



Система автоматического дозирования флотационных реагентов на обогатительной фабрике

Сергей Рогожников, Василий Кинёв

В статье рассматривается система автоматического дозирования флотационных реагентов для 1-й и 2-й секций главного корпуса обогатительной фабрики ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», созданная на основе IBM PC совместимого программируемого контроллера ADAM-5510.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных технологических процессов при обогащении медесодержащего сырья является процесс флотации, для успешного протекания которого требуется дозированная подача флотационных реагентов в различные точки технологической цепочки. В настоящее время на обогатительной фабрике ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» основным сырьем для обогащения служат шлаки медеплавильного производства (конвертерные и комплекса плавки в печи Ванюкова). В качестве флотореагента используется бутиловый ксантогенат калия, производящийся на этом же заводе.

В течение 15 лет для дозировки флотореагента использовалась полуавтоматическая система АДФР-5, разработанная и выпускаемая в своё время НПО «Союзцветметавтоматика». В последние годы система физически устарела и дозировка реагента практически велась вручную — посредством запорной арматуры, что снижало процент извлечения меди в концентрат и вело к перерасходу флотореагента. Поэтому было решено разработать и внедрить новую систему автоматической дозировки флотореагентов с использованием средств вычисли-

тельной техники и программируемых контроллеров.

Небольшой удельный расход флотореагента (граммы на тонну сырья) не позволяет использовать для дозирования обычные регулирующие клапаны с плавным регулированием расхода. В связи с этим было принято решение создавать систему с импульсным принципом дозирования, используя для этой цели имеющиеся на фабрике в достаточном количестве питатели реагентов ПРИУ-4-1, представляющие собой специально разработанные для реагентов соленоидальные клапаны с небольшим условным проходом, а также источник питания (30 В постоянного тока) от АДФР-5 для их питания.

В качестве контроллера решено было использовать IBM PC совместимый программируемый контроллер ADAM-5510 фирмы Advantech. Причины вы-



Работающие флотомашины

бора контроллера ADAM-5510 следующие.

1. Нами была разработана на базе двух контроллеров данного типа система автоматизации и КИП установки испарительного охлаждения и очистки отходящих газов отражательной печи для получения медного штейна. Система к настоящему времени в непрерывном круглосуточном режиме проработала более 10 месяцев без сбоев в функционировании контроллеров.
2. Также на заводе к тому времени работало 4 системы, реализованных на базе YCO ADAM-5000, что позволило при их комплектации создать некоторый запас модулей ввода-вывода. Наличие в лаборатории данных модулей и одного базового блока ADAM-5510 позволяет разрабатывать и тестировать программы до того, как будет приобретено оборудование по спецификации проекта.
3. Наличие лицензионного пакета UltraLogik не требовало дополнительных затрат на базовое программное обеспечение.



Среднеуральский медеплавильный завод

4. Поскольку мы располагаем лишь HMI-пакетом Genie v.3.04. для визуализации технологического процесса и управления, то наличие в составе UltraLogik динамических библиотек для связи с программами, выполненными в Genie, позволяет решать проблему стыковки программ контроллеров с программой host-компьютера без привлечения программистов-профессионалов.

5. Стоимость систем, создаваемых на базе контроллеров ADAM-5510, значительно ниже, чем при использовании контроллеров других фирм: Simatic, Modicon, Smart I/O, Direct и так далее (данное примечание никак не умаляет качеств и достоинств названных контроллеров, а касается лишь стоимостных характеристик). При использовании других контроллеров потребовались бы дополнительные затраты на базовое программное обеспечение.

Система разработана и внедрена в июне 2001 года без привлечения специалистов сторонних организаций. Она позволяет выполнять все функции дозирования в автоматическом режиме, практически без участия оператора-технолога.

НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

Система автоматического дозирования флотационных реагентов (в дальнейшем — система АДФР) для 1-й и 2-й секций главного корпуса обогатительной фабрики (ОФ) предназначена для автоматической подачи реагентов для использования в технологическом процессе флотации.

Система выполняет следующие основные функции.

1. Измерение технологических параметров, в том числе измерение расхода сырья на каждую секцию с помощью конвейерных весов. Интегрирование расходов.
2. Визуализация технологического процесса с отображением информации о технологических параметрах в цифровом и графическом виде на

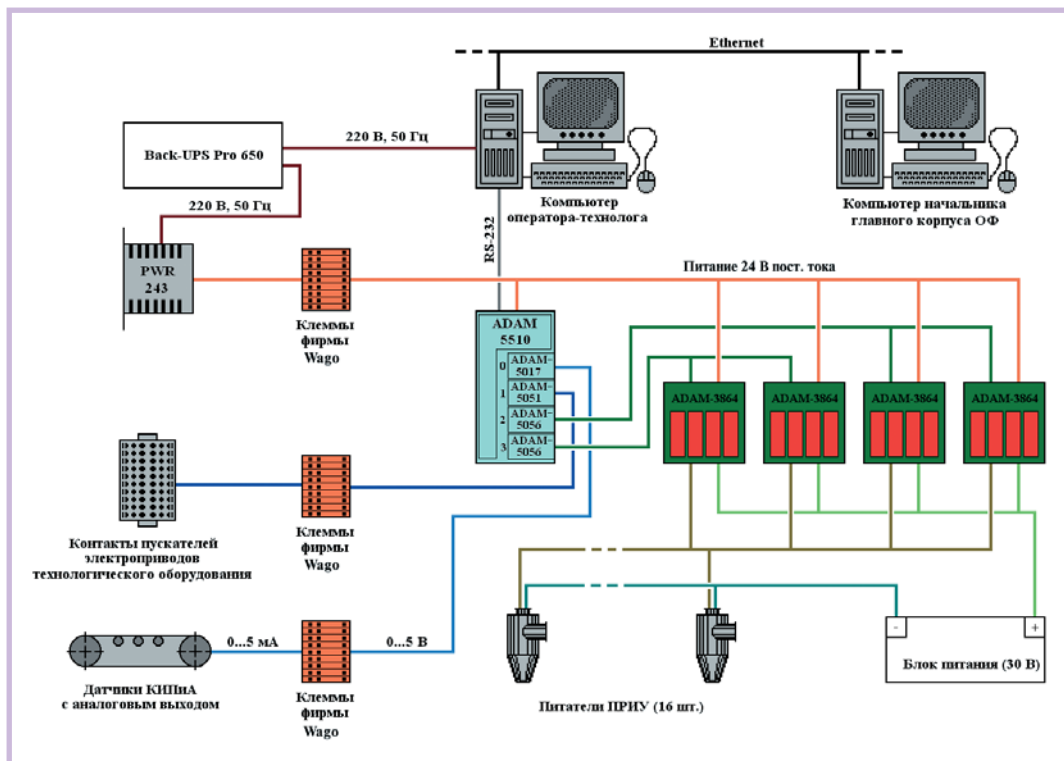


Рис. 1. Структурная схема системы АДФР

дисплеях монитора компьютера оператора-технолога.

3. Автоматическое регулирование расхода флотореагента в 16 точках технологической цепочки на основе фактических значений расходов сырья на секции и задаваемых оператором-технологом удельных расходов флотореагента.
4. Ведение суточных и формирование исторических протоколов (в виде текстовых файлов) о значениях технологических параметров и заданий с интервалом 15 минут.
5. Контроль работы технологического оборудования с отображением информации на дисплеях.
6. Звуковая и световая предупредительная и аварийная сигнализация о выходе технологических параметров за предельно допустимые значения и об останове технологического оборудования. Ведение суточных и формирование исторических протоколов аварийных сообщений с указанием даты, времени и характера аварийной ситуации.
7. Хранение на жестком диске компьютера оператора-технолога текущих суточных и исторических протоколов и их просмотр.

СТРУКТУРА И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ

Система АДФР построена по трёхуровневой иерархической схеме (рис. 1).

Нижний уровень системы включает в себя датчики КИПиА, контакты пускателей электроприводов оборудования, питатели реагентов ПРИУ-4-1 и источник питания для управления питателями.

Все датчики КИПиА данной системы, в том числе и конвейерные весы, имеют токовый выход 0...5 мА; на клеммах Wago установлены прецизионные сопротивления 1000 Ом между двумя линиями выходного сигнала, что позволяет снимать с клемм сигнал напряжением 0...5 В, который подается на плату аналогового ввода ADAM-5017.

Реагент поступает в питатели из напорного бака, расположенного над питателями. При подаче напряжения на электромагнит ПРИУ клапан питателя открывается и реагент из бака поступает для использования в технологическом процессе, при обесточенном электромагните клапан закрывается.

Второй уровень системы строится на основе программируемого микроконтроллера серии ADAM-5510 фирмы Advantech, к платам ввода-вывода которого подключается оборудование нижнего уровня. В операторском помещении находится шкаф микроконтроллеров, в котором размещается оборудование второго уровня:

- базовый блок микроконтроллера ADAM-5510 с платами аналогового ввода ADAM-5017, дискретного вво-

да ADAM-5051 и двумя платами дискретного вывода ADAM-5056;

- платы для установки 4 модулей гальванической изоляции ADAM-3864 с выходными модулями постоянного тока ODC24;
- источник питания PWR-243 для питания контроллера и плат ADAM-3864;
- клеммники фирмы Wago.

При поступлении логической единицы с платы ADAM-5056 на выходной модуль ODC24 открывается выходной транзистор последнего и на питатель подается напряжение от источника питания. В данном случае обычные реле не подходят для создания гальванической развязки между низовым оборудованием и контроллером, так как число управляющих импульсов в минуту составляет от 2 до 5, что при круглосуточной работе системы приведет к износу реле уже через 1-3 месяца.

Третий иерархический уровень системы строится на основе двух IBM PC совместимых персональных компьютеров.

Компьютер оператора-технолога находится в операторском помещении рядом со шкафом микроконтроллеров и служит для визуализации технологического процесса и управления. Обмен данными между управляющим компьютером и контроллером осуществляется с помощью интерфейса RS-232.

Второй компьютер является рабочим компьютером начальника главного корпуса обогатительной фабрики, он соединен с компьютером оператора-технолога через сеть Ethernet, на нем могут быть открыты файлы с рапортами ведения технологического процесса флотации и файлы с рапортами аварийных сообщений.

Электропитание напряжением 220 В источника питания PWR-243 и компьютера оператора-технолога системы АДФР осуществляется через источник бесперебойного питания Back-UPS Pro мощностью 650 В·А, который обеспечивает работоспособность данного оборудования при исчезновении напряжения в сети 220 В в течение 15-30 минут.

В настоящее время система управляет 16 питателями ПРИУ-4-1. Аппаратно система позволяет довести число точек подачи флотореагентов, а соответственно и питателей, до 32 штук без дополнительных материальных за-

Шкаф микроконтроллеров в операторской обогатительной фабрики



трат. В данный момент ведутся работы по расширению системы — число точек подачи реагента увеличено до 24 в связи с добавлением ещё 8 точек для подачи второго флотореагента — аэрофлота.

В шкафу контроллеров имеется место для установки дополнительных контроллеров и оборудования для дальнейшего развития системы автоматизации главного корпуса ОФ.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение (ПО) системы АДФР разделяется на две группы: базовое и прикладное.

К базовому ПО относятся: операционная система Windows 98 SE, программный пакет Genie 3.04 и пакет для программирования контроллеров UltraLogik 1.03. Пакет Genie служит для разработки программы визуализации и управления технологическим

процессом. UltraLogik является программным средством разработки программы для контроллера ADAM-5510.

Прикладное программное обеспечение — это программа визуализации технологических параметров и управления процессом дозирования флотационных реагентов, созданная в среде Genie, и откомпилированная программа для загрузки в контроллер, созданная средствами UltraLogik и предназначенная для управления процессом дозирования, в том числе при отключенном компьютере оператора-технолога.

Фрагменты программы, выполненной в UltraLogik, приведены на рис. 2. На верхнем фрагменте изображена часть программы, которая выполняет линейное масштабирование сигнала с весов 1-й секции с помощью блока AILI_241 и интегрирование расхода сырья с помощью блока COUNT_1. По восходящему фронту сигнала res происходит обнуление интегрального значения расхода сырья за смену. На выходах блока COUNT_1 получаем интегральные значения расходов за текущую смену (CNT) и за предыдущую (CNT1). На нижнем фрагменте изображена часть программы, управляющая питателем ПРИУ в автоматическом режиме с помощью блока PULSER_M, который генерирует на выходе импульсы с

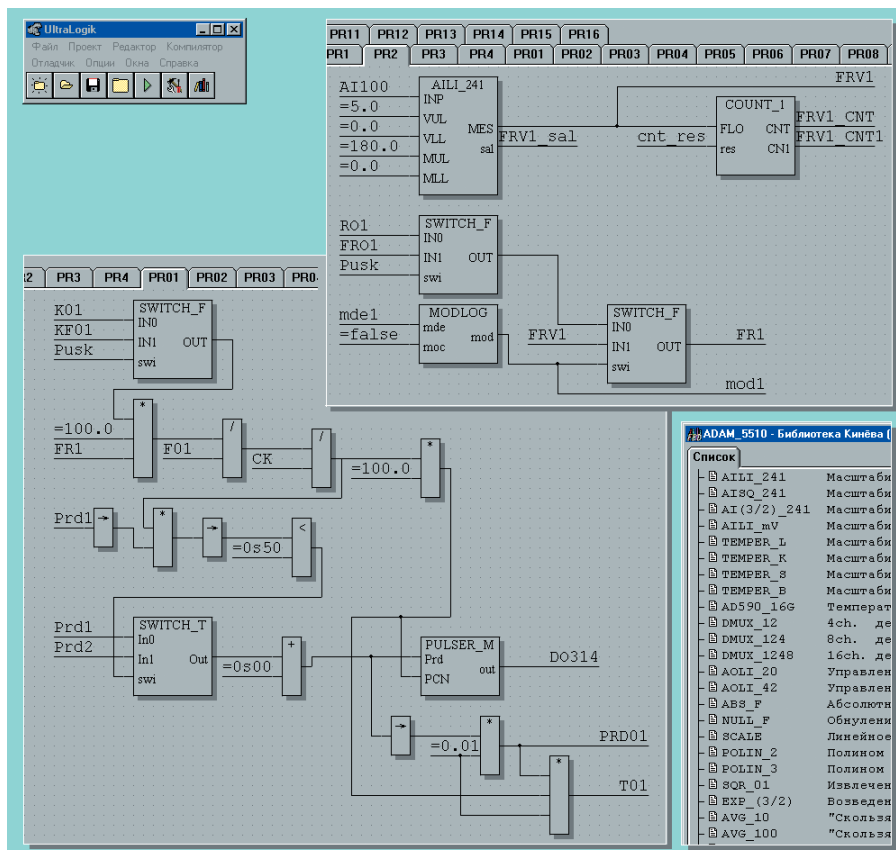


Рис. 2. Фрагменты управляющей программы контроллера, выполненной в UltraLogik

рассчитанными программой периодом и длительностью.

Программа в UltraLogik выполнена с использованием функциональных блоков библиотеки, специально разработанной авторами статьи для контроллера ADAM-5510. В настоящее время библиотека содержит около 70 функциональных блоков и позволяет в короткое время (5-10 человеко-дней на 1 контроллер) разрабатывать программы практически для любых систем контроля и регулирования технологических параметров и управления технологическим оборудованием.

ПРИНЦИП РАБОТЫ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ КОНТРОЛЛЕРА

Работа питателя ПРИУ-4-І в импульсном исполнении характеризуется тем, что расход реагента, проходящего через клапан питателя, определяется как частотой следования, так и длительностью управляющих импульсов. Программа управления питателями основана на принципе широтно-импульсного модулятора. В зависимости от расхода сырья на секцию и задания удельного расхода флотореагента для каждой точки подачи рассчитывается своё значение длительности управляющих импульсов по формуле (1):

$$t = (T \times F \times k) / (f_0 \times C \times 3600) \quad (1)$$

Здесь

t — длительность управляющих импульсов (с),

T — период следования импульсов (с),

F — расход сырья на секцию (т/ч),

k — удельный расход флотореагента на тонну сырья (г/т),

f_0 — расход флотореагента через полностью открытый клапан ПРИУ (мл/с),

C — концентрация твердого реагента в воде (г/мл),

3600 — константа перевода часов в секунды (с/ч).

Был выбран основной период следования импульсов (T) 12 секунд (5 отсечек в минуту). Если в результате расчета t при $T = 12$ с получается значение $t < 0,5$ с, программа контроллера автоматически присваивает значение $T = 24$ с и пересчитывает значение длительности t . Расход флотореагента через полностью открытый клапан ПРИУ f_0 зависит от диаметра отверстия шайбы питателя и от уровня фло-

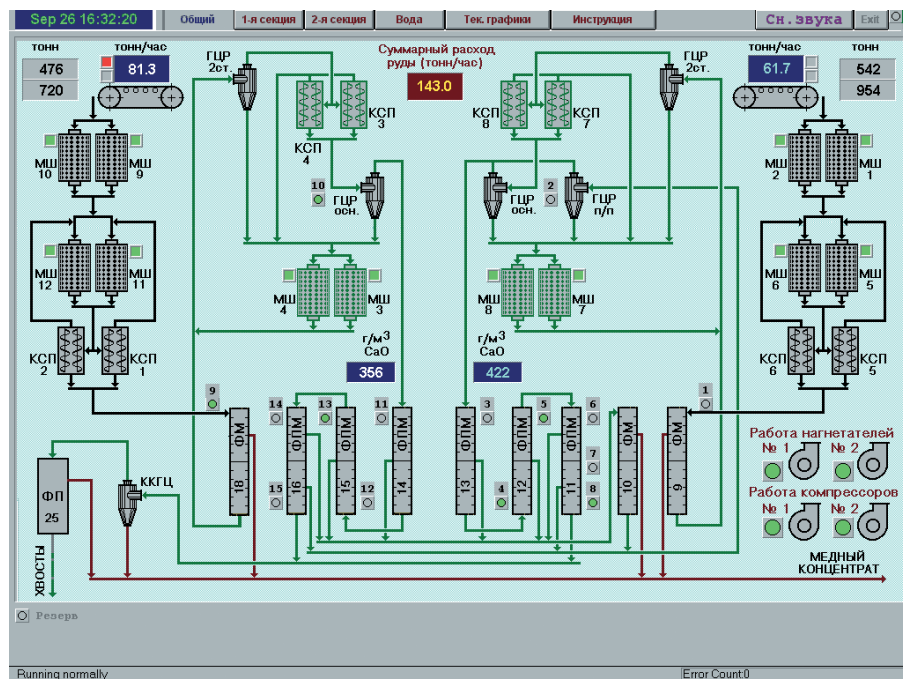


Рис. 3. Копия экрана с мнемосхемой технологического процесса флотации

тореагента в напорном баке. Так как количество реагента в баке поддерживается на постоянном уровне, то f_0 для каждого питателя постоянный (f_0 определяется посредством замеров при проведении пусконаладочных работ). Таким образом, длительность управляющих импульсов t для каждой точки

подачи зависит от 3 переменных: F , k и C .

Переменные k и C являются условно-постоянными и изменяются при отработанном технологическом режиме в незначительных пределах. Переменная C — концентрация твердого реагента в воде — должна выдержи-

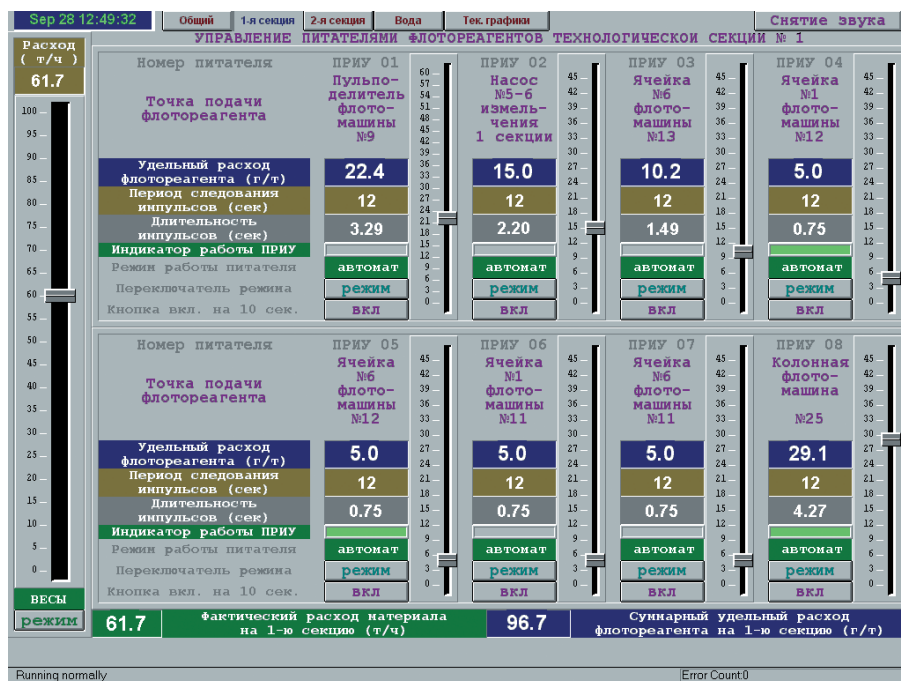


Рис. 4. Копия экрана управления питателями 1-й секции (8 питателей)

ваться на этапе изготовления раствора флотореагента в пределах, заданных технологической инструкцией, и контролируется специалистами ОТК. Переменная k — удельный расход флотореагента для каждой точки дозирования — регламентируется режимной технологической картой, её

значения могут изменяться при изменении состава сырья, а также на основе данных аналитического контроля продуктов флотации. Переменная F — расход сырья на секцию — является результатом измерения. Но для нормального ведения всего технологического процесса главного корпуса ОФ

требуется, чтобы он был стабилизирован на каком-либо значении достаточно длительное время (не менее 3-5 часов).

В зависимости от заданного режима технологического процесса оператор с помощью программы визуализации и управления выставляет значения удельного расхода реагента (для каждой точки подачи), на основе данных ОТК задает C . При включении питания контроллера или при его перезагрузке в первом цикле прохода программы инициализируются значения k и C , записанные в программу на основе режимной технологической карты. И если компьютер оператора-технолога не был включен, то автоматическое регулирование подачи реагента будет выполняться на основе этих данных. Если же компьютер включен, то при последующих циклах программы контроллер считывает значения k и C из программы компьютера. При выключении компьютера программа контроллера будет использовать те значения k и C , которые были считаны последними.

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ АДФР

Визуализация технологического процесса и управление системой АДФР осуществляются с помощью компьютера оператора-технолога, находящегося в помещении операторской главного корпуса обогатительной фабрики. Копии экранов дисплеев компьютера оператора-технолога приведены на рис. 3 и 4.

Управление питателями может осуществляться в двух режимах — автоматическом и ручном. Для каждого питателя оператор-технолог может выбрать свой режим путём нажатия на видеоклавишу переключения режимов на видеопульте управления питателем (рис. 5).

В автоматическом режиме оператор-технолог в соответствии с режимной картой задаёт вручную с помощью датчика удельный расход флотореагента для выбранной точки подачи и при необходимости корректирует значение концентрации C . Питатель работает с частотой и длительностью импульсов, рассчитанными программой микроконтроллера. На дисплее высвечивается надпись «автомат».

В ручном режиме оператор может открыть клапан питателя на определённый промежуток времени, который за-



Рис. 5. Вид видеопульта управления питателем № 1 в автоматическом (слева) и ручном (справа) режимах

дан в программе, нажав на видеоклавишу «вкл». Всё остальное время клапан питателя находится в закрытом положении. На дисплее — надпись «ручной». Ручной режим используется при пусконаладочных работах, а также для вывода из работы данного ПРИУ по каким-либо технологическим причинам.

Задание расхода сырья также может осуществляться в двух режимах — автоматическом и ручном. Переключение режимов производится с помощью соответствующей видеоклавиши.

В автоматическом режиме расход сырья на секцию определяется с помощью сигнала от весов. Если по какой-либо причине сигнал от весов не поступает на контроллер, то оператор может задавать расход сам с помощью видеозадатчика, переключившись в режим «оператор».

Состояние системы при включении контроллера или при его перезапуске (например, сторожевым таймером) инициализируется следующим образом: все питатели переведены в режим «автомат» и задание расхода материала находится в режиме «весы».

ЗАПИСЬ И ХРАНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Значения технологических параметров через каждые 15 минут записываются в 4 файла с текущими текстовыми рапортами. В пятый файл заносятся текущие аварийные сообщения. По истечении суток все текущие текстовые рапорты автоматически копируются в исторические файлы, которые накапливаются в отдельной папке на жестком диске компьютера (имена исторических файлов содержат данные о дате записи). Ярлыки для вызова файлов с текстовыми рапортами и папки с историческими файлами расположены на панели задач.

бует остановка компьютеров для прочистки вентиляторов (1–3 раза в год). Это мы пытаемся учесть при разработке новых систем автоматизации в той степени, которую нам предоставляют возможности финансирования работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение данной системы позволило заменить часть морально и физически устаревшего оборудования на более современное, повысить точность дозировки флотационных реагентов и улучшить организацию труда технологического персонала.

Стоимость приобретенного оборудования: два компьютера, контроллер, модули гальванической изоляции, источник питания 24 В пост. тока, UPS, шкаф, клеммники — составила 3750 USD с учетом всех пошлин и налогов, включая НДС.●

**Авторы — сотрудники
Центральной лаборатории
автоматизации и измерительной
техники
ОАО «Средуралмедьзавод»
Телефон: (34397) 248-07**

О ПРОБЛЕМАХ

Производство на ОАО «СУМЗ» отличается повышенной запыленностью и наличием диоксида серы в атмосфере помещений. До сих пор нами при создании систем автоматизации в качестве host-компьютеров использовались обычные персональные компьютеры в офисном исполнении. Слабым местом компьютеров являются вентиляторы для охлаждения блока питания и центрального процессора, так как в вентиляторах используются подшипники скольжения, забивка которых микрочастицами пыли ведет к остановке вентиляторов, что тре-