



# Автоматизированные системы для блока реагентного хозяйства водопроводной станции

Леонид Бабицкий

В статье рассматриваются структура, принципы построения, аппаратное и программное обеспечение автоматизированных систем водоподготовки для Южной водопроводной станции г. Санкт-Петербурга.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с необходимостью улучшения экологической ситуации в России особенно актуальна проблема очистки питьевой воды. Одной из составляющих процесса очистки питьевой воды является добавление в воду раствора коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  (концентрация основного вещества  $Al_2O_3$  — 1-2%) для устранения мутности и цветности. Далее вода поступает на фильтрующие сооружения (песчано-гравийные фильтры), а затем, после хлорирования, в водопроводную сеть.

Перед ООО «БиС» (Санкт-Петербург) была поставлена задача разработать и внедрить на Южной водопроводной станции (ЮВС) ГУП «Водоканал СПб», имеющей производительность более 1 млн. м<sup>3</sup> воды в сутки, автоматизированные системы измерения параметров и первичного дозирования рабочего раствора коагулянта.

Техническое задание фактически содержало две основные задачи:

- наладить количественный и качественный учет коагулянта, который поступает на ЮВС;
- автоматизировать процесс приготовления рабочего раствора коагулянта.

Таким образом, перед разработчиками стояли две функционально независимые задачи, причем в обоих случаях требовалось не только создать и внедрить автоматизированные системы, но и разработать методику измерений, спроектировать и изготовить измерительные установки.

Автоматизированная система измерения параметров коагулянта (СИПК) должна была обеспечить количественный и качественный учет реагента, который поступает на ЮВС в автоцистернах вместимостью 5,2 т, в количестве 60-70 т в сутки. До внедрения СИПК весовой контроль поступающего коагулянта не производился, анализ концентрации коагулянта в химической лаборатории выполнялся примерно за 50 минут при том, что допустимое время простоя автоцистерны под разгрузкой составляет не более 20 минут. Таким образом, оперативный контроль количества и качества поступающего реагента был невозможен.

Автоматизированная система первичного дозирования коагулянта (СПДК) должна была обеспечить при-

готовление рабочего раствора коагулянта с заданной концентрацией и измерение его параметров. До внедрения системы эта операция осуществлялась работниками реагентного хозяйства «на глазок». В качестве измерительного инструмента в расходных баках высотой 6 метров (рис. 1) использовались деревянные линейки с делениями через 5 см. По линейке отмерялось необходимое количество коагулянта и воды. Следовательно, точность дозирования была невелика, и требуемая концентрация раствора достигалась методом последовательного приближения, на основе химического анализа многочисленных проб. Это увеличивало время приготовления раствора и приводило к перерасходу дорогостоящего реагента (стоимость коагулянта составляет более 1,2 тыс. рублей за тонну).



Рис. 1. Расходные баки блока реагентного хозяйства

## СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ

Объектом управления систем является блок реагентного хозяйства ЮВС.

Система измерения параметров коагулянта (СИПК) предназначена для осуществления автоматизированного входного контроля поставляемого на водопроводную станцию жидкого раствора коагулянта.

Система первичного дозирования коагулянта (СПДК) предназначена для автоматизированного выполнения технологических операций по приготовлению для очистных сооружений до 600 тонн рабочего раствора коагулянта с заданной концентрацией в сутки.

Системы используют трехуровневую схему управления.

Первый, или нижний уровень — это исполнительные механизмы (насосы, шланговые затворы, клапаны), а

также устройства сбора информации (датчики давления, температуры, уровнемеры, расходомеры).

Второй уровень — управляющий контроллер с модулями УСО. В качестве управляющего контроллера использована процессорная плата PCA-6134P производства фирмы Advantech с платами дискретного ввода-вывода PCL-722 и последовательного ввода-вывода PCL-746+, а также с платой интерфейса канала общего пользования (КОП). К плате PCL-722 подключены модули дискретного ввода-вывода производства Grayhill (70G-IAC5A, -OAC5A, IDC5B) и Advantech (PCLM-OAC5Q, IAC5AQ) для управления шланговыми затворами с электроприводом, насосами, клапанами, входящими в системы.

Третий, или верхний уровень — пульт управления системами, который включает в себя рабочую станцию оператора (IBM PC совместимый компьютер с 17" монитором), а также элементы сигнализации.

Автоматика управления системами, вторичные блоки измерительных приборов, управляющий контроллер размещены в трех панелях управления, расположенных в помещении местного диспетчерского пункта (МДП) блока реагентного хозяйства.

Структурная схема автоматизированных систем приведена на рис. 2, внешний вид пульта управления системами показан на рис. 3.

### СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОАГУЛЯНТА

Для измерения параметров (массы, плотности, концентрации) поступающего коагулянта используется измерительный бак из нержавеющей стали объемом 5,2 м<sup>3</sup>. Коагулянт через систему трубопроводов закачивается насосом в измерительный бак по команде оператора системы.

Измерительный бак оборудован двумя датчиками гидростатического давления «Кварц-ДИ» с частотным выходным сигналом (основная погрешность измерения составляет 0,1%), термометром сопротивления, а также контактными датчиками для контроля предельных уровней жидкости в баке. Датчики давления соединены с баком при помощи U-образных патрубков, один на уровне дна, а другой — на расстоянии 1 м от поверхности днища. Термометр сопротивления подключен к модулю ADAM-4013, а модуль, в свою

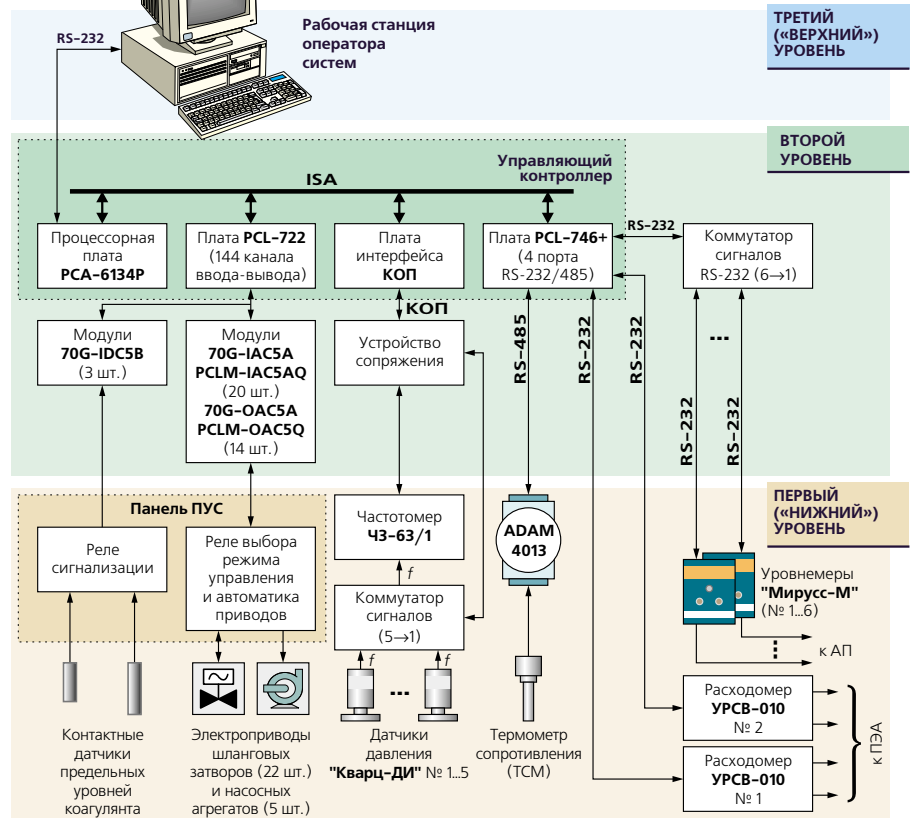


Рис. 2. Структурная схема СИПК и СПДК

очередь, — к плате PCL-746+ по интерфейсу RS-485. Внешний вид измерительного бака показан на рис. 4.

Частотный выходной сигнал с датчиков давления поступает на коммутатор сигналов, а далее — на вход частотомера ЧЗ-63/1. Выбор частотомера в качестве средства измерения был обусловлен необходимостью с высокой точностью (до 0,001 Гц в диапазоне 500–1800 Гц) измерять выходной сигнал датчиков.

Частотомер ЧЗ-63/1, работающий в режиме измерения периода, преобразует частотный сигнал от датчика давления в цифровое значение в параллельном VCD-коде.

С выхода частотомера цифровой сигнал через устройство сопряжения поступает на плату интерфейса КОП, установленную в контроллере. Устройство сопряжения предназначено для управления работой частотомера и коммутатора сигналов, а также для преобразования результатов измерения из параллельного VCD-кода в двоичный. Интерфейсная плата имеет программируемый дешифратор адреса магистрали КОП и два функциональных регистра: регистр адреса исполнительного устройства и регистр данных. Регистр адреса исполнительного устрой-



Рис. 3. Пульт управления системами



Рис. 4. Измерительный бак

ства имеет дешифратор, формирующий сигнал выборки исполнительного устройства. Для записи данных в исполнительные устройства формируется строб записи.

Далее результаты измерений передаются из контроллера в рабочую станцию оператора, где производится пересчет выходной частоты датчика в величину давления (P) с помощью аппроксимирующего полинома 3-го порядка вида

$$P = k_0 + k_1(F - F_0) + k_2(F - F_0)^2 + k_3(F - F_0)^3,$$

где F – выходная частота датчика [Гц],  
F<sub>0</sub> – начальная частота датчика при P=0 [Гц],

k<sub>i</sub> – коэффициенты полинома (рассчитываются при градуировке датчика).

На основании показаний датчиков давления и температуры вычисляются плотность, масса и концентрация раствора; относительная погрешность измерений не превышает ±0,2%.

После окончания измерений коагулянт перекачивается из измерительного бака в один из десяти растворных баков (емкостью по 250 м<sup>3</sup>).

### СИСТЕМА ПЕРВИЧНОГО ДОЗИРОВАНИЯ КОАГУЛЯНТА

Приготовление рабочего раствора коагулянта осуществляется в одном из шести расходных баков по выбору оператора. Вода и коагулянт подаются в расходный бак по трубопроводам, на которых установлены первичные датчики (преобразователи электроакустические – ПЭА) ультразвуковых расходомеров УРСВ-010.

Задание концентрации приготавливаемого раствора коагулянта (в % по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), а также выбор бака для дозирования производятся оператором СПДК. Все остальные операции при дозировании (открытие-закрытие шланговых затворов на магистралях подачи воды и коагулянта, пуск-останов насосов) выполняются автоматически.

Измерение уровня заполнения баков, а также концентрации приготовленного рабочего раствора коагулянта производится с помощью оригинальной установки измерения уровня и концентрации коагулянта (ИУК). Установка вынесена за пределы бака и соединена с ним при помощи шланга и затвора на уровне дна. Одна установка обслуживает два смежных бака, всего в состав СПДК входят три ИУК. В верхней части установки размещен акустический преобразователь (АП) уровне-

мера, а внизу, на уровне дна бака – датчик давления «Кварц-ДИ». По измеренной высоте и давлению столба жидкости вычисляется плотность раствора. Пересчет плотности раствора в концентрацию (в % по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) осуществляет СИПК по табличным значениям методом линейной аппроксимации. Для повышения точности и стабильности работы установки в ООО «БиС» был существенно модернизирован ультразвуковой микропроцессорный уровнемер «Мирусс-В», что позволило проводить измерения уровня с погрешностью не более 0,5% в диапазоне от 0,5 до 7 м.

Обмен информацией между управляющим контроллером и измерительными приборами (уровнемерами «Мирусс-В», расходомерами УРСВ-010) осуществляется по последовательным каналам (интерфейс RS-232, протокол Modbus); в качестве УСО в контроллере выступает плата PCL-746+. Для связи контроллера с рабочей станцией оператора используется стандартный последовательный порт процессорного модуля PCA-6134P (COM1).

По требованию заказчика с целью обеспечения бесперебойного управления СИПК и СПДК для каждого исполнительного механизма (насоса, шлангового затвора с электроприводом, клапана) предусмотрено три режима управления: основной («ЭВМ») – управление от контроллера, дистанционный – управление оператором с МДП и местный – непосредственно с местного пульта управления устройством. В случае возникновения аварийной ситуации (например отказа электропривода шлангового затвора) оператор может остановить выполнение задачи или продолжить работу, перейдя на ручной режим управления данным устройством. Выбор режима работы производится оператором при помощи переключателей «Выбор режима», расположенных на панели управления и сигнализации (ПУС), на которой находятся также индикаторы состояния шланговых затворов, клапанов и насосов.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ

При проектировании систем заказчиком были сформулированы следующие требования к программному обеспечению:

а) использование SCADA-системы отечественной разработки;

б) открытость кода программы в контроллере;

в) максимально понятный интерфейс управления.

Исходя из этих требований, программное обеспечение автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора систем (так называемый монитор верхнего уровня, или монитор ВУ) было разработано при помощи SCADA-системы Trace Mode v.4.20.5, а для контроллера – на языке C++. Аппаратно АРМ представлен в данном случае рабочей станцией оператора со всеми внешними связями и установленным программным обеспечением.

При проектировании систем были выделены пять задач управления:

- прием коагулянта из автоцистерны в измерительный бак;
- измерение параметров коагулянта в измерительном баке;
- перекачка коагулянта из измерительного бака в растворные баки;
- приготовление рабочего раствора коагулянта в расходном баке;
- измерение параметров раствора в расходном баке.

Программное обеспечение контроллера предоставляет возможность выполнения в реальном масштабе времени до трех задач одновременно (например, прием коагулянта, приготовление рабочего раствора, измерение параметров коагулянта). Опрос приборов (расходомеров, уровнемеров, частотомера) производится в цикле с контролем времени обмена по тайм-ауту.

Для всех операций, выполняемых контроллером, например открытие-закрытие или прием коагулянта в измерительный бак, программно устанавливается контрольное время выполнения, по истечении которого управляющая программа формирует код ошибки для монитора ВУ и приостанавливает выполнение задачи до принятия оператором систем решения (проигнорировать ошибку и продолжить или завершить задачу).

Управляющая программа в контроллере оформлена в виде одного запускаемого файла и записана на флэш-диск.

Для тестирования и наладки автоматизированных систем был разработан комплекс программ для контроллера.

В комплекс программ входят следующие программы:

- тестирования каналов RS-232;

- тестирования шины КОП;
- формирования значений сигналов, выдаваемых для монитора ВУ;
- тестирования алгоритмов управления СИПК и СПДК в различных режимах с возможностью программной имитации работы устройств сбора информации и управления.

Использование SCADA Trace Mode для реализации монитора ВУ позволило создать эргономичный пользовательский интерфейс и максимально упростить работу оператора систем. Запуск задач, обработка аварийных ситуаций, печать выходных документов (товарно-транспортных накладных, отчетов по работе систем и т.д.) производятся оператором АРМ.

Всего для управления системами используется 7 экранов, переключение на любой из них осуществляется оператором путем выбора соответствующих графических объектов (кнопок) на дисплее манипулятором «мышь». На рис. 5 приведен экран управления системой первичного дозирования коагулянта.

Для отображения состояния систем используется анимация и изменение цвета элементов на дисплее оператора. Так, например, шланговые затворы (ШЗ) могут находиться в одном из четырех состояний: ШЗ открыт, ШЗ закрыт, муфта (авария), неопределенное состояние (нет ни одного сигнала о состоянии ШЗ). На экранах системы открытые ШЗ отображаются зеленым цветом, закрытые – красным. Состояние «муфта» отображается мерцанием красного и зеленого цветов с периодом 0,25 с. Неопределенное состояние ШЗ отображается сменой цвета с красного на зеленый с периодом в 1 секунду.

Запуск-остановка задач, а также аварийные ситуации автоматически фиксируются в журнале работы систем, что облегчает работу обслуживающему персоналу.

Результаты работы систем выводятся на дисплей оператора, а также распечатываются на принтере в виде накладных на прием коагулянта и отчетов по приему-дозированию коагулянта за

смену с одновременным сохранением в файле DBF-формата.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

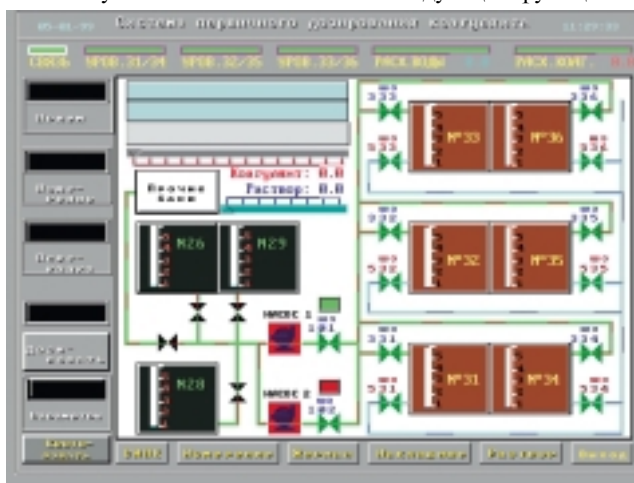
Применение современных программно-аппаратных средств и контрольно-измерительных приборов послужило базой для создания надежных автоматизированных систем с хорошими эксплуатационными качествами и высокими метрологическими характеристиками.

Разработанные системы обеспечивают выполнение следующих функций:

- входной контроль поступающего реагента;
- оптимизация процесса приготовления рабочего раствора коагулянта с заданной концентрацией;
- непрерывный контроль состояния технологического оборудования систем;
- визуализация в удобной для оператора форме режимов работы и состояния оборудования, текущих значений контролируемых параметров;
- документирование результатов работы систем.

Внедрение систем в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» позволило достичь современного, качественно нового уровня процесса приготовления реагента, необходимого для водоподготовки. За счет рационального использования реагента экономический эффект от внедрения систем составляет не менее 1,0 млн. рублей в год в текущих ценах. ●

**Бабицкий Л.А.** —  
директор ООО «БиС»  
195279, Санкт — Петербург, а/я 99  
Тел./факс: (812) 526-3768  
E-mail: bis@mail.nevalink.ru



**Рис. 5. Экран управления системой первичного дозирования коагулянта**