

Индустриальные информационно-управляющие системы: от проектирования и разработки до практической реализации

С. К. Голушко, И. В. Меркулов, Э. Г. Михальцов, Г. П. Чейдо,
Р. А. Шакиров, С. Р. Шакиров

*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,
Новосибирск, Россия*
e-mail: ShakirovSR@kti.sbras.ru

Представлен обзор многолетнего опыта КТИ ВТ СО РАН в создании и успешном внедрении индустриальных информационно-управляющих систем для различных отраслей промышленности, таких как атомная, угледобывающая, транспорт нефти и газа, железнодорожный транспорт.

Ключевые слова: индустриальные информационные и управляющие системы, АСУ ТП, цифровые регуляторы возбуждения синхронных электродвигателей, шахтная автоматизация.

Введение

Одним из основных направлений прикладной деятельности Конструкторско-технологического института вычислительной техники СО РАН (КТИ ВТ СО РАН) является разработка программно-технических средств для автоматизации технологических процессов на производстве и создание на их основе автоматизированных систем управления и программно-информационных комплексов.

За последние несколько лет в КТИ ВТ СО РАН создано большое количество автоматизированных систем, успешно внедренных на действующих предприятиях реального сектора экономики. В данном обзоре приведены результаты разработки аппаратного и программного обеспечения (ПО), проектирования комплексных систем автоматизации различного назначения, в том числе для опасных производств. Показаны примеры практической реализации этих систем на предприятиях ОАО «АК «Транснефть», ГК «Росатом», ЕВРАЗ Групп, ОАО «Мечел». В частности, описаны автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) Северо-Муйского тоннеля Байкало-Амурской железной дороги, АСУ ТП магистральных нефтепроводов, цифровые регуляторы возбуждения синхронных электродвигателей большой мощности. Применительно к горно-добывающей промышленности приведены результаты создания интегральной системы шахтной автоматизации, включающей в свой состав системы контроля и управления конвейерным транспортом, канатно-кресельными дорогами, электроснабжением, вентиляторами главного проветривания, систему шахтной стволовой сигнализации, систему наблюдения и оповещения персонала шахт.

1. Подход к созданию автоматизированных систем

В условиях жёсткой конкуренции перед промышленными предприятиями остро встаёт проблема увеличения производительности труда и эффективности использования оборудования. Одним из путей её решения является повышение уровня автоматизации производства за счёт внедрения систем, построенных на современной элементной базе с учётом последних достижений в области информационных технологий. Но кроме чисто экономической стороны вопроса на опасных производствах существует необходимость внедрения автоматизированных систем, напрямую прописанных в регламентирующих документах, без которых функционирование соответствующих производств является невозможным. Например, без работающей многофункциональной системы безопасности¹ ни одна угольная шахта не может быть допущена к эксплуатации Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору. Таким образом, автоматизация производственных процессов является не только инструментом повышения уровня безопасности, надёжности и эффективности, но в некоторых случаях и непременным условием функционирования самого производства.

Основные задачи, решаемые при создании систем автоматизации в КТИ ВТ СО РАН, — это повышение энергоэффективности, обеспечение надёжности и безопасности. Используемые принципы построения систем: распределённое управление, открытая модульная архитектура, специализированная операционная среда реального времени.

Создаваемые в КТИ ВТ СО РАН системы автоматизации находят применение на ответственных и опасных производствах (шахты, тоннели, плотины, нефтеперекачивающие станции, аэродинамические трубы и т. п.). Поэтому в процессе их разработки, создания и отладки широко применяются методы имитационного моделирования, так как постановка натуральных экспериментов (смена режимов работы, остановка действующего производства) представляется малореальной, а искусственное создание аварийных ситуаций тем более невозможно. Используя вместо реальных объектов их модели, можно отлаживать алгоритмы работы, тестировать программное обеспечение, обучать технический персонал, имитируя различные штатные, внештатные и аварийные ситуации. В КТИ ВТ СО РАН разработаны и применяются имитационные стенды двух типов: использующие модели работы оборудования и производственной среды (рис. 1, а) и мо-

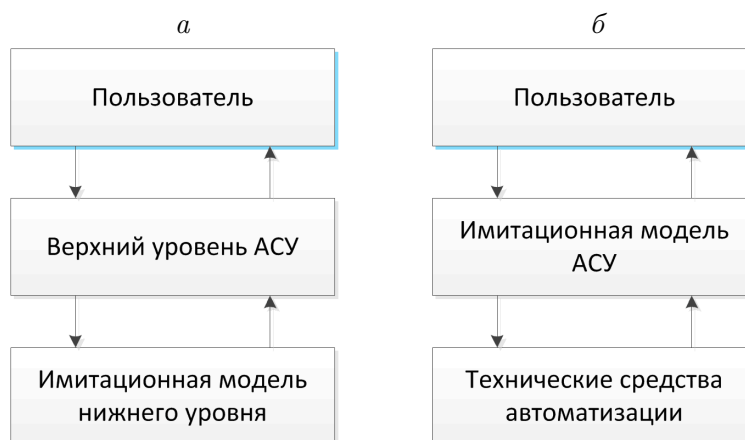


Рис. 1. Структура имитационных стендов

¹ПБ 05-618-03 “Правила безопасности в угольных шахтах”.

дель АСУ (рис. 1, б). С помощью имитационного стенда, изображенного на рис. 1, а, можно отлаживать верхний уровень АСУ (SCADA-систему), алгоритмы управления и обучать персонал, эксплуатирующий данную АСУ. При помощи имитационного стенда, изображенного на рис. 1, б, можно разрабатывать и отлаживать алгоритмы программ управления и технические средства нижнего уровня (программируемые контроллеры). Модель АСУ включает имитатор сигналов первичных датчиков, модель SCADA-системы и модели технических средств нижнего уровня. Таким образом, для реального контроллера, включённого в данный стенд, полностью имитируется всё технологическое окружение с точки зрения внешних сигналов.

2. Наиболее значимые системы автоматизации

Автоматизированная система управления технологическими процессами Северо-Муйского тоннеля (АСУ ТП СМТ). Северо-Муйский тоннель — это комплекс тоннельных конструкций, дренажных и водоотводных устройств, вертикальных и горизонтальных выработок общей протяжённостью более 35 км, обеспечивающих его функционирование и безопасную эксплуатацию. Протяжённость расположенного в сейсмоопасной зоне тоннеля составляет более 15 км, его оснащение включает в себя более 200 единиц технологического оборудования, мощность энергопотребления которого составляет 7 МВт, что примерно соответствует городу с населением 35 000 человек.

Для обеспечения функционирования Северо-Муйского тоннеля в КТИ ВТ СО РАН разработана АСУ ТП СМТ, осуществляющая контроль и управление оснащением тоннеля. Это 33 вентиляционные системы; 45 калориферов; 7 управляемых завес; 2 порталных ворот; 8 тоннельных подстанций; 4 системы подогрева отводимой воды; 3 системы пожарной сигнализации и пожаротушения. АСУ ТП СМТ решает следующие задачи: поддержание устойчивого микроклимата в горных выработках; обеспечение безаварийной эксплуатации конструкций тоннеля и оборудования; оперативное управление работой основного и резервного оборудования; обнаружение, предотвращение и устранение нештатных ситуаций; снижение эксплуатационных расходов; улучшение и облегчение условий работы обслуживающего персонала. Система сдана в промышленную эксплуатацию в 2007 г.

АСУ ТП магистральных нефтепроводов АК “Транснефть”. Объект управления системы включает сеть магистральных нефтепроводов и 15 нефтеперекачивающих станций и занимает территорию, которая простирается на 500 км с севера на юг и примерно настолько же с запада на восток. Система работает в режиме реального времени, и наиболее полная подсистема (Урайское управление магистральных нефтепроводов) включает в себя АСУ ТП транспорта нефти, автоматизированную систему контроля и управления электроснабжением, систему радиоконтроля устройств электрохимической защиты трубопроводов. Первая очередь системы сдана в промышленную эксплуатацию в конце 90-х годов, но система продолжает развиваться. Она получает как физическое расширение добавлением около 1000 параметров ежегодно, так и функциональное движение в сторону автоматизированной системы управления производством (АСУП) за счёт контроля все большего количества параметров, связанных с бизнес-процессами. Кроме того, система постоянно модифицируется в направлении ужесточения контроля управления технологическими процессами для повышения устойчивости гидродинамических режимов и безопасности.

АСУ ТП турбокомпрессорной станции ИТПМ СО РАН. Объектом автоматизации является турбокомпрессорная станция (ТКС) ИТПМ СО РАН — основной поставщик сжатого воздуха институтам Новосибирского научного центра. Годовая выработка сжатого воздуха на ТКС составляет 25–30 млн куб. м, оборотной воды — 4.5–5 млн куб. м. Система предназначена для контроля и управления технологическими агрегатами ТКС, а также обеспечения безопасности их функционирования за счёт оптимального оперативного управления. В состав АСУ ТП входят два автоматизированных рабочих места (АРМ) оператора станции; подсистемы среднего и высокого давления; локальная вычислительная сеть; первичные датчики, установленные на объекте автоматизации. Эффективность использования системы достигается за счёт снижения ремонтно-эксплуатационных расходов путём повышения надёжности работы современного КИПиА, а также экономии энергоресурсов (оптимальное управление технологическим оборудованием ТКС с автоматизированным учётом выработки и выдачи сжатого воздуха и воды).

Цифровые регуляторы возбуждения синхронных электродвигателей (ЦРВД) предназначены для управления током возбуждения при пуске, останове, синхронной работе и аварийных режимах синхронных электродвигателей с напряжением питания 6 либо 10 кВ и мощностью до 12.5 МВт [1]. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с аналоговыми системами возбуждения: меньше время отклика на возмущение, величина перерегулирования и массогабаритные показатели, выше надёжность и точность регулирования параметров, более длительные периоды межремонтного обслуживания, заметно проще процедура наладки. Регуляторы также позволяют работать с постоянным коэффициентом мощности при любых нагрузках двигателя, что обеспечивает снижение потребления реактивной мощности и приводит к экономии электроэнергии. Интерфейсы Ethernet и RS-485 позволяют включать их в состав АСУ ТП.

Автоматизированная система контроля и управления технологическими объектами угольных шахт и рудников (АСКУ ТО). Разработана распределённая система контроля и управления технологическими объектами с двухуровневой иерархией [2], включающая подземное оборудование (нижний уровень) и наземное оборудование (верхний уровень). Подсистема верхнего уровня состоит из нескольких АРМ операторов и дублированного сервера, объединённых в локальную вычислительную сеть (ЛВС), жидкокристаллического экрана большой диагонали и устройств вывода на печать. Центральным звеном подземной части оборудования являются программируемые промышленные контроллеры, предназначенные для управления одним или несколькими технологическими объектами и способные работать как в режиме дистанционного управления от АРМ диспетчера, так и автономно в режиме местного управления. Оборудование нижнего уровня выполнено из взрывобезопасных и искробезопасных материалов и отвечает всем требованиям безопасности в угольной промышленности.

Программное обеспечение системы нижнего уровня управляет работой микропроцессорных устройств подземного оборудования, ПО верхнего уровня [3] функционирует на АРМ диспетчеров и серверах и, в свою очередь, подразделяется на уровень АРМ (программы интерфейса оператора, базы данных и декодирования данных) и уровень драйверов (драйверы и буферные программы). Все особенности алгоритмов обмена данными с устройствами подсистемы нижнего уровня учитываются только в драйверах, которые считанную информацию преобразуют в определённую стандартную форму для передачи в ПО уровня АРМ. Программа драйвера определяется типом устройства подсистемы нижнего уровня и не зависит от состава контролируемого технологического

оборудования. Основное же назначение буферных программ — предотвращение блокирования драйверов по операциям обмена данными с ПО уровня АРМ, что обеспечивает работу драйверов в режиме жёсткого реального времени. Буферные программы также распараллеливают потоки данных о состоянии технологического оборудования и сообщений о действиях персонала на все подключенные АРМ оператора, входящие в состав ЛВС, чем обеспечивается идентичность содержимого всех баз данных. Программа интерфейса оператора — единственная в ПО подсистемы верхнего уровня, которая подлежит модификации и настройке при разработке конкретного проекта. Она выполняет следующие функции: отображает на мониторе состояние объектов технологического оборудования с помощью выбранной системы графических знаков; удалённо управляет объектами технологического оборудования через подачу команд управления оператором; автоматически управляет объектами технологического оборудования по заранее заданным алгоритмам; контролирует вход/выход персонала в систему. Программное обеспечение верхнего уровня создает архивы, позволяющие анализировать работу АСКУ ТО за смену, сутки, месяц и т. д. В качестве операционной выбрана сетевая многозадачная система реального времени QNX, характеризующаяся минимальным временем переключения с одной задачи на другую и максимальной «помехозащищённостью».

АСКУ ТО — открытая модульная система, позволяющая интегрировать в неё оборудование сторонних производителей. Системы, созданные на базе АСКУ ТО, являются единым аппаратно-программным комплексом, обслуживаемым из одной диспетчерской и способным решать разнообразные задачи [4]. Архитектура комплексной системы автоматизации, построенной на базе АСКУ ТО, представлена на рис. 2.

Система управления конвейерными линиями [5] обладает такими возможностями, как: централизованное управление диспетчером всем комплексом конвейеров и технологических систем; управление пуском электродвигателей конвейеров; управление звуковой и световой сигнализацией; контроль датчиков экстренной и аварийной останов-

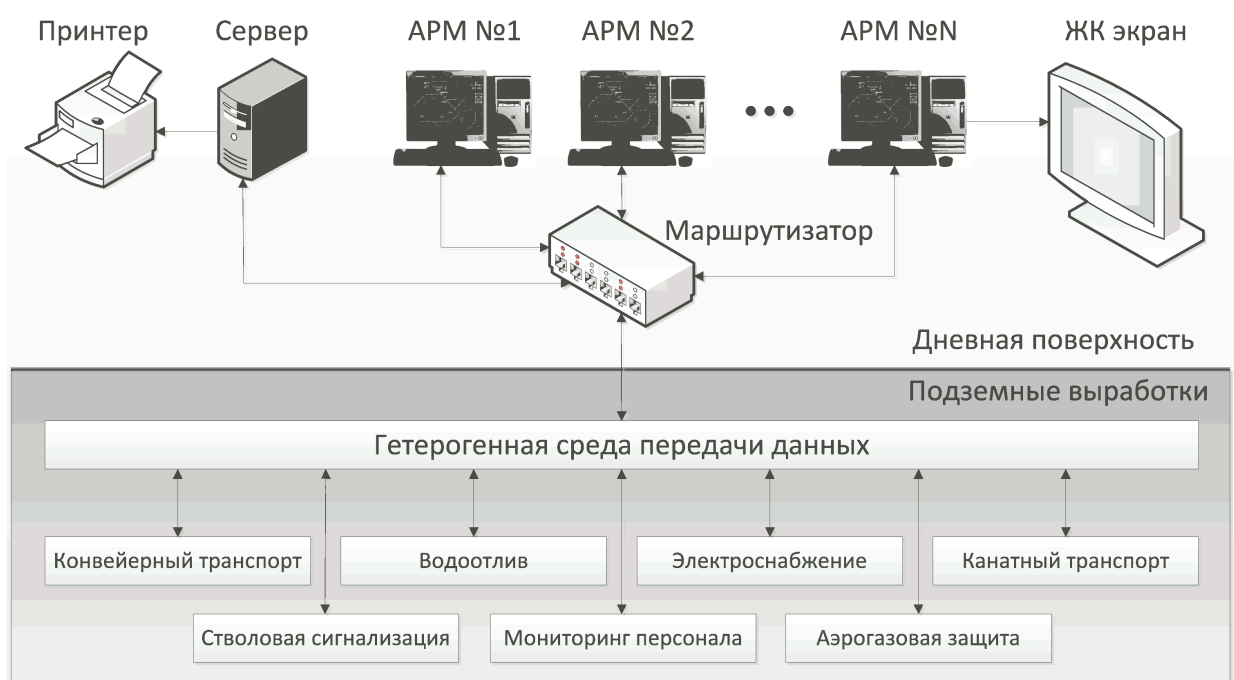


Рис. 2. Архитектура комплексной системы автоматизации

ки; контроль скорости и пробуксовки ленточного полотна; контроль температуры подшипников двигателей; ведение журнала событий с сохранением информации за смену, сутки, месяц, год. Система внедрена на шахтах “Сибиргинская”, “Кыргайская”, “Грамотеинская”, “Костромовская” и “Усковская”.

Система контроля и управления канатно-кресельной дорогой обеспечивает: включение привода канатно-кресельной дороги любым из её постов управления; предупредительную звуковую сигнализацию; автоматическую остановку при аварийных ситуациях; исключение повторного пуска при срабатывании защиты от превышения (снижения) скорости каната до устранения причин, вызвавших остановку привода; исключение одновременного дистанционного и местного управления приводом дороги (для дорог, обслуживаемых машинистом); передачу информации о работе дороги на верхний уровень. Система внедрена на шахтах “Алардинская”, “Кирова” и “Усковская”.

Система шахтной стволовой сигнализации обеспечивает: координацию действий машиниста подъёмной машины, рукоятчика, помощника рукоятчика, стволовых и их помощников при выполнении операций по спуску-подъёму людей, груза и оборудования; сбор информации о параметрах и состоянии технологического оборудования подъёма клетки; обработку и анализ полученной информации, обнаружение предаварийных и аварийных ситуаций, формирование сигналов и сообщений в аварийных ситуациях. Система внедрена на шахте “Осинниковская”.

Система диспетчерского управления электроснабжением шахты предназначена для дистанционного контроля наземных и подземных распределительных подстанций. Система обеспечивает: контроль технологических параметров электроснабжения; автоматическую предупредительную и аварийную сигнализацию; дистанционный контроль установок по защите ячеек распределительных устройств; дистанционное включение/отключение оборудования; технический учёт потребления электроэнергии. Система внедрена на шахтах “Сибиргинская” и “Грамотеинская”.

Автоматизированная система контроля и управления водоотливной установкой предназначена для откачки подземных и поверхностных вод из дренажных горных выработок шахт и карьеров. Система обеспечивает: автоматическое управление работой насосов; оповещение дежурного персонала средствами звуковой и световой сигнализации; контроль состояния средств измерения и линий связи; сигнализацию о неисправностях оборудования и нештатных ситуациях. Система внедрена на шахте “Осинниковская”.

Система автоматизированного контроля и управления вентиляторами главного проветривания предназначена для контроля и управления основным и вспомогательным оборудованием и режимами главной вентиляторной установки, состоящей из двух вентиляционных агрегатов (основного и резервного). ГВУ может функционировать в блоке с калориферной установкой, выполняющей подогрев воздуха, подаваемого в шахту. Система внедрена на рудниках ЗАО “Многовершинное” (Хабаровский край) и ЗАО “Тревожное зарево” (Камчатский край), в Новосибирском метрополитене на станции “Берёзовая роща”.

Система наблюдения и оповещения персонала [6] обладает следующими функциональными возможностями: автоматической регистрацией входа персонала в шахту и снятием регистрации при выходе из шахты с возможностью взаимодействия с системой автоматизации табельного учёта персонала; непрерывным контролем местоположения персонала; оперативным формированием информации о маршруте следования персона-

ла; оперативной выработкой и исполнением управляющих решений, направленных на обеспечение спасения персонала, застигнутого аварией; удобным эргономичным отображением в диспетчерских пунктах информации о текущей дислокации персонала; подачей световой и звуковой сигнализации в аварийных и предаварийных ситуациях персоналу шахты, застигнутому аварией (групповое и персональное оповещение); своевременным формированием и предоставлением персоналу горных спасателей документов по дислокации персонала шахты, застигнутого аварией. Верхний уровень системы сохраняет текущую информацию в архиве и обеспечивает последующее её использование при разработке комплексных мероприятий по технике безопасности. Система внедрена на шахтах “Сибиргинская”, “Кыргайская” и “Разрез “Инской”.

Система аэрогазового контроля предназначена для централизованного контроля состояния аэрогазовой среды и управления технологическими агрегатами и оборудованием шахты. Система обеспечивает: централизованное слежение за параметрами рудничной атмосферы; контроль показаний датчиков и состояния аппаратуры управления электропитанием; отображение информации на наземных вычислительных устройствах верхнего уровня; передачу команд оператора устройствам нижнего уровня на блокировку или деблокировку аппаратуры управления электропитанием; хранение контролируемых параметров в базе данных. Система внедрена на шахте “Сибиргинская”.

Система дистанционного мониторинга температуры в горных выработках [7] создана на базе распределённых волоконно-оптических датчиков, позволяющих измерять температуру на расстоянии до 10 км с пространственным разрешением до 0.5 м. Локальная температура оптического волокна выводится из отношения антистоксовой и стоксовой линий в спектре обратного рассеяния. Система обладает следующими преимуществами: искробезопасностью, нечувствительностью к электромагнитным помехам, устойчивостью к неконтролируемому изменению температуры, отсутствием устройств питания при большой длине, простотой монтажа.

К настоящему моменту коллективом КТИ ВТ СО РАН на базе АСКУ ТО разработано и введено в промышленную эксплуатацию 16 автоматизированных систем на девяти шахтах Кузбасса.

Заключение

В КТИ ВТ СО РАН разработан универсальный программно-аппаратный комплекс для создания автоматизированных систем контроля и управления. На этой базе созданы несколько серий автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами для различных отраслей промышленности, в том числе и для опасных производств.

Дальнейшим развитием работ в данном направлении является создание полностью автоматизированных производств с последующим переходом к безлюдным технологиям [8].

Список литературы

- [1] Пат. № 2289196 РФ. Устройство регулирования возбуждения синхронного двигателя / А.И. Абрамов, С.А. Белоконов, Ю.Н. Золотухин и др. № 2005105104; заявл. 24.02.2005; опубл. 10.12.2006. Бюл. № 34.

- [2] Пат. № 33951 РФ. Блок контроля и управления в условиях опасного производства / О.З. Гусев, В.В. Колодей, А.С. Мамаев и др. № 2013126010; заявл. 05.06.2013; опубл. 27.10.2013. Бюл. № 30.
- [3] БЛАГОДАРНЫЙ А.И., КАРАТЫШЕВА Л.С., ЧЕЙДО Г.П. Программное обеспечение высоконадёжной АСУ реального времени для предприятий горнодобывающей промышленности // Горная промышленность. 2009. № 2. С. 58–64.
- [4] БЛАГОДАРНЫЙ А.И., ГУСЕВ О.З., КАРАТЫШЕВА Л.С. и др. Применение открытых модульных систем автоматизации для предприятий подземной угледобычи // Пробл. информатики. 2009. № 3. С. 68–77.
- [5] БЛАГОДАРНЫЙ А.И., ГУСЕВ О.З., ЖУРАВЛЁВ С.С. и др. Автоматизированная система контроля и управления ленточными конвейерами на угольных шахтах // Горная промышленность. 2008. № 6. С. 38–44.
- [6] БЛАГОДАРНЫЙ А.И., ГУСЕВ О.З., ЖУРАВЛЁВ С.С. и др. Автоматизированная система наблюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах // Горная промышленность. 2009. № 1. С. 30–40.
- [7] ГОЛУШКО С.К., ХАРЕНКО Д.С., ЧЕЙДО Г.П. и др. Мониторинг производственной среды угольных шахт волоконно-оптическими датчиками // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Сб. тр. XIV Междунар. науч. практ. конф. Кемерово, 2012. С. 83–85.
- [8] ГОЛУШКО С.К., ЧЕЙДО Г.П., ШАКИРОВ С.Р. На пути к безлюдной шахте // Наука из первых рук. 2012. № 1 (43). С. 8–11.

Поступила в редакцию 29 ноября 2013 г.