



АСУ ТП ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Юрий Ембулаев, Михаил Волковой, Николай Матушкин, Олег Чернышов,
Александр Калачев, Олег Филичкин, Александр Южаков

В статье рассматриваются вопросы разработки и создания автоматизированной системы управления технологическим процессом очистки сточных вод титано-магниевого комбината.

Введение

Проблема сохранения водоемких ресурсов и водообеспечения стала одной из самых насущных экологических задач. Система хозяйствования в нашей стране не способствовала развитию работ в области очистки промышленных стоков, поэтому водоемы страны постепенно насыщались всеми видами загрязнений. Более того, мелкомасштабные объекты вообще не имели очистных сооружений. В результате отходы отравляют не только поверхностные, но и подземные воды, и поэтому проблема обеспечения населения водой, пригодной для потребления, встала во всех регионах страны.

Березниковский титано-магниевого комбинат (ОАО «АВИСМА») является основным производителем титановой губки в России. Процесс магниево-термического восстановления титана требует значительного количества воды, которая забирается из естественных водоемов. Отработанная вода содержит большое количество химических веществ (взвешенных частиц, ионов хрома, марганца, железа) и имеет повышенную кислотность. Такая вода не пригодна для использования человеком и требует очистки.

До внедрения АСУ ТП «Экология» комплекс очистных сооружений ОАО «АВИСМА» автоматизирован не был, то есть управление всеми агрегатами комплекса осуществлялось вручную. При этом дозировка реагентов была несбалансированной, что приводило к небоснованным материальным затратам

вследствие неизбежных передозировок. Обслуживанием комплекса занимался целый штат сотрудников высокой квалификации. Руководство предприятия приняло решение о модернизации устаревшего комплекса сооружений очистки сточных вод с учетом соответствия международным требованиям, предъявляемым к современному технологическому оборудованию, и стандартам ISO.

Объект автоматизации

Объектом автоматизации является комплекс очистных сооружений, включающий:

- систему открытых лотков для подачи промышленных стоков на площадку

очистных сооружений. Объем поступающих промстоков колеблется в пределах 150-1200 м³/час;

- систему лотков с запорными ручными органами, обеспечивающих распределение промышленных стоков по усредняющим емкостям;
- узел нейтрализации, в состав которого входят система ввода и предварительной обработки усредненных промстоков; система распределения реагентов по точкам подачи; нейтрализатор — емкость, в которой обеспечивается перемешивание сжатым воздухом усредненных промстоков с подаваемыми реагентами и происходит реакция нейтрализации; сис-



Водоочистные сооружения

тема пробоотбора; разгрузочный колодец;

- насосную станцию для откачки нейтрализованных промстоков в пруд-отстойник;
- систему приготовления и дозирования реагентов. Технологическое оборудование этой системы размещается в общем строительном объеме насосной станции для откачки нейтрализованных стоков;
- пруды-отстойники, в которых происходит осветление нейтрализованных промстоков;
- насосную станцию сброса очищенных и нейтрализованных стоков из прудов-отстойников;
- насосные дренажные станции, обеспечивающие откачку дренажных вод с площадки размещения очистных сооружений;
- насосную станцию при пруде-отстойнике;
- систему трубопроводного транспорта перекачки промстоков;
- системы водо- и теплоснабжения.

В ходе исследования объекта автоматизации были выявлены следующие особенности, оказавшие влияние на выбор технических средств:

- распределенность объекта на значительной территории;
- неоднородность объекта, то есть объект состоит из большого числа агрегатов, требующих различных алгоритмов управления;
- объект можно отнести к типичным объектам автоматизации, так как он содержит аналоговые и дискретные сигналы;
- все оборудование комплекса очистных сооружений управляется дискретными сигналами.

В ходе реализации задачи автоматизации комплекса очистных сооружений совместными усилиями АО «Галургия», ОАО «АВИСМА» и ГВП «МАГ» была создана система автоматизированного управления комплексом очистных сооружений, получившая название АСУ ТП «Экология».

Назначение и функции системы

АСУ ТП «Экология» предназначена для реализации функций оперативного контроля, учета, анализа и управления объектами очистных сооружений титано-магниевого комбината. Она обеспечивает автоматизированный и автоматический режимы работы оборудования, участвующего в технологической схеме очистки промышленных стоков предприятия, улучшает информационное обеспечение руководства и оперативного персонала.

Автоматизированная система выполняет следующие функции:

- автоматическое поддержание постоянного расхода промышленных стоков на выходе усреднителей;
- автоматическое регулирование величины pH промышленных стоков изменением количества извести, подаваемой для нейтрализации стоков;
- автоматическое поддержание постоянного расхода кислых промышленных стоков, поступающих на разбавление «известкового молока»;
- автоматическое управление системой дозирования раствора сульфида натрия;
- программное управление аппаратами подготовки реагентов (Na₂S, ПАА);
- дистанционное программное управление насосами подачи реагентов на разбавление;
- дистанционное программное управление насосами раздачи реагентов;
- дистанционное программное управление насосами откачки стоков;
- автоматическое программное управление клапанами.

Кроме этого, АСУ ТП обеспечивает выполнение следующих комплексов задач.

Формирование текущих и сменных значений показателей производства:

- сбор и первичная обработка текущих значений контролируемых показателей;
- ввод информации от датчиков;
- обработка сигналов;
- сведение всей поступившей и обработанной информации в единый интегрированный массив.

Оперативно-диспетчерский контроль производства:

- контроль расхода сырьевых ресурсов за прошедшую смену;
- контроль расхода сырьевых ресурсов за прошедшие сутки;
- контроль состояния запасов материальных ресурсов на начало текущей смены;
- контроль использования основного технологического оборудования за прошедшие сутки.

Ведение базы данных:

- ведение интегрированного массива показателей производства;
- ведение справочников пределов изменений значений контролируемых параметров и отклонений сменных показателей производства;
- ведение справочника расчета аналитических показателей производства.

Формирование отчетных документов:

- формирование сменного, суточного и месячного рапортов и выдачу их на принтер.

Архитектура системы и реализация ее компонентов

АСУ ТП «Экология» выполнена в виде трехуровневой распределенной модульной системы с жестким распределением выполняемых функций по уровням:

- уровень отображения информации, контроля и архивирования;
- уровень управления;
- уровень устройств связи с объектом (УСО).

Структурная схема системы приведена на рис. 1.

Уровень отображения информации, контроля и архивирования включает в себя пульт оператора и автоматизированное рабочее место «Лаборатория».

Пульт оператора (ПО) обеспечивает выполнение следующих функций:

- отображение и контроль текущего состояния технологического процесса;
- задание параметров управления технологическим процессом и передача их на уровень управления;
- предупредительная и аварийная сигнализация;
- прием и отображение результатов экспресс-анализа от АРМ «Лаборатория»;
- регистрация и формирование отчетных документов;
- архивирование и просмотр архивных трендов.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) «Лаборатория» обеспечивает ввод и передачу на пульт оператора результатов экспресс-анализа промышленных стоков.

Уровень управления выполняет функции сбора и обработки данных с уровня УСО и управления технологическим процессом. Реализация функций управления осуществляется автономно, то есть без участия уровня отображения информации.

Уровень устройств связи с объектом (уровень УСО) предназначена для сопряжения уровня управления с датчиками и исполнительными устройствами объектов.

Каждый из уровней соединен с другим уровнем информационными связями согласно иерархической структуре. Это означает, что верхний уровень может получить информацию от нижнего уровня только через средний и наоборот. Таким образом достигается функциональная законченность уровней автоматизации, возможность их автономного функционирования снизу вверх. Пульт оператора и АРМ «Лаборатория» предусматривают возможность связи с другими АСУ и более вы-

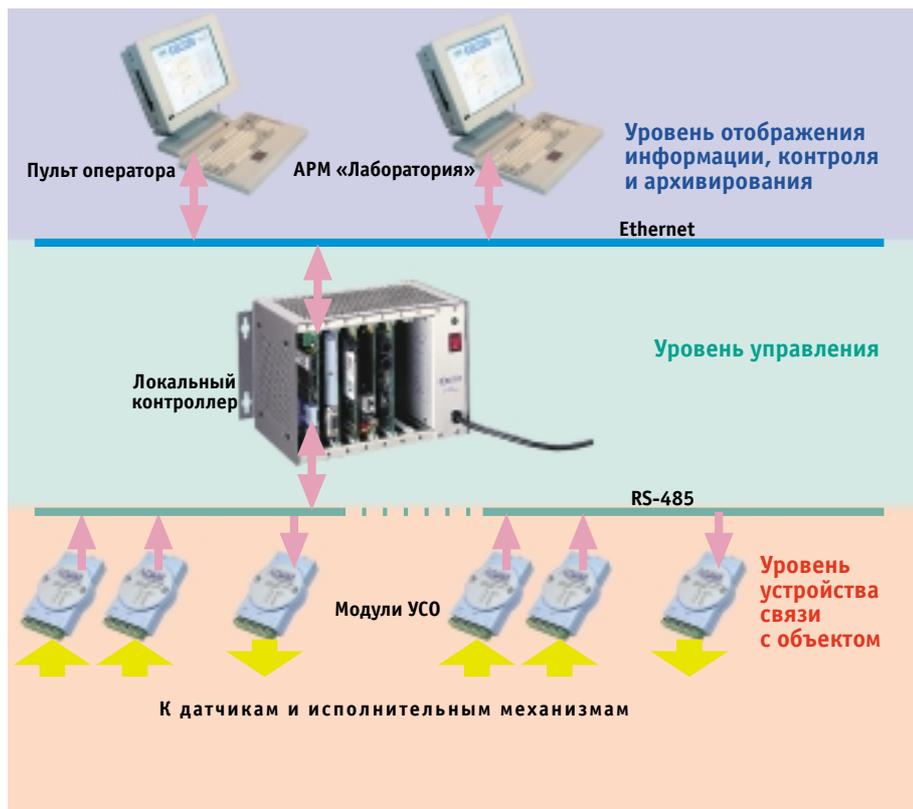


Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП «Экология»

сокими уровнями иерархии общезаводской АСУП при дальнейшем развитии.

Пульт оператора, АРМ «Лаборатория» и локальный контроллер связаны посредством одноранговой локальной вычислительной сети Ethernet. Связь «уровень управления — уровень УСО» осуществляется посредством интерфейса RS-485. В качестве сетевой операционной системы выбрана Personal NetWare, так как в этом случае проще осуществить переход на более крупную сеть с выделенным сервером на основе сетевой операционной системы Novell NetWare v3.12 или выше.

Верхний уровень

В составе автоматизированного рабочего места «Лаборатория» используется программное обеспечение, разработанное в системе программирования Borland Pascal (Turbo Pascal) v7.0 с применением объектно-ориентированной библиотеки создания пользовательских интерфейсов Turbo Vision v2.0.

Программные средства, обеспечивающие реализацию пульта оператора, должны отвечать более жестким требованиям, так как пульт оператора участвует в управлении технологическим процессом, реализуя верхний уровень в иерархии управления. Пакет Trace Mode v4.2x отвечает этим требованиям и может использоваться в качестве универсального программного обеспечения для реализации верхних уровней современных информационно-управляющих систем.

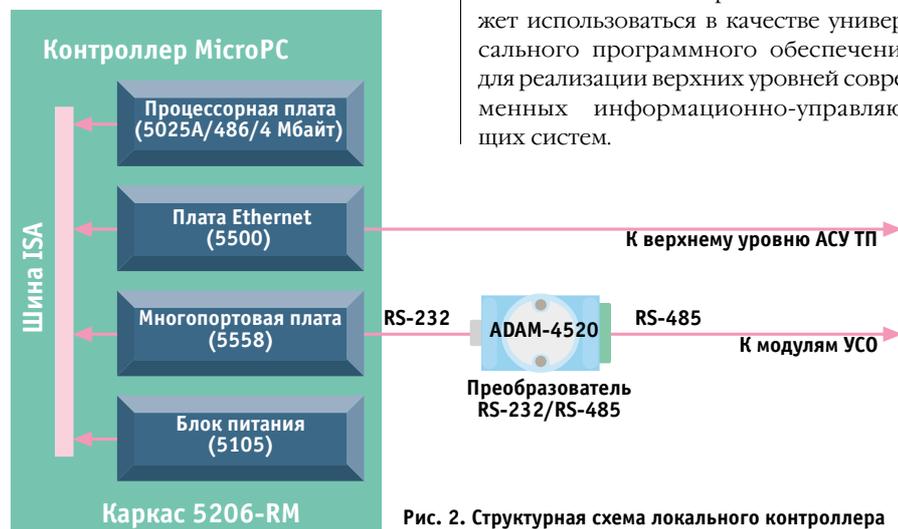


Рис. 2. Структурная схема локального контроллера

АРМ «Лаборатория» и пульт оператора функционируют на базе IBM PC совместимых компьютеров под управлением операционной системы MS-DOS v6.22 и сетевой операционной системы Personal NetWare.

Средний уровень

Для реализации уровня управления необходимо использовать надежный промышленный контроллер, способный работать в сложных условиях окружающей среды. Все функции автоматического управления сосредоточены на этом уровне, поэтому надежность данного уровня представляется достаточно важной.

Так как архитектура PC является стандартом в промышленности, для более эффективной реализации многоуровневой системы, представляющей собой взаимосвязь различных компонентов, необходимо применять, по возможности, IBM PC совместимое оборудование как наиболее распространенное в настоящее время. Использование IBM PC совместимой платформы предоставляет возможности по применению огромного разнообразия существующего в настоящее время аппаратного обеспечения, а также широкого спектра готового программного обеспечения и средств его разработки. Перечисленным требованиям отвечает серия промышленных контроллеров MicroPC фирмы Octagon Systems. Структурная схема локального контроллера показана на рис. 2, а его внешний вид на рис. 3.

Контроллер MicroPC имеет встроенную операционную систему DOS 6.22, а в качестве системы реального времени управления технологическим процессом используется монитор реального времени — Микро МРВ, входящий в состав пакета Trace Mode.

Нижний уровень

В качестве модулей устройств связи с объектом в системе используются модули серии ADAM-4000 фирмы Advantech.



Рис. 3. В качестве локального контроллера в системе использован IBM PC совместимый контроллер MicroPC фирмы Octagon Systems



Рис. 4. Рабочее место оператора АСУ ТП «Экология»

Данные модули предоставляют средства для аналогового и дискретного ввода-вывода с гальванической развязкой. Использование интерфейса RS-485 позволяет минимизировать количество физических линий связи при построении системы.

Для поддержки уровня УСО со стороны уровня управления разработан драйвер, обеспечивающий взаимодействие Микро МРВ с модулями ADAM.

Исходя из набора входных и выходных сигналов объекта автоматизации, используются три типа модулей УСО:

- ADAM-4052 — 8-канальный дискретный ввод (7 шт.);
- ADAM-4017 — 8-канальный аналоговый ввод (7 шт.);
- ADAM-4050 — 7-канальный дискретный ввод и 8-канальный дискретный вывод (9 шт.).

Функционирование системы

В процессе функционирования системы участвует оператор (рис. 4). Для удобства восприятия информация о технологическом процессе представлена графически. Поскольку этой информации много, используется деление ее

на логически законченные части (кадры), которые соответствуют определенным участкам технологического процесса. При этом целостность восприятия не теряется.

Условно все кадры можно разделить на две группы: основные и служебные.

Основные кадры соответствуют участкам технологического процесса и содержат условное представление оборудования, относящегося к данному участку, а также значения необходимых параметров. Такие кадры содержат средства визуализации процесса функционирования оборудования системы, посредством которых любое изменение состояния оборудования отображается на экране. Например, работа насоса отображается вращением лопастей насоса (мультипликация на основе последовательности графических примитивов), движение воды в трубопроводе индицируется бегущей дорожкой, состояние клапанов (открыто/закрыто) отображается изменением их цвета и т.д. Оператор большую часть времени в процессе функционирования системы взаимодействует именно с этими кадрами, примеры которых приведены на рис. 5, 6, 7.

Служебные кадры предназначаются для размещения дополнительной информации о состоянии технологического оборудования, а также для просмотра отчетных документов.

К служебным также отнесен кадр задания параметров (коэффициентов) регулирования, так как эти параметры не требуют частого изменения. Имеется кадр, где сведены аварийные сообщения по работе насосов в составе аппаратов приготовления реагентов (ПАА, Na₂S). Один из служебных кадров («Выбор варианта дозирования») предна-

значен для выбора оптимального варианта дозирования реагентов на основании концентрации загрязняющих веществ в стоках. Эта информация поступает из лаборатории экспресс-анализа как результат работы АРМ «Лаборатория». На кадре в виде рекомендации оператору представляется оптимальный вариант дозирования реагентов.

К кадрам, предназначенным для просмотра отчетных документов, относятся кадры просмотра отчета тревог (рис. 8), кадры просмотра рапортов (сменного, суточного и месячного — рис. 9), а также кадры просмотра архивных трендов.

Сменный рапорт формируется оператором в начале смены за предыдущую смену. Формирование заключается в записи рапорта на диск в файл и распечатке его на принтере. Суточный рапорт формируется оператором в начале первой смены за прошедшие сутки. При этом создаются файл с суточным рапортом и строка в месячном рапорте, соответствующая прошедшим суткам.

К кадрам просмотра отчета тревог относятся три кадра: кадр просмотра отчета тревог за текущую смену, кадр просмотра отчета тревог за прошедшую смену и кадр просмотра отчета тревог, сформированного две смены назад. Формирование отчета тревог может осуществляться двумя способами: вручную и автоматически. Автоматическое формирование отчета тревог происходит в начале новой смены за прошедшую смену; при ручном формировании оператор инициирует систему нажатием соответствующей экранной кнопки.

Кадры просмотра архивных трендов графически отображают изменение основных технологических параметров, таких как расход стоков, расход

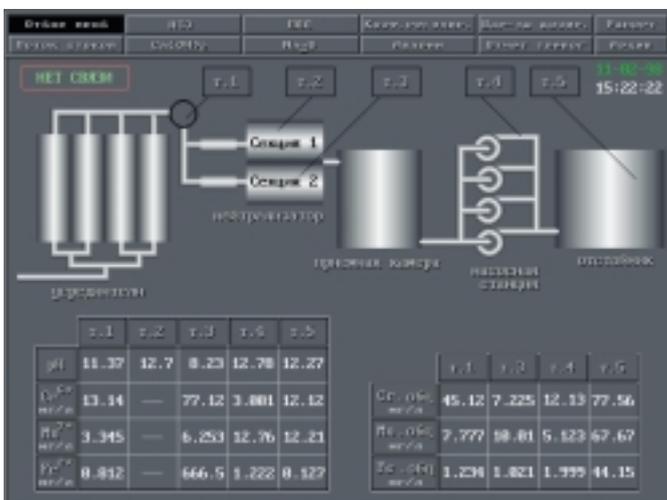


Рис. 5. Кадр «Схема размещения точек отбора проб» предназначен для контроля информации, поступающей из лаборатории экспресс-анализа и с объекта

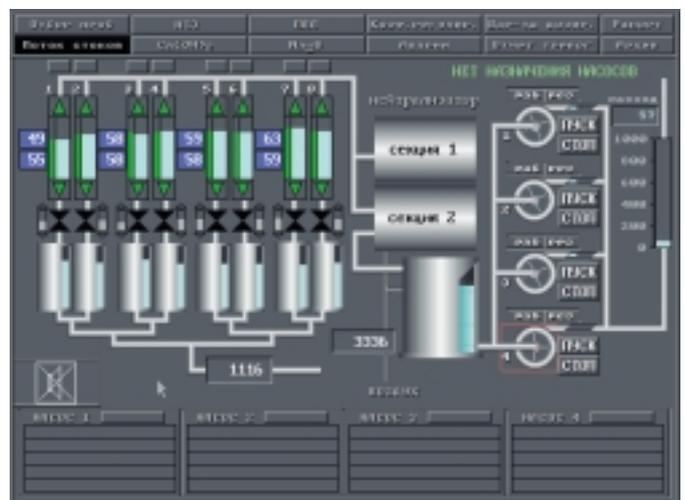


Рис. 6. Кадр «Схема потока стоков» предназначен для контроля технологического процесса подачи сточных вод в усреднители и ручного управления насосами в составе насосной станции

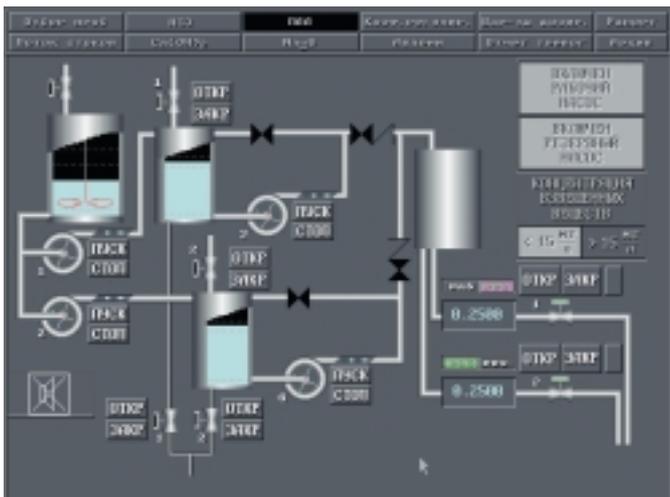


Рис. 7. Кадр «Схема подготовки и дозирования раствора ПАА» предназначен для контроля и управления технологическим процессом подготовки и дозирования раствора ПАА

Ca(OH)₂, кислотность стоков в точках отбора проб, расход Na₂S, концентрация в стоках ионов хрома в точках отбора проб, расход ПАА и концентрация взвешенных частиц в стоках. Используются уровневый архив, содержащий два уровня. На нулевом уровне записи формируются с периодом 5 минут (глубина архива 50 суток), а на первом уровне – с периодом 10 минут (глубина архива 150 суток). Таким образом, ведется архив с периодом 10 минут, в котором хранится предыстория прохождения технологического процесса за 5 месяцев, причем последние полтора месяца информация записана с периодом 5 минут.

Общая схема технологического процесса представлена на кадре «Схема размещения точек отбора проб» (рис. 5). Для получения детальной информации о том или ином участке технологического процесса оператор осуществляет переход на кадр, соответствующий интересующему его участку технологической схемы. Для этого на каждом кадре в верхней части расположены экранные кнопки, при нажатии которых происходит переход на соответствующий кадр.

Кнопка текущего экрана подсвечивается черным цветом. В случае появления аварийной ситуации на одном из экранов соответствующая ему кнопка на других экранах подсвечивается красным цветом. При этом оператор для определения проявления аварии должен либо перейти на кадр просмотра отчета тревог, либо перейти на кадр,

кнопка перехода на который подсвечивается красным цветом.

Предупредительная и аварийная ситуация отображается подсвечиванием места ее локализации цветом, отличным от обычного (красным). Для привлечения внимания оперативного персонала аварийные ситуации озвучиваются средствами звуковой платы типа Sound Blaster. При этом сообщается о месте аварии и ее проявлении. Например, при отсутствии сигнала исполнения насоса в составе насосной станции № 3 озвучивается следующее сообщение: «Насосная станция 3 – нет исполнения», а изображение насоса, на котором обнаружена авария, подсвечивается красным цветом. После устранения аварии подсветка убирается и озвучивание сообщения прекращается.

Формирование звуковых сообщений осуществляется драйвером пульта оператора. Все сообщения разделены на локальные и глобальные. К локальным

Дата и время	Тип	Описание
05-08-97 21:14:41	AB_NAS	НАСОС 1 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAS	НАСОС 2 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAS	НАСОС 3 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAS	НАСОС 4 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 1 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 2 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 3 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 4 – АВАРИЯ СЕРВИС
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НЕТ ГОТОВНОСТИ КИПАНИИ
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 1 – АВАРИЯ
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 2 – АВАРИЯ
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 3 – АВАРИЯ
05-08-97 21:14:41	AB_NAZS	НАСОС 4 – АВАРИЯ
05-08-97 21:14:41	AB_NAS	АВ. "НЕТ ВОД" КИПАНИИ СЕРВИС
05-08-97 21:14:42	AB_NAZS	ЗАДВИЖКА1 – НЕТ ИСПОЛНЕНИЯ
05-08-97 21:14:47	AB_NAZS	ЗАДВИЖКА2 – НЕТ ИСПОЛНЕНИЯ
05-08-97 21:14:47	AB_NAZS	ЗАДВИЖКА3 – НЕТ ИСПОЛНЕНИЯ
05-08-97 21:14:51	AB_NAS	АВ. ДЕКРЕТ – НЕТ ИСПОЛНЕНИЯ

Рис. 8. Кадр «Просмотр отчета тревог»

Группа	Параметр	Концентрация загрязнителей									
		Средн. значение	Макс. значение	Мин. значение	Средн. значение	Макс. значение	Мин. значение	Средн. значение	Макс. значение	Мин. значение	Средн. значение
Параметры сточных вод	Средн. значение	142.9	14.81	45.12	13.14	7.777	3.345	1.234	0.812	1.111	13.29
Средн. значение	Средн. значение	12.81	45.89	12.13	3.081	5.123	12.76	1.999	1.232	1.235	13.3
Средн. значение	Средн. значение	123.1	16.81	77.56	12.12	67.67	12.21	44.15	0.127	1.198	13.3

Рис. 9. Кадр «Просмотр рапортов» предназначен для просмотра сменного, суточного и месячного рапортов

сообщениям относятся те, которые касаются конкретного объекта или совокупности объектов. Глобальные сообщения относятся ко всей системе в целом и вызываются, например, такими ситуациями, как обрыв связи с уровнем управления («Нет связи с локальным контроллером») или отсутствие ответа от уровня УСО («Неисправность УСО»). Причем глобальные сообщения имеют больший приоритет по сравнению с локальными. Это позволяет акцентировать внимание оператора именно на глобальных сообщениях. На основных кадрах имеются средства для временного отключения звуковых сообщений, относящихся к авариям на этом кадре. По истечении 10 минут, если авария не устранена, сообщение снова начинает формироваться. Временное отключение звуковых сообщений предназначено для того, чтобы оператор был своевременно информирован о появлении новых аварийных ситуаций.

Все аварийные и предупредительные сообщения заносятся в отчет тревог (журнал событий). Причем в отчете (рис. 8) формируются строки, включающие данные о времени возникновения, месте и проявлении аварии. После устранения аварийной ситуации в отчете тревог формируется запись о ее устранении.

В системе формируются рапорты (рис. 9) трех уровней (сменный, суточный и месячный), содержащие интегральные показатели протекания процесса очистки сточной воды (содержание в стоках загрязнений, объем сброшенной воды, расход реагентов и пр.).

Все управление технологическим процессом сосредоточено на уровне управления, что предъявляет жесткие требования к надежному функционированию аппаратного и программного обеспечения этого уровня.

Локальный контроллер формирует управляющие сигналы на основании информации о текущем состоянии технологического процесса (информация поступает с уровня УСО) и исходных данных в виде совокупности коэффициентов регулирования и уставок (информация поступает с пульта оператора).

В системе выделено два типа управления:

- дискретное (выходной сигнал — вкл/выкл), программное и дистанционное управление, которое используется для управления насосами, задвижками и клапанами. Программное управление осуществляется автономно контроллером, в то время как дистанционное управление выполняется оперативным персоналом с пульта оператора;
- аналоговое регулирование.

Управление насосами в составе насосных станций № 1 и № 3 может выполняться автоматически (программно) и вручную (дистанционно) оператором. При этом автоматическое управление осуществляется на базе информации от датчиков (с уровня УСО), а также на основании текущего режима работы насоса. Насос может находиться в одном из трех режимов работы: рабочий, резервный и третий. Назначение режима работы насоса осуществляет оператор. Автоматическое управление насосом осуществляется только в том случае, если насос находится в рабочем или ре-

зервном режиме работы. При необходимости оператор может управлять этими насосами вручную. Третий режим работы подразумевает только ручное управление. Автоматическое включение (выключение) рабочего и резервного насосов происходит при определенном уровне в соответствующей емкости, о чем сообщают сигнализаторы уровня.

Регулирование расходов сточной воды осуществляется при помощи аналогового ПИ-регулятора, выход с которого поступает на формирователь ШИМ-сигнала. ШИМ-сигнал через уровень УСО поступает на привод управления задвижкой.

В составе системы есть средства контроля наличия связей между компонентами. Локальный контроллер периодически посылает значение изменяющейся величины на пульт оператора. Если через фиксированный промежуток времени изменения не последовало, то пульт оператора принимает решение об обрыве связи «локальный контроллер — пульт оператора». В свою очередь пульт оператора постоянно посылает блок данных на АРМ. Если через фиксированный промежуток времени АРМ его не получает, то АРМ принимает решение об обрыве связи «АРМ — пульт оператора». В случае обрыва связей оперативный персонал своевременно оповещается.

Надежность системы

Требования к надежному функционированию системы накладывают ограничения при проектировании системы и выборе аппаратно-программного базиса. Поэтому при выборе технических средств внимание уделялось прежде

всего высоконадежному оборудованию, соответствующему международным стандартам ISO.

Согласно методике оценки надежности для восстанавливаемых систем произведен расчет коэффициента готовности системы (вероятность заставить работоспособной систему в произвольный момент времени t), значение которого составило: $KГ(t) = 0,99989$.

Выводы

Внедрение АСУ ТП привело к улучшению следующих технико-экономических показателей работы очистных сооружений:

- уменьшению расхода реагентов при условии выполнения регламентных требований по качеству очистки и нейтрализации промышленных стоков;
- сокращению энергозатрат на единицу объема очищаемых и нейтразуемых промышленных стоков;
- увеличению срока заполнения отстойных емкостей осаждаемыми илами за счет оптимизации процесса нейтрализации кислых стоков «известковым молоком»;
- повышению надежности работы комплекса очистных сооружений за счет централизации контроля и улучшения оперативности управления. По оценке заказчика, срок окупаемости АСУ ТП «Экология», внедренной на действующем производстве, должен составить 10 месяцев. ●