

# АСУ ТП цеха углеприема обогащительной фабрики «Сибирь»

*Виктор Волков, Владимир Ивайкин, Александр Лазько, Алексей Кобелев,  
Сергей Мечетин*

Авторы статьи делятся опытом успешной разработки АСУ ТП одного из основных цехов производства угольного концентрата. Полная автоматизация цеха реализована на базе контроллеров Octagon Systems. Описаны оригинальные решения для программы верхнего уровня и по организации локальной сети.

## ВВЕДЕНИЕ

Потребление угольного концентрата в коксохимической и металлургической промышленности даже во время кризиса оставалось на достаточно высоком уровне. В 1999 и первом полугодии 2000 года наметился заметный рост потребления концентрата, что косвенно свидетельствует о начале возрождения отечественной промышленности. При этом потребители концентрата стали предъявлять повышенные требования к его качеству. В этих условиях без использования компьютерных систем управления при производстве концентрата не обойтись. Начиная с 1996 года, на центральной обогащительной фабрике (ЦОФ) «Сибирь» города Мыски Кемеровской области идет посто-

янное внедрение компьютерных систем управления нового поколения. Первым цехом, в котором была запущена в эксплуатацию вновь разработанная система, стал цех углеприема. Он обеспечивает главные технологические цеха рядовым (непереработанным) углем, поступающим с шахт Кузнецкого угольного бассейна, для переработки его в высококачественный концентрат.

Выполнение проекта было возложено на фабричный отдел АСУ ТП, коллектив которого имеет достаточный опыт в разработке и эксплуатации систем автоматизации. Надо сказать, что с самого начала строительства на фабрике планировалось создание полностью автоматизированного производства.

Для этого в начале 80-х годов был построен и технически укомплектован ВЦ на базе вычислительного комплекса, состоящего из двух машин СМ-2М и десятка удаленных терминалов для сбора данных типа ТВСО-1634. Очень скоро выяснилось, что этот комплекс не обладает требуемой вычислительной мощностью для управления, и его задачи были ограничены сбором и архивированием информации. Кроме этого, постоянно возникали проблемы с программным обеспечением, которое разрабатывал Ворошиловградский НИИ «Гипроуголь», в связи с чем сложилось мнение о необходимости разработки собственных алгоритмов и программ.

К идее полной автоматизации было решено вернуться только тогда, когда на рынке появились промышленные IBM PC совместимые контроллеры фирмы Octagon Systems. Учитывая полученный опыт, программирование новой АСУ ТП для первого объекта было начато с нуля на языке программирования Borland C++. В качестве операционных систем были выбраны DOS 6.22 и Windows 3.1. Поклонники SCADA-систем и новомодных ОС реального времени неодобрительно пожмут плечами. И совершенно напрасно. Платформу и инструмент всегда нужно выбирать для конкретной задачи и исходя из опыта и обстоятельств, включая в нашем случае территориальную удаленность от разработчиков таких систем. Но это предмет для отдельного разговора. В процессе работы, разумеется, возникли большие и малень-



Центральная обогащительная фабрика «Сибирь»

кие трудности, которые в итоге полностью преодолены. И самое приятное — это то, что аппаратура ни разу не подвела и стала надежным фундаментом для реализации идей разработчиков.

### Цех углеприема как объект автоматизации

Теперь несколько слов об объекте автоматизации. Цех углеприема — это комплекс, состоящий из участков и собственно цеха аккумулирующих бункеров, который предназначен для приема рядового угля из железнодорожных вагонов с целью последующей равномерной подачи по системе конвейеров в основные цеха фабрики. Главными технологическими объектами цеха являются аккумулирующие бункеры. В них накапливается рядовой уголь, имеющий определенный качественный состав, соответствующий различным маркам угля, таким как Ж, ГЖ, Г, ОС и К. Всего в цехе имеется 52 бункера, расположенных в четыре ряда по 13, разделенных на две поточно-транспортные технологические секции. В секцию входят два соседних ряда бункеров, и каждый ряд имеет свой сборочный конвейер. На два ряда бункеров приходится один входной загрузочный конвейер секции. Со сборочных конвейеров подготовленная шихта из угля различных марок поступает на выходные конвейеры, которые транспортируют ее в основной технологический цех непосредственно для производства концентрата. Функционально выделенными являются два основных технологических процесса — процесс загрузки и процесс выгрузки угля из бункеров. Оба процесса требуют автоматизации и протекают независимо друг от друга. Первый процесс заключается в приеме угля из накопительных питателей вагоноопрокидывателя с помощью входных конвейеров, разделении угля на крупную и мелкую фракции на ситах грохотов, размельчении крупной фракции с помощью дробилок и, наконец, собственно загрузки угля в бункеры с помощью загрузочной тележки с учетом марочного состава. На рис. 1 показана одна из двух ниток поточно-транспортной системы (ПТС), начиная от вагоноопрокидывателя и кончая входным конвейером цеха аккумулирующих бункеров. Процесс выгрузки угля из бункеров происходит с помощью управляемых электромеханических вибрационных питателей (вибропитателей) и ленточных

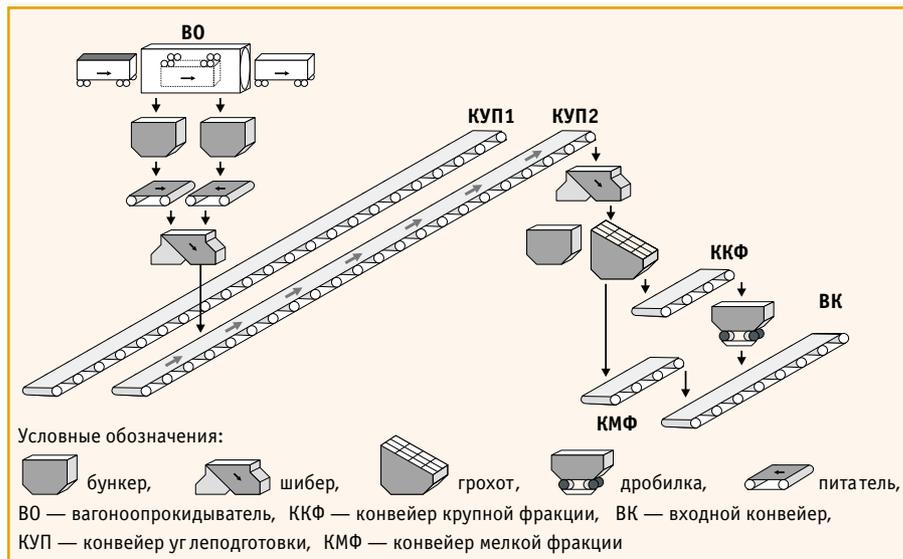


Рис. 1. Фрагмент поточно-транспортной системы углеподготовки

питателей, оснащенных электроприводами, обеспечивающих дозированную подачу угольной шихты на выходные конвейеры цеха. Фрагмент технологической схемы для одного ряда бунке-



Загрузочная тележка

ров (одной технологической нитки) показан на рис. 2.

В целом цех углеприема является идеальным объектом для полной автоматизации. По числу электрооборудования и его составу цех является едва ли не самым сложным среди остальных цехов фабрики. Картину портят лишь два момента. Первый — это большой физический износ вибропитателей. Эта проблема успешно решается. В плане перевооружения фабрики намечена постепенная замена вибропитателей на ленточные питатели. Второй момент — это извечная проблема зависания угля в бункерах, вызванная его слеживанием в летние месяцы или смерзанием в зимние. Эту проблему предполагается решить с помощью системы профилактического обрушения с использованием, например, электро-вибраторов.

В процессе автоматизации возникла задача выполнения работы в условиях действующего производства, имеюще-

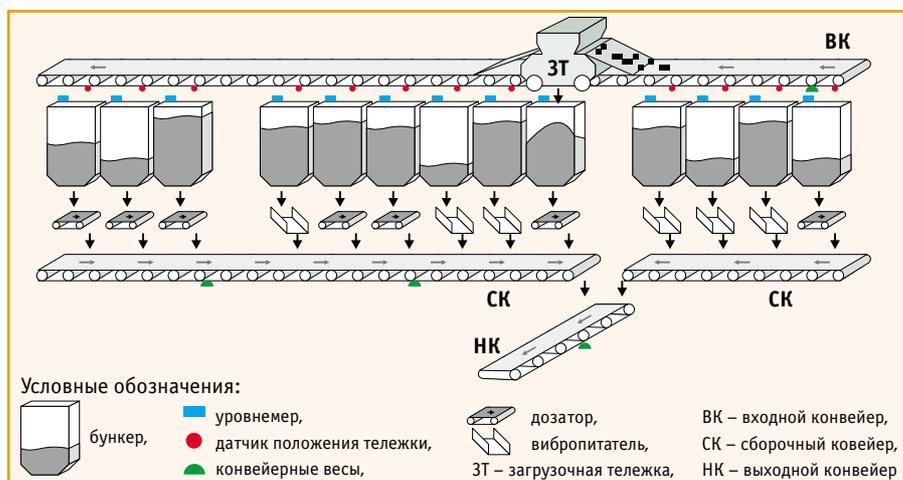


Рис. 2. Фрагмент технологической схемы аккумулирующих бункеров

го свои планы и графики ремонтных работ. Эта проблема была легко преодолена, поскольку с самого начала выполнение работы шло по этапам. При этом все оборудование управлялось вначале с помощью всего одного, а затем двух контроллеров. По мере продвижения вперед выяснилось, что работа медленно, но верно ведет к упрощению первоначальной схемы управления. Многие и многие реле остались попросту не у дел. Возникла идея по объединению и укрупнению ранее разбросанных распределительных помещений (РП), в которых сосредотачивались всевозможные контакторы и стойки тиристорных роторных станций мощных высоковольтных электродвигателей конвейеров. На определенном этапе произошел еще один заметный поворот в событиях: разработчики освоили программирование сетевых карт и протокола IPX, и это большой плюс, поскольку написать приличный сетевой драйвер в условиях дефицита информации не так просто. В результате появилась возможность отказаться от медленной связи по протоколу RS-422 и перейти на быструю связь, которую обеспечивает сеть ArcNet. По-

сле этого был разработан новый проект, который в целом реализован в 1998 году. При этом были выполнены условия проведения профилактических ремонтных работ. На рис. 3 показано главное РП (РП1) полностью автоматизированного цеха. Упростился и пульт управления оператора цеха. Вместо громоздкого пульта шириной 5 м и мнемосхемы во всю стену в распоряжение оператора предоставлены всего два взаимозаменяемых компьютера с большими экранами. Сама операторская была перестроена в несколько служебных помещений, а в том, где находятся главные компьютеры цеха, сделали евроремонт. На рис. 4 показано рабочее место оператора цеха, на котором постоянно присутствуют домашние цветы (это служит, по мнению операторов, надежной биологической защитой от вредного излучения мониторов). В таблице 1 приводится перечень установленного на нижнем уровне системы оборудования для каждого контроллера. На рис. 5 показана структурная схема АСУ ТП цеха.

Разработчиками было предложено удачное решение на основе новой техники и современной электроники.



**Рис. 3. Главное распределительное помещение полностью автоматизированного цеха**



**Рис. 4. Рабочее место оператора цеха**

Речь идет об электроприводах асинхронных двигателей мощностью 15 кВт фирмы АВВ, а также о радиоволновых уровнемерах БАРС-302 отечественного производства. Оказалось, что эта техника очень хорошо совмещается с

контроллерами, выполненными на базе процессорных плат Octagon Systems. Хочется отметить и качественную разработку фирмы Fastwel — универсальную плату каналов ввода-вывода UNIO96-5.

### НИЖНИЙ УРОВЕНЬ СИСТЕМЫ

Нижний уровень образуют контроллеры с процессорными платами 5025A и 5066 фирмы Octagon Systems, которые установлены в герметичные шкафы и смонтированы непосредственно в помещениях РП вблизи коммутационной аппаратуры. Для размещения 6 контроллеров и плат МРВ с устройствами УСО фирмы Grayhill потребовалось изготовить 3 двусторонних шкафа. В соответствии с функциональной нагрузкой контроллеры разделяются на две группы.

- Процессом загрузки управляют контроллеры К1-К4. К1 и К2 управляют работой загрузочных тележек и конвейеров подачи угля от участка углеподготовки. Контроллеры К3 и К4 управляют работой оборудования участка углеподготовки, к которому относятся входные конвейеры подачи угля от вагоноопрокидывателей, а также механизмы питателей, грохотов и дробилок. В таблицах 2 и 3 приводятся перечни механизмов, которыми управляют контроллеры, и соответствующие количества устройств УСО или входных каналов.
- Процессом выгрузки управляют контроллеры К5-К6. Выгрузка производится с помощью питателей двух типов: вибропитателей с управлением через магнитные усилители и ленточных питателей, оснащенных современными электроприводами. Для управления вибропитателем требуется один цифровой модуль 70G-ОАС5А и один аналоговый 73G-OV10. Ленточные питатели управляются по последовательной магистрали ModBus, которую поддерживает модуль 5554. В таблице 4 приведен перечень устройств, которыми управляют эти контроллеры.

После получения задания с верхнего уровня контроллеры нижнего уровня работают полностью автономно с использованием системного таймера. При этом время реакции контроллеров на любые изменения цифровых входных сигналов не превышает 55 мс. На рис. 6-8 показаны структурные схемы подключения оборудования для управления основными технологическими

Таблица 1. Перечень оборудования нижнего уровня

Наименование	Контроллер					
	К1	К2	К3	К4	К5	К6
Крейт 5208-RMH	1	1	1	1	1	1
Блок питания 5101	1	1	1	1	1	1
Процессорный модуль 5025-386	-	-	1	1	1	1
Процессорная плата 5066	1	1	-	-	-	-
Сетевая карта 5560	1	1	1	1	1	1
Плата параллельного ввода-вывода 5600-96	2	2	2	2	2	2
Плата последовательного ввода-вывода 5558/5554	-	-	-	-	1	1
Плата изолированных каналов 5624	2	2	-	-	-	-
Универсальный модуль ввода-вывода UNIO-96	1	1	-	-	-	-
Модуль ADAM-4520	1	1	-	2	-	-
Модуль ADAM-4011	1	1	-	-	8	8
Модуль ADAM-4017	-	-	-	1	2	2
Модуль ADAM-4052	-	-	-	-	3	4
<b>Клеммные платы:</b>						
МРВ-24	4	4	6	6	2	3
МРВ-16	2	2	-	-	4	4
МРВ-8	-	-	1	1	-	-
СТВ-26	4	5	-	-	-	-
ТВБ-24	2	2	-	-	-	-
<b>Модули УСО:</b>						
70G-ОАС5А	20	22	29	29	22	30
70G-ИАС5А	98	96	118	117	56	71
70G-ОДС5	-	-	-	-	4	6
73G-OV10	-	-	-	-	10	12

процессами загрузки и выгрузки (дозирования) угля из бункеров.

### Управление процессом загрузки

Структурная схема управления процессом загрузки (рис. 6) показывает способ подключения основного оборудования к контроллеру К1 первой технологической секции. Оборудование второй секции подключается к контроллеру К2 аналогично. Исполнительными устройствами в системе загрузки являются маршевые электродвигатели загрузочной тележки (вперед и назад), а также электродвигатели шибера тележки (вправо и влево). С помощью первых двигателей загрузочная тележка (ЗТ) перемещается по направляющим рельсам между двумя рядами бункеров. С помощью вторых производятся переключения потока угля для загрузки в правые и левые бункеры. Датчиками положения тележки являются устройства бесконтактного типа (ДПМГ), в основе которых используются маломощные герконовые выключ-



атели. Линейные размеры датчика позволяют обеспечить надежное срабатывание геркона при прохождении мимо него загрузочной тележки (ЗТ) со скоростью 0,5 м/с. В этот момент контроллер успевает многократно считать

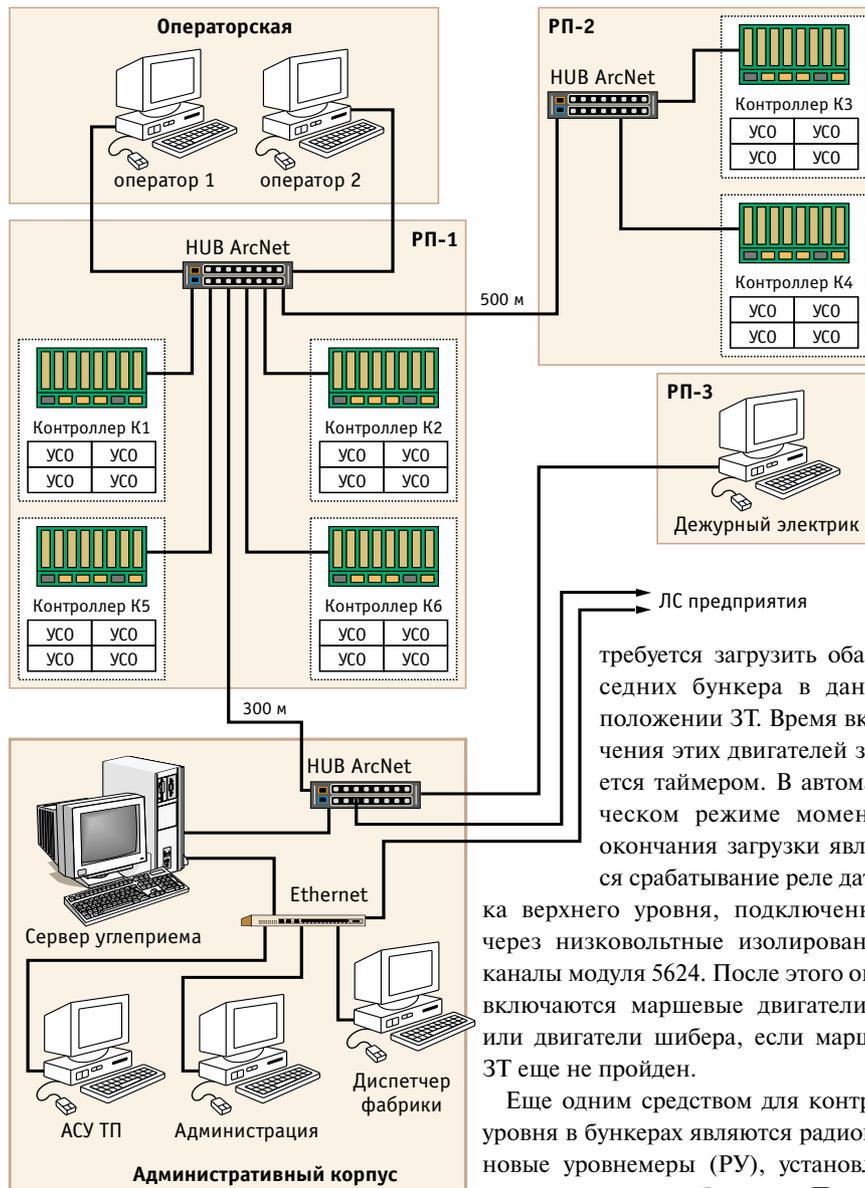


Рис. 5. Структурная схема АСУ ТП цеха

состояние датчиков положения через порт J1 модуля 5600 и выключить маршевые двигатели. Электродвигатели шибера ЗТ включаются, исходя из заданного маршрута, в тех случаях, когда

требуется загрузить оба соседних бункера в данном положении ЗТ. Время включения этих двигателей задается таймером. В автоматическом режиме момент окончания загрузки является срабатывание реле датчика верхнего уровня, подключенного через низковольтные изолированные каналы модуля 5624. После этого опять включаются маршевые двигатели ЗТ или двигатели шибера, если маршрут ЗТ еще не пройден.

Еще одним средством для контроля уровня в бункерах являются радиоволновые уровнемеры (РУ), установленные над каждым из бункеров. По показаниям уровнемеров работают, в частности, система дозирования и система измерения веса и учета остатков угля в бункерах. Сигналы с выходов РУ подключаются через оптронные развязки двух стандартных адаптеров ТВИ-24 к 4 многоканальным частотомерам уни-

Таблица 2. Перечень механизмов и устройств, управляемых контроллером К1 (К2)

Наименование механизмов и устройств	Число модулей или входных каналов			
	Входные модули Grayhill 70G-IAC5	Выходные модули Grayhill 70G-OAC5	Оптронный входной канал модуля 5624	Оптронный входной канал частотных сигналов ТВИ-24
Конвейер входной	26	6	-	-
Загрузочная тележка	20	5	15	-
Проборазделочная машина	8	5	-	-
Маслостанция	6	2	-	-
Аспирация	12	2	-	-
Насос орошения	5	1	-	-
Контактные датчики верхнего уровня	-	-	26	-
Радиоволновые уровнемеры	-	-	-	26

Таблица 3. Перечень механизмов и устройств, управляемых контроллером К3 (К4)

Наименование механизмов и устройств	Число модулей или входных каналов	
	Входные модули Grayhill 70G-IAC5	Выходные модули Grayhill 70G-OAC5
Конвейеры	50	10
Питатели вагонопрокидывателя	36	11
Грохот	8	2
Дробилка	8	2
Маслостанция	6	2
Аспирация	10	2



версального модуля UNIO96. Общее число датчиков уровня бункеров секции составляет 26 штук. Поэтому на каждый частотомер приходится по 6 или 7 каналов. Полученный таким образом матричный способ подключения РУ (с размером матрицы 4-7) позволяет максимально увеличить число измерений в единицу времени, так как 4 частотомера запускаются одновременно. В общем случае модуль UNIO96 позволяет еще, как минимум, вдвое увеличить число измерений, если организовать матрицу размером 8-4, так как модуль содержит 8 программируемых частотомеров. Однако для этого потребовалось бы еще два адаптера ТВИ-24 с неполным использованием каналов.

### Управление процессом углеподготовки

Структурная схема управления процессами на участках углеподготовки и вагонопрокидывателя (рис. 7) показывает способ подключения основного оборудования к контроллеру К3 первой технологической секции (оборудование второй секции подключается к

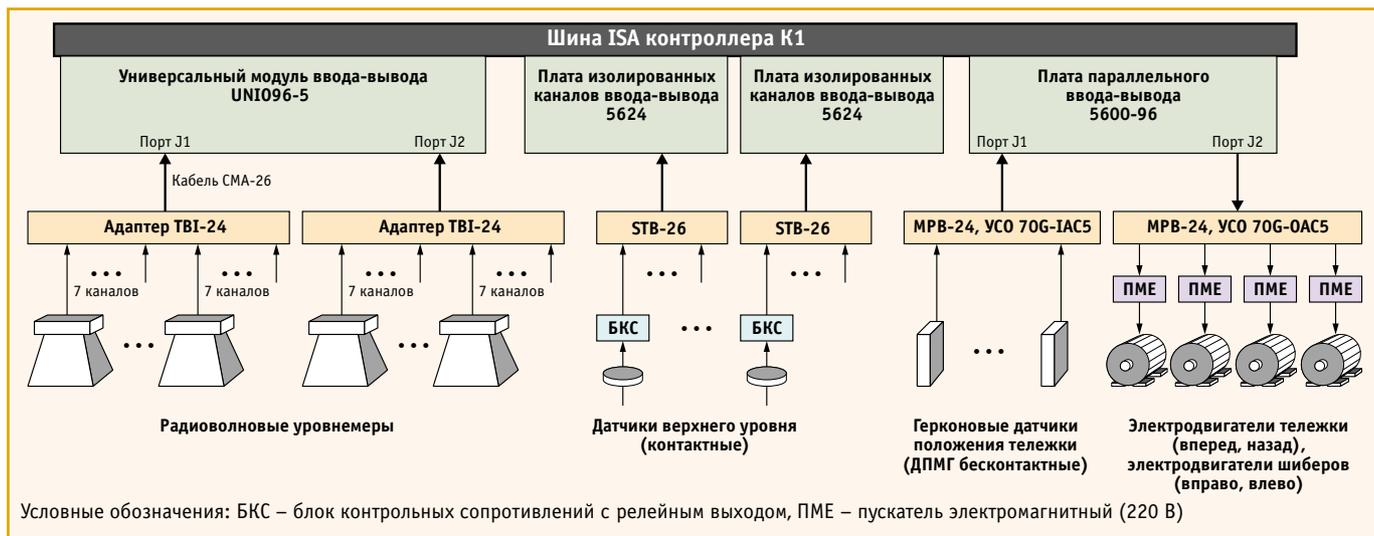


Рис. 6. Структурная схема управления процессом загрузки

контроллеру К4 аналогично). Контроллер К3 обеспечивает включение цепочки механизмов ПТС. Основным механизмом цепочки, безусловно, является конвейер КУП1 (рис. 1), длина которого составляет более 100 м. Для того чтобы привести в движение конвейер такой длины с углем, используется двигатель мощностью 500 кВт. Он имеет высоковольтную статорную обмотку, рассчитанную на напряжение 6000 В, которое коммутируется с помощью ячейки вакуумного выключателя. Для плавного пуска двигателя используется тиристорная роторная станция, которая ступенчато переключает пусковые сопротивления в цепи ротора, постепенно уменьшая и полностью закорачивая их в конце пуска. Поскольку конвейер расположен в наклонной галерее, то при его пуске и останове существует опасность обратного хода. Для исключения таких случаев на валу двигателя установлена электромагнитная тормозная система, а на выходном валу редуктора – храповый механизм. Эти и все остальные механизмы (питатели, шиберы, грохот и другие) включаются через электромагнитные пускатели. Блок-контакты всех пускателей опрашиваются через модули 70G-IAC5A для контроля нормального пуска. Кроме этих сигналов, контроллер считывает множество других электрических сигналов, которые не показаны на структурной схеме: сигналы от концевых выключателей схода ленты, контроля напряжения цепей управления, от местных кнопок «ПУСК» и «СТОП» в каждой позиции, от контактов реле скорости конвейерных лент и т. д. Соотношение числа входных модулей к числу выходных составляет 4:1,

Таблица 4. Перечень механизмов и устройств, управляемых контроллером К5 (К6)

Наименование механизмов и устройств	Число модулей или входных каналов					
	Входные модули Grayhill 70G-IAC5	Выходные модули Grayhill 70G-OAC5	Выходные модули Grayhill 70G-ODC5	Выходные модули Grayhill 73G-0V10	Входной канал модуля ADAM-4052	Входной канал модуля ADAM-4017
Конвейер сборочный	30	8	–	–	–	–
Вибропитатели	–	10	–	12	24	12
Питатели, оснащенные электроприводами	–	–	4	–	–	–
Аспирация	12	2	–	–	–	–
Конвейерные весы	–	–	–	–	–	8

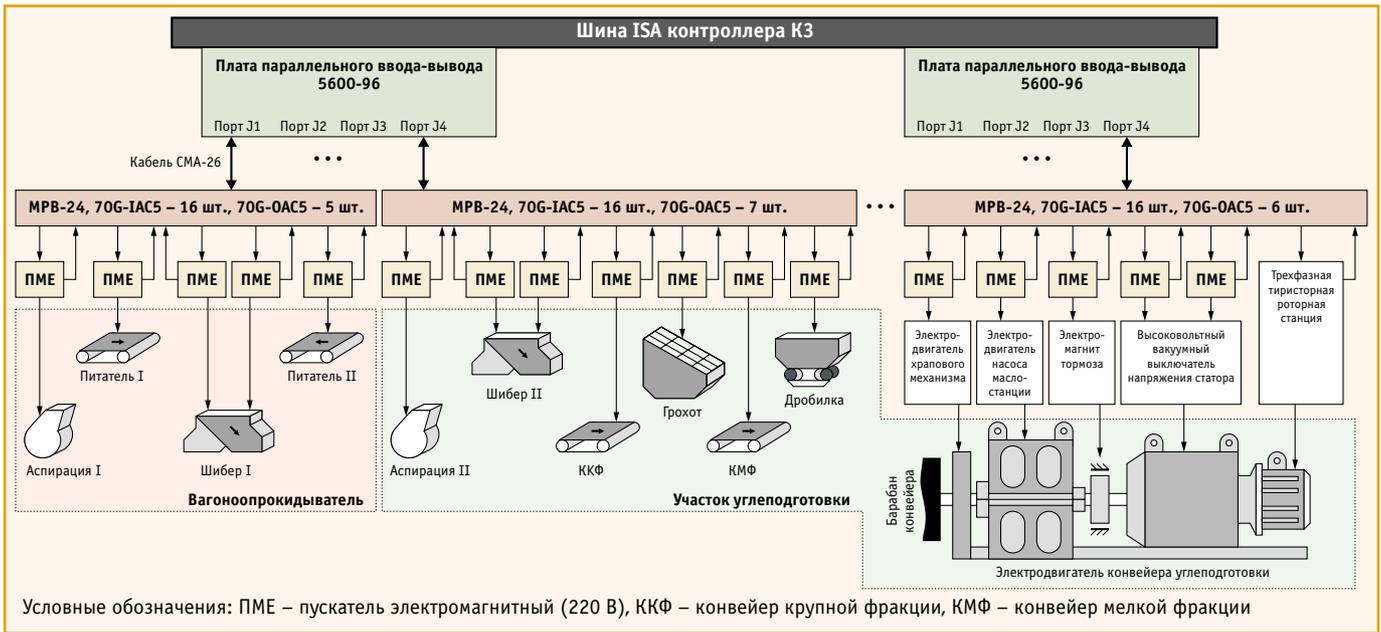


Рис. 7. Структурная схема управления процессами на участках углеподготовки и вагоноопрокидывателя

что можно видеть и из таблицы 1. Общее число входных и выходных цифровых сигналов контроллера К3 равно 147, что намного превышает число сигналов в других контроллерах. Для подключения всех сигналов к контроллеру потребовалось 6 плат МРВ-24.

**Управление процессом дозирования**

Структурная схема управления процессом дозирования (рис. 8) показывает способ подключения основного оборудования первой секции к контроллеру К5. Оборудование второй секции подключается к контроллеру К6 аналогично. Параметром управления в системе дозирования является производительность питателей, установленных под бункерами. Процесс дозирования является многомерным объектом управления, имеющим в контурах измерения и управления большие задержки, обусловленные ПТС. В системе дозирования используются питатели двух типов: вибрационные (вибропитатели) и ленточные. В качестве регулирующего элемента вибропитателей используются магнитные усилители типа УМ1П-40. Для их подключения к ЦАП стандартного УСО 73G-OV10 использован

транзисторный усилитель мощности (УМ). Для контроля тока в силовой цепи магнитного усилителя изготовлены трансформаторы тока (ТТ), на выходах которых имеются фильтры напряжения. Использование ТТ позволяет не только контролировать работу магнитных усилителей, но и производить линеаризацию их чрезвычайно нелинейных характеристик управления. Для этого управляющая программа считывает величину тока через 8-канальные АЦП модулей ADAM-4017 фирмы Advantech, подключенных к выделенной для них шине RS-485. К этой же

шине подключены цифровые многоканальные устройства ввода ADAM-4052, входы которых соединены с постами местного управления (ПМУ) вибропитателей. Конструктивно два модуля ADAM-4052 и один ADAM-4017 размещены в отдельном пластиковом корпусе типа ADAM-4950-ENC, который устанавливается непосредственно на монтажной панели магнитных усилителей. Один из четырех блоков в таких корпусах показан на рис. 9. Ленточные питатели работают под управлением электроприводов, оснащенных специальным модулем связи, который пред-

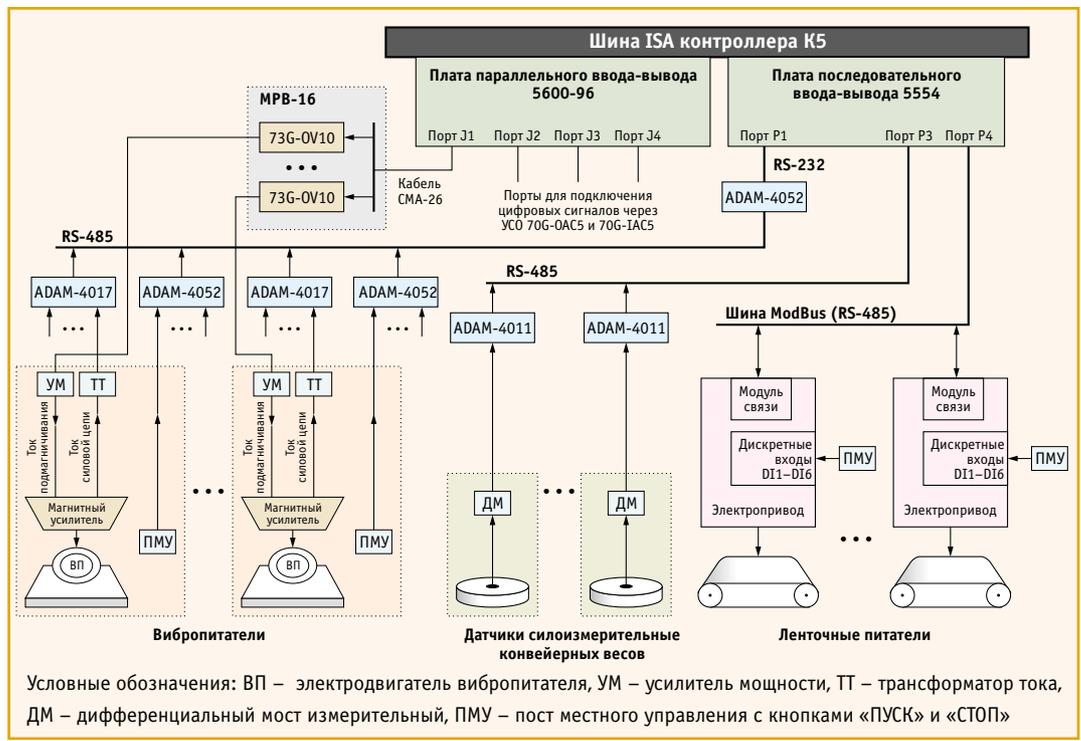


Рис. 8. Структурная схема управления процессом дозирования



Рис. 9. Блок из трех модулей ADAM на монтажной панели магнитного усилителя

назначен для работы с шиной ModBus. В комплектацию привода входит модуль цифровых входов DI1-DI6, к которым можно подключить до 6 сигналов напряжением 24 В. К этим входам в нашей системе подключены ПМУ. В состав привода входит микропроцессорная плата управления, которая обеспечивает плавный пуск электродвигателя и контроль за предельными параметрами. Задания для питателей устанавливает оператор вручную или программа ПИД-регулирования, если оператор включает автоматический режим. В обоих случаях обратная связь с объектом управления производится по конвейерным весам. Сигналы с выходов дифференциальных тензометрических мостов силоизмерительных датчиков веса подключаются к входам высокочувствительного АЦП модуля ADAM-4011. Общее число весов по обеим секциям составляет 18 единиц. АЦП весов смонтированы в отдельном шкафу, им выделена отдельная линия RS-485 в целях повышения скорости считывания информации.

### ВЕРХНИЙ УРОВЕНЬ СИСТЕМЫ

Задача верхнего уровня является 32-битовым приложением, написанным на языке Borland C++ 5.02. Она работает в операционной системе Windows 95/98. Для реализации задачи достаточно ресурсов ПЭВМ Pentium-75 МГц с оперативной памятью 16 Мбайт. Основными требованиями к задаче, которые были учтены при разработке, являются:

- минимальное время прорисовки экрана и дисковых операций при архивировании событий с тем, чтобы обеспечить минимальное время реакции на действия оператора;
- удобная контрастная цветовая гамма для объектов экрана;
- дружественный по отношению к оператору интерфейс и простота управления всем составом оборудования с одного главного экрана;

- фоновая синхронизация процессов обмена информацией с контроллерами по локальной сети с помощью специального маркера;
- оптимизация процесса поиска и обработки системных и программных ошибок;
- взаимосвязь со стандартными приложениями, включая работу с SQL-сервером;
- защита от некорректных действий пользователя, в том числе от случайного включения оборудования при попадании на клавиатуру посторонних предметов или неосторожного нажатия клавиши;
- событийно-управляемый принцип программирования;
- ведение необходимой документации.

Некоторые из этих требований оказались не так просто выполнить ввиду их несоответствия другим требованиям. Задача осложнялась и тем, что объект управления имеет большое количество разнообразных единиц оборудования, которыми необходимо управлять и каждая из которых должна иметь свой графический образ на экране.

В целом приложение использует всего одну форму, на которую пооче-



редно выводится визуальная информация, состоящая из двух базовых и нескольких дополнительных экранов. Первый из базовых экранов является главным, и с его помощью удобно управлять оборудованием цеха, которое входит в состав системы дозирования. Также с его помощью включается оборудование дополнительных подсистем, расположенных на участках углеподготовки и вагонопрокидывателя.

Главный экран показан на рисунке рис. 10. Второй базовый экран (рис. 11) показывает цех в плане вида сверху, что более удобно для выбора оператором маршрута движения загрузочной тележки в соответствии с марками угля, которые закреплены за бункерами.

Кроме базовых, в состав задачи верхнего уровня входят следующие экраны:

- история нагрузки (производительности конвейеров) по маркам,
- шахтовый состав остатков угля в бункерах,
- работа радиоволновых уровнемеров,
- принципиальные схемы электрооборудования всех позиций (с анимацией),
- событийный экран.

Большинство объектов, расположенных на экранах, представляют собой битовые образы (BMP). Экран формы в базовом разрешении имеет 1024·768 точек, но может быть легко масштабирован и представлен с другими разрешениями. Всего главный экран содержит около 200 объектов (дискретных и аналоговых). Большинство из дискретных объектов, таких как питатели или конвейеры, имеют простой бинарный список состояний (включено-выключено). При этом включенному состоянию соответствует «горячий» цвет (желто-красный или черный), а выключенному — «холодный» (синий или серый). Некоторые объекты имеют более двух состояний, например, заполнение бункеров отображается, исходя из 8-позиционного списка состояний в соответствии с показаниями радиоволновых уровнемеров. Основные изменения состояний каждого из этих объектов архивируются в форме событийного экрана путем обновления последней записи. Также каждый из объектов реагирует на нажатие в его области экрана левой и правой кнопок мыши и перемещение курсора по нему. При этом если оператор работает на главном экране, то при перемещении курсора по объекту в правом верхнем углу автоматически отображается панель управления этого объекта, и чтобы воспользоваться ею, оператору достаточно нажать на клавишу пробела на клавиатуре. В левом нижнем углу отображаются органы ручного регулирования производительности питателей бункеров, причем каждый питатель имеет индивидуальный с ним прямоугольник, в об-

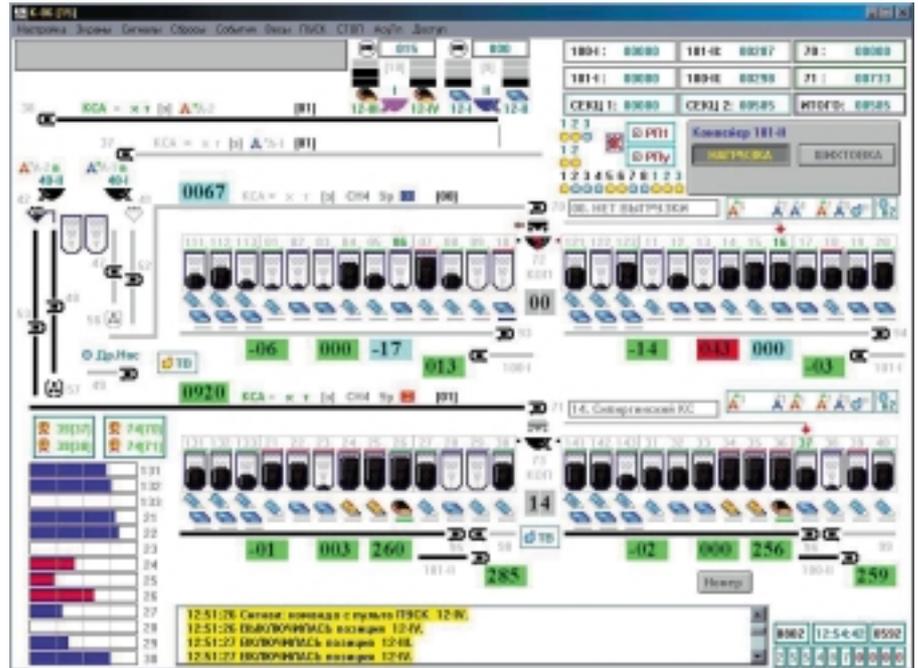


Рис. 10. Главный экран операторского интерфейса

ласти которого оператор может нажатием левой клавиши мыши изменить задание питателю. Оно отображается прямоугольником, залитым синим цветом, и передается на нижний уровень. Фактическое значение управляемой величины отображается красным цветом, который накладывается поверх синего, что дает возможность наблюдать наличие обратной связи с управляемым объектом по аналоговым каналам управления. При этом набор органов управления питателей также можно изменить, если поместить курсор мыши на образ выходного конвейера, с которым связаны дан-

ные питатели. Использование изменяющихся органов управления позволяет решить сложную задачу управления всем многочисленным составом оборудования с одного главного экрана.

Архивная информация хранится в текстовых файлах в Win-кодировке.

Кроме главной формы экрана, в задаче широко используются диалоги, созданные стандартным редактором Resource Workshop 5.02. Общий состав задачи верхнего уровня включает следующие диалоги:

- установка шихты (задание на регулирование),



Рис. 11. Экран управления загрузкой угля

- архив переработки угля с начала смены,
- тоннаж остатков угля в бункерах,
- расчет превышения потребления электроэнергии,
- удаленная настройка конвейерных весов,
- контроль качества связи по локальной сети,
- синхронизация времени с базовым сервером,
- доступ к ресурсам приложения или к удаленному управлению (по паролю).

Задача может работать как в режиме управления, так и мониторинга, в соответствии с параметрами, установленными в ini-файле.

### Локальная сеть

Приложение связывается с контроллерами нижнего уровня по протоколу IPX с помощью коаксиальной линии связи ArcNet. Задачи верхнего уровня в режиме управления работают только на двух компьютерах оператора цеха. Остальные задачи на других компьютерах работают в режиме мониторинга. При этом один из компьютеров оператора является ведущим, а другой ведомым. В задаче ведущего компьютера присутствует дополнительная обязанность синхронизации обмена с помощью специального пакета, состоящего из 3 байт, который является маркером. В остальном это совершенно одинаковые задачи. Маркер содержит информацию о номере контроллера, которому подошла очередь для передачи информации на верхний уровень, и посылается примерно 20 раз в секунду. Если ведущий компьютер по какой-либо причине перестает посылать маркеры, то ведомый берет эту функцию на себя. Если ведущий компьютер появляется снова, то ведомый прекращает рассылку маркеров. Информация, которую передают контроллеры, имеет вид посылки, состоящей из одного пакета данных размером 546 байт (32 – заголовков, 512 – данные, 2 – конец посылки). Ежеминутно всеми контроллерами передается около 180 кбайт. При получении информации на верхнем уровне посылка расписывается в массивы входных (выходных) сигналов, по содержанию которых происходит перерисовка экранов и делаются записи в архивах.

Обращение к контроллерам при формировании маркеров, а также при передаче управляющей информации происходит по их индивидуальному сетевому адресу. Для рассылки же па-

кетов во внешнюю сеть Ethernet, в которой работают компьютеры, расположенные в административном корпусе на рабочих местах главных специалистов и диспетчера фабрики, используется специальный сервер. Он передает пакеты в широковещательном режиме BDT (broadcast data transfer), что позволяет выполнить одновременно две задачи. Во-первых, это освобождает компьютеры операторов от обязанности определения или идентификации компьютеров, которые подключены в данный момент к локальной сети, и во-вторых – решается проблема согласования сетей ArcNet и Ethernet. Программа для данного сервера написана на языке Borland C++ Builder 4.0. В задачу сервера входит также функция архивирования информации.

Для подключения наиболее удаленных сегментов в состав сети входят 3 концентратора (Hub ArcNet). Наибольшая длина сегмента сети не превышает 500 м. Этому сегменту соответствует ветвь, по которой к сети подключаются контроллеры участка углеподготовки К3 и К4, расположенные в отдельном помещении РП-2 (рис. 5).

### Подсистема диагностики сигналов

Диагностика входных сигналов, которые используются в контроллерах, является одной из важных задач АСУ ТП цеха и решается на уровне отдельной подсистемы. Данная подсистема позволяет определять в каждый момент времени причины останова или неготовности отдельных позиций оборудования к включению. Кроме этого, в обязанность подсистемы входит архивирование событий, как в штатном, так и в аварийном режиме с одновременным отображением записей на экране событий.

В программном обеспечении нижнего уровня используются следующие мероприятия, обеспечивающие подсистему исходной информацией:

- запись состояния входных портов в системные регистры, содержимое которых передается на верхний уровень;
- выделение для каждой позиции отдельного статусного регистра или нескольких регистров для сложных позиций;
- выделение для каждого сигнала позиции идентификационного номера;

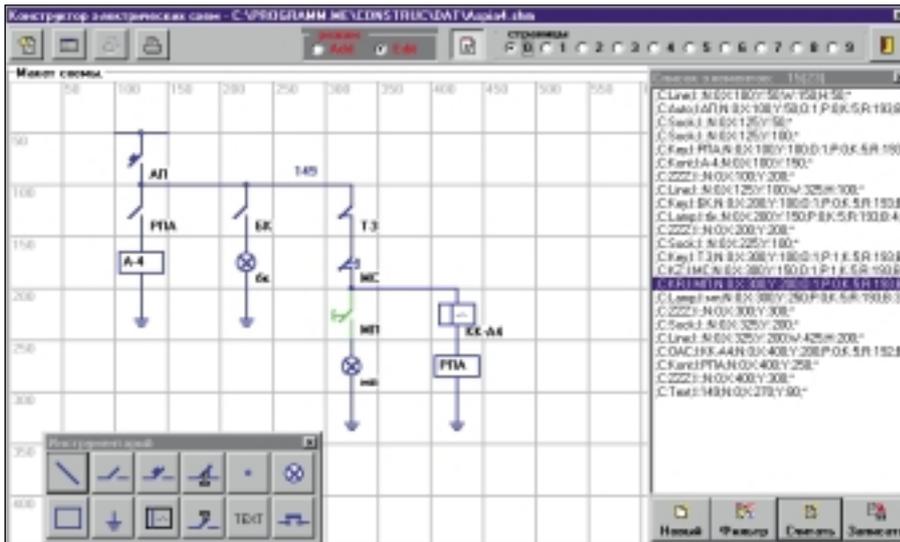


Рис. 12. Конструктор схем диагностики

- использование в алгоритмах включения позиций оборудования пошагового выполнения операций с контролем сигналов, вызывающих блокирование выполнения алгоритма или его досрочное завершение, и с последующей записью идентификатора этого сигнала в статусный регистр.

Со своей стороны, в задаче верхнего уровня производится прием и запись статусной информации из контроллеров в специальные структуры, которые имеет каждая позиция и по содержанию которых производится перерисовка экрана и запись в архивы. Это позволяет облегчить доступ к самой разнообразной информации, относящейся к данной позиции. В аварийных ситуациях, кроме записи в архив аварийных событий, производится выборка звукового wav-файла, на который есть ссылка в той же структуре, и вывод его через звуковую карту компьютера. При этом в качестве звуковых сообщений наиболее часто используются ко-

роткие речевые сообщения. Аналогично производится формирование предупреждающих сообщений в предаварийных ситуациях.

Один из дополнительных экранов задачи верхнего уровня позволяет вести визуальное наблюдение состояния контактов электрических схем по всем позициям. Этот экран чаще используют не операторы, а дежурные электрики смен. Для подготовки рисунков принципиальных электрических схем была разработана программа «Конструктор схем», экран которой показан на рис. 12. Программа написана на языке Borland Delphi 5.0, который позволяет в удобном и интуитивно-понятном интерфейсе создавать любые схемы позиций. Программа дает возможность изображать, копировать и изменять графические образы элементов схем. Подготовленные с помощью этого приложения схемы впоследствии подключаются к задаче верхнего уровня. Поскольку каждый элемент схемы

при создании получает адрес соответствующего сигнала в массиве системных регистров, то на экране электрических схем происходит его автоматическая анимация.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, в одной статье не представляется возможным изложить все нюансы решений по созданию АСУ ТП средней мощности. За рамками публикации остались, например, проблемы сбора и обработки данных.

Успеху описанного проекта во многом способствовало применение современных методов программирования и контроллеров фирмы Octagon Systems, предоставляющих широкие возможности по подключению различного рода электрооборудования. Хочется верить, что читателю интересно было узнать о существовании очень удачных, по нашему мнению, отечественных изделий, таких как универсальные модули многоканального ввода-вывода UNIO96-5 и радиоволновые уровнемеры. Взаимодействие этих устройств позволило в соответствии с современными требованиями решить сложную задачу определения уровней размещения сыпучих веществ в замкнутых бункерах.

В целом можно сказать, что проделанная работа имеет перспективу продолжения в последующих проектах. Но уже сегодня возросшее качество продукции могут оценить многие потребители, среди которых — металлургические гиганты Магнитогорска и Новокузнецка. ●

**Авторы — сотрудники ЦОФ «Сибирь»**  
**Телефон: (38474) 362-22**