



# Универсальный программно-технический комплекс для АСУ ТП химводоподготовки

Андрей Решетов, Борис Лопаткин, Алексей Елов

В статье анализируется опыт разработки и применения универсального программно-технического комплекса для автоматизации технологических процессов на примере АСУ ТП химводоподготовки Южноуральской ГРЭС.

## ВВЕДЕНИЕ

Начиная с момента своего основания, научно-производственная фирма Прософт-Е осуществляет разработку и поставку «под ключ» автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Анализируя структуру АСУ ТП, введенных и разрабатываемых в настоящее время нашим предприятием, можно заметить, что технические требования для достаточно большой части заказываемых систем схожи. Безусловно, определенные отличия, связанные со спецификой технологического процесса, состава смежного оборудования, условий эксплуатации, обслуживания и т. д., существуют, однако можно выделить целый ряд требований, единых для АСУ ТП в различных отраслях применения, будь то пищевая промышленность или коммунальное хозяйство, нефтегазовая промышленность или цветная металлургия.

Таковыми, на наш взгляд, являются:

- взаимодействие с большим количеством разнотипного оборудования (датчики различного типа, электрифицированные задвижки, насосы, насосы-дозаторы, регулирующие клапаны, мешалки и т. д.);
- реализация большого количества автоматических блокировок и регуляторов технологических параметров различного типа, обеспечение управления технологическим процессом в целом или его отдельными операциями;
- развитый человеко-машинный интерфейс, предоставление персоналу исчерпывающей оперативной и ар-



Южноуральская ГРЭС

хивной технологической информации, широкие возможности оператора по управлению технологическим процессом;

- надежная долговременная работа в круглосуточном режиме в условиях промышленного предприятия;
- возможность модернизации и развития системы (в том числе самими пользователями).

Повторяемость решаемых задач вполне естественно привела к разработке универсального программно-технического комплекса (ПТК), реализующего перечисленные требования. Опыт его применения рассматривается в данной статье на примере автоматизации процесса химводоподготовки на Южноуральской ГРЭС (ЮУГРЭС) АО «Челябэнерго».

## ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

Объект автоматизации — комплекс оборудования, обеспечивающий технологический процесс предварительной очистки воды в химическом цехе ЮУГРЭС. В состав комплекса технологического оборудования входят осветлители и механические фильтры, а также трубопроводная арматура с соответствующими насосами, запорными и регулируемыми механизмами, обеспечивающими процесс очистки воды, продувку и промывку осветлителей и фильтров. В двух осветлителях типа «ВТИ ОРАШ» (рис. 1) производительностью 200-550 т/ч каждая сырая (необработанная) вода декарбонируется, а также на 60-80% освобождается от кол-



Рис. 1. Осветитель «ОРАШ-600»

лоидных, взвешенных и органических веществ. Далее вода поступает в баки известково-коагулированной воды, а затем насосами подается на обработку в механические фильтры, забирается на промывку фильтров, перекачивается в систему химической водоочистки теплосети. В механических фильтрах (тип фильтров — ФОВ-3.0-0.6, количество фильтров — 7) из воды удаляются частицы шлама и завершается процесс её стабилизации. Приготовление и дозирование рабочих растворов реагентов, подаваемых в осветители, выполняется с помощью оборудования, в состав которого входят ёмкости известкового теста и молока, мерники коагулянта, насосы перекачки, мешалки, насосы-дозаторы.

Технологический процесс водоочистки осуществляется непрерывно в круглосуточном режиме. Общее количество входных/выходных сигналов системы — около 1500.

В соответствии с требованиями заказчика система выполняет следующие основные технологические функции:

- сбор технологической информации с аналоговых и дискретных датчиков, ее контроль и архивирование;
- обеспечение дистанционного управления технологическим оборудованием и его контроль;
- автоматическое управление и контроль работы отдельных трактов оборудования и групп механизмов;
- автоматическое регулирование технологических параметров по различным законам регулирования или управления технологическими операциями;
- возможность управления отдельными исполнительными механизмами с местных пультов управления.

### Структура ПТК, ЕГО АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Структура ПТК достаточно проста и широко применяется при автоматизации технологических процессов с большим количеством территориально распределённого оборудования, такого как пульт оператора и программируемые логические контроллеры, связь между которыми осуществляется по кодовой линии связи. На контроллеры (в рассматриваемой системе их 4) возложено большинство функций по управлению технологическим процессом (в том числе контролирующие функции), на пульт управления — реализация основных функций человеко-машинного интерфейса.

Распределение сигналов между контроллерами реализуется таким образом, что все сигналы, относящиеся к независимым узлам техпроцесса (например, сигналы управления всем оборудованием осветителя, включая тракты дозирования реагентов), обрабатываются одним контроллером.

Распределенная структура системы при подобном разделении функций между ее составными частями имеет ряд преимуществ по сравнению с централизованной структурой АСУ ТП, в которой все управление сосредоточено в одном шкафу управления, содержащем большое количество оборудования. Основными из этих преимуществ, по нашему мнению, являются следующие:

- повышенная живучесть системы, обусловленная тем, что контроллеры могут продолжать свою работу, в том числе осуществлять технологическое регулирование и защитные функции,

при неисправности другого оборудования ПТК или связи между ними; при длительном отсутствии связи между оборудованием ПТК, например при отказе пульта управления, в случае необходимости может быть произведен автоматический перевод объекта автоматизации в безопасное состояние;

- уменьшение длины, количества, номенклатуры, а следовательно, стоимости кабелей и объемов работ по их монтажу вследствие возможности установки оборудования ПТК вблизи объекта;
- распределение большого суммарного количества входных/выходных сигналов АСУ между несколькими контроллерами позволяет для обеспечения требуемого значения длительности цикла обработки информации (300–500 мс) использовать недорогие процессорные модули;
- возможность поэтапного ввода ПТК в работу без вывода из эксплуатации уже действующей его части и объекта автоматизации.

Большая часть аппаратных средств, применяемых в ПТК, как мы надеемся, хорошо известна читателю, поэтому мы ограничимся только коротким перечислением используемых устройств.

Пульт управления построен на базе ударопрочного шасси IPC-615BP-25R с резервированным источником питания и процессорного модуля PCA-6168F фирмы Advantech. Вывод информации производится на 19" монитор, установленный на рабочем месте оператора (рис. 2).

В контроллерах используются следующие модули, платы, устройства:

- микроконтроллеры модели 6010 фирмы Octagon Systems (на базе микропроцессора 386SX, тактовая частота 40 МГц);
- универсальные платы ввода-вывода UNIO96-5 фирмы Fastwel;
- платы дискретного ввода TBI-24/0 фирмы Fastwel;
- модули УСО дискретного вывода серии 70G фирмы Grayhill;
- модули УСО аналогового вывода 73G-OI420 фирмы Grayhill;
- источники питания фирмы Artesyn Technologies;
- буквенно-цифровой вакуумно-флуоресцентный дисплей (2 строки по 20 символов) фирмы ИЕЕ;
- 16-клавишная клавиатура фирмы Octagon Systems;
- безвинтовые клеммы фирмы Wago.



Рис. 2. Общий вид рабочего места оператора

Кроме того, в контроллерах используются два модуля собственной разработки: модуль аналогового ввода АП16 (формат MicroPC) и модуль изолированного интерфейса RS-485. Эти модули сертифицированы и многократно использовались в устройстве сбора и передачи данных для учета энергоресурсов ЭКОМ-3000 [1].

Оборудование контроллеров размещено в металлических шкафах серии PROLINE фирмы Schroff. Для удобства монтажа и обслуживания конструкция

шкафа допускает двусторонний доступ к размещённой в нём аппаратуре: на одной стороне монтажной панели расположено основное оборудование контроллера, а на другой — клеммы для внешних подключений. Размещение программируемого контроллера и модулей УСО в шкафу управления показано на рис. 3.

Заканчивая короткий перечень применяемого оборудования, необходимо отметить, что эксплуатация системы подтвердила соответствие реальных

технических и надёжных характеристик используемых изделий их декларируемым параметрам.

Как отмечалось в начале настоящей статьи, одним из основных требований к программному обеспечению является возможность его быстрой модернизации и дополнения непосредственно на объекте как во время проведения пусконаладочных работ, так и в процессе эксплуатации системы. Для рассматриваемой АСУ ТП это требование оказалось актуальным вследствие того, что на Южноуральской ГРЭС внедрялась новая технология водоочистки с применением осветлителей с рециркуляцией активного шлама «ОРАШ». Экспериментальный образец осветлителя такого типа, обладающий меньшей производительностью, был запущен в опытную эксплуатацию на ТЭЦ-22 ОАО «Мосэнерго», однако промышленные образцы этого оборудования использовались впервые, и, естественно, технологические алгоритмы требовали определенной доработки и адаптации к конкретным условиям ЮУГРЭС.

Задача обеспечения требуемой корректности и гибкости алгоритмов управления и конфигурации системы ре-

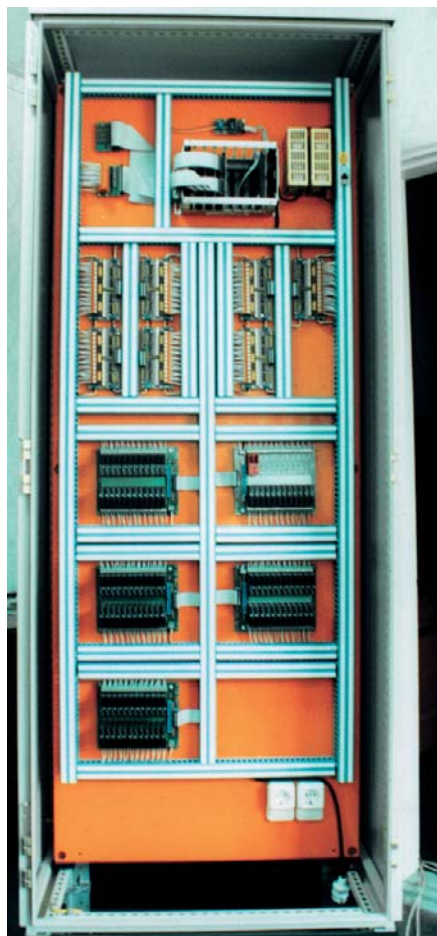


Рис. 3. Размещение программируемого контроллера и модулей УСО в шкафу управления

шалась с помощью развитых инструментальных программных средств, позволяющих не только резко снизить время и стоимость разработки программного обеспечения, но и проводить его модификацию непосредственно на объекте и силами технологического персонала, в том числе и не имеющего профессиональных навыков программирования. В качестве основного инструментального средства на верхнем уровне системы использовался пакет GENESIS32 v. 6.0 фирмы Iconics.

При создании программного обеспечения контроллеров использовалась система разработки SoftBasic фирмы Прософт-Е. Основной инструмент разработки — язык написания программ для промышленных контроллеров SoftBasic, обеспечивающий возможность представления технологических алгоритмов на русском языке и имеющий встроенный компилятор. Написание и сопровождение программ на SoftBasic отличается простотой и наглядностью, так как в качестве средства создания и редактирования программ используется пакет Microsoft Excel, который чрезвычайно прост в освоении и

знаком большинству пользователей ПЭВМ, а количество операторов невелико, но достаточно для описания технологических процессов, следовательно, привлечение профессиональных программистов не требуется. Например, разработкой программ управления для рассматриваемой системы занимался один из авторов статьи, не являющийся профессиональным программистом и на начало работы по этой теме не знакомый с системой SoftBasic, а реализация достаточно большого количества разнотипных технологических алгоритмов с учетом времени ознакомления с системой у него заняла всего около полутора месяцев.

Основные отличительные особенности системы SoftBasic следующие:

- поддержка аппаратных средств Octagon Systems и ряда других плат в формате MicroPC, популярных на российском рынке;
- возможность параллельного исполнения нескольких задач (количество задач ограничивается только ресурсами контроллера);
- возможность динамической загрузки/выгрузки отдельных задач в процессе реализации технологического алгоритма;
- выполнение требований работы в режиме реального времени с временем цикла 0,05...0,5 с в зависимости от быстродействия контроллера и сложности решаемых задач (для данной системы при одновременном выполнении 74 технологических задач время цикла составило 0,34 с);
- весь интерфейс связи с аппаратурой реализован в виде отдельных файлов драйверов устройств, формат которых открыт и документирован; в зависимости от конфигурации аппаратных средств пользователь может подключать к системе драйверы из имеющегося набора или писать собственные драйверы на языке C/C++ на основе поставляемых в составе системы примеров;
- автоматическая поддержка работы встроенных клавиатуры и дисплея контроллера, обеспечивающих возможность выполнения большинства технологических операций (просмотр и изменение переменных и калибровочных коэффициентов, запуск и останов отдельных задач и т.д.) с встроенной клавиатуры контроллера, то есть без использования средств верхнего уровня; драйверы обслуживания клавиатуры и дисплея

подключаются как отдельные модули аналогично драйверам других устройств, поставляются в исходных кодах и доступны для модификации самим пользователем;

- встроенные средства преобразования входных аналоговых величин в физические единицы измерения (возможно с усреднением), хранение коэффициентов преобразования и фильтрации в энергонезависимом ОЗУ контроллера, возможность изменения этих коэффициентов как с клавиатуры контроллера, так и по командам с верхнего уровня;
- запись в энергонезависимое ОЗУ контроллера в конце каждого цикла полной информации о текущем состоянии системы (все значения переменных, список и состояние запущенных задач и т.д.) и восстановление этой информации при очередной загрузке контроллера, например после сбоя энергоснабжения или срабатывания сторожевого таймера;
- ведение в энергонезависимом ОЗУ контроллера собственного программно-доступного архива событий с фиксацией даты и времени возникновения события, кода события, необходимой вспомогательной информации, с возможностью просмотра этого архива на встроенном дисплее контроллера или средствами верхнего уровня;
- возможность установки на верхнем уровне практически любой SCADA-системы (в частности, GENESIS32) благодаря использованию одного из наиболее распространенных промышленных протоколов обмена ModBus/RTU.

SoftBasic используется фирмой Прософт-Е с 1999 года и хорошо зарекомендовал себя в ряде реализованных проектов.

### РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ И ЧЕЛОВЕКО- МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА

На многих производствах, как и в нашем случае, один оператор должен в реальном времени и в круглосуточном режиме осуществлять непрерывное управление технологическим процессом, в котором используется достаточно большое количество датчиков и исполнительных механизмов. При этом его возможные ошибочные или несвоевременные действия могут повлечь за собой нежелательные последствия, по меньшей мере, ухудшение качества

или уменьшение количества выпускаемой продукции.

Безусловно, полная автоматизация техпроцесса отчасти решает проблему «человеческого фактора», однако в достаточном большом количестве случаев полная автоматизация затруднена, в первую очередь, из-за недостаточной его детерминированности. Кроме того, даже в этом случае на оператора возлагаются задачи контроля и принятия решений при появлении нештатных ситуаций, например при отказе оборудования.

При автоматизации подобных технологических процессов решаются две основные задачи:

- определение максимально возможного перечня функций, выполняемых в автоматическом режиме;
- реализация развитого человеко-машинного интерфейса.

В рассматриваемой системе, кроме обычных функций блокировок, защит и управления отдельными механизмами, реализованы функции автоматического управления и контроля группы механизмов, работающих совместно, а также автоматического регулирования технологических параметров и управления технологическими операциями.

Так, например, для управления довольно типичной группой оборудования «насос — задвижка на выходе насоса», автоматически выдаются следующие команды:

- команда на открытие задвижки на выходе насоса после включения насоса;
- команда на закрытие задвижки на выходе насоса при отключении насоса;
- команды на закрытие задвижки на выходе насоса и выключение насоса при отказе насоса или по технологическим причинам (например, при превышении или понижении уровня жидкости в соответствующих баках);
- команда на выключение насоса при закрытом состоянии задвижки на выходе насоса, например при её отказе, через 2 минуты после включения насоса;
- команда на открытие задвижки на выходе насоса при переводе насоса в состояние «Резерв» (при наличии резервных насосов в данном тракте);
- команда на включение резервных насосов в случае отказа основного насоса или при понижении давления за насосами ниже контрольного значения.

В части автоматического регулирования отдельных параметров и управле-

ния технологическими операциями АСУ выполняет следующие функции:

- производит автоматическое поддержание заданных оператором на каждый осветлитель уставок расхода воды;
- управляет параметрами непрерывной продувки осветлителей в зависимости от расхода сырой воды и уровня шлама;
- управляет производительностью насосов-дозаторов извести и коагулянта по информации о расходе сырой воды в осветлителях, величине рН в зоне рециркуляции активного шлама и концентрации реагентов;
- управляет производительностью насосов-дозаторов кислоты по информации о расходе воды и величине её рН;
- производит автоматическое поддержание заданных оператором уставок расхода или давления воды, поступающей в различные узлы предочистки или потребителям, уровней воды или реагентов в различных ёмкостях;
- осуществляет автоматическую отмывку механических фильтров по команде оператора, времени работы фильтра в режиме фильтрации, значению мутности воды на выходе фильтра.

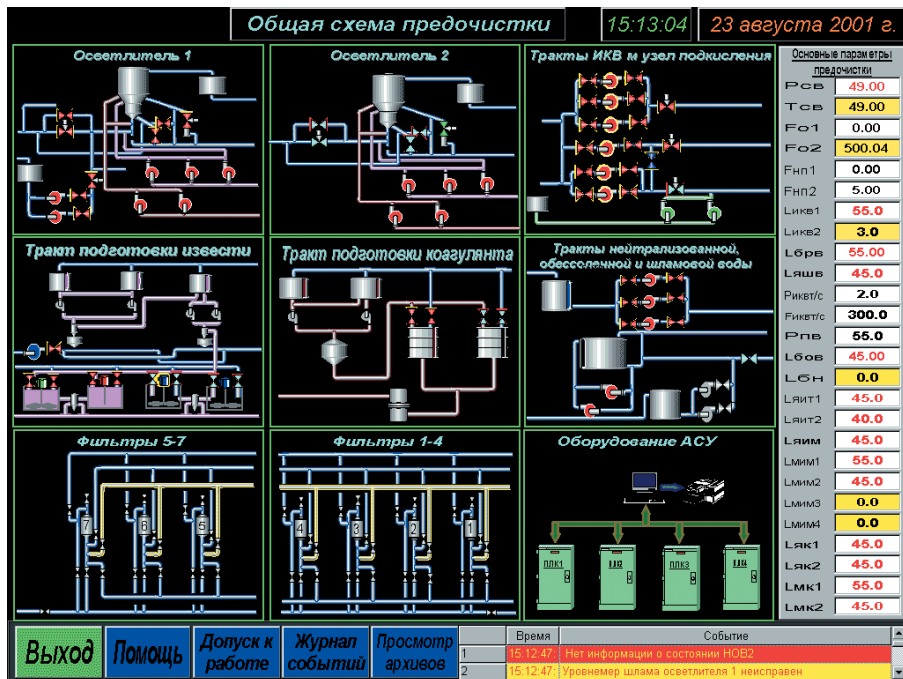


Рис. 4. Вид экрана с основной мнемосхемой

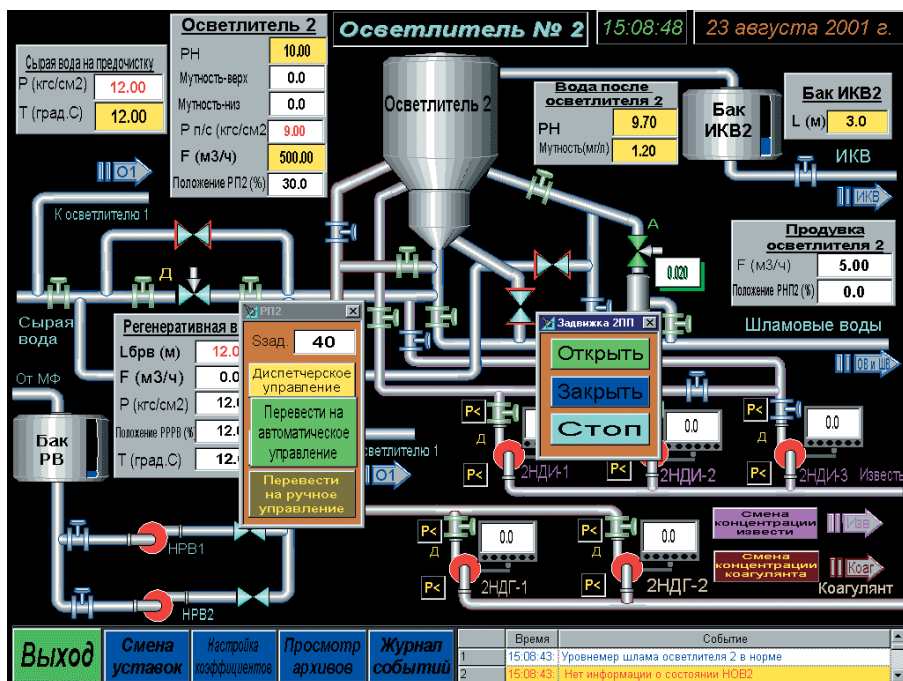


Рис. 5. Мнемосхема осветлителя

Основными задачами человеко-машинного интерфейса в рассматриваемой АСУ ТП являются:

- предоставление оператору исчерпывающей текущей информации о ходе техпроцесса и состоянии оборудования;
- предоставление оператору широких возможностей по управлению технологическим процессом.

После включения системы на дисплей компьютера автоматически выводится экран с основной мнемосхемой, на которой представлены наиболее важная информация обо всем оборудовании объекта автоматизации и главные технологические параметры (рис. 4).

В процессе работы оператор может вызвать на экран мнемосхемы отдельные узлы объекта, например осветлителя (рис. 5), тракта подготовки извести (рис. 6) и т.д., с которых имеется возможность управления технологическим процессом.

Для иллюстрации полноты информации, предоставляемой оператору, приведем несколько примеров.

Так, для удобства оценки аналоговых параметров на экране ПЭВМ используется цветовая сигнализация:

- параметр в норме — цифры черного цвета на белом фоне;
- параметр вышел за предупредительную технологическую уставку — цифры черного цвета на желтом фоне;

- параметр вышел за аварийную уставку — цифры черного цвета на красном фоне;
- нет достоверной информации о параметре — цифры красного цвета на белом фоне.

В качестве примера отображения текущего состояния исполнительных механизмов приведем способы представления информации о задвижках:

- задвижка закрыта — синий цвет изображения;
- задвижка открыта — зеленый цвет изображения;
- задвижка находится в промежуточном положении — голубой цвет изображения;
- одновременное замыкание обоих концевых выключателей — красный цвет изображения;
- задвижка не готова к управлению от ПТК по технологическим причинам — желтая окантовка изображения;
- задвижка открывается — стрелка вверх возле изображения задвижки;
- задвижка закрывается — стрелка вниз возле изображения задвижки;
- задвижка неисправна (не открылась/не закрылась за контрольное время) — красная окантовка изображения.

Для оборудования, участвующего в регулировании параметров, выводится дополнительная аналоговая информация: степень открытия регулирующих клапанов, производительность насосов-дозаторов и т.п.

Для групп механизмов, работающих совместно, на экране отображается режим их функционирования: группа находится в ремонте, группа переведена в состояние резерва при аварийно-восстановительных работах и т.д.

Для регуляторов технологических параметров предусмотрены следующие режимы управления:

- регулятор находится в режиме ручного управления — степень открытия клапана задается оператором с пульта управления путем непосредственной выдачи команды на его открытие/закрытие;
- регулятор находится в режиме дистанционного управления — степень открытия клапана задается оператором с пульта в виде числа (в %) и не зависит от значения регулируемого параметра, при этом открытие (закрытие) клапана до заданного значения осуществляется автоматически;

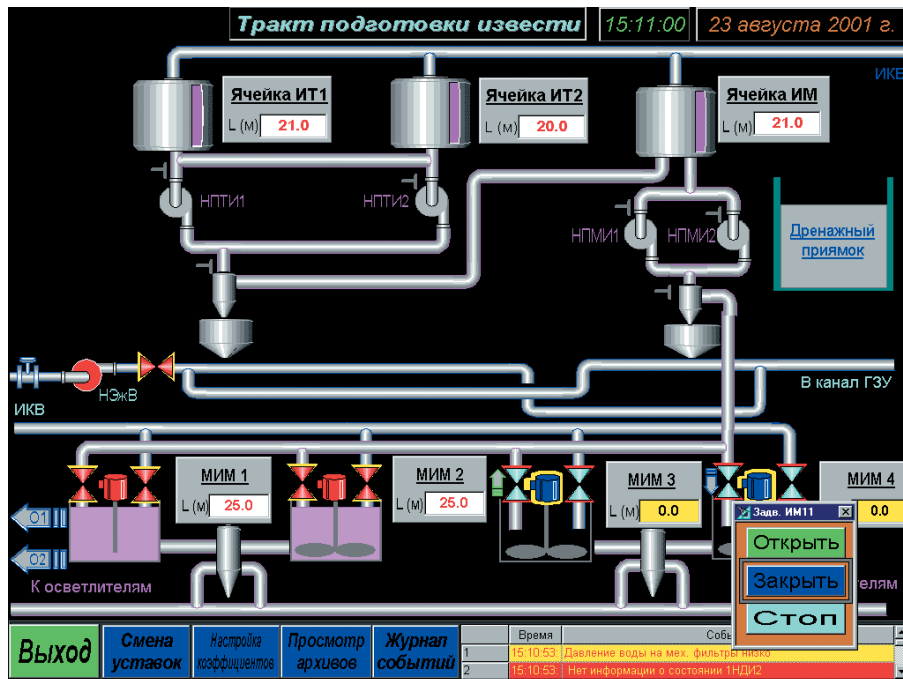


Рис. 6. Мнемосхема тракта подготовки извести

● регулятор находится в автоматическом режиме — оператором с пульта управления в виде числа задается требуемое значение регулируемого параметра, при этом открытие (закрытие) клапана для достижения заданного значения параметра и последующая его стабилизация

осуществляются автоматически.

Управление исполнительными механизмами с пульта осуществляется с помощью всплывающих окон с виртуальными кнопками команд (включить/выключить, открыть/закрыть/остановить, перевести в резерв, перевес-

ти в ремонт, задать необходимый режим регулирования и т.п.). Для регуляторов необходим также ввод цифровых значений (% открытия регулирующего клапана, производительность насоса-дозатора, необходимое значение регулируемого параметра и т.п.). Все управляющие команды задаются оператором с помощью манипулятора мышь или клавиатуры пульта. Для предотвращения ошибочных действий оператора по управлению оборудованием в дистанционном режиме производится автоматическая блокировка соответствующих виртуальных кнопок с выдачей информации о причине запрета этого действия.

Так, например, команда оператора на включение насоса блокируется при

- отсутствии достоверной информации о состоянии насоса или после аварийного отключения насоса до снятия аварийных признаков оператором;

- отсутствии готовности насоса;
- малом давлении на входе насоса;
- открытой задвижке на выходе насоса;
- отсутствии готовности задвижки на выходе насоса;
- малом или высоком уровне жидкости в соответствующей ёмкости.

При появлении нештатных ситуаций в техпроцессе или работе оборудования системы осуществляется автоматическая выдача на экран пульта управления аварийных или предупредительных сообщений (журнал событий — рис. 7). При этом желтый цвет надписи на красном фоне соответствует аварийному сообщению, а красный цвет надписи на желтом фоне — предупредительному сообщению. Сообщение об аварийном событии сопровождается звуковой сигнализацией и миганием соответствующего текста в журнале событий. Для снятия звуковой сигнализации и мигания необходимо произвести квитирование этого события оператором.

В части настройки системы с пульта управления реализованы следующие функции (рис. 8):

- изменение коэффициентов пересчета значений параметров выходных сигналов с датчиков (напряжение, ток) в значения технологических параметров (температура, давление, уровень жидкости в баке и т. д.);
- изменение коэффициентов пересчета значений выходных параметров (производительность насосов-дозаторов) в значения параметров выходного аналогового сигнала (ток);
- изменение аварийных и предупредительных уставок технологических параметров;
- изменение параметров регуляторов (коэффициенты, временные параметры и т.п.).

Кроме того, реализованы обычные для подобных систем функции человеко-машинного интерфейса:

- циклическая архивация всех входных и выходных параметров (с циклом примерно 1 секунда), а также всех событий (по мере возникновения) с возможностью их последующего просмотра в графическом и табличном виде, а также вывода на печать;
- обеспечение ограничения доступа (уровня допуска) пользователя к управлению отдельными технологическими операциями, например изменение параметров регуляторов;
- реализация функции «Помощь», предназначенной для облегчения обучения оператора управлению техпроцессом и работе с системой; эта функция реализована в виде всплывающих экранов с соответствующими частями руководства по эксплуатации (например, «Отображение состояния насосов-дозаторов», «Управление регулятором непрерывной продувки» и т.п.).

**Журнал событий предпочистки**

	Время	Событие
1	15:16:54	Уровнемер шлама осветлителя 1 неисправен
2	15:16:46	Преобразователь 1НДИ1 в норме
3	15:16:46	Преобразователь 1НДИ2 в норме
4	15:16:45	Нет информации о состоянии 1НДГ2
5	15:16:45	Питание L4-02 в норме
6	15:16:46	Преобразователь 1НДИ3 в норме
7	15:16:46	Питание шкафа 104 в норме
8	15:16:45	Питание шкафа 102 в норме
9	15:16:46	Преобразователь 1НДГ1 в норме
10	15:16:46	Питание КИП осветлителя 1 в норме
11	15:16:45	Нет информации о состоянии НЭЖВ
12	15:16:45	Нет информации о состоянии НОВ1
13	15:16:45	Нет информации о состоянии 1НДИ3
14	15:16:45	Нет информации о состоянии 1НДГ1
15	15:16:45	Нет информации о состоянии 1НДИ2
16	15:16:45	Нет информации о состоянии НРВ2
17	15:16:46	Уровнемер шлама осветлителя 2 в норме
18	15:16:45	Нет информации о состоянии НОВ2
19	15:12:39	Задвижка ИМ10 не управляется в обе стороны
20	14:51:27	Нет информации о состоянии 2НДИ1
21	14:51:27	Нет информации о состоянии Никемф1

**Возврат**

Рис. 7. Журнал событий

**Настраиваемые коэффициенты пересчета аналоговых сигналов датчиков осветлителя 2.**

Наименование параметра	Текущее значение	K0	K1	Туср	Наименование параметра	Текущее значение	K0	K1	Туср
Давление СВ на предпочистку	45.00	0.000	0.000	0.0	Мутность после осветлителя	1.20	1.200	1.000	0.0
Температура СВ на предпочистку	45.00	0.000	0.000	0.0	Уровень в баке ИКВ2	3.00	3.000	1.000	0.0
pH в осветлителе	10.00	10.000	1.000	0.0	Положение рег. клапана РВ	45.0	0.00	0.000	0.00
Давление воды перед соплом	9.00	9.000	1.000	0.0	Уровень в БРВ	45.00	0.00	0.00	0.00
Положение рег. клапана СВ	30.00	30.000	1.000	0.0	Давление РВ	45.00	0.00	0.00	0.00
pH после осветлителя	9.70	9.700	1.000	0.0	Температура РВ	45.00	0.000	0.000	0.0
					Положение рег. клапана продувки	0.00	0.000	1.000	0.0

Наименование параметра	Текущее значение	K0	K1	Туср	K2	K3
Расход воды на осветлитель	500.04	0.000	1.000	0.0	500.000	1.000
Расход на продувку	5.00	5.000	1.000	0.0		
Расход регенеративной воды	0.00	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
Шлам в осветлителе (верх)	0.00	0.000	1.000	0.0		
Шлам в осветлителе (низ)	0.00	0.000	1.000	0.0	0.000	0.000

$Y = K0 + K1 * X$       Алгоритм вычисления параметров.  
 $Y = K2 + K3 * \sqrt{K0 + K1 * X}$  - для расходов, Y - значение параметра в физических единицах (м, кгс/см<sup>2</sup>, гр. С и т. д.) измеряемых сужающими устройствами X - сигнал датчика (В, мА), Туср - количество циклов усреднения  
 $Y = K2 / \sqrt{X}$  - K3 - для шлама после перевода в сигнал 0-10В с помощью K0, K1

**Возврат**      **На стр. 2**

Рис. 8. Экран ввода настраиваемых параметров

Достигнутые при создании системы простота и удобство человеко-машинного интерфейса предопределили быстрое обучение эксплуатационного персонала, не имеющего, как правило, большого опыта работы не только с оборудованием промышленной автоматизации, но и с ПЭВМ вообще, приемам управления техпроцессом с помощью АСУ ТП. Обучение персонала проводилось практически параллельно с проведением пусконаладочных работ. По окончании этих работ (через две недели) все операторы эксплуатировали систему вполне уверенно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизированная система управления процессом водоподготовки на Южноуральской ГРЭС функционирует в непрерывном режиме с июня 2000 года. Каких-либо отказов оборудования системы за все время после окончания пусконаладочных работ не зафиксировано. Претензий по реализации технологических алгоритмов и организации человеко-машинного интерфейса у эксплуатационного и обслуживающего персонала не возникало (за исключением, пожалуй, просьб о расширении объема управляемого оборудования). Показатели качества работы осветли-



телей «ОРАШ» полностью удовлетворяют требуемым нормам водоподготовки (табл. 1). Мы надеемся, что некоторый вклад в достигнутые результаты внесла и автоматизация процесса водоподготовки.

Опыт внедрения данной системы подтвердил жизнеспособность основных принципов, которыми руководствуются авторы этой статьи при разработке АСУ ТП различного назначения:

- применение при разработке систем отработанных технических решений, проверенных аппаратных и программных средств (это обеспечивает длительную и безотказную работу внедренных систем);
- всестороннее тестирование аппаратных средств и глубокая отработка программно-алгоритмической части систем на стендах разработчика (это предельно сокращает продолжительность пусконаладочных работ на объекте);
- гибкий механизм взаимодействия с заказчиком при определении объемов и этапности работ как в случае внедрения систем «под ключ», начиная с разработки технического проекта и заканчивая вводом системы в

Таблица 1. Некоторые показатели качества работы осветителей «ОРАШ»

Контролируемые показатели	рН	Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>
Исходная вода	8,43	3,9	3,95	8,5
Вода после осветителя	10,31	0,84	1,1	0,3
Рекомендуемое значение параметра	10,2-10,4	0,9-1,0	1,3-1,5	1,0-1,1

промышленную эксплуатацию, так и в случае выполнения отдельных работ по поставке оборудования и программного обеспечения;

- обучение обслуживающего и технологического персонала основным принципам работы с системой и постоянная техническая поддержка в процессе ее эксплуатации.

Необходимо отметить, что эти принципы применялись авторами при разработке АСУ ТП совершенно других типов по сравнению с описанной в данной статье, например, АСУ электрической части системы регулирования (ЭЧСР) турбин мощностью 800 МВт. При разработке подобных ответственных и быстродействующих систем применяются совсем другие подходы (в частности, построение резервированного оборудования со временем реакции не более 12 мс). Но, как любят

говорить популярные телеведущие программы «Доброе утро, страна»: «Это уже совсем другая история...».

В заключение авторы хотят выразить искреннюю благодарность сотрудникам Южноуральской ГРЭС и служб «Челябэнерго», принявших активное участие в разработке системы и проведении пусконаладочных работ. ●

### ЛИТЕРАТУРА

1. Распутин А., Федоров И. Программно-технический комплекс ЭКОМ: учёт и управление энергоресурсами// Современные технологии автоматизации. — 2000. — № 3.

**Авторы — сотрудники фирмы ПРОСОФТ-Е**

**Телефон: (3432) 49-3035**

**Факс: (3432) 49-3459**

**Web: www.prosoft.ural.ru**

**E-mail: elov@prosoft.ural.ru**