинозем».

Основная цель опытно-промышленных испытаний с использованием ОХА — отработка технологии коагуляции в трех

режимах: с номинальным подщелачиванием исходной воды [соответствует режиму при дозировании $Al_2(SO_4)_3$]; с минимальным подщелачиванием и при отсутствии предварительного подщелачивания. На Псковскую ГРЭС для коагуляции вместо ОХА с модулем основности $2/3$ был поставлен, как показал входной контроль реагента, оксихлорид алюминия с модулем основности [$2/3$ (46 %) + $1/3$ (54 %)], т.е. с меньшей основностью, чем был рекомендован. Подача в осветлитель такого ОХА с дозой 1 мг-экв/дм³ теоретически должна снижать $Щ$ на 0,48 мг-экв/дм³. Однако при низкой исходной щелочности воды вследствие неполноты протекания процесса гидролиза изменение $Щ$ будет меньше. Увеличение концентрации хлоридов пропорционально дозе коагулянта и составляет примерно 0,6 мг-экв/дм³ из-за наличия примесей NaCl. Изменения щелочности и концентрации хлоридов, как показали лабораторные исследования, будут существенно больше, а pH ниже, чем если бы использовался ОХА с модулем основности $2/3$. Поэтому для данной воды косвенным показателем, определяющим значение D_K , будет именно изменение концентрации хлоридов, а не щелочности.

При испытаниях подача коагулянта в исходную воду осуществлялась перед воздухоотделителем, полиакриламида — в конусную часть осветлителя во всех режимах.

На первом этапе исследований уточнялась оптимальная дозировка ОХА при предварительном подщелачивании исходной воды и определялись гидравлические характеристики шлама; на втором — анализировался режим работы осветлителя и качество коагулированной воды при минимальном подщелачивании; на третьем — определялись

оптимальные и минимальные дозы ОХА без подщелачивания. В ходе испытаний проводился оперативный контроль дозы коагулянта (по увеличению концентрации хлоридов и реальному расходу раствора коагулянта из мерного бака), режима работы шламового фильтра, качества исходной воды и основных показателей коагулированной воды в зоне смешения и на выходе из осветлителя.

Таблица.4. Показатели качества осветленной воды по данным дневной лаборатории Псковской ГРЭС

Показатель	Подщелачивание, Коагулянт			
	Номинально е, $Al_2(SO_4)_3$	Номинально е, ОХА	Минимально е ОХА	Отсутстви е, ОХА
Ж, мг- экв/дм ³	1.0	1.04	1.0	1.0
Щ, мг- экв/дм ³	0.03	0.45	0.29	0.3
Ок, мгО/дм ³	5.2	6.4	4.2	3.8
РН	5.3	6.79	6.2	6.4
Концентраци я мкг/дм ³ :				
Al	-	100	20	85
Fe	60	55	38	36.5
Концентраци я мкг/дм ³ :				
Cl ⁻	2.0	34.8	36.6	32.0
SiO ₂	3.0	2.75	3.0	-
SO ₄ ⁻	98	-	0.8	1.2
Дата	9/IX 2004	24/IX 2004	27/IX 2004	30/IX 2004

Кроме того, 1 раз в сутки основные показатели качества осветлен-

ной воды определялись дневной лабораторией (табл. 3). Переход на коагуляцию оксихлоридом алюминия во всех режимах не привел к нарушениям работы осветлителя; шламовый фильтр функционировал стабильно. Сопоставление качества осветленной воды при коагуляции ОХА и $Al_2(SO_4)_3$ показывает, что по таким показателям, как концентрация Fe, Al, SiO_2 и окисляемость, явных преимуществ не наблюдается. В то же время при использовании ОХА осветленная вода характеризуется более высокими значениями pH, меньшей агрессивностью и снижением общей солевой нагрузки на ионитные фильтры.

В табл. 4 приведены основные результаты испытаний коагуляции воды ОХА в трех режимах работы осветлителя, а также с оптимальным подщелачиванием при коагуляции $Al_2(SO_4)_3$. Сравнение результатов, полученных при практически равных дозах коагулянтов и щелочи $O_{щ}$, показало, что дозирование ОХА позволяет получить воду с меньшей агрессивностью: pH осветленной воды составляет 6,69, а при использовании $Al_2(SO_4)_3$ — 5,3. В режиме с минимальным подщелачиванием качество воды при коагуляции ОХА практически по всем показателям выше, чем при существующей технологии. Полный отказ от подщелачивания также позволяет получать воду высокого качества с $pH = 6,16 \dots 6,35$ при дозах ОХА, равных 1,7.. 1,2 мг-экв/дм³.

табл. 5. Результаты испытаний оксихлоридов на Псковской ГРЭС

Показатель	Коагулянт				
	Al ₂ (SO ₄) ₂	ОХА [1/3(54%) + 2/3(46%)] ОАО «Бокситогорский глинозем»			
Расход, м ³ /ч	80	75	82	82	82
Исходная вода:					
рН	7.35	7.4	7.33	7.25	7.3
t, °С	29	29	29	28	29
Щ, мг-экв/дм ³	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7
Ж, мг-экв/дм ³	1.0	1.02	1.0	1.02	1.02
Ок, мгО/дм ³	21.6	20.0	21.6	20.8	21.6
Cl ⁻ мг/дм ³	1.8	2.0	1.8	2.0	2.0
SiO ₂ мг/дм ³	3.5	3.3	3.26	3.3	3.4
Точка смешения:					
рН	5.2	6.6	6.01	6.04	6.32
Щ, мг-экв/дм ³	0.02	0.47	0.22	0.24	0.36
Cl ⁻ мг/дм ³	-	36	37	31	23
D _Щ , мг-экв/дм ³	0.3	0.4	0.1	0	0
D _К , мг-экв/дм ³	32	28	34	29	21

Выход осветлителя:					
pH	5.3	6.69	6.12	6.16	6.35
Щ, мг-экв/дм ³	0.03	0.46	0.23	0.23	0.31
Ок, мгО/дм ³	5.2	5.6	5.2	5.2	5.8
Мутнось, мг/дм ³	0.145	0.145	0.116	0.319	0.145

Кроме снижения агрессивности воды примерно на 15 % отмечается увеличение продолжительности фильтроцикла ВПУ.

Таким образом, проведенные промышленные испытания подтвердили эффективность ОХА и показали преимущества смешанного ОХА [1/3 (50%) + 2/3 (.50 %)] по сравнению с $Al_2(SO_4)_3$. Использование оксихлорида алюминия вместо сульфата алюминия позволяет снизить агрессивность осветленной воды и ее расход на собственные нужды.

ГЛАВА.3

ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.

В настоящее время наиболее актуальной проблемой становится модернизация существующего оборудования ТЭС и промышленных предприятий с целью снижения эксплуатационных затрат и, соответственно, себестоимости производимой продукции.

В области водоподготовки перспективным направлением является перевод существующих водоподготовительных установок (ВПУ) с использованием метода ионного обмена на противоточный принцип ионирования воды, что позволяет в 2-3 раза снизить

себестоимость получаемой на ВПУ обессоленной или умягчённой воды.

Как известно, противоточная технология по сравнению с традиционной прямоточной позволяет:

- улучшить качество очищенной воды;
- сократить количество установленного оборудования (фильтры, насосы, баки), арматуры, трубопроводов в 2-3 раза;
- снизить расходы химических реагентов (кислота, щелочь, соль) на нужды ВПУ в 1,5-3 раза;
- уменьшить расход воды на собственные нужды ВПУ и, соответственно, объём минерализованных сточных вод в 2-6 раз.

При этом в настоящее время имеется положительный опыт использования противоточной технологии АПКОРЕ на ВПУ, которая обеспечивает высокие технические показатели ее работы после реконструкции[6]

Решающими аргументами по широкому внедрению технологии АПКОРЕ по сравнению с другими известными технологиями (Швебебед-Германия, Амберпак-США, противоток-ВНИИАМ, Россия) явились:

- возможность использования отечественного оборудования (параллельноточные фильтры типа ФИПа1);
- простота конструкции и монтажа внутренних (верхнее и нижнее) дренажно-распределительных устройств по типу коллекторно-лучевых с использованием полипропиленовых колпачков (KSH, Германия) и возможность изготовления распределительных устройств на отечественных заводах;

- отсутствие жестких требований по содержанию взвешенных веществ в исходной воде перед ионитными противоточными фильтрами;
- исключение зависимости качества очищенной воды от изменения нагрузки ионообменных фильтров, т.е. широкий диапазон производительности ВПУ;
- использование двухслойного анионирования (иониты только фирмы «Дау») в одном фильтре без каких-либо разделяющих устройств.

В тоже время всем известно, что финансирование работ по реконструкции ВПУ осуществляется, как правило, по «остаточному» принципу при обязательном обеспечении срока окупаемости затрат на реконструкцию менее 3-х лет.

Нельзя не отметить так же широко известный факт, что осветлённая вода на предочистке ВПУ (осветлители, механические фильтры) не в полной мере отвечает требованиям к качеству воды, поступающей на последующую ионообменную установку, что влечет ухудшение технологических характеристик работы ВПУ и, соответственно, приводит к увеличению эксплуатационных затрат.

Таким образом, традиционно принято, что при внедрении практически любой противоточной технологии ионирования необходимо предварительно повысить эффективность работы предочисток за счет модернизации установленного оборудования, совершенствования технологических процессов и использования современных фильтратов (для механических фильтров).

Данный подход в свою очередь влечет дополнительные затраты на модернизацию ВПУ, что соответственно приводит к увеличению лимитированного срока окупаемости затрат.

Известно, что наибольшей проблемой при эксплуатации ВПУ ТЭС является установка предварительной очистки поверхностных вод, состоящая из осветлителей типа ВТИ или ЦНИИ МПС и осветлительных (механических) фильтров типа ФОВ.

Осветлители со взвешенным слоем характеризуются нестабильной работой (периодический вынос шлама) даже при наличии автоматизации узла дозирования реагентов (известь, коагулянт).

Серийные механические фильтры при использовании современных фильтрующих материалов 1 (гидроантрацит, импортные кварцевые пески) с высотой однослойной загрузки 900-1000 мм имеют низкую , грязеёмкость и не всегда обеспечивают требуемое качество осветлённой воды перед последующим ионитным обессоливанием или умягчением (железо и алюминий менее 100 мкг/л \ взвешенные вещества менее 2 мг/дм^3).

В качестве альтернативы существующей предочистки поверхностных вод различными организациями активно предлагается установка ультрафильтрации с использованием полуволоконных мембран внутренним диаметром 0,8 мм. [4]

Незначительный опыт внедрения на отечественных ТЭС установок ультрафильтрации (Заинская ГРЭС с 2005г. и Новочеркасская ГРЭС с 2007г.) свидетельствует о снижении по сравнению с исходной водой следующих показателей:

- окисляемость на

- 40-50%;

- нефтепродукты

- на 80%; окислов

- железа на 60- 80%.

В то же время данный метод очистки поверхностной воды имеет ряд недостатков: высокая стоимость ультрафильтрационной установки (150-200 тыс.руб. на 1м³/ч установленной производительности);

незначительный срок службы мембран (менее 5 лет);

регулярная (один раз в 2-4 года) замена или ремонт запорной арматуры, электродвигателей промывных насосов и т.п. по причине интенсивных промывок мембран (1-2 промывки/час или 7000-15000 циклов/год);

- значительный расход воды на собственные нужды 15-20 % (по данным Заинской ГРЭС на второй год эксплуатации).

С целью снижения капитальных затрат на реконструкцию предочистки специалистами разработана конструкция фильтра напорного осветлительного (патент РФ на полезную модель № 64929), которая внедрена на ОАО «Химпром» (г. Новочебоксарск) и ОАО «Аммофос» (г. Череповец).

На ТЭЦ ОАО «Аммофос» г.Череповец в эксплуатации находится химводоочистка (ХВО) производительностью 400 м³/ч, работающая по схеме: «Коагуляция сульфатом алюминия в

осветлителях ЦНИИ, механическая фильтрация на фильтрах ФОВ и двухступенчатое натрий-катионирование». Исходной водой ХВО является вода реки Суда, качество которой составляет: общая жесткость - 2-3 мг-экв/дм³; общая щелочность - 3-4 мг-экв/дм³; хлориды - 2-3 мг/дм³; перманганатная окисляемость - 20-40 мгО₂/дм³; цветность - 150-250 град; окислы железа 400-1000 мкг/дм³; алюминий - 100-300 мкг/дм³. Учитывая высокую окисляемость и цветность в исходной воде, а также необходимость снижения щелочности, доза коагулянта составляет 2-2,5 мг-экв/дм³ и соответственно качество коагулированной воды после осветлителей составляет:

- перманганатная окисляемость - 6,0-10 мгО₂/дм³;
- окислы железа - 80-500 мкг/дм³;
- алюминий - 500-1100 мкг/дм³.

Существующие механические фильтры ФОВ-3,0-0,6 имеют высоту цилиндрической обечайки 1600 мм и загружены гидроантрацитом с гранулометрическим составом 0,8-2,0 мм на высоту 900 мм. Качество осветлённой воды после механических фильтров составляет:

- перманганатная окисляемость - 5-8 мгО₂/дм³;
- окислы железа - 50-100 мкг/дм³;
- алюминий - 100-450 мкг/дм³.

Из вышеуказанного видно, что существующая предочистка достаточно эффективно обеспечивает снижение окисляемости и окислов железа на 70-80%.

Единственным недостатком работы периодической является высокое содержание алюминия ($100-450 \text{ мкг/дм}^3$) в осветлённой воде по причине повышенной дозы коагулянта, что не соответствует требованиям [5] по ограничению концентрации алюминия менее 100 мкг/дм^3 в воде, поступающей на ионообменную установку.

Для решения данной проблемы было предложено два незадействованных в схеме ХВО ионитных фильтра I ступени с высотой обечайки порядка 3000 мм (ФИПа1-3,0-0,6) реконструировать в механические фильтры.

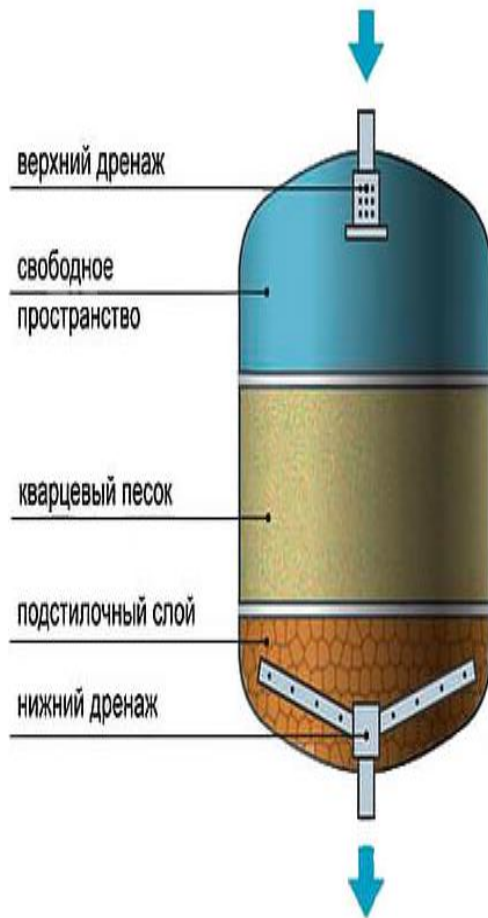
Каждый из этих фильтров был переобвязан новыми трубопроводами, установлены поворотные затворы, на входных трубопроводах установлены ультразвуковые расходомеры для контроля очищенной воды за фильтроцикл. Дренажные устройства (верхние и нижние) использованы существующие.

В каждый фильтр были загружены послойно снизу вверх следующие материалы:

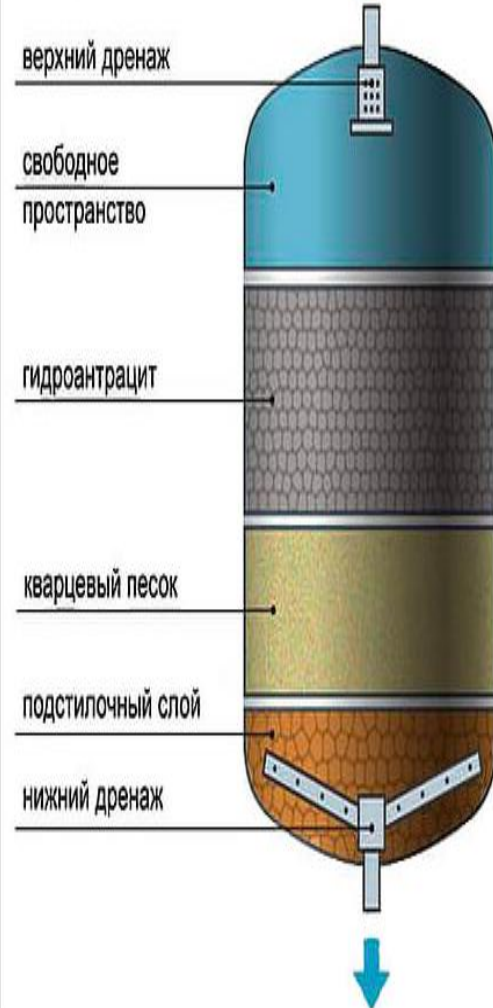
- подстилочный слой гравия с грансоставом 2-5 мм на высоту 300 мм (для защиты нижнего распределителя);
- кварцевый песок с грансоставом 0,6-1,2 мм на высоту 600 мм;
- гидроантрацит с грансоставом 1,2-2,5 мм на высоту 1200 мм.

Не перемешивание слоев обеспечивается за счёт значительной разницы их плотностей - кварцевый песок имеет плотность $2,6 \text{ г/см}^3$, гидроантрацит - $1,6 \text{ г/см}^3$.

традиционный песочный фильтр



фильтр с многослойной засыпкой



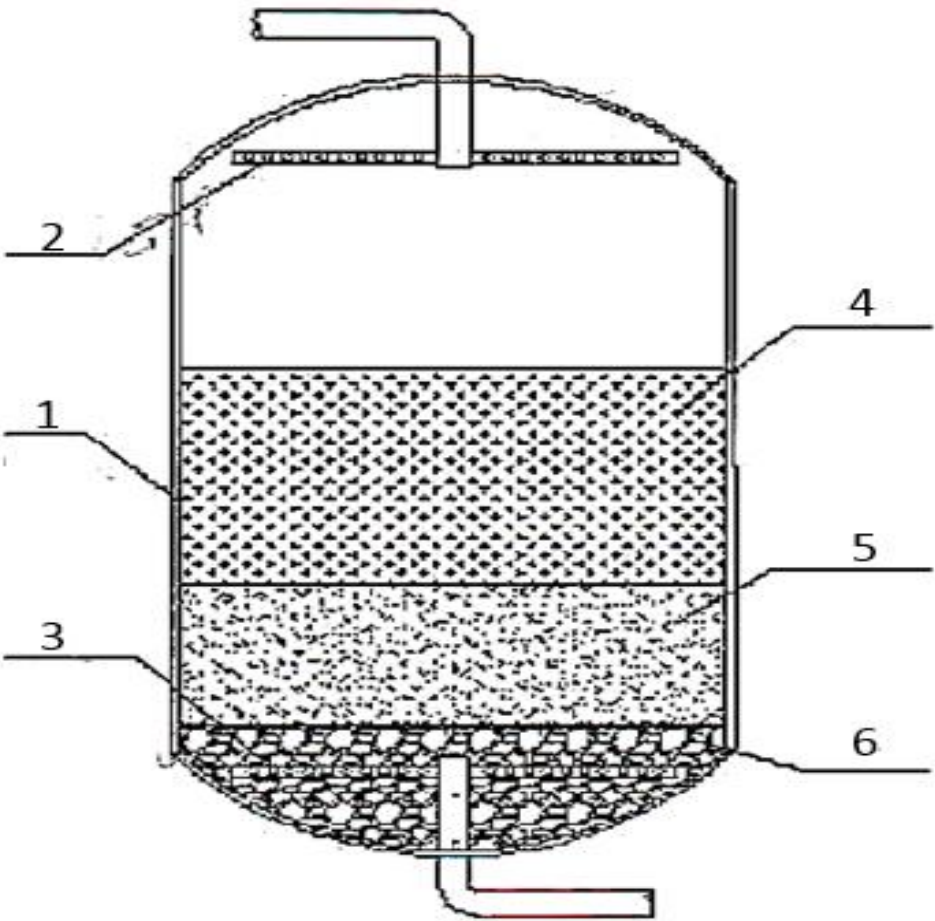


Рис .3. Конструкция фильтра механического с двухслойной загрузкой

1-корпус фильтра; 2 - верхнее распределительное устройство; 3- нижнее распределительное устройство; 4-слой гидроантрацита; 5- слой кварцевого песка; 6-слой гравия.

При проведении пуско-наладочных работ данных механических фильтров были достигнуты следующие показатели осветлённой воды после каждого фильтра:

- перманганатная окисляемость - 3,5-5,0 мгО₂/дм³ ;
- окислы железа - 20-50 мкг/дм³;
- алюминий - 50-80 мкг/дм³.

Таким образом существующая предочистка (осветлители) и модернизированные механические фильтры обеспечивают снижение окисляемости на 80-85%, окислов железа на 90-95%, алюминия на 50-70%, что намного превосходят эффект очистки по сравнению с ультрафильтрацией.

При этом скорость фильтрования составляла 10-13 м/ч, что соответствует производительности фильтра -70-90 м³/ч. Фильтроцикл каждого фильтра составлял 6000-7000 м³.

Взрыхляющая промывка производилась раз в 3-4 дня. При этом перепад давления находился в пределах 0,2-0,4 кгс/см². Отключение фильтров производилось по проскоку железа и алюминия.

Учитывая, что существующие механические фильтры ФОВ-3,0-0,6 имеют производительность 55-60 м /ч и взрыхляются один раз в сутки, то модер-низированные фильтры на базе ФИПа1-3,0-0,6 с

двухслойной загрузкой позволяют увеличить грязеемкость в 4-5 раз.

Дополнительно были выполнены анализы по содержанию кремниевой кислоты до и после фильтра, загруженного гидроантрацитом и кварцевым песком, которые подтвердили отсутствие прироста кремнекислоты в осветлённой воде.

При увеличении скорости фильтрования в форсированном режиме до 15-18м/ч, что соответствует производительности 105-130 м³/ч, качество осветленной воды практически не менялось, но фильтроцикл снижался до 5000м³ из-за проскока железа и алюминия. Перепад давления составлял 0,3-0,6 кгс/см².

Взрыхляющая промывка механических фильтров производилась в следующей последовательности:

- взрыхление воздухом в течение 5 мин;
- взрыхление водой в течение 10-15мин.

Расход воды на собственные нужды не превышал 1% от производительности механических фильтров.

Стоимость реконструкции двух существующих ионитных фильтров в механические на условиях «под ключ» составила 4000 тыс. руб. (проект, поставка трубопроводов, арматуры, фильтрующих материалов, КИП, строительно-монтажные и пуско-наладочные работы).

Учитывая, что суммарная средняя производительность двух модернизированных механических фильтров Гравна 200м³/час, то удельная стоимость данной реконструкции составляет 20 тыс. руб.

на 1 м³/ч установленной производительности, что в 10 раз меньше по сравнению с ультрафильтрацией.

На основании пуско-наладочных работ механических фильтров на базе корпусов ФИГЫ с двухслойной загрузкой общей высотой порядка 2000мм можно сделать следующие выводы.

1. Внедрение осветлительных (механических) фильтров с использованием корпусоанионитных фильтров первой ступени типа ФИГМ с двухслойной загрузкой общей высотой порядка 2000мм позволяет:

- увеличить производительность фильтров до скорости фильтрования 10-13 м/ч в номинальном режиме и до 15-18 м/ч в форсированном режиме (скорость фильтрования на традиционных фильтрах ФОВ 5-10 м³/ч);

- улучшить качество осветленной воды и гарантировать требования [5] по ограничению примесей в осветленной воде перед ионообменной установкой даже при нестабильной работе осветлителей со взвешенным слоем (железо менее 50мкг/дм³, алюминий менее 80 мкг/дм³);

- повысить грязеемкость фильтров в 4-5 раз по сравнению с существующими фильтрами ФОВ, что приводит к увеличению количества очищенной воды за фильтроцикл и соответственно снижает расход воды на собственные нужды в 4-5 раз (до 1%).

2. При проектировании новых ХВО в качестве механических фильтров целесообразно предусматривать корпуса ионитных фильтров первой ступени ФИПа1 вместо фильтров ФОВ.

3. При реконструкции существующих ХВО на первом этапе необходимо внедрять противоточные технологии (в частности с использованием слоя сополимер стирола и дивинилбензола), а впоследствии высвобождаемые ионитные фильтры модернизировать в механические с двухслойной загрузкой. При этом на фильтрах типа ФИПа1 заменяются трубопроводы взрыхляющей промывки на большие диаметры, а на ионитных фильтрах типа ФИПаII дополнительно наращивается цилиндрическая обечайка до 2800-3100мм.

4. В качестве фильтрующих материалов по причине низкой стоимости и высокой эффективности I целесообразно использовать кварцевый песок грансоставом 0,6-1,2мм на высоту 0,6-0,8м (нижний слой) и гидроантрацитгрансоставом 1,5-2,5мм на высоту 1,0-1,2м (верхний слой). При этом обязательно предусматривать подстилочный слой гравия грансоставом 2-5мм на высоту 0,3м.

5. Учитывая высокую грязеемкость двухслойной загрузки целесообразно применять контактную коагуляцию солями алюминия на механических фильтрах, вместо использования осветлителей со взвешенным слоем, что значительно упростит и удешевит предварительную стадию очистки поверхностных вод.

На последующей стадии химического умягчения (натрий-катионирование), либо обессоливания предлагается внедрение противоточной технологии с дополнительным слоем очистки, разработанной специалистами ООО «ФинИнвестКом» (патент РФ на изобретение № 2206520).

Данная технология внедрена на Уфимской ТЭЦ-3, ОАО «Химпром» (г.Новочеб-косарской), Мурманская ТЭЦ, Западно-Сибирский металлургический комбинат и др.

В частности на Уфимской ТЭЦ-3 выполнена реконструкция натрий-катионитных фильтров ФИПа1-3,0-0,6 (5шт.) в противоточные. При этом каждый фильтр обеспечивает номинальную производительность 250 м³/ч и 280 м³/ч - в форсированном режиме. Общая производительность ХВО 750 м³/ч.

С целью защиты сильнокислотного катионита от загрязнения взвешенными веществами и окислами железа (неэффективный режим работы осветлителей), а также для продления срока службы ионитов предусматривается дополнительная загрузка в противоточный фильтр (по технологии АПКОРЕ) слоя гранулированного сополимер стирола и дивинилбензола (ДВБ), который располагается между слоем катионита и слоем плавающего инерта (Рис.2). Высота слоя сополимера стирола и ДВБ составляет порядка 300 мм, а высота свободного пространства (между слоем сополимера и слоем инерта) -50-100 мм.

3.1. Предварительная очистка воды путем её прямоточной коагуляции

Исходная вода, нагретая до температуры 28±2 °С, поступает по трубопроводу в механические фильтры. В этот трубопровод перед статическим смесителем, возможно ближе к механическим фильтрам, дозируется пропорционально расходу исходной воды

рабочий раствор коагулянта. Доза (массовая концентрация) коагулянта подбирается по условию проведения процесса контактной коагуляции на зёрнах неподвижной фильтрационной загрузки механических фильтров, что обеспечивает максимальное использование её грязеёмкости. Коагулированная вода направляется для дальнейшей обработки в последующие элементы технологической схемы. В ряде случаев лучший эффект коагуляционной обработки воды достигается при вводе коагулянта в точку трубопровода исходной воды, удалённую от механических фильтров. Схему прямоточной коагуляции целесообразно применять при недостаточно нагретой исходной воде, когда процесс гидролиза коагулянта замедлен, и для формирования "хорошо задерживаемых хлопьев требуется большее время. В качестве фильтрующей загрузки наиболее оптимально применение нескольких фильтрующих материалов, загруженных послойно, например, гравия, кварцевого песка и гидроантрацита. Фильтры с послойной загрузкой при осветлении коагулированной в осветлителе воды обладают не только большей в 3-5 раз грязеёмкостью, но и обеспечивают превосходное качество фильтрата с содержанием взвешенных веществ не более $0,2 \text{ мг/дм}^3$ и мутностью не более $0,2 \text{ NTU}$. Такая вода удовлетворяет по своему качеству требованиям, предъявляемым к воде, подаваемой как на фильтры ионного обмена, так и на установки обратного осмоса.

Преимущества схемы прямоточной коагуляции

- компактность предочистки;
- меньшие требования к точности регулирования нагрева

исходной воды;

- уменьшение затрат коагулянта в сравнении с коагуляцией в осветлителях.

Недостатки схемы прямоточной коагуляции

- увеличенный расход воды на собственные нужды механических фильтров;
- увеличенное количество механических фильтров (или корпусов механических фильтров);
- необходимость использования бака и насосов взрыхляющей промывки механических фильтров;
- худшее, по сравнению с сочетанием коагуляции и механического фильтрования, качество осветлённой воды, особенно с точки зрения задержания бактерий, полисахаридов и низкомолекулярных органических кислот;
- повторное использование промывных вод требует дополнительного оборудования;
- прямоточная коагуляция применима при содержании взвешенных веществ в исходной воде не более 30 мг/дм^3 (с учётом образующихся в процессе коагуляции). При больших концентрациях этих веществ увеличивается расход воды на собственные нужды механических фильтров и уменьшаются интервалы времени между их взрыхляющими (обратными) промывками.

Прямоточная коагуляция применима для очистки поверхностных вод с небольшой окисляемостью воды, не требующих известкования, и для очистки вод на ВПУ, имеющих малый коэффициент использования установленной производительности. В последнем

случае оборудование ВПУ, в том числе, осветлители, большую часть времени простаивает в резерве. Частые пуски затрудняют эксплуатацию осветлителей.

Прямоточная коагуляция воды реализована, например, на Вологодской ТЭЦ в схеме подготовки воды для подпитки теплосети. Примером потенциальной рациональности применения прямоточной коагуляции является Норильская ТЭЦ-2, использующая воду с малой окисляемостью, увеличивающейся заметно, как и её кремнесодержание, лишь в паводок. Таким образом, устройство реагентного узла и небольшого склада коагулянта рекомендуется к применению на данной ТЭЦ. В отсутствие коагуляции на ней происходят нарушение требований ПТЭ к качеству питательной воды и паров на содержание соединений кремния.

При реализации технологии прямоточной коагуляции на некоторых объектах применены фильтры DynaSand. Эти фильтры отличаются непрерывным режимом работы и, соответственно, их общее количество может быть уменьшено, так как не требуется отключение на обратную промывку. По сравнению с традиционными напорными фильтрами это является единственным преимуществом, причём имеют место следующие недостатки:

- отвод фильтрата и стоков осуществляется безнапорно, что создаёт серьёзные неудобства при проектировании высотной схемы установки;
- относительно большой расход воды на собственные нужды;
- более сложная конструкция и условия эксплуатации;
- более высокая стоимость.

При восполнении потерь питательной воды на тепловых электростанциях в системах предочистки сырой воды используются осветлители с коагуляцией (известкованием) сырой воды. Как отмечалось на 67 энергетических предприятиях, из 192 исследованных, воду осветляют коагулированием солями алюминия.

Осветлитель ЦНИИ-МПС-2А, установленный на Разданской ТЭС (РазТЭС), работает по нижеприведенной схеме.

Сырая вода из отстойников, где освобождается (отстаивается) от тяжелых, механических фракций (примесей), поступает в теплообменники, нагревается до 30 °С и по трубопроводу поступает в осветлитель, перемешивается с коагулянт (на РазТЭС в качестве коагулянта используется сульфат алюминия), образуя хлопья, на которые осаждаются органические фракции, и через трубопровод поступает на анионитовые и катионитовые фильтры. Осветленная и отфильтрованная вода используется для нужд энергетического блока (для подпитки, заполнения, промывки и т.д.).

При рассмотрении качественных показателей воды после осветления в осветлителях ЦНИИ-МПС-2А выявлено, что использование сульфата алюминия снижает окисляемость воды в среднем на 30%, что не соответствует показателю, установленному нормой (окисляемость осветленной воды должна быть не более 30% от исходной) .

Как отмечается в [8,9], сульфат алюминия, используемый при очистке воды от органических веществ, не эффективен. Органические вещества, оставшиеся в осветленной воде, проникая в

пароводяной тракт, приводят к преждевременному выходу его металла из строя [6-10], т.к. при высоких температурах образуют органические кислоты. Следовательно, разработка более эффективного способа очистки воды от органических веществ в настоящее время весьма актуальна.

К числу наиболее эффективных методов по сравнению с коагуляцией относится метод электрокоагуляции. Суть метода заключается в следующем.

На тракте движения сырой воды устанавливаются электроды (катоды и аноды), изготовленные из алюминия. Под воздействием электростатического поля, созданного разностью потенциалов между катодами и анодами, высвобождаются алюминиевые ионы, которые, соединяясь с группами OH^- , образуют гидроксиды алюминия, на которые и осаждаются органические вещества. Далее процесс происходит также, как в осветлителе с реагентной коагуляцией. Уровень хлопьев достигает предельно допустимого уровня, и осветлитель автоматически опорожняется.

Для определения необходимого количества алюминия при осветлении воды на РазТЭС использовался предложенный нами коэффициент пересчета $K_{\text{алюминия}}$ к сульфату алюминия:

$$K = \frac{Mr(Al)}{Mr(Al_2(SO_4)_3 * 18H_2O)}$$

$$K=0,08097$$

Годовой расход алюминия для РазТЭС при работе 4 блоков К-200-130 на полную мощность составляет $7,56 \text{ т/год}$ с учетом 20% увеличения веса (количество 20% необходимо для не полного растворения электродов, для того чтобы электроды все время были) для нормальной эксплуатации осветлителя с электрокоагуляцией, годовой расход сульфата алюминия - $71,35 \text{ т/год}$ [11].

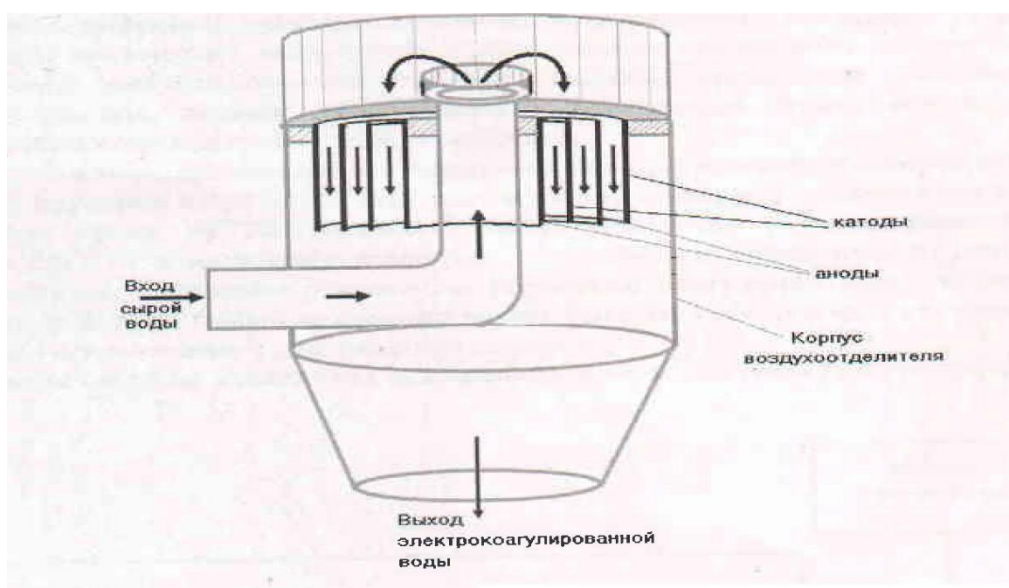
Поэтому использование вместо сульфата алюминия алюминиевых электродов приведет к уменьшению эксплуатационных расходов, с одной стороны, и, с другой стороны, весомо уменьшит окисляемость (окисляемость является косвенным показателем присутствия органических веществ в воде) осветленной воды [12]. Для уменьшения капитальных затрат при внедрении метода электрокоагуляции на ТЭС, в частности, на РазТЭС, авторами предложено модернизировать уже установленные, работающие в настоящее время осветлители с использованием в них процессов электрокоагуляции, а не разрабатывать новые электрокоагуляторы и заменять ими существующие на ТЭС осветлители.

Одной из важных задач при модернизации осветлителя является определение влияния суммарного веса электродов, который будет дополнительно воздействовать на несущие узлы осветлителя.

Осветлители ЦНИИ-МПС-2А имеют водяной объем, равный 420 м^3 [3, 13], при этом коэффициент запаса прочности основания и корпуса для аппаратов, наполненные водой, составляет 1,1 что соответствует 42 т алюминия, а увеличение нагрузки на корпус и основание осветлителя при установке пакета электродов, весом 601

кг, очевидно, несущественно, т.к. составит лишь 0,143% от веса аппарата.

Для более эффективной очистки воды необходимо выбрать конфигурацию и место установки пакета электродов. Анализ технологических чертежей осветлителей типа ЦНИИ показал [15], что наиболее приемлемым местом установки электродов является воздухоотделитель, т. к. исходная вода непосредственно подается в него; в нем вода протекает установившимся потоком, и в нем имеется свободное для установки пакета электродов пространство. Течение воды происходит при малых скоростях, поэтому очевидно, изменение гидравлического режима в потоке несущественно (рис.4).



**Рис.4. Принципиальная схема воздухоотделителя.
с пакетом электродов в осветлителе ЦНИИ – МПС – 2А
производительностью 230 м/ч**

При выборе формы электродов авторы остановили свое внимание на электродах цилиндрической формы т.к. вода, плавно омывая электроды, протекает без изменения своего направления, и алюминиевые распределены равномерно по всему межэлектродному объему. Исходя из размеров воздухоотделителя, авторами определено количество электродов - 17 шт.

Для эффективного, надежного и безопасного производства электрической энергии, уменьшения количества персонала, контролирующего технологические процессы на энергоблоках в мировой практике проектирования ТЭС и АЭС установилась тенденция полной автоматизации технологических процессов вновь строящихся и модернизации существующих энергоблоков. Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами ТЭС и АЭС требуют такие методы обработки информации, которые позволят проводить оперативный контроль за технологическими параметрами энергоблоков и автоматически воздействовать на соответствующие их участки для поддержания параметров на уровне оптимальных значений. Не составляют исключения и системы очистки воды в отделениях химических технологий.

Следовательно, в химических цехах электрических станций необходимо использовать такой [современный метод определения качества очищенной воды, который бы позволил:

- автоматически, оперативно и точно определить состав исходной и очищенной воды;
- преобразовать параметры качества воды в электрический

сигнал или цифровой код, который мог бы подаваться на электрические или цифровые приборы контроля, установленные на щитах управления рабочего места начальника смены химических технологий. Такие сигналы необходимы для передачи на сервер управления (управляющей электронно-вычислительной машины) процессами очистки воды, согласно которым, по определенным, заранее разработанным программам будет осуществляться «программное управление процессами водоподготовительных установок.

Учитывая современные требования, предъявляемые к ведению технологических процессов, а также с учетом того, что при осветлении исходной воды метод электрокоагуляции обходится существенно дешевле, чем используемый в настоящее время на предочистки воды. Так как на РазТЭС в настоящее время нет центрального управляющего сервера, то авторами предложена схема системы локального управления процессом коагуляции воды, которая при модернизации во время планово предупредительного ремонта может быть установлена на щите управления химического цеха с последующим соединением с центральным сервером.

Система работает следующим образом. Электрохимическая ячейка аппарата определения концентрации органических веществ предварительно заливается осветленной водой с выхода воздухоотделителя. Аналоговый (электрический) сигнал, пропорциональный концентрации органических веществ, полученный в процессе измерения, подается на блок счета количества импульсов и через него передается на вход аналого-

цифрового преобразователя. После стабилизации сигнала на входе блока счета количества импульсов появляется сигнал запуска таймера, который приводит в действие электрический исполнительный механизм 1 привода регулирующего клапана подвода осветленной воды. Клапан открывается, и в электрохимическую ячейку подается осветленная вода. В ячейке предусмотрен свободный слив воды, благодаря которому происходит выталкивание предыдущей, измеренной порции воды. Таймер отсчитывает время водообмена ячейки, величина которого заранее определяется, и подает сигнал на закрытие регулирующего клапана подвода осветленной воды. Процесс измерения необходимо повторить не менее трех раз.

Аналого-цифровой преобразователь преобразует аналоговые сигналы в цифровые сигналы, соответствующие величине концентрации органических веществ и подает на регулятор коагуляции (локальный процессор). В регуляторе коагуляции полученные сигналы (не менее трех) усредняются. Усредненный сигнал сравнивается с сигналом задания от встроенного в него задающего узла, пропорционального минимально допустимой концентрации органических веществ. При появлении сигнала разбаланса (разницы между этими сигналами) регулятор коагуляции воздействует на исполнительный механизм 2 так, чтобы на выходе регулятора напряжения установилась величина, необходимая для приведения сигнала разбаланса между текущим и заданным значениями концентрации органических веществ в осветленной воде. Для обеспечения устойчивости системы в схеме системы

управления предусмотрена обратная связь по напряжению с выхода регулятора напряжения к регулятору коагуляции.

Количество циклов измерения определяется после монтажа в процессе отладки системы управления.

В схеме предусмотрен индикатор концентрации органических веществ в осветленной воде, который получает сигнал от регулятора коагуляции.

Предложенная система управления может быть осуществлена как на базе аппаратуры нового поколения, так и на базе существующих на РазТЭС аппаратуры серии «АКЭСР» и «РЕМИКОНТ» силами и возможностями подразделений РазТЭС.

3.2. Схемы и аппаратура автоматизации химводочисток

Установки химической очистки воды на электростанциях предназначены для восполнения потерь пара и воды в пароводяном цикле. В зависимости от качества исходной воды и требований, предъявляемых к добавочной воде котлов, водоподготовительные установки оборудуются устройствами для коагуляции, известкования или обескремнивания. Процесс коагуляции заключается в удалении из воды веществ, находящихся во взвешенном состоянии. Наличие их в воде увеличивает вспенивание и тормозит протекание процессов последующей обработки воды в фильтрах. Введение в воду специального реагента-коагулянта способствует укрупнению взвешенных частиц, образованию хлопьев и выпадению их в осадок. В качестве коагулянтов применяются соли алюминия и железа. В так называемых прямоточных установках с механическими фильтрами

процесс коагуляции происходит в смесителе, включенном после насосов перед механическими фильтрами. Реагент вводится в исходную воду перед смесителем с помощью специального устройства-дозатора. Раствор коагулянта определенной концентрации готовится в напорных баках. При малом содержании органических веществ смесители в проточных установках не устанавливаются и подача реагентов в воду производится непосредственно перед механическими фильтрами. Иногда в проточных установках предусматривается дозировка двух реагентов: раствора солей алюминия и раствора щелочи. В установках с отстойниками последние включаются перед механическими фильтрами. Исходная вода подается к отстойникам предварительно подогретой. Подогрев воды производится паром в подогревателях смешивающего типа. Дозировка раствора коагулянта осуществляется обычно посредством сифонных дозаторов в смесительную часть отстойника. Вода, обработанная реагентами, поступает в бак осветленной воды, откуда насосами прокачивается через механические фильтры. Известкование представляет собой процесс предварительного умягчения воды методом осаждения. Для этого в воду вводятся реагенты, способствующие образованию труднорастворимых солей, выпадающих в осадок. В качестве реагента применяется едкая известь. Использование ее способствует также удалению свободной углекислоты. Приготовление раствора извести производится в сатураторах и известковых мешалках. Первые находят применение только в установках малой производительности. Дозировка

известкового молока осуществляется в отстойники посредством игольчатых или шайбовых дозаторов.

Содержание в воде солей кремниевой кислоты приводит к образованию накипи в наиболее теплонапряженных участках поверхностей нагрева. Этот вид накипи отличается большой твердостью и малой теплопроводностью. Частичное обескремнивание исходной воды происходит в процессе ее коагуляции и известкования в отстойниках. Однако этого оказывается недостаточно для получения воды требуемого качества. При больших добавках химически очищенной воды величина продувки котлов, устанавливаемая по содержанию кремниевой кислоты значительно возрастает. Глубокое обескремнивание воды достигается, благодаря введению в воду специальных реагентов, в качестве которых применяется (каустический магнезит или доломит. Дозировка каустического магнезита обычно осуществляется быстроходными шнеками или игольчатыми дозаторами.

ГЛАВА.4.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ В ОСВЕТИТЕЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ON- LINЕ МОНИТОРИНГА ОСВЕЩЕНИЯ ВОДЫ НА ВПУ ТАШТЭС

4.1. Теоретические основы предварительной обработки воды в осветлителях

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

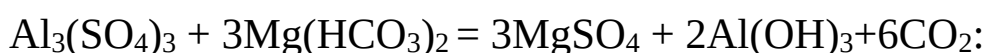
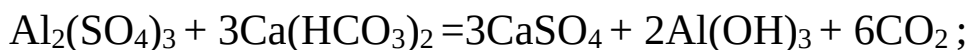
Основными этапами обработки являются: приготовление растворов реагентов и дозирование их; смешение воды с реагентами; осветление-отстаивание выделившегося осадка; фильтрования отстоявшейся воды через зернистые фильтры.

Наиболее распространенной схемой предочистки при химической обработке воды для питания паровых котлов является схема с коагуляцией в осветлителях – фильтрование. В схемах с одной коагуляцией без известки хорошие результаты дает применение флокулянта – полиакриламида, ускоряющего осаждение хлопьев коагулянта $[Al(OH)_3]$. Известкование в осветлителях (в необходимых случаях с коагуляцией) и фильтрование является основным, наиболее универсальным способом предочистки. Расход (доза) реагентов определяется

экспериментально по ГОСТ 2676-44 и ГОСТ 2919-45 упрощенными методами или расчетом.

Обработка воды в осветлителях

Осветление воды основано на осаждаемости действием силы тяжести. Для ускорения процессов осаждения взвеси применяют ее коагулирование, для чего в воду добавляют химические вещества – коагулянты. В результате образуются коллоидные хлопья, быстро осаждающиеся и увлекающие за собой частицы взвеси. В качестве коагулянтов используют сернокислый алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, сернокислое $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ и хлорное FeCl_3 железо или железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Коагулянт вступает в химическую реакцию с содержащимися в воде гидрокарбонатными солями кальция и магния.



При коагулировании с помощью $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ происходящий гидролиз заканчивается образованием гидроксида алюминия $2\text{Al}(\text{OH})_3$, который в виде хлопьев выпадает в осадок, и свободной углекислоты CO_2 .

Коагулирование взвешенных вещества происходит хорошо в мягких природных водах. При низкой щелочности воду подщелачивают гашеной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Ориентировочная потребность коагулянтов ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ или $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ или FeCl_3) ориентировочно определяются по мутности исходной воды. Следует отметить, что с повышением температуры ускоряются химические реакции и кристаллизация осадков,

улучшается их осаждение. Колебания температуры ухудшают условия осаждения. При коагуляции температура должна быть не ниже 20° С, при известковании оптимально 35° – 40° С. Колебания температуры при осаждении шлама в осветлителе не должно превышать $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

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

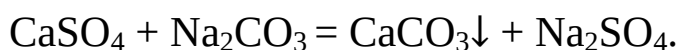


Хлопья $\text{Mg}(\text{OH})_2$ выпадают в осадок медленнее, чем CaCO_3 .

При осветлении необходимо соблюдать следующие требования:

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

Глубина умягчения зависит от наличия в обработанной воде осаждаемых ионов и осудительных реагентов. Так при наличии в обработанной воде избытка карбоната натрия Na_2CO_3 (0.5 ммоль/л) и при температуре до 60°C остаточная жесткость содоизвесткованной воды равна 0,2-0,3 ммолы/л за счет протекания реакции



При отсутствии избытка Na_2CO_3 остаточная жесткость в 2 раза выше. При понижении температуры остаточная жесткость повышается.

4.2 Цель и задачи работы

Целью и задачей работы является создание автоматизированной системы управления и контроля технологического процесса осветления воды на ВПУ ТашТЭС. В данное время при эксплуатации технологических процессов осветления воды в осветлителях контроль и диагностика, производится ранее разработанными методами. Эти методы не удовлетворяют современным требованиям и не могут обеспечить достаточное качество осветления исходной воды, особенно в периоды весенних и осенних паводков. Разработанная ранее авторами проекта автоматизированная on-line система мониторинга технологических процессов ВПУ ТашТЭС показала, что неавтоматизированная (ручная) подача раствора коагулянта приводит к залповым повышениям концентрации коагулянта на входе в осветлитель. Это в свою очередь приводит к значительному бесполезному перерасходу дорогостоящего коагулянта и не решает основной

задачи: обеспечения стабильного, непрерывного качественного осветления исходной воды из канала Боз-Су.

Выполнение данной работы состоит из трех этапов:

1. Монтаж 5-ти канального on-lineизмерителя прозрачности воды и его калибровка с выводом информации на ПЭВМ с архивацией.

2. Разработка и создание on-lineизмерителей прозрачности фильтрата на всех механических фильтрах и их калибровка.

3. Выполнение пуска – наладочных работ по запуску в опытно – промышленную эксплуатацию автоматизированной многоканальной системы on-linemониторинга степени осветления воды на выходе осветлителей и механических фильтров ВПУ ТашТЭС.

Выполняемая работа позволит осуществить высокоинформативную оперативную on-linedиагностику технологического процесса осветления воды в предварительной очистке в осветлителях на ВПУ ТашТЭС.

В соответствии с календарным планом рассматриваем возможности применения автоматизированной системы управления и контроля техно-логических процессов осветления воды на ВПУ ТашТЭС с использованием многоканального измерителя прозрачности воды.

Важным показателем качества воды на ВПУ до начала процесса освет-ления является прозрачность.

Прозрачность – величина, косвенно обозначающая количество взвешенных частиц и других загрязнителей в воде. Определяется

по глубина исчезновения из вида плоского диска белой или черно – белой окраски диаметром обычно 20-30 мм (**диска Секи**). Его опускают на такую глубину, чтобы он полностью исчез из виду, эта глубина и считается показателем прозрачности. Подобный способ измерения был впервые применен в ВМС США в 1804 году.

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

В настоящее время на ВПУ ТашТЭС метод количественного определения прозрачности основан на определении высоты водяного столба (Д см), при которой еще можно визуально увидеть юстировочную метку – темный крест на белом фоне. Используемый метод является унифицированным и соответствует ИСО 7027.

Нами изготовленный стент и установлен стенд в химцехеТашТЭС. Стенд состоит из 5-ти канального измерителя прозрачности воды и датчиков, которые подключены к трем осветителям.

На рис.5 представлен стенд 5-ти канального измерителя прозрачности воды.

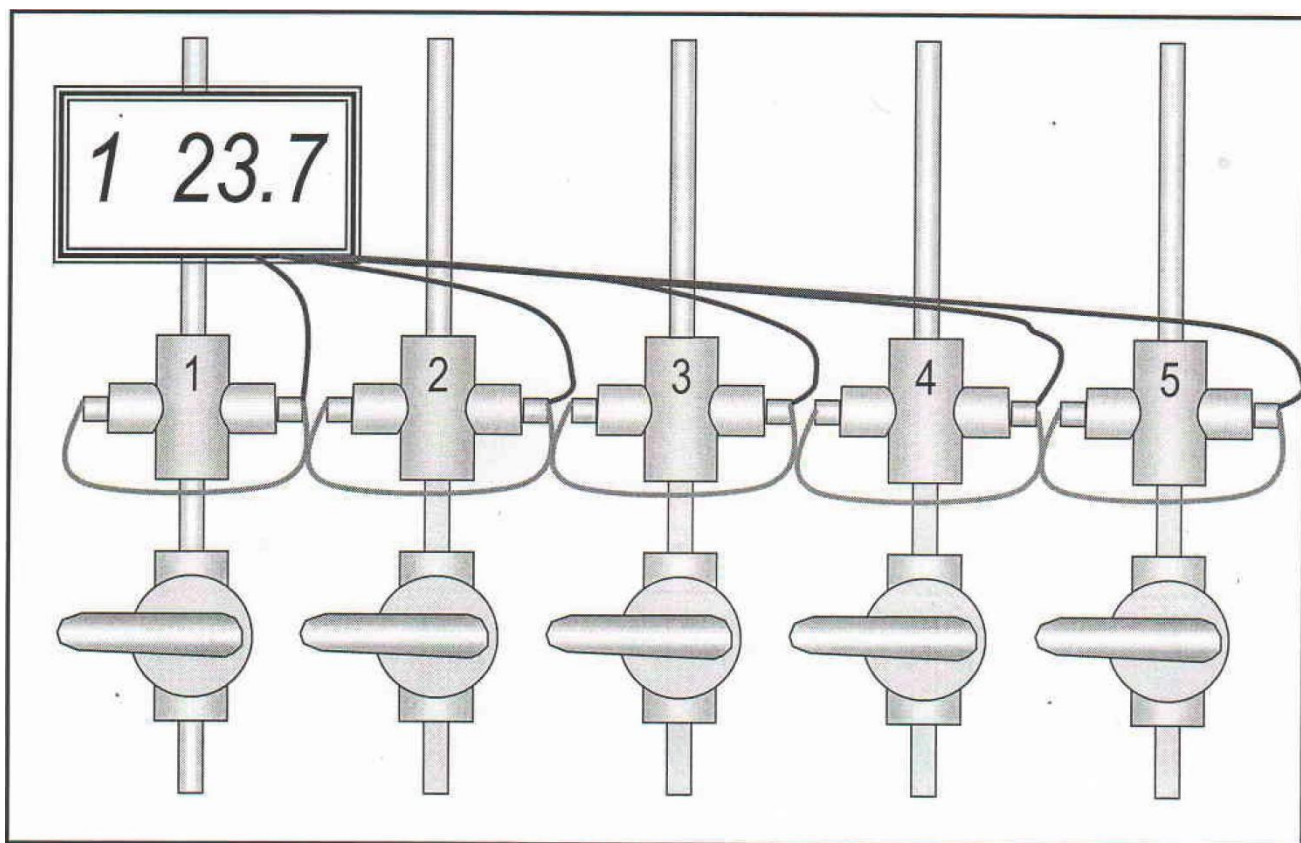


Рис.5. Стенд 5-ти канального измерителя прозрачности ВОДЫ.

Разработанный измеритель прозрачности воды представляет собой непрозрачный сосуд, в который снизу вверх подается проверяемая вода. С левой стороны сосуда имеется светодиод, работающий в импульсном режиме и посылающий короткие световые импульсы сквозь воду на приемный фототранзистор, расположенный с правой стороны сосуда. Ток в цепи коллектора фототранзистора создает напряжение на измерительном резисторе, величина которого пропорциональна количеству света, проходящего сквозь воду. Схема измерителях прозрачности воды изображена и рис.6.

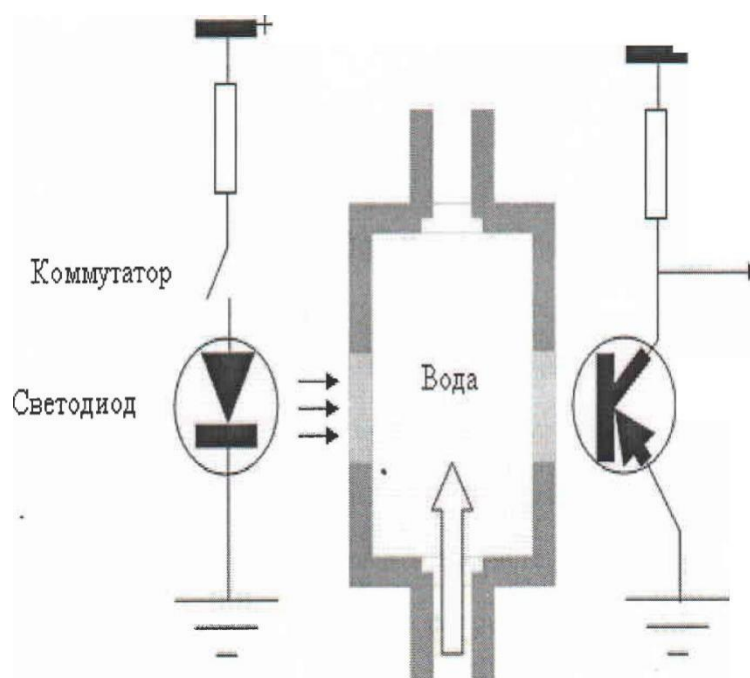


Рис.6. Поперечны схема измерителя прозрачности воды.

Для ликвидации влияния внешней подсветки измерение проводится в следующем порядке:

1. Измеряется среднее напряжение при отсутствии свечения светодиода. Проводится серия из 4-х измерений с интервалом 50 мкс. Результаты суммируются в отдельную переменную Udark.
2. Измеряется среднее напряжение при включенном светодиоде. Выполняется прогрев светодиода в течение 240 мкс, затем проводится серия из 4-х измерений с интервалом 50 мкс. Результаты суммируются в переменную Ulight.
3. Пункты 1 и 2 выполняются 16 раз в течение 40 мс, это значительно сокращает влияние помехи частотой 50 Гц.

Разность между напряжением освещенного и неосвещенного фототранзистора можно считать пропорциональной прозрачности воды.

Перевод измеренного напряжения в сантиметры водного столба осуществляется по формуле:

$$P = A_p \cdot (U_{\text{light}} - U_{\text{dark}}) + C_p$$

где:

P – прозрачность в сантиметрах водяного столба

U_{light} – напряжение при освещенном фототранзисторе

U_{dark} – напряжение при неосвещенном фототранзисторе

A_p, C_p – коэффициенты установки, определяемые при калибровке прибора.

Для калибровки разработана специальная программа тестирования и калибровки измерителей прозрачности «Dialog_V.xls» изображенная на рис.3. Калибровка каждого канала измерителя производится отдельно. Сначала прозрачность чистой воды проверяется в типовой колбе с линейкой, затем вода помещается в сосуд измерителя. Результаты измерения заносятся в колонки «Чистая, см» и «Чистая, замер». Затем используется загрязненная вода с известной прозрачностью. Результаты измерения заносятся в колонки «Грязь, см» и «Грязь, замер». Вычисления выполняются с учетом ограничений, накладываемых арифметикой микропроцессора и форматом хранения данных в памяти микропроцессора. Перенос полученных коэффициентов осуществляется при нажатии кнопки, соответствующей номеру канала справа от таблицы. Подробное описание работы с программой DialogV изложено в инструкции к программе «Тестирование и калибровка измерителей прозрачности».

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

Рис.7. Программа тестирования и калибровка измерителей прозрачности.

Разработанный измеритель прозрачности воды входит в состав 5-ти канального измерителя прозрачности воды. В настоящее время проводится работа подводки кабеля из стенда на ПЭВМ.

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

4.3. Автоматизированная система управления и контроля технологического процесса осветления воды на водоподготовительной установке ТАШТЭС

Процесса осветления воды на водоподготовительной установке (ВПУ) ТашТЭС осуществляется введением в воду из канала Боз – Су специального реагента – коагулянта сернокислого алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$). Коагулянт в обрабатываемой воде образует хлопья гидрооксида алюминия, которые удаляют из обрабатываемой воды коллоидные, тонко и грубодисперсные примеси в специальных осветлителях.

С использованием автоматизированной системы мониторинга водно- химического режима на ВПУ ТашТЭС были измерены удельные электропроводности (УЭП) сырой воды из канала Боз – су и осветленной воды

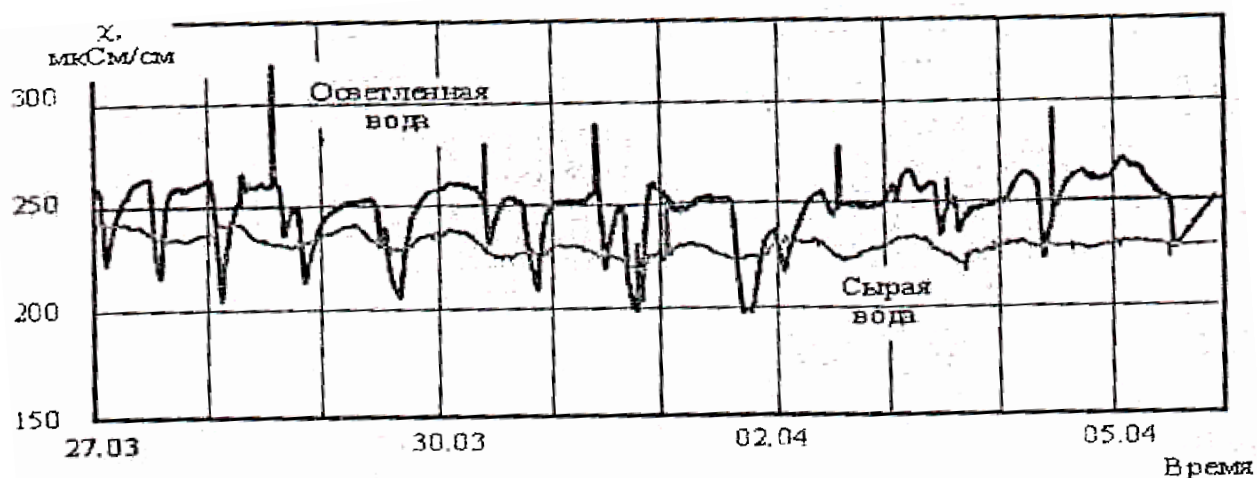
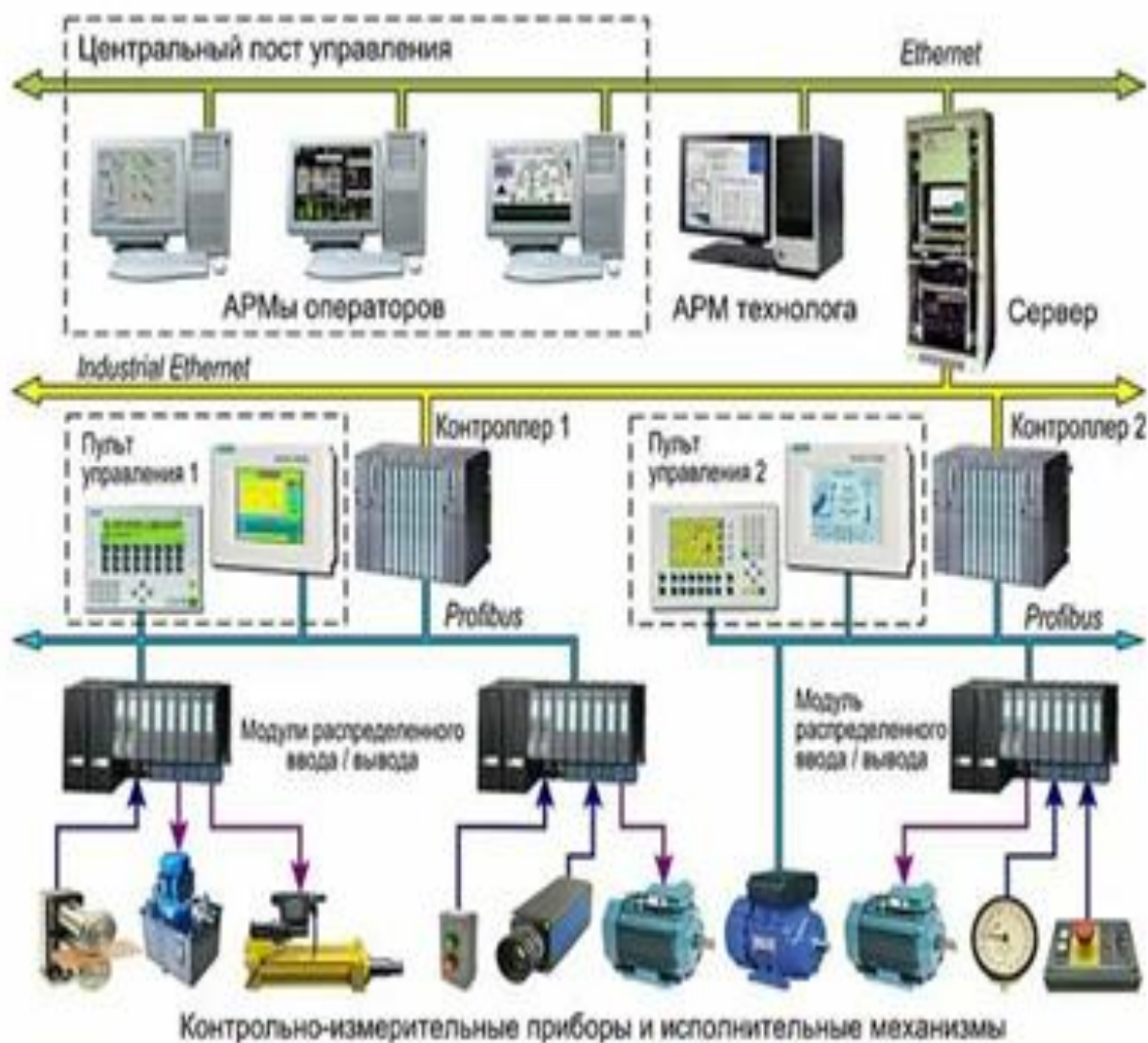


Рис.8. График изменения УЭП с осветленной воды.

Резкие колебание УПЭ осветленной воды указывают на то, что происходит чрезмерный неконтролируемый расход дорогостоящего коагулянта в осветлителях, а нестабильности степени осветления воды ухудшают процесс всей водоподготовки. В момент нарушения режима работы осветлителей количество примесей в обработанной воде резко возрастает за счет выносимого шлама.

Пропуск недостаточно осветленной воды на механические фильтры может вывести из строя не только их, но и последующие ионообменные фильтры, что может привести к значительным расходам реагентов на их восстановление и даже к замене дорогостоящей ионообменной загрузки фильтров.





технологического процесса осветления воды на ВПУ ТашТЭС: ОСВ-1, ОСВ-2, ОСВ-3 – осветлители; КДК – кондуктометрический датчик концентрации; ДП – датчик потока; УП – управляемые клапаны ДК-1; ИКК – измеритель концентрации коагулянта; ДК-1 – дозатор коагулянта; АУК – автоматизированные управляемые клапаны; ИСР – измеритель скорости расхода; ИПВ – измеритель прозрачности воды; БОВ – бак осветленной воды; МФ – механические фильтры; АСМТП – автоматизированная система мониторинга технологических процессов.

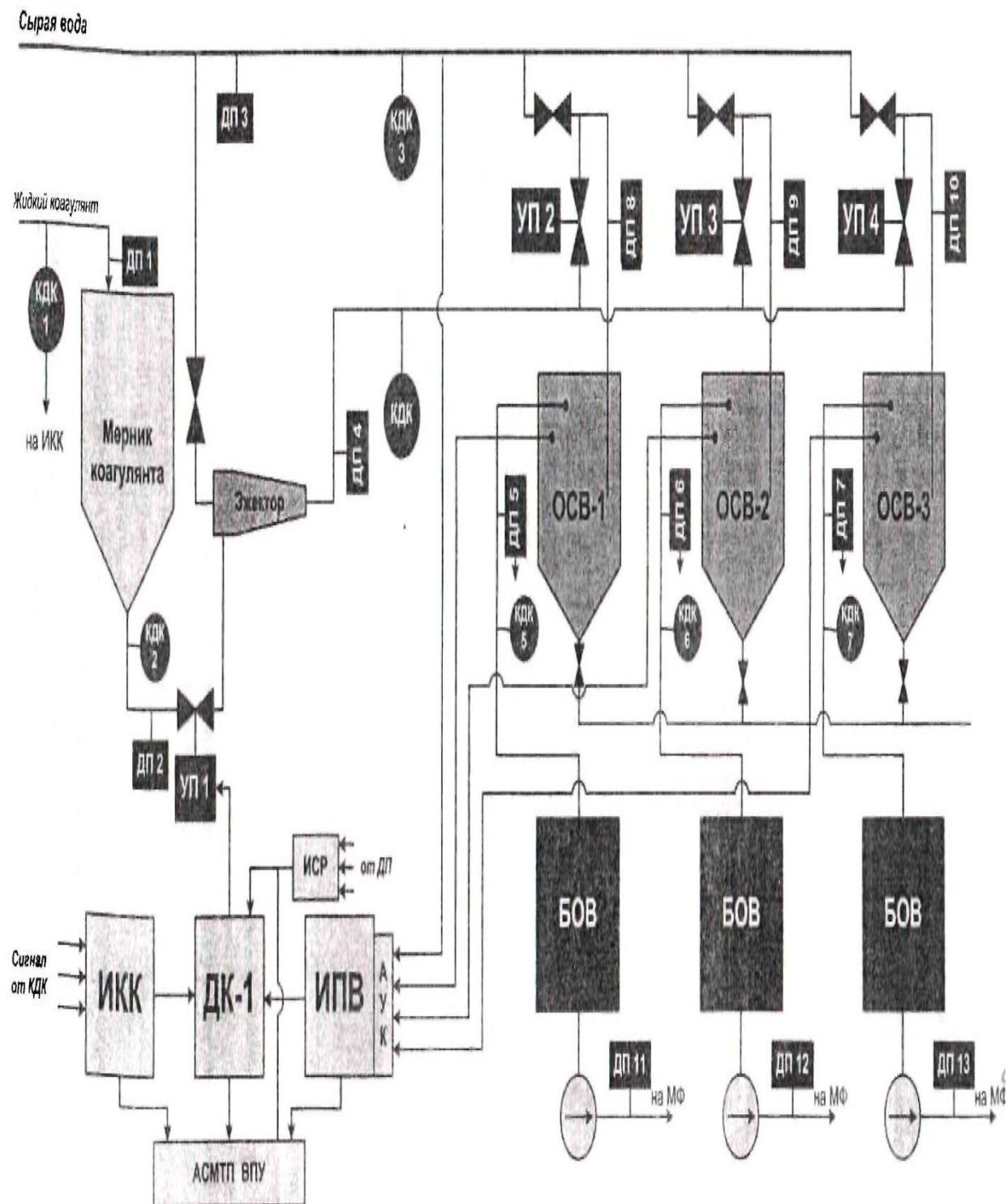


Рис.9. Эскизная схема автоматизированной системы управления и контроля

Воды и концентрации регенерационных растворов [1]. Универсальные трехэлектродные датчики, используемые в существующей АСМТП ВПУ, позволяют перекрывать диапазон удельных электропроводимостей от 0.4 до $40 \cdot 10^3 \text{ мкСм / см}$, надежны в работе и легко обслуживаются. Универсальные датчики также будут установлены на выходе всех осветлителей.

ИКК синхронизирован с АСМТПУ ВПУ и через каждые 3 мин опрашивает подключенные кондуктометрические датчики. Полученные значения о УЭП поступают в дозатор коагулянта (ДК-1), отображаются в окне «Обзор» на мониторе ПЭВМ и архивируются в памяти ПЭВМ.

Для измерения скорости потоков раствора коагулянта и обрабатываемой воды используются созданные нами тепловые измерители скорости потока жидкости, основанные на измерении разности температур двух термодатчиков, один из которых нагревается внешним источником, и с ростом скорости потока жидкости разность температур уменьшается. В качестве термодатчиков используются малогабаритные, $\varnothing 2 \text{ мм}$, диоды КД – 102.

Внешний вид одного из вариантов датчика потока приведен на рис. 3. Отношение температуры потока жидкости, измеряемой ненагретым датчиком, к разности температур нагретого и

ненагретого датчика пропорционально $\sqrt[n]{V}$ где V- скорость потока жидкости, а n- 2.0 – 2.1



Рис.10. Тепловой датчик потока (ДФ)

Увеличением мощности нагрева можно увеличивать линейную часть характеристики датчика и верхний предел измеряемых скоростей потока жидкости. Такой датчик легко устанавливается в трубопроводы различных диаметров: достаточно просверлит 2 отверстия $\varnothing 5$ мм, вставить датчик и уплотнить его хомутами.

Перед установкой в трубопровод датчик потока калибруется на специальном стенде. На стенде в местах установки датчиков $\varnothing_{\text{внутр}} = 50$ мм и $\varnothing_{\text{внутр}} = 27.5$ мм имеется возможность создания различных скоростей потоков. Зная сечение трубопроводов можно эти данные о скорости потока легко перевести в величину расхода в $\text{м}^3 / \text{с}$. Величина скорости воды регулируется вентилями и измеряется водяными счетчиком. Для определения степени температурной компенсации имеется возможность с помощью нагревателя повышать температуру циркулирующей в стенде воды.

Датчики потока устанавливаются на трубопроводы (см. рис. 2), сигналы с датчиков поступают на многоканальный измеритель скорости и расхода (ИСР). ИСР опрашивает каждый датчик через 3 мин и передает данные о величине расхода в ДК-1 и АСМТП ВПУ. С трубопровода сырой воды с пробоотборников всех осветлителей вода поступает на автоматически управляемые клапаны (АУК) (см. рис. 2). С помощью АУК с каждого канала через каждые 3 мин вода поступает в измеритель прозрачности воды (ИПВ).

Нами разработан оптический измеритель прозрачности воды, основанный на измерении степени поглощения света в инфракрасном диапазоне. Блок – схема измерителя прозрачности воды приведена на рис.11.

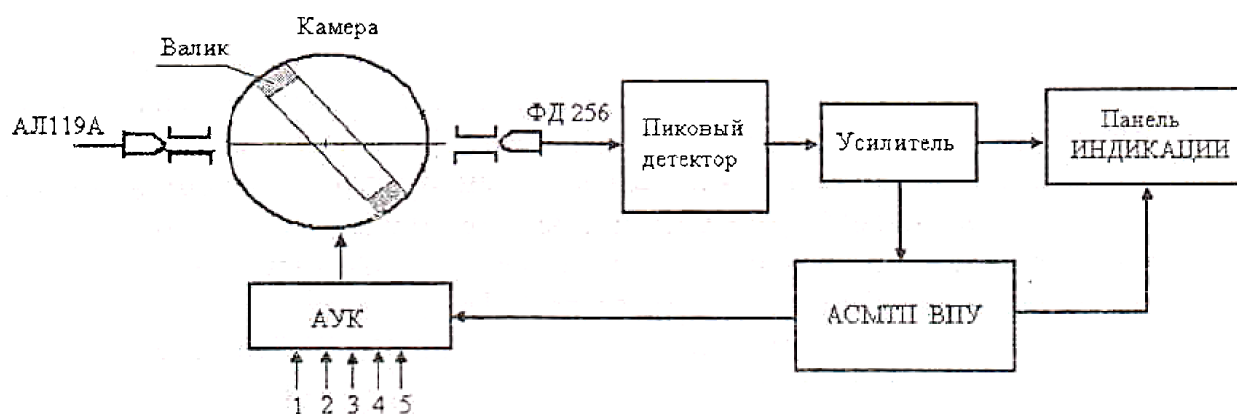


Рис.11. Блок – схема измерителя прозрачности воды

Вода с АУК поступает в измеритель прозрачности снизу и заполняет специальную стеклянную цилиндрическую камеру, через которую коллимированный пучок с инфракрасного светодиода АЛ119А мощностью излучения до 40мВт и $\lambda=935$ нм падает на инфракрасный фотодиод ФД 256. Для предотвращения загрязнения стенок внутренняя сторона стеклянного цилиндра постоянно очищается вращающимся валиком. Величина измеряемой прозрачности проградуирована в единицах $D(\text{см})$ – максимальной толщины воды, через которую виден «крест», согласно регламенту ВПУ. Данные с ИПВ поступают на АСМТП ВПУ, отображаются в окне «Обзор», высвечивают на специальном табло ИПВ с указанием канала опроса и величины соответствующей прозрачности.

Сигнал с ИПВ используется в ДК-1 при управлении электроприводами (УП) на клапанах подачи коагулянта из мерника в эжектор, а также на клапанах подачи регенерационного раствора в сырую воду, подаваемую для обработки в каждый отдельно взятый осветлитель.

Исходя из величины прозрачности сырой воды, ДК-1 открывает клапан на выходе мерника коагулянта до достижения определенной, заранее заданной для этой величины прозрачности сырой воды величины концентрации коагулянта после эжектора. По истечении определенного времени, необходимого для создания в осветлителях слоя «взвешенного осадка» (шлама) ДК-1, используя величины прозрачности воды, управляет клапанами УП. При недостаточной степени осветления на всех осветлителях на 10 % повышается концентрация раствора коагулянта после эжектора и если в течение часа величина D с осветлителей остается недостаточной, то концентрация повышается еще на 10 % до достижения необходимой величины D . В случае уменьшения величины D на отдельно взятом осветлителе ДК-1 открывает на нем клапан подачи раствора коагулянта и увеличивает величину потока раствора коагулянта на 10% . Через час в случае необходимости поток раствора коагулянта на осветлитель увеличивается еще на 10 % и так до достижения необходимой величины D обработанной воды.

Для недопущения перерасхода коагулянта сравниваются удельные электропроводности УЭП сырой воды и обработанной воды в каждом осветлителе. УЭП обработанной воды должна несколько превышать УЭП сырой воды из – за добавления коагулянта. Но если превышение станет более 15% , это означает перерасход коагулянта. Тогда нужно немного прикрыть клапан подачи коагулянта после мерника, чтобы концентрация раствора коагулянта после эжектора уменьшалась на 10% . Если после

истечении 1 часа УЭП обработанной воды продолжает оставаться на 15% больше УЭП сырой воды, то ДК-1 уменьшает концентрацию раствора коагулянта при сохранении D на всех осветлителях.

По проекту вся информация со всех датчиков и приборов ИКК, ИСР, ИПВ и ДК-1 поступает в автоматизированную систему мониторинга технологических процессов ВПУ (АСМТП ВПУ), поэтому все текущее состояние автоматизированной системы можно будет наблюдать в окне **«Обзор»** монитора ПЭВМ. Оператор может узнать значение концентрации коагулянта, раствора коагулянта УПВ сырой и обработанной воды, а также значения потоков во всех трубопроводах. Это позволяет ему убедиться в отсутствии отклонений от регламента.

Так как все данные архивируются, то вызвав эти данные в окнах **«Данные»** и **«Временной график»**, оператор может видеть изменение любых параметров системы во времени. Предусматривается, что отдельные файлы в АСМТП ВПУ будут выделены для фиксации всех манипуляций приборов ИКК, ИСР, ИПВ и ДК-1.

Данные экспериментальных замеров проводимости эталонной воды с различной проводимостью.

Нижеприведенные данные были получены измерением проводимости при медленном изменении температуры воды, которые приведены.

Таблица.6

Температура °C	Вода 2.76 мксим/см		Вода 11.5 мксим/см		Вода 235 мксим/см	
	Замеры	Сглаженной значение	Замеры	Сглаженной значение	Замеры	Сглаженной значение
5	2.072795	2.109299	6.212968	6.220606	151.6371	151.5955
6	2.152959	2.116936	6.536863	6.488422	155.3806	155.3858
7	2.133003	2.127194	6.79939	6.755834	159.1955	159.216
8	2.171789	2.140073	7.022016	7.02284	163.0535	163.0863
9	2.145884	2.155573	7.266563	7.289442	167.0182	166.9965
10	2.222708	2.173694	7.567774	7.555639	170.9171	170.9468
11	2.19652	2.194435	7.867709	7.821431	174.9101	174.937
12	2.170678	2.217797	8.119835	8.086818	178.9673	178.9673
13	2.185845	2.24378	8.393437	8.3518	183.0375	183.0375
14	2.262457	2.272384	7.852081	8.616377	187.1477	187.1477
15	2.390657	2.303609	8.784593	8.880549	191.298	191.298
16	2.46535	2.337454	9.541397	9.144316	195.4882	195.4882

17	2.423 932	2.3739 21	9.9848	9.407 678	199.718 4	199.7184
18	2.186 366	2.4130 08	10.0802 9	9.670 636	203.988 6	203.9886
19	2.349 052	2.4547 16	10.0908 9	9.933 188	208.298 8	208.2988
20	2.518 912	2.4990 44	10.1216 2	10.19 534	212.649	212.649
21	2.625 723	2.5459 94	10.2228 6	10.45 708	216.931 1	217.0392
22	2.667 571	2.5955 64	10.4938 1	10.71 842	219.438 8	221.4694
23	2.673 98	2.6477 55	10.8977 5	10.97 935	223.318 3	225.9396
24	2.671 014	2.7025 67	11.2800 1	11.23 988	226.623 7	230.4498
25	2.686 275	2.76	11.6033 9	11.5	232.601 3	235
26	2.729 397	2.8200 54	11.8083 7	11.75 972	242.027	239.5902
Те м пе ра ту ра °C	Вода 2.76 мксим/см		Вода 11.5 мксим/см		Вода 235 мксим/см	
	Заме ры	Сглаж енной значен ие	Замеры	Сглаж енной значе ние	Замеры	Сглаженной значение
27	2.821	2.8837	12.0120	12.01	247.672	244.2204

	197	38	9	903	1	
28	2.927 467	2.9480 23	12.1594 5	12.27 794	251.987 9	248.8905
29	3.029 019	3.0159 39	12.3648 2	12.53 644	256.079 6	253.6007
30	3.125 35	3.0864 76	12.6524 2	12.79 454	260.584 1	258.3509
31	3.214 281	3.1596 34	13.0171 1	13.05 223	264.916 7	263.141
32	3.302 938	3.2354 12	13.3650 7	13.30 952	269.233 8	267.9712
33	3.369 963	3.3138 11	13.6415 5	13.56 641	273.921 6	272.8414
34	3.435 891	3.3948 31	13.8681 6	13.82 289	278.395 7	277.7515
35	3.497 363	3.4784 72	14.0550 8	14.07 896	282.643 9	282.7017
36	3.587 639	3.5647 34	14.2778 9	14.33 463	287.574 3	287.6918
37	3.683 234	3.6536 16	14.5609 2	14.58 989	292.367 2	292.7219
38	3.766 62	3.7451 2	14.8832 7	14.84 475	297.159 5	297.7921
39	3.862 792	3.8392 44	15.1459	15.09 921	301.974 8	302.9022
40	3.952 674	3.9359 89	15.3897 4	15.35 326	307.069	308.0523
41	4.056 942	4.0353 54	15.6798 6	15.60 69	312.423 1	313.2425

42	4.154 242	4.1373 41	15.9366 8	15.86 014	317.688	318.4726
43	4.249 036	4.2419 48	16.2001 9	16.11 297	322.751 4	323.7427
44	4.349 96	4.3491 76	16.4047 4	16.36 54	327.943 5	329.0528
45	4.428 911	4.4590 25	16.5991 3	16.61 743	333.700 8	334.4029
46	4.517 126	4.5714 95	16.8023 9	16.86 905	339.129 3	339793
47	4.610 798	4.6865 86	1696034	17.12 026	344.199 8	345.2231
48	4.713 529	4.8042 97	17.0475 7	17.37 107	349.662 6	350.6932
49	4.862 627	4.9246 29	17.3358 1	17.62 148	355.372 3	356.2033
50	5.000 016	5.0475 82	17.5417 5	17.87 148	360.298 5	361.7534
51	5.139 034	5.1731 56	18.2173 1	18.12 107	364.647 5	367.3435
52	5.268 617	5.3013 51	18.7317 9	18.37 026	369.856 8	372.9736
53	5.407 841	5.4321 66	1897554	18.61 905	389.464 3	378.6437
54	5.576 895	5.565.6 02	19.1954 1	18.86 743	384.316	384.3537
Te	Вода 2.76		Вода	11.5	Вода 235 мксим/см	

м пе ра ту ра °С	мксим/см		мксим/см		Замеры	Сглаженной значение
	Замеры	Сглаженной значение	Замеры	Сглаженной значение		
55	5.769 092	5.7016 59	19.3532 2	19.11 541	390.081 4	390.1038
56	5.936 019	5.8403 37	19.4565	19.36 298	395.931 9	395.8939
57	6.023 573	5.9816 36	19.6132 4	19.61 014	401.758 2	401.7239
58	6.141 736	6.1255 55	19.7029 9	19.85 69	407.548 5	407.594
59	6.248 75	6.2720 96	19.7151 1	20.10 326	413.540 4	413.504
60	6.385 058	6.4212 57	20.3311 4	20.34 921	419.448 3	419.4541

Замеры проводимости были обработанной методом наименьших квадратов в результате чего получены формулы аппроксимирующих функций:

Для эталонной проводимости $P1 = 2.76$ мксим.см

$$Y1 = 0.00131 * T^2 - 0.00678 * T + 2.110424 \quad (1)$$

Для эталонной проводимости $P2 = 11,5$ мксим.см

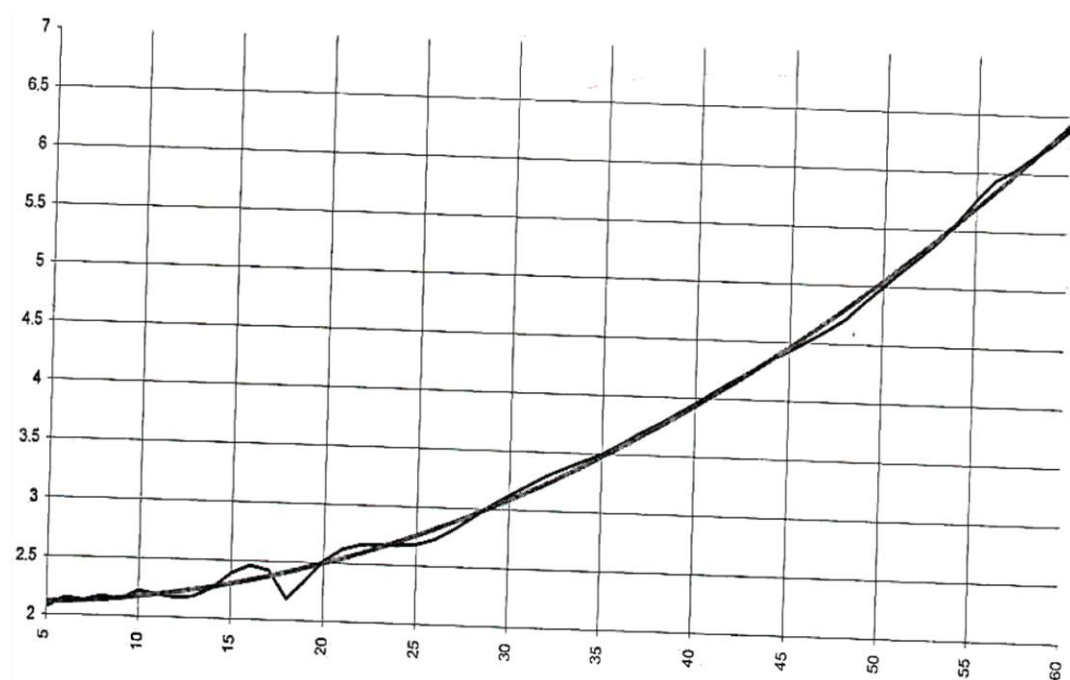
$$Y2 = - 0.0002025 * T^2 + 0.2700434 * T + 408754504 \quad (2)$$

Для эталонной проводимости $P3 = 235$ мксим.см

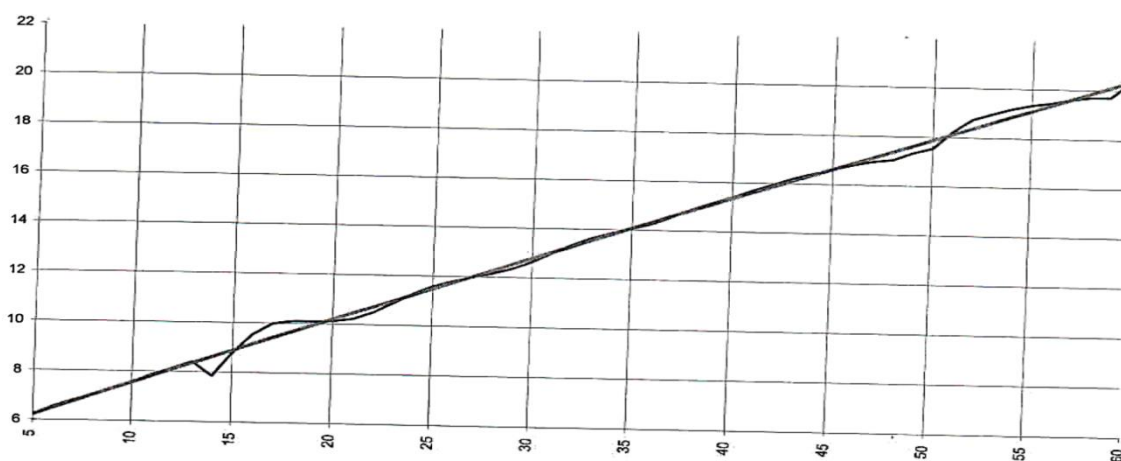
$$Y3 = 0.019998 * T^2 + 3.570283 * T + 133.2441 \quad (3)$$

По приведенным формулам рассчитаны сглаженные значения кривых проводимости воды.

Зависимость проводимости от температуры иллюстрируется графиками рис.12 , рис.13 и рис.14



**Рис.12. Проводимость воды 2.76 мксим/см при различных
Температурах**



**Рис.13. Проводимость воды 11.5 мксим/см при различных
температурах.**

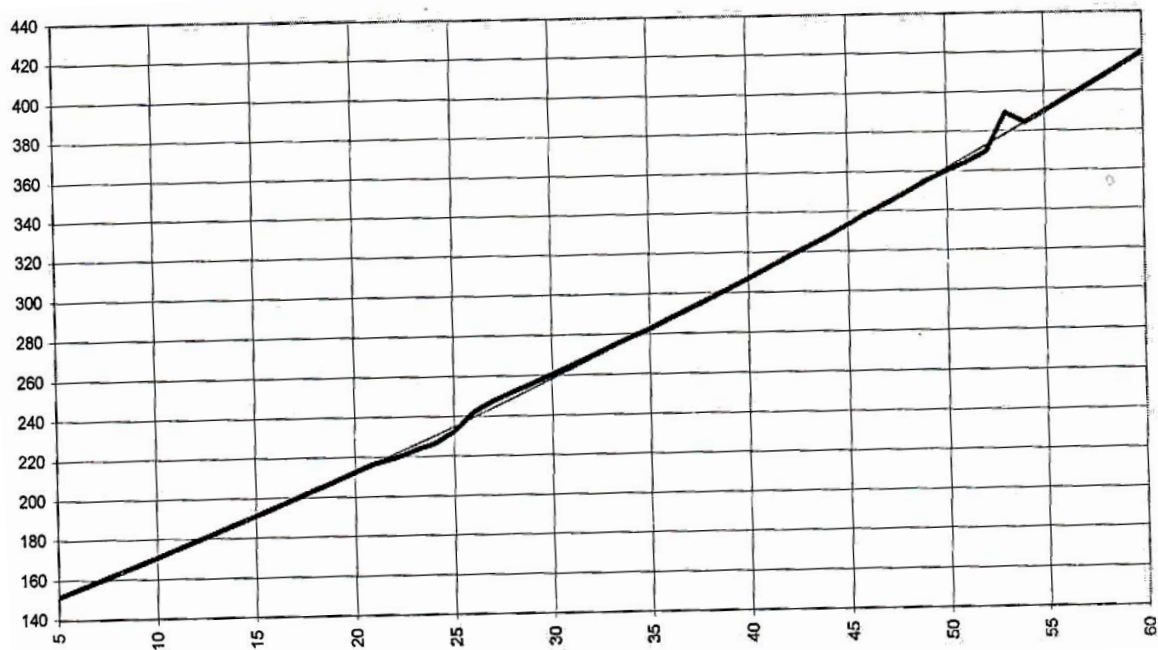


Рис.14. Проводимость воды 235 мксим/см при разных температурах

4.4. Пятиканальный кондуктометр и его исследование

Пятиканальный кондуктометр предназначен для непрерывного контроля солесодержания в трубопроводах барабана котла. Информация о проводимости может быть использована для регулировки интенсивности продувки или для определения необходимости ввода химических добавок. Связь между проводимостью воды и содержанием примесей установить невозможно, так как проводимость зависит как от наличия кислотных ионов, так и от наличия щелочных ионов. Представляемый кондуктометр должен использоваться как сигнальное устройство, позволяющее вовремя обнаружить повышенное загрязнение котловой воды, а качественный и количественный анализ должен быть произведен обычным химическим путем .

Пятиканальный кондуктометр построен по трехуровневому принципу (рис.5-8):

1. Нижний уровень – опрос кондуктометрических датчиков и термометров, отстойка от помех 50 Гц.
2. Средний уровень – линеаризация данных, расчет приведенных значений проводимости, отображение информации.
3. Верхний уровень – регистрация информации В компьютере, построение графиков и таблиц данных за длительный период.

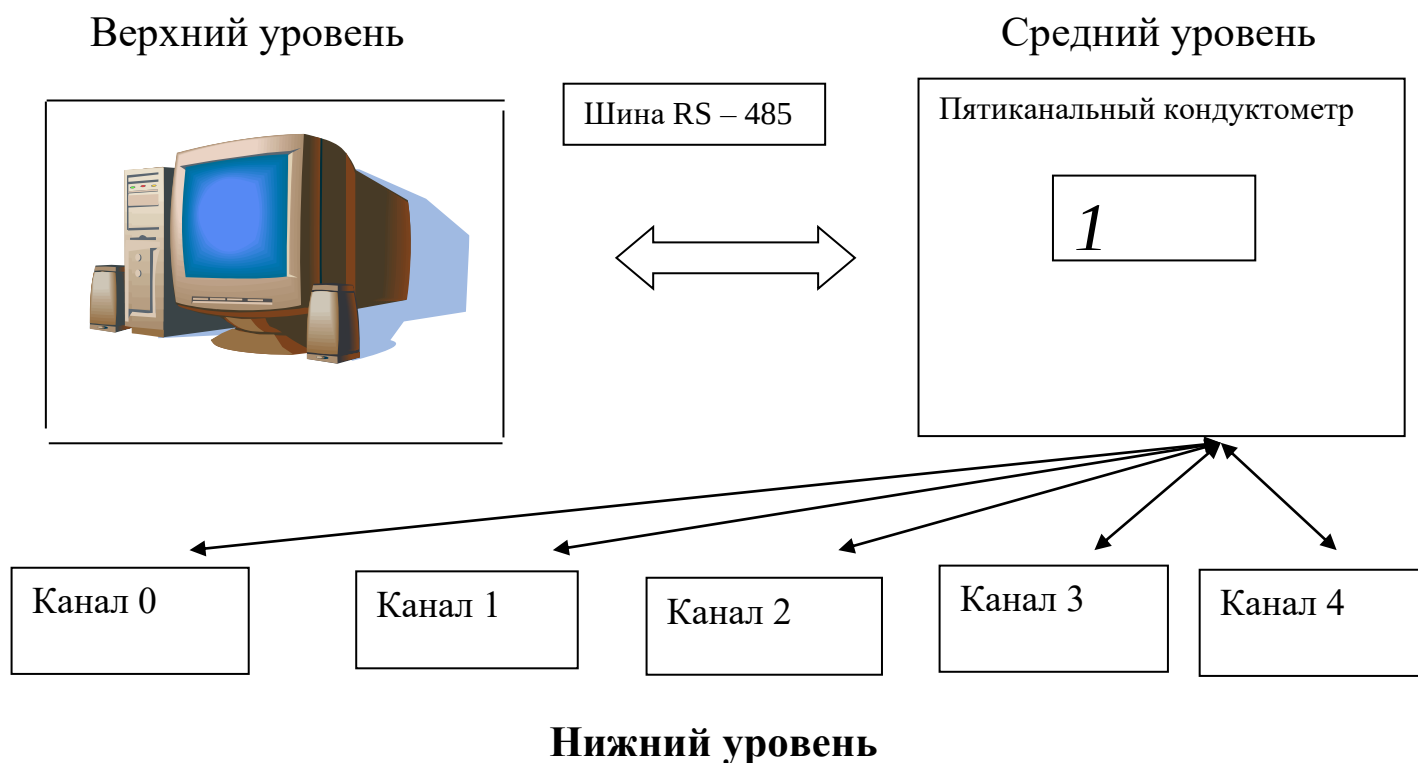


Рис.15. Структура пятиканального кондуктометра.

В качестве измерительных устройств нижнего уровня использованы электронно-цифровые кондуктометры для определения проводимости воды, принцип действия которых описан в 5 главе.

Отличительной особенностью данного кондуктометра является использование маломощных микропроцессоров PIC12F675 вместо PIC12F676 связи с упрощенной системой передачи между нижним и средним уровнем. С целью сокращения проводов и соответственно уменьшения помех, процессора нижнего уровня расположены в непосредственной близости к контактным штырям датчика и термометру.

Показания электронного термометра DS18B20 снимаются каждую секунду. Затем измеряется проводимость воды 128 раз

в течение 40 мс со сменой полярности подаваемого напряжения после каждого измерения. Все замеры суммируются, сумма делится на 2 и передается в средний уровень вместе с температурой для дальнейшей обработки.

На среднем уровне выполняется вычисление фактической проводимости воды Y_{sim} по формуле

$$Y_{sim} = K_{sim} * (K_{dat} * Z / (65535 - Z) + B_{dat})$$

где:

K_{sim} - коэффициент приведения замеров к сименсам, принят=45;

K_{dat} - коэффициент выравнивания датчиков, индивидуален для каждого

канала;

B_{dat} - постоянная выравнивания датчиков, индивидуален для каждого

канала;

Z – замер, полученный от датчика.

Номер канала и величина Y_{sim} отражается на цифровом индикаторе прибора. Дальнейшая обработка информации производится в компьютере верхнего уровня, куда передаются замеры, температуры и текущие коэффициенты.

В целях уменьшения наводок на измерительные цепи все измерительное

устройство размещается непосредственно в датчике. Так как все датчики и

контроллер размещаются в пределах одного ящика, для передачи данных была опробована шина-аналог 1-WARE. Компьютер удален от контроллера на значительное расстояние. Это потребовало применение в схеме сопряжения с компьютером преобразователей шины RS-485. Со стороны компьютера требуется установка соответствующего преобразователя RS -485- RS -232, и блока питания с защитой от короткого замыкания. Питание и передача информации осуществляется 4-х проводным кабелем (или 8-жильным сетевым). Измерение температуры производится цифровым термометром (датчиком) DS 18B20, позволяющего программным обеспечением обеспечить точность измерения не хуже 0,5 градусов Цельсия.

В каналах измерения проводимости (тока) применены усилители, обеспечивающие с двухэлектродной измерительной ячейкой необходимый диапазон измерения. Обработка и преобразование аналоговых сигналов выполняются микроконтроллером PIC 12F675-I/p .

Схема сопряжения выполнена по схемам, рекомендуемым производителями микросхем-драйверов и особенностей не имеет. Написаны программы, отлажены протоколы и программ обмена информацией между 5-ти канальным кондуктометрическим измерителем и компьютером сбора информации.

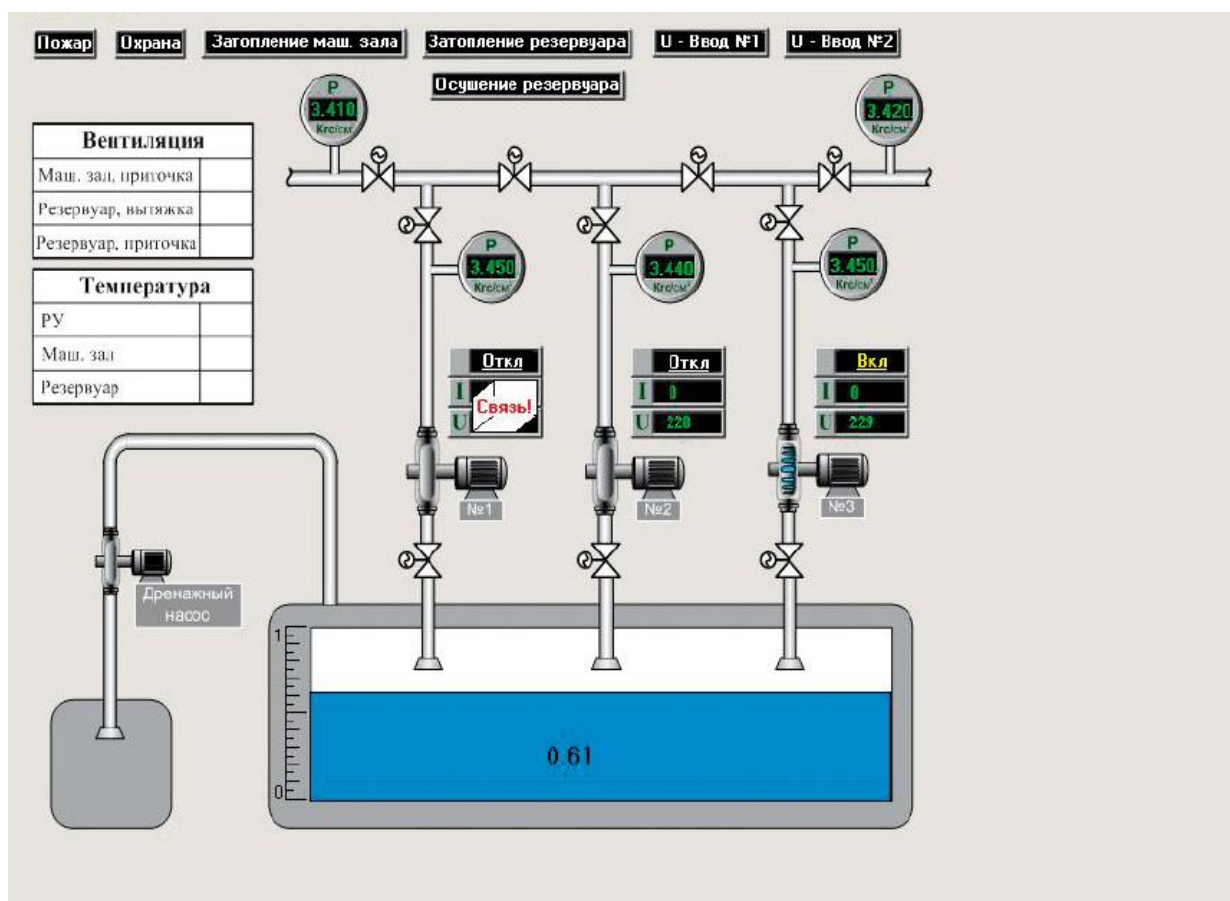


Рис.16. Схема установки многоканальный измеритель прозрачности воды для автоматизации технологических процессов.

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

Применение автоматизированной системы on-line мониторинга технологических процессов предварительной очистки воды обеспечит стабильное качество о прозрачности воды и равномерной подачи раствора коагулянта в осветлители.

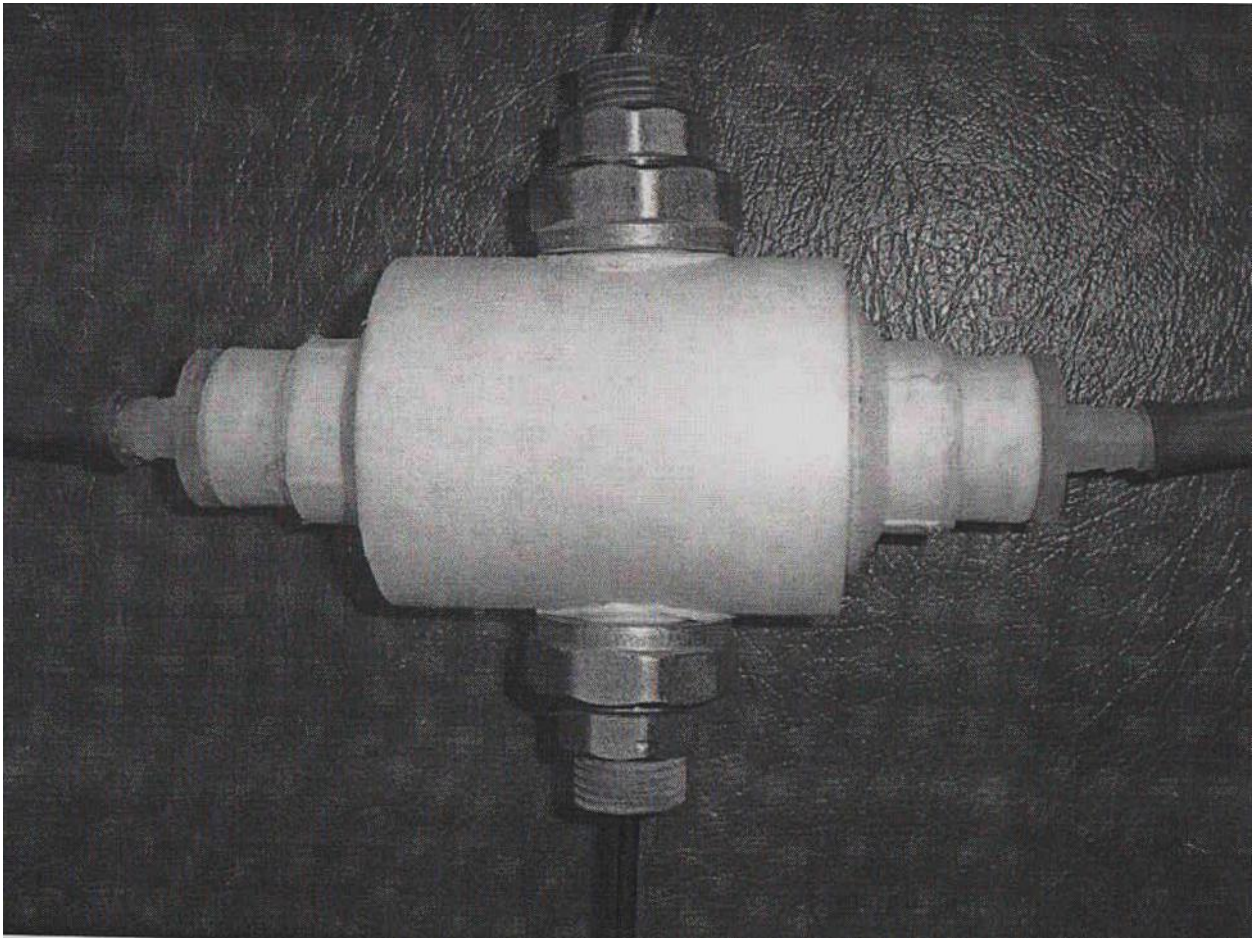


Рис.17 .Отдельный измерительный модуль в собранном виде

**Таблица 7. Фрагмент таблицы накопления данных
TblPriem**

D Time	Val0	Tmp 0	Val1	Tmp 1	Val 2	Tmp 2	Val 3	Tmp 3	Val 4	Tmp 4
12.08.2013 15:43:39	3318 5	30.18 75	3223 7	31.93 75	309 69	31.06 25	339 62	31.62 5	369 13	30.68 75
12.08.2013	3318 5	30.18 75	3223 7	31.93 75	309 69	31.06 25	339 62	31.62 5	369 18	30.62 5

15:43:40										
12.08.2013 15:43:41	33185	30.1875	32262	31.8125	30977	31	33989	31.5625	36923	30.625
12.08.2013 15:43:42	33184	30.1875	32227	31.75	30971	31	33977	31.5625	36912	30.625
12.08.2013 15:43:43	33178	30.1875	32260	31.8125	30959	31	33975	31.5625	36911	30.5625
12.08.2013 15:43:44	33176	30.125	32239	31.6875	30950	31	33973	31.5625	36909	30.5625
12.08.2013 15:43:45	33175	30.125	32253	31.8125	30958	30.9375	33968	31.5	36915	30.5625
12.08.2013 15:43:46	33173	30.125	32249	31.75	30955	30.9375	33959	31.5	36897	30.5625
12.08.2013 15:43:47	33167	30.125	32246	31.75	30949	30.9375	33938	31.4375	36906	30.5625
12.08.2013 15:43:4	33174	30.125	32242	31.75	30949	30.9375	33933	31.4375	36906	30.5

8										
12.08.2013 15:43:49	33167	30.125	32197	31.6875	30933	30.875	33935	31.4375	36906	30.5
12.08.2013 15:43:50	33167	30.125	32197	31.6875	30943	30.875	33935	31.4375	36898	30.5
12.08.2013 15:43:51	33160	30.0625	32219	31.625	30943	30.875	33918	31.4375	36899	30.5
12.08.2013 15:43:52	33161	30.0625	32193	31.6875	30943	30.875	33948	31.375	36893	30.5

В колонке DTime отмечается дата и время поступления информации, в колонках ValN (N – номера датчика) хранятся замеры, в колонках TmpN–температуры.

На верхнем уровне производится независимый расчет фактической проводимости воды Y_{sim} при температуре T, и приведенной к 25⁰ C Y_{priv} по упрощенной формуле:

$$Y_{priv} = Y_{sim} * (1 - 0.85 * (1 - 25/T))$$

Результаты измерений и расчетов для воды с проводимостью 122 мксим/см приведены в таблице 8 и на рисунке 16, а для воды с проводимостью 38 мксим/см приведены в таблице 8 и на рисунке 17.

Таблице 8. Усредненные проводимости Υ при температуре T и приведенные к 25°C $\Upsilon_{\text{пр}}$ для воды 122 мксим/см

T	$\Upsilon_{0\text{пр}}$	Υ_0	$\Upsilon_{1\text{п}}$ p	Υ_1	$\Upsilon_{2\text{п}}$ p	Υ_2	$\Upsilon_{3\text{п}}$ p	Υ_3	$\Upsilon_{4\text{п}}$ p	Υ_4
29	127.02	143.88	138.75	157.17	135.08	153.02	133.64	151.39	133.39	151.11
29.5	128.94	148.15	136.73	157.10	126.18	144.97	132.10	151.78	127.11	146.05
30	128.11	149.26	122.85	143.13	125.51	146.22	124.63	145.20	123.92	144.37
30.5	127.60	150.69	122.24	144.37	124.70	147.27	123.90	146.33	123.42	145.76
31	127.05	152.07	121.46	145.37	123.95	148.36	123.18	147.44	122.78	146.96
31.5	126.43	153.32	120.77	146.45	123.36	149.60	122.58	148.65	122.19	148.18
32	125.94	154.71	120.48	147.99	122.89	150.96	121.97	149.82	121.67	149.46
32.5	125.56	156.20	119.06	148.11	122.75	152.70	121.50	151.15	121.23	150.81
33	125.46	158.03	118.81	149.65	129.15	162.68	123.95	156.13	121.03	152.44
33.5	125.00	159.37	123.02	156.85	127.83	162.98	128.26	163.53	125.62	160.16
34	124.61	160.79	124.74	160.96	127.48	164.49	127.03	163.90	126.28	162.94
34.5	124	162.2	129.	169.1	127.	166.	127.	166.	125.	164.

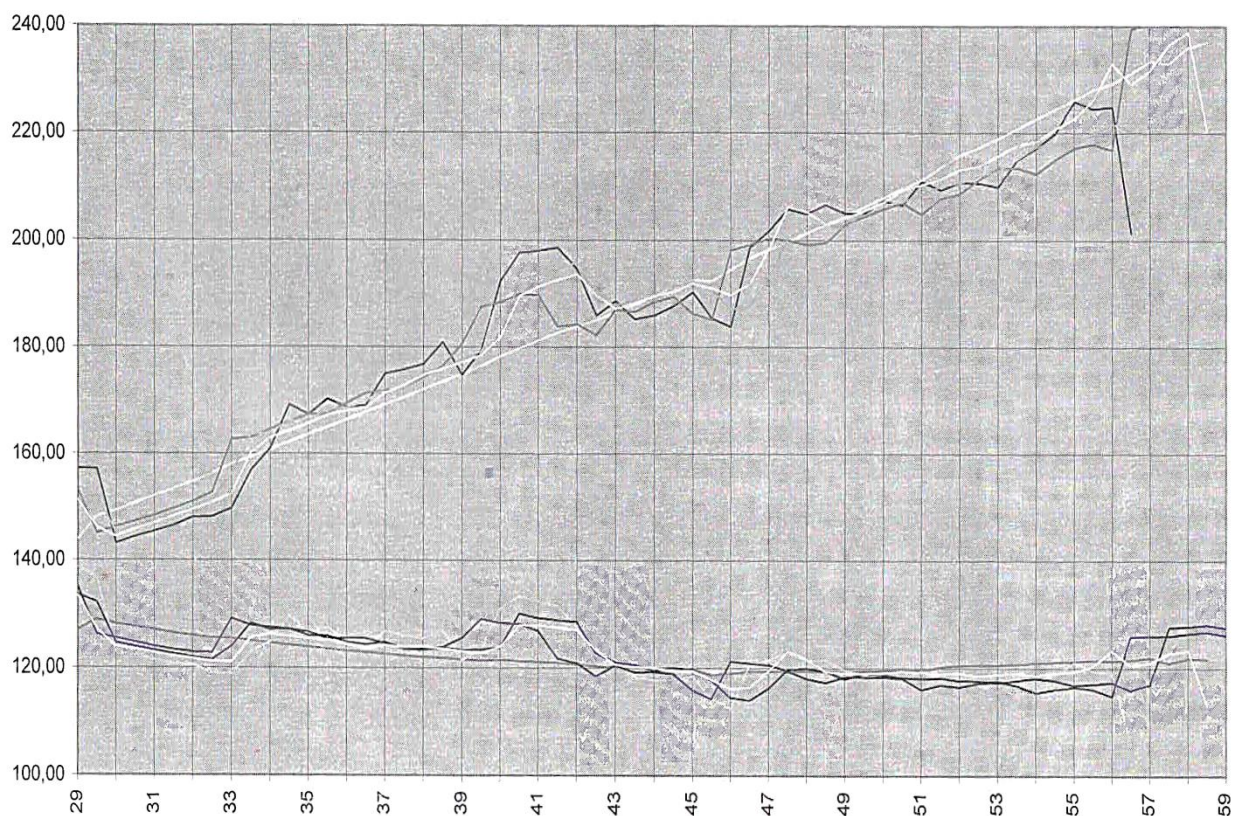
	.25	2	59	9	16	02	21	08	81	25
35	123 .88	163.6 1	126. 69	167.3 2	126. 68	167. 31	125. 99	166. 41	125. 40	165. 62
35.5	123 .51	165.0 0	127. 45	170.2 5	125. 34	167. 43	125. 86	168. 14	125. 22	167. 28
36	123 .18	166.3 9	124. 89	168.7 1	125. 49	169. 51	124. 80	168. 58	124. 42	168. 08
36.5	122 .92	167.8 8	123. 80	169.0 8	125. 46	171. 34	124. 32	169. 79	123. 47	168. 63
37	122 .61	169.2 8	126. 75	174.9 9	124. 55	171. 96	124. 79	172. 28	124. 19	171. 46
37.5	122 .29	170.6 4	125. 99	175.8 0	123. 57	172. 43	123. 51	172. 34	123. 85	172. 82
38	122 .05	172.0 9	125. 38	176.7 9	123. 53	174. 18	123. 36	173. 94	123. 94	174. 76
38.5	121 .82	173.5 5	127. 01	180.9 4	123. 86	176. 45	123. 67	176. 18	123. 53	175. 98
39	121 .62	175.0 2	121. 46	174.7 9	125. 53	180. 65	123. 28	177. 42	123. 10	177. 16
39.5	121 .37	176.4 2	123. 51	179.5 2	129. 11	187. 67	123. 40	179. 36	122. 81	178. 51
40	121 .49	178.3 3	131. 06	192.3 8	128. 38	188. 44	123. 79	181. 72	123. 88	181. 85
40.5	121 .30	179.7 9	133. 37	197.6 8	128. 17	189. 97	130. 06	192. 77	127. 93	189. 61
41	121 .14	181.2 6	132. 35	198.0 4	126. 85	198. 82	129. 26	193. 42	127. 91	191. 40
41.5	120 .98	182.7 4	131. 50	198.6 3	121. 80	183. 97	128. 83	194. 60	127. 52	192. 62

42	120 .68	183.9 8	127. 65	194.6 0	120. 92	184. 34	128. 53	195. 95	127. 07	193. 72
42.5	120 .34	185.1 3	120. 92	186.0 3	118. 49	182. 30	122. 79	188. 91	123. 33	189. 73
43	120 .17	186.5 5	121. 56	180.7 0	120. 48	187. 02	121. 04	187. 90	120. 64	187. 28
43.5	120 .07	188.0 6	118. 32	185.3 1	119. 21	186. 70	120. 64	188. 94	120. 23	188. 29
44	119 .97	189.5 4	117. 75	186.0 4	119. 32	188. 51	119. 22	188. 83	120. 06	189. 69
44.5	120 .01	191.2 4	117. 83	187.7 7	118. 91	189. 49	120. 10	191. 39	119. 51	190. 45
45	119 .81	192.5 6	118. 47	190.4 0	115. 94	186. 33	119. 70	192. 38	119. 49	192. 03
45.5	118 .77	192.4 8	114. 47	185.5 2	114. 31	185. 26	117. 81	190. 93	117. 90	191. 08
46	119 .06	194.5 6	112. 53	183.8 8	121. 27	198. 17	114. 52	187. 14	116. 21	189. 90
46.5	119 .39	196.6 9	120. 57	198.6 3	120. 90	199. 18	114. 05	187. 90	116. 47	191. 87
47	119 .45	198.3 8	121. 51	201.8 1	120. 64	200. 35	116. 28	193. 11	119. 50	198. 46
47.5	119 .30	199.7 1	122. 93	205.7 8	119. 49	200. 02	119. 80	200. 55	123. 19	206. 22
48	119 .40	201.4 5	121. 46	204.9 3	118. 06	199. 19	119. 93	202. 34	121. 70	205. 34
48.5	119 .42	203.0 4	121. 53	206.6 3	117. 39	199. 59	119. 47	203. 13	119. 35	202. 92
49	119	204.4	119.	205.0	118.	202.	118.	202.	119.	204.

	.35	8	67	3	45	94	06	28	17	17
49.5	119 .53	206.3 3	118. 81	205.0 9	118. 45	204. 48	119. 12	205. 64	119. 07	205. 55
50	119 .60	208.0 0	119. 25	207.3 9	118. 39	205. 89	118. 81	206. 62	119. 12	207. 16
50.5	119 .68	209.6 7	117. 87	206.5 1	118. 12	206. 95	118. 31	207. 27	119. 53	209. 41
51	119 .72	211.2 7	119. 58	211.0 2	116. 11	204. 89	118. 15	208. 50	119. 25	210. 43
51.5	120 .25	213.7 2	117. 82	209.4 2	116. 91	207. 80	118. 25	210. 18	118. 96	211. 44
52	120 .60	215.8 8	117. 79	210.8 5	116. 59	208. 71	117. 76	210. 80	119. 14	213. 27
52.5	120 .56	217.3 1	116. 90	210.7 2	117. 24	211. 34	117. 64	212. 06	118. 63	213. 84
53	120 .64	218.9 7	115. 68	209.9 6	117. 62	213. 50	117. 35	213. 01	118. 89	215. 79
53.5	120 .82	220.8 0	117. 66	215.0 3	116. 84	213. 52	117. 76	215. 21	119. 17	217. 78
54	121 .01	222.6 5	118. 04	217.1 7	115. 47	212. 45	118. 21	217. 50	118. 74	218. 47
54.5	121 .18	224.4 5	118. 75	219.9 4	116. 10	215. 04	117. 77	218. 14	119. 17	220. 72
55	121 .30	226.1 5	121. 13	225.8 4	116. 52	217. 24	116. 88	217. 90	119. 43	222. 67
55.5	121 .50	228.0 1	119. 62	224.4 8	116. 11	217. 89	117. 13	219. 80	120. 49	226. 12
56	121 .36	229.2 2	119. 04	224.8 4	114. 81	216. 83	117. 40	221. 73	123. 34	232. 96

56.5	121.59	231.11	105.99	201.45	125.93	239.36	115.97	220.44	120.51	229.05
57	121.99	233.35			126.01	241.02	117.03	223.85	121.09	231.62
57.5	121.01	232.90			126.09	242.69	127.64	245.67	122.86	236.46
58	121.87	236.02			126.47	244.93	127.08	247.48	123.34	238.86
58.5	121.69	237.10			126.81	247.07	128.11	249.61	113.12	220.40
59					126.22	247.41	127.58	250.07		

Приведенные и измеренные проводимости воды (122мксим/см) при различных температурах

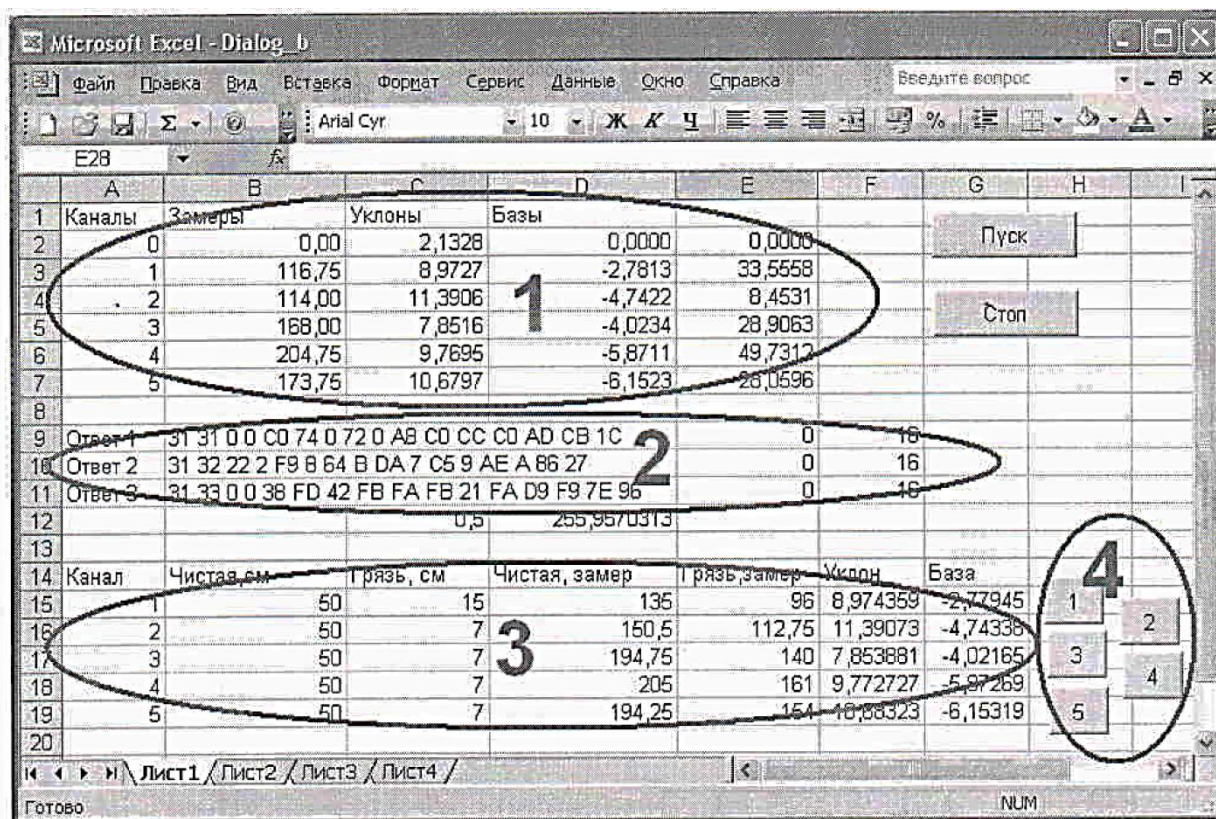


пр Y1 Y2np —Y2 Y3np Y3 Y4np Y4

Рис. 16. Приведенные и измеренные проводимости воды (122 мксим/см) при различных температурах

4.5. Инструкция по использованию программы тестирования и калибровки измерителей прозрачности «Dialog-B.xls»

Программа «Dialog-B.xls» используется при отладке оборудования и предназначена для квалифицированного персонала. Программа разработана в среде Excel Windows XP на языке Visual Basic for Applications. Внешний вид окна программы и перечень полей представлены на рис. 18.



В поле 1 расположена таблица, содержащая фактические замеры, произведенные измерителями прозрачности («Замеры»), коэффициент наклона Ар («Уклоны»), коэффициент высоты Ср («

Базы») и расчетные значения прозрачности, полученные по формуле:

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

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

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

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

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

Калибровку следует проводить в следующем порядке:

1. Включить прозрачномер.
2. Запустить программу нажатием кнопки «Пуск». Поле 1 и 2 должно очиститься и через секунду должна появиться информация. Если информация отсутствует, необходимо проверить кабельные соединения между прозрачномером и компьютером.
3. Наполнить прозрачномеры эталонной чистой водой. Через 30-40 секунд остановить программу кнопкой «Стоп».

4. Перенести вручную данные из колонки «Замер» поля 1 в колонку «Чистая, замер » поля 3.
5. Наполнить прозрачномеры эталонной мутной водой.
6. Запустить программу кнопкой «Пуск». Через 30-40 секунд остановить программу кнопкой «Стоп».
7. Перенести вручную данные из колонки «Замер» поля 1 в колонку «Грязь, замер» поля 3.
8. Проверить и откорректировать колонки «Чистая, см» и «Грязь, см» поля 3.
9. Запустить программу кнопкой «Пуск»
10. Последовательно нажимая кнопки поля 4, перенести коэффициенты в микропроцессор. Интервал между нажатиями кнопок должен быть не менее 5 секунд, что обеспечит нормальную запись данных и визуальный контроль изменения информации на соответствующем канале.
11. Проверить работу прозрачномера в разных режимах.

ВЫВОДЫ

1.Выполнен обзор литературных данных по современным методам автоматизированного контроля водно–химического режима барабанных котлов .

2.Проведены результаты исследования по кондуктометрическому контролю величин удельной электропроводности (УЭП) и определения прозрачности исходной и осветлённой воды в осветителях.

3.По результатам кондуктометрических исследований и их прозрачности воды сравнения с данными хим - анализов сделан вывод в том что непрерывный кондуктометрический контроль способен выявить нарушения технологического процесса реагентной обработки воды на ранних стадиях их развития, что позволит персоналу оперативно реагировать и не допускать развития аварийной ситуации.

4.Разработана эскизная схема автоматизированной системы on-line мониторинга определения прозрачности воды до и после осветлителях и системы управления коагулянта.

5.Разработан пилотный вариант электронно–цифрового кондуктометра с интеллектуальным датчиком, который измеряет величину УЭП воды и прозрачности исходной осветлённой воды в цифровую форму для передачи данных в ПЭВМ по шине RS-232 или RS-485. Произведены лабораторные испытания датчиков и программного обеспечения.

5.Разработан пилотный вариант электронно–цифрового кондуктометра с интеллектуальным датчиком, который измеряет величину УЭП воды и водных растворов в цифровую форму для передачи данных в ПЭВМ по шине RS-232 или RS-485.Произведены лабораторные испытания датчиков и программного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития страны в 2009 году и важнейшим приоритетам экономической программы на 2010 год. «Наша главная задача – дальнейшее развитие страны и повышение благосостояния народа» Ташкент 2010 г.

34.20.507. -2003.-597с.

2. Исламов Б.И., Кадушкин В.В., Савинов А.И., Арзуметова М.С., Саматов М.М., Автоматизация процесса регенерации Н-катионитовых фильтров ВПУ ТашТЭС. Сборник научных статей Международной научной-практической конференции «Инновации-2007», Ташкент 25-27 октября 2011. С.294-295.

3.Панченко В.В., Панченко А.В., Веселова А.П. Глубокая очистка воды коагуляцией от органожелезокомплексных соединений // Энергосбережение и водоподготовка. - 2007. - №3(47). - С. 15-18

4.Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок - М.: Энергия. - 1976. - 287 с. М.

5.Инструкция по эксплуатации предочистки ВПУ 3-х ступенчатого обессоливания РазТЭС, - 18.01.2007 4.

6. Евсютин А.В., Богловский А.В. Применение оксихлоридов алюминия для коагуляции воды с высоким содержанием органических примесей и низкой щелочностью // Теплоэнергетика. - 2007. - №7 - С 67-70

7. Васина Л.Г., Богловский А.В., Меньшиков В.Л., Гусев О.В., Шипилова О.В., Коробкова С. Л.Коагуляционные свойства оксихлорида алюминия различных модификаций // Теплоэнергетика – 1997.-№6.-С. 12-16. 8. Мартынова О.И., Петрова Т.Н., Ермаков О.С., Зонов А.А. Поведение продуктов термоллиза органических веществ в двухфазной области: кипящая вода - равновесный насыщенный пар // Теплоэнергетика. -1997.-№7.-С. 8-

11. 9. Мартынова О.И., Петров А.Ю. Влияние водно-химических режимов на поведение органических соединений (ацетатов и формиатов) в зоне фазового перехода паровых турбин // Теплоэнергетика. -1997.-№12.-С. 62-65. 10. Мартынова О.И., Поваров О.А., Россихин Л.Я., Полевой Е.Н. Образование растворов агрессивных сред в проточной части ЦНД турбины К-300-240 // Теплоэнергетика. - 1998. - №1. - С. 45-48.

11. Мартынова О. И., Вайнман А. Б. Некоторые проблемы при использовании на блоках СКД кислородных водно-химических режимов // Теплоэнергетика. - 1994. - №7. - С. 2-9.

12. Мартынова О.И. Поведение органики и растворенной угле-кислоты в пароводянотракте электростанции // Теплоэнергетика. - 2002. - №7. - С. 67-70.

13.Хизанцян К.М., Чархифалакян Л.В. Саргисян С.А Вопросы обоснования осветления воды на электростанциях методом электрокоагуляции // Вестник инженерной академии Армении. - 2009. - Т. 6. -№2.-С. 198-200

14.Хизанцян К. М. Преимущество электрокоагуляции для осветления воды на ТЭС, ГИУА, Сборник статей, - 2006, - С. 158-159.

15.Сборник должностных и производственных инструкций химического цеха. - Ереван. - 1977. - 455 с.

16.Муханов К.К. Металлические конструкции. Учебник для вузов. Изд. 3-е, испр. и доп. М.: Стройиздат, 1978.-572 с.

17. http://www.waterworks.ru/water_treatment_setup/79-raschet-ustanovki-predvaritelnoii-obrabotki-vodv.html

18. .Исламов Б.И., Кадушкин В.В., Арзуметова М.С., Саматов М.М., Кондуктометрические исследования процессов регенерации Н-катионитовых фильтров ВПУ ТашТЭС. Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики АНРУ», № 3, 2007г. С. 43-46.