

СИСТЕМА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГБЛОКОВ №1-3 НА ОАО "ПЕРМСКАЯ ГРЭС"

Е.В. Лежнина, Д.В. Воробьев, Е.Н. Бердникова (ОАО "Пермская ГРЭС")

Рассматриваются архитектура и аппаратно-программные составляющие системы химико-технологического мониторинга водно-химических режимов энергоблоков №1-3, реализованной на ОАО "Пермская ГРЭС". Определены особенности объекта автоматизации и связанные с ними особенности реализации проекта. Сформулированы преимущества от использования системы персоналом химического цеха электростанции.

ОАО "Пермская ГРЭС" входит в состав 1-й генерирующей компании оптового рынка электроэнергии (ОАО "ОГК-1"), имеет установленную мощность 2400 МВт (три энергоблока по 800 МВт), в качестве топлива использует газ, расположена в 5 км от г. Добрянка Пермской области на реке Кама. На сегодняшний день — это один из крупнейших поставщиков электроэнергии в Уральском регионе. На предприятии большое значение уделяется вопросам автоматизации, в связи с этим имеется достаточное число разнородных АСУТП. В середине 2001 г. в РАО ЕЭС России были утверждены РД 153-34.1-37.532.4-2001 "Общие технические требования к системам химико-технологического мониторинга водно-химических режимов (СХТМ) тепловых электростанций", где сформулированы требования к СХТМ.

В соответствии с этим предписанием было принято решение об интеграции информационного пространства ОАО "Пермская ГРЭС" в единую систему отображения данных.

Объектом автоматизации являлась общестанционная информационно-вычислительная система Пермской ГРЭС (рис. 1), включавшая:

- АСУТП, обеспечивающие сбор, предварительную обработку и отображение данных ТП, построенные на базе систем Contronic фирмы Hartman&Braun (энергоблок №1), Teleperm фирмы Siemens (энергоблок №2), Procontrol P фирмы АВВ (энергоблок №3);

- систему общестанционного архивирования и технологических расчетов (АИРС), состоящую из сети четырех RISK-компьютеров, получающих информацию от АСУТП всех блоков и с общестанционного оборудования (около 10000 сигналов);

- корпоративную сеть ПК (около 250 ед.), предназначенную для решения административных и технологических задач, получения данных из системы АИРС, обмена информацией между пользователями и организации Internet доступа.

Особенности объекта автоматизации и требования к проекту

В соответствие с требованиями, сформулированными в документах РАО ЕЭС, СХТМ должна охватить следующие технологические участки и узлы: конденсатно-питательный тракт (КПТ), включая

блочные обессоливающие установки (БОУ); котлоагрегат; систему водяного охлаждения генератора (СОГ); баковое хозяйство; автономную установку по очистке внутростанционных конденсатов (АОУ); сетевые подогреватели и установку подпитки теплосети; добавочную химобессоленную воду для подпитки энергетических котлов (блоков); добавочную химочищенную воду для подпитки теплосети.



Рис. 1. Вид блочного щита ОАО "Пермская ГРЭС"

СХТМ предназначена для комплексного автоматизированного контроля, анализа, диагностики и прогнозирования водно-химических режимов (ВХР) технологического объекта во всех стадиях его работы, включая пуски/остановы. Она должна использоваться в работе начальниками смен цехов, начальником смены станции, начальниками

цехов и их заместителями, инженерами-технологами цехов и другими специалистами.

СХТМ должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- автоматический сбор и обработку информации от аналоговых и дискретных датчиков, ее контроль и архивирование;
- наглядное отображение поступающей информации в масштабе РВ с помощью мнемосхем, трендов, страниц сигнализации, диаграмм, таблиц и сводок на мониторах обслуживающего персонала;
- предупредительную и аварийную сигнализацию, в том числе звуковую, при выходе параметров ВХР за заданные границы;
- сохранение (архивация) поступающей информации;
- вывод на экран монитора и распечатку графиков изменения любых контролируемых параметров за произвольный прошедший промежуток времени в различных комбинациях;
- периодичность опроса ≥ 1 мин;
- число опрашиваемых сигналов ≥ 1500 ;
- хранение мгновенной информации ≥ 1 мес;
- хранение истории сигнализации ≥ 1 г;
- одновременную круглосуточную работу минимум семи пользователей и 10...15 дополнительных АРМ периодически;
- функционирование в условиях территориальной удаленности АРМ друг от друга и от объекта автоматизации;

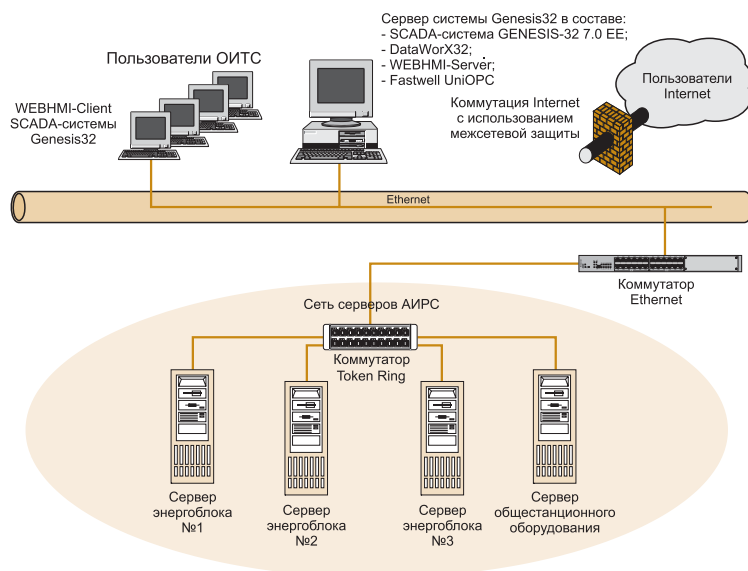


Рис. 2. Схема информационных потоков

- сохранение используемых визуальных и интерактивных свойств пользовательского интерфейса имеющихся АСУТП;
- наследование технологических характеристик системы сигнализации каждой из АСУТП.

Перед разработчиками была поставлена задача объединения данных от АСУТП энергоблоков №1-3 и общестанционной АСУТП в едином информационном пространстве и создания системы визуализации с использованием привычных для сотрудников ГРЭС способов представления данных (мнемосхемы, тренды, сигнализации). Доступ к системе визуальных объектов необходимо предоставить большому числу пользователей корпоративной сети, территориально удаленных от блочных щитов и другого технологического оборудования. Большинство пользователей должны иметь возможность анализировать технологические данные и параметры работы оборудования как в текущем масштабе времени, так и в ретроспективе.

В качестве источника информации была выбрана АИРС, получающая данные от всех систем АСУТП станции. Система АИРС имеет следующие технологические характеристики (существенные для разработки):

- объем опрашиваемой информации — около 10000 аналоговых, дискретных и расчетных сигналов;
- периодичность опроса систем АСУТП — 1 мин;
- длительность хранения мгновенной (ежеминутной) информации — 3 ч;
- система функционирует на четырех RISK компьютерах, объединенных в сеть Token Ring, архивирование и расчеты выполнены под управлением СУБД Informix;
- отсутствие возможности выполнения управляющих воздействий на ТП;
- реализация OPC-интерфейса для получения данных от системы АИРС.

На сегодняшний день Internet-технологии по праву заняли лидирующее положение на рынке инфор-

мационных технологий в области организации ЧМИ. В ОАО "Пермская ГРЭС" их использование органично вписывалось в существующую корпоративно-информационную систему, поскольку все компьютеры электростанции объединены в общестанционную сеть под управлением ОС WIN2000-Server, WIN2003Server. Поэтому сразу предполагалось, что СХТМ, а в дальнейшем и вся общестанционная информационно-технологическая система (ОИТС), будут функционировать в среде Intranet с использованием Web-технологий (рис. 2).

Архитектура системы

Предпроектные работы (определение объема и состава закупаемых аппаратных и программных средств), а также проектирование были произведены силами специалистов цеха АСУТП Пермской ГРЭС. В разработке приняли активное участие технологи Химического цеха (ХЦ) Пермской ГРЭС.

Аппаратная часть ОИТС (СХТМ) представляет собой ПК с установленным сервером системы Genesis, где осуществляется концентрация данных, полученных от системы АИРС, архивирование, обслуживание сигнализации и пользовательских запросов от тонких Web-клиентов на формирование графических отчетов с мнемосхемами, трендами и страницами сигнализации.

В ОИТС используется следующее ПО: SCADA-система Genesis32 7.0 EE; DataWorX32; WEBHMI-Server; WEBHMI-Client; OPC-сервер фирмы Fastwel для организации OPC-доступа к системе АИРС.

Несколько слов необходимо сказать о выборе SCADA-системы. На сегодняшний день на рынке ПО их число чрезвычайно велико. Выбор в пользу SCADA-системы Genesis32 был сделан в результате сравнительного анализа нескольких известных SCADA-систем. Разработчики не ставили своей задачей определить абсолютного победителя, тем более, что в такой динамично развивающейся области такое понятие было бы весьма эфемерным, однако по ряду параметров (богатый инструментарий визуальных компонент; гибкость при конфигурировании, достигаемая сервером глобальных псевдонимов; использование OPC-технологий; гибкая система распределения лицензий при использовании ПО, которая позволяет значительно снизить затраты на приобретение SCADA-системы) именно Genesis32 оказался тем инструментом, благодаря которому была успешно реализована СХТМ. Единственным в России официальным дистрибьютором компании Iconics (разработчик Genesis32) является компания ПРОСОФТ (Москва). Именно с ней и был заключен договор на поставку и обучение. Одним из важных критериев в выборе SCADA-системы является ее техническая поддержка. Необходимо отметить оперативность, компетент-

ность, глубину и полноту консультаций, предоставленных специалистами компании ПРОСОФТ.

При разработке подобной системы сразу же встает вопрос по организации подсистемы ввода/вывода технологической информации. Непосредственно подсистемой ввода/вывода стал OPC-сервер, разработанный с использованием OPC-инструментария от компании Fastwel. В процессе разработки возникли проблемы, которые при успешном сотрудничестве со специалистами фирмы Fastwel были полностью решены. Были выполнены необходимые работы по конфигурированию системы, а именно заведение таких свойств измерений, как шкалы, уставки сигнализации, единицы измерения, тексты описаний. SCADA-система Genesis32 имеет гибкие возможности для хранения и ведения данного перечня свойств замеров, поэтому для удобства дальнейшего сопровождения системы был использован компонент Сервер Глобальных Псевдонимов (Global Aliasing System).

Большой объем информации, поступающий от разных технологических установок (измерения и шкалы), наличие OPC-серверов для других источников вызвало необходимость структурировать данные с помощью DATAWorX32. Была систематизирована в единый перечень сигнализационная информация, получаемая от всех блочных АСУТП (в рамках СХТМ), определен перечень страниц сигнализации, мнемосхем, трендов, разработан и определен основной способ навигации по всем визуальным компонентам ОИТС (СХТМ). Уже в процессе разработки появились и развиваются индивидуальные варианты навигации.

Центральное место в ОИТС (СХТМ) занимает сигнализация. Сигнализационная информация, получаемая от разных АСУТП, организована в систему сигнализационных областей и подобластей, состав которых определяется в соответствии с технологическими требованиями пользователей. Каждому сигнализационному тегу были приданы свойства (приоритет и соответствующий цвет, необходимость квитирования, текст сообщения на событие). Главным визуальным объектом сигнализации в системе является строка сигнализации (унаследовано из АСУТП блока №1 CONTRONIC), которая всегда находится в верхней части экрана мониторов компьютеров начальников смен технологических цехов.

Строка сигнализации состоит из сигнализационных табло, соответствующих технологическим участкам автоматизируемого оборудования. Каждый технологический участок соответствует сигнализационной области или подобласти. Каждый технологический цех имеет свою строку сигнализации со своей спецификой. Каждое сигнализационное табло располагается в центре кнопки, нажатие которой вызывает окно страницы сигнализации соответствующего технологического участка. Страница сигнализации (рис. 3) предназначена для более подробного отображения информации по сигнализационным тегам, где реализованы пользовательские фильтры (по приоритетам, блочным устройствам, технологическим участкам), свободные фильтры (по наименованию измерения).

Следующий визуальный компонент — это мнемосхемы, которые выполнены не только в виде традиционных схем, а также в виде таблиц. Каждый замер на мнемосхеме снабжен всплывающей подсказкой с идентификатором в АСУТП, текстовым описанием и единицей измерения. Для реализации всплывающих подсказок был использован сервер глобальных псевдонимов. Замеры, участвующие в сигнализации и изображенные на мнемосхемах, снабжены цветовой динамикой, соответствующей настройке сигнализационных страниц и строк. Для получения информации о замере разработана специальная, динамически формируемая мнемосхема — *контур сигнала*. На ней в виде горизонтальной гистограммы отображается значение замера в его диапазоне, сам диапазон, текстовое описание, единицы измерения, уставки сигнализации (рис. 4). Мнемосхемы СХТМ могут вызываться из строки сигнализации, из навигационной табличной мнемосхемы и из мнемосхемы иерархической структуры технологических узлов и объектов. При необходимости могут быть разработаны и другие варианты навигации.

Особые требования технологический персонал предъявлял к трендам. Для этого разработчики настроили TrendWorX32 Configurator и связали с ним комплект мнемосхем с трендами. На каждой мнемосхеме предусмотрен набор кнопок для управления трендом (рис. 5).

Разработан *свободно конфигурируемый тренд* (аналогично существующему в АСУТП блока №1 CONTRONIC), на котором технологический персонал самостоятельно собирает комплектацию замеров.

№	Дата	Время	Уровень	Адрес	Описание	Состояние	Значение
1	11.08.07	22.04.2005	K	208A110001	I в Блок 100001	1000000000000000	1270.50
2	11.08.07	22.04.2005	K	208A110002	I ОП на турб. вкл. А	1000000000000000	23.5
3	11.08.07	22.04.2005	K	208A110003	I ОП на турб. вкл. Б	1000000000000000	0
4	11.08.07	22.04.2005	K	208A110004	I ОП на турб. вкл. В	1000000000000000	0
5	11.08.07	22.04.2005	K	208A110005	I ОП на турб. вкл. Г	1000000000000000	0
6	11.08.07	22.04.2005	K	208A110006	I ОП на турб. вкл. Д	1000000000000000	0
7	11.08.07	22.04.2005	K	208A110007	I ОП на турб. вкл. Е	1000000000000000	0
8	11.08.07	22.04.2005	K	208A110008	I ОП на турб. вкл. Ж	1000000000000000	0
9	11.08.07	22.04.2005	K	208A110009	I ОП на турб. вкл. З	1000000000000000	0
10	11.08.07	22.04.2005	K	208A110010	I ОП на турб. вкл. И	1000000000000000	0
11	11.08.07	22.04.2005	K	208A110011	I ОП на турб. вкл. К	1000000000000000	0
12	11.08.07	22.04.2005	K	208A110012	I ОП на турб. вкл. Л	1000000000000000	0
13	11.08.07	22.04.2005	K	208A110013	I ОП на турб. вкл. М	1000000000000000	0
14	11.08.07	22.04.2005	K	208A110014	I ОП на турб. вкл. Н	1000000000000000	0
15	11.08.07	22.04.2005	K	208A110015	I ОП на турб. вкл. О	1000000000000000	0
16	11.08.07	22.04.2005	K	208A110016	I ОП на турб. вкл. П	1000000000000000	0
17	11.08.07	22.04.2005	K	208A110017	I ОП на турб. вкл. Р	1000000000000000	0
18	11.08.07	22.04.2005	K	208A110018	I ОП на турб. вкл. С	1000000000000000	0
19	11.08.07	22.04.2005	K	208A110019	I ОП на турб. вкл. Т	1000000000000000	0
20	11.08.07	22.04.2005	K	208A110020	I ОП на турб. вкл. У	1000000000000000	0
21	11.08.07	22.04.2005	K	208A110021	I ОП на турб. вкл. Ф	1000000000000000	0
22	11.08.07	22.04.2005	K	208A110022	I ОП на турб. вкл. Х	1000000000000000	0
23	11.08.07	22.04.2005	K	208A110023	I ОП на турб. вкл. Ц	1000000000000000	0
24	11.08.07	22.04.2005	K	208A110024	I ОП на турб. вкл. Ч	1000000000000000	0
25	11.08.07	22.04.2005	K	208A110025	I ОП на турб. вкл. Ш	1000000000000000	0
26	11.08.07	22.04.2005	K	208A110026	I ОП на турб. вкл. Щ	1000000000000000	0
27	11.08.07	22.04.2005	K	208A110027	I ОП на турб. вкл. Ъ	1000000000000000	0
28	11.08.07	22.04.2005	K	208A110028	I ОП на турб. вкл. Ы	1000000000000000	0
29	11.08.07	22.04.2005	K	208A110029	I ОП на турб. вкл. Ь	1000000000000000	0
30	11.08.07	22.04.2005	K	208A110030	I ОП на турб. вкл. Э	1000000000000000	0

Рис. 3

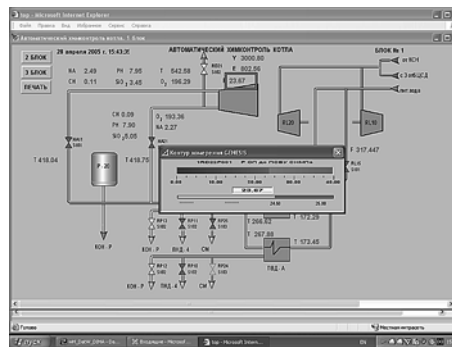


Рис. 4. Мнемосхемы

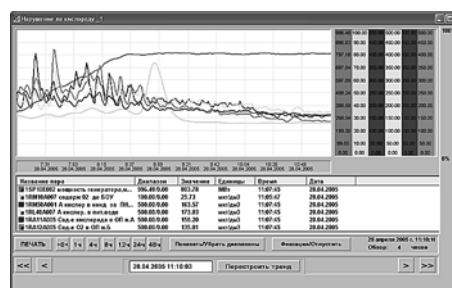


Рис. 5. Тренды

Все эти компоненты функционируют на сервере GENESIS, где также работает WebHMI-сервер. Доступ к компонентам системы осуществляется по Web-интерфейсу с любого ПК электростанции.

Эксплуатация ОИТС в рамках СХТМ была начата персоналом ХЦ уже в процессе разработки. Первое рабочее место было установлено у начальника смены ХЦ. До этого момента доступ к технологической информации с его рабочего места был невозможен. Функционировала лишь телефонная связь с рабочими местами операторов ХЦ.

Некоторые особенности реализации

Источником информации для ОИТС (СХТМ) является другая информационная система, которая в свою очередь получает информацию от функционирующих систем АСУТП. На электростанции принята сквозная система кодирования всех датчиков, узлов, замеров и пр., а именно кодировка АКС. Все системы оперируют кодами АКС, которые недостаточно информативны для технологов. Поэтому каждая из этих систем имеет свою организацию БД замеров и их свойств, различной текстовой, цветовой, звуковой информации. Наиболее удобный и надежный вариант для взаимодействия этих БД – использование таких подсистем Genesis32, как сервер языковых псевдонимов и сервер глобальных псевдонимов. Сервер глобальных псевдонимов использовался для хранения следующей информации: фильтры сигнализации; пути к мнемосхемам, страницам сигнализации; наименования мнемосхем, страниц сигнализации; наименование блоков электростанции.

Организовано хранение данной текстовой информации по замерам для всплывающих подсказок и контура замера.

Работа тонких Web-клиентов, доступность ОИТС (СХТМ) с любого рабочего места электростанции потребовала настройки системы безопасности. Разработчики ограничили пользователей только на уровне доступа к квитированию сигнализации. Для просмотра вся информация доступна любому пользователю ОИТС (СХТМ).

Заключение

ОИТС (СХТМ) позволяет использовать единые визуальные средства (мнемосхемы, тренды и сигнализацию) для контроля за работой тепломеханического оборудования блоков не только по водно-химическому режиму, но и по остальным технологическим режимам работы всех энергоблоков. Такой возможности до использования системы Genesis ни на одной АСУТП электростанции, ни на одном рабочем месте не было.

Появилась возможность выполнить объединенную сигнализацию по замерам от всех АСУТП, имеющих на станции. Богатые возможности конфигурирования сигнализации в Genesis позволяют настраивать сигнализационные теги в зависимости от со-

стояния оборудования разных блоков станции. В результате пользователь получает более точную, лишнюю избыточности информацию о технологической ситуации на любом из энергоблоков.

Технологи получили возможность на одном рабочем месте контролировать работу разных объектов автоматизации, удаленных друг от друга территориально и находящихся в разных АСУТП.

ОИТС (СХТМ) еще находится в развитии, однако уже интенсивно используется начальниками смен и технологическим персоналом ХЦ, котлотурбинного цеха (КТЦ), электрического цеха. Начальники смен и инженеры-технологи географически отделены от блочных АСУТП. Расстояние между блочными щитами разных АСУТП – около 500 м. Здания химводоподготовки и Инженерно-лабораторного корпуса удалены от блочных щитов на ≥ 700 м. Система позволила начальнику смены ХЦ и инженерам-технологам остальных цехов станции на экране мониторов ПК на своем рабочем месте отслеживать ТП всех трех энергоблоков и общестанционного оборудования сразу. В результате значительно улучшились временные и качественные характеристики анализа работы оборудования, ускорились и стали более точными разборы аварийных ситуаций, повысилась предупреждаемость нарушений в работе технологического оборудования, более точным стал анализ работы персонала.

Уже теперь при функционировании ОИТС в период наладки технологи ХЦ отмечают экономию химреагентов, снижение аварийности работы оборудования, уменьшение его износа, повышение ответственности работы персонала. По экспертной оценке специалистов ХЦ использование СХТМ ВХР, а также ее дальнейшее развитие может привести к таким показателям эффективности, как:

- снижение повреждаемости оборудования, связанной с ВХР, на $\geq 50\%$;
- снижение расхода условного топлива на $0,5\%$;
- снижение недовыработки электроэнергии на $0,5\%$;
- снижение числа нарушений ВХР в 5...10 раз;
- оптимизация ВХР паро-конденсатного тракта и работы ХВО;
- снижение числа аварийных остановов, связанных с ВХР, на 50% ;
- снижение расхода корректирующих реагентов на $\geq 30\%$;
- снижение скорости роста отложений на 50% ;
- увеличение производительности труда персонала ХЦ в 5...10 раз.

Дальнейшее развитие системы будет осуществляться в рамках идеологии, выработанной совместно с персоналом ХЦ. Однако SCADA-система Genesis32 и архитектура системы являются достаточно гибкими и позволят удовлетворить большинство технически обоснованных требований пользователей.

Современная, удобная и надежная SCADA Genesis32 позволила создать систему автоматизации,

охватывающую все ТП электростанции, а также различные категории географически разрозненных пользователей. Она удачно вписалась в информационную цепочку имеющихся на электростанции систем автоматизации и некоторым из них дает новый толчок в развитии. Система получилась наглядная и удобная для пользователей: для них она внешне мало отличается от уже имеющихся АСУТП, все способы управления информацией им знакомы. В некоторых аспектах АСУТП были дополнены новыми возможностями, например, дополнительными трендами и мнемосхемами; возможностями использования рассчитываемых замеров (отсутствующих в АСУТП) в

трендах и мнемосхемах; дополнительной сигнализационной информацией; рассчитываемыми сигнализационными тегами, учитывающими замеры АСУТП и расчетные точки всех блоков; возможностями навигации по визуальным компонентам; средствами интеграции с имеющимися на электростанции Web-приложениями и другим прикладным ПО.

Применение OPC-технологии в системе открывает широкие возможности по развитию системы в рамках SCADA Genesis32, а также позволит расширить ее дополнительными приложениями в других средах для прогнозирования процессов и анализа различных технологических ситуаций.

*Лежнина Елена Владимировна — ведущий инженер-программист,
Воробьев Дмитрий Владимирович — начальник лаборатории ПО АРМов цеха АСУТП,
Бердникова Елена Николаевна — инженер-технолог химического цеха ОАО "Пермская ГРЭС".*

*Контактные телефоны: (34265)939-06, 932-02.
E-mail: Elezhnina@permgres.ru DVorobiev@permgres.ru*

АСУТП ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г.В. Иванова, О.А. Ремизова (СПГУ)

Приводятся характеристики и особенности ТП очистки сточных вод свинцовых аккумуляторных производств. Рассмотрена возможность разработки автоматизированной системы оптимального управления данного ТП с использованием нейросетевых технологий. Справедливость выбранного подхода подтверждается показателями качества очистки сточных вод при минимальных затратах реагентов.

Существенный вклад в развитие процесса загрязнения окружающей среды, как отмечает "Международная комиссия по окружающей среде и развитию ООН", вносят устоявшиеся методы удовлетворения потребностей человечества на основе использования традиционной практики природоразрушительного "технического прогресса". В этих условиях одно из ключевых значений приобретает проблема глубокой очистки сточных вод, результатов деятельности человека.

Химическое производство, в частности, производство свинцовых аккумуляторов, являются потребителями большого количества воды из открытых водоемов и подземных скважин и одновременно источниками загрязнения потребляемых вод. Поэтому важными задачами для отрасли химической промышленности являются совершенствование процессов водоподготовки, которые напрямую зависят от правильного выбора технологического оборудования для очистки сточных вод от примесей, упорядочение расхода и состава сточных вод, усреднение концентрации примесей и ряда других факторов.

Процесс очистки сточных вод свинцовых аккумуляторных производств (САП) является непрерывно-дискретным процессом, в основе которого лежат сложные физико-химические реакции, протекающие в технологическом оборудовании. При обширном варьировании технологических параметров система управления должна обеспечивать необходимые показатели качества водоочистки при минимуме расходов реагентов. Существующие системы управления не

всегда эффективно справляются с некоторыми возмущениями, действующими на процесс, так как в них в основном используются упрощенные технологии моделирования, учитывающие только локальные зависимости изменения параметров ТП, что в сильной степени сказывается на уровне адекватности модели реальному объекту и, как следствие, на качестве управления. Таким образом, особенности процесса и задачи автоматизации требуют создания корректной математической модели.

Особенности производства позволяют предположить, что наиболее эффективными методами для моделирования процесса очистки сточных вод и синтеза системы оптимального управления будут статистические методы.

Характерной особенностью, отличающей водоочистку от других областей химической технологии, является то, что процессы удаления примесей из воды — сложной физической и экологической системы — протекают в условиях взаимодействия различных механизмов и факторов при больших объемах растворов и незначительных концентрациях в них взвешенных и растворенных веществ.

Процесс очистки сточных вод включает стадии приготовления реагентов и непосредственно самого процесса очистки, который в свою очередь состоит: из этапов очистки и доочистки сточных вод. Процесс приготовления реагентов состоит из приготовления флокулянта полиакриламида (ПАА) и кальцинированной соды.