

# Модернизация распределённой системы управления линейной части магистрального газопровода

*Виктор Перминов, Анатолий Яковлев, Виктор Чаков, Виктор Фадеев, Юрий Трошев*

**В статье рассмотрены вопросы использования IBM PC совместимых контроллеров для совершенствования распределённой системы управления линейной части магистрального газопровода.**

## **ВВЕДЕНИЕ**

ООО «Севергазпром» является предприятием с высокой степенью автоматизации технологических процессов. Большинство его объектов и технологических установок оснащено системами автоматического управления и регулирования, телемеханическими системами и иными средствами автоматизации. Процесс автоматизации на предприятии «Севергазпром» начался в 1975 году с внедрения первой системы линейной телемеханики «Р-6000». С тех пор этот процесс сопровождается внедрением новых средств и систем автоматизации, а также их периодической модернизацией и заменой.

В частности, в 1990 году началось массовое оснащение линейной части магистрального газопровода ООО «Севергазпром» распределёнными информационно-управляющими системами. К 1996 году большинство объектов линейной части магистрального газопровода было оснащено системой линейной телемеханики СЛТМ-СК производства НИИИС (г. Нижний Новгород). Однако к 2001 году технические характеристики этой системы оказались явно недостаточными для удовлетворения постоянно возрастающих требований диспетчерского персонала. Кроме того, система СЛТМ-СК использует радиоканалы с частотами диапазона 900 МГц и выше, что приводит к сбоям при эксплуатации вследствие функционирования других систем, в частности, систем сотовой связи. Эти и

другие факторы, к числу которых относятся низкая помехозащищённость, невысокая надёжность, моральный и физический износ, обусловили необходимость модернизации системы СЛТМ-СК.

Однако полное переоборудование распределённой системы управления на базе современных законченных решений оказывается крайне дорогим и трудоёмким мероприятием. Поэтому подход, базирующийся на замене отдельных устаревших модулей системы современными компонентами, имеющими открытую архитектуру и легко программируемыми, является наиболее оправданным и весьма актуальным.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ НА БАЗЕ УПРАВЛЯЮЩИХ КОНТРОЛЛЕРОВ**

### **Краткое описание системы управления**

ООО «Севергазпром» является газотранспортным предприятием. Общая протяжённость газотранспортной системы объединения равна 1455 км. На этом участке равномерно распределены 12 компрессорных станций. Газопровод простирается от северного Урала до Московской и Ленинградской областей. Большая часть трассы пролегает по районам с суровым климатом.

Линейная часть газопровода является сложным техническим сооружением с большим количеством разнообразных устройств, таких как запорная арматура,

датчиковая аппаратура, исполнительные механизмы и т.п. Все эти устройства связаны системами управления или являются их составными частями. Для реализации оперативного контроля и управления технологическим процессом перекачки газа предназначена распределённая система управления магистрального газопровода. Данная система имеет трёхуровневую топологию, включая в себя при этом несколько подсистем (цеховую подсистему, подсистему линейной части и т.д.). Верхнее положение занимает система управления (СУ) уровня центрального диспетчерского пункта, реализованная средствами SCADA RESY-PMC. На среднем уровне находятся СУ компрессорных станций, реализованные теми же средствами. На нижнем уровне располагаются функциональные системы, к которым относятся и СУ линейной части. Эти системы тоже являются распределёнными, однако радиус их действия не столь велик, как у СУ более высоких уровней, и не превышает расстояния между соседними компрессорными станциями (порядка 100 км). В число основных задач СУ линейной части входят следующие:

- сбор информации о текущих значениях параметров технологического процесса (давление, температура и т.д.);
- сбор информации о состоянии технологических объектов;
- доставка собранной информации потребителям на всех уровнях системы;



Рис. 1. Блок-бокс контролируемого пункта кранового узла



Рис. 2. Блок-бокс контролируемого пункта газораспределительной станции

● приём управляющих сигналов со всех уровней системы и формирование управляющих воздействий для запорной арматуры и других технологических объектов.

К числу таких СУ относятся системы СЛТМ-СК, УНК-ТМ, «Магистраль» и т.п. Сами по себе они тоже имеют не один уровень иерархии. На верхнем уровне находится пульт управления. В непосредственной близости от технологических объектов располагаются контролируемые пункты (КП), которые обслуживают датчиковую аппаратуру и приводы запорной арматуры. Аппаратура КП формируется из устройств, способных функционировать в жёстких условиях эксплуатации (температура окружающей среды от  $-25$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , повышенный уровень вибрации и т.п.), даже несмотря на то что, как правило, она размещается в отапливаемых блок-боксах (рис. 1, 2). Реализация данного требования прежними способами обычно приводит или к невозможности обеспечения максимальной точности измерений, или к существенному удорожанию решения. Кроме того, такие СУ зачастую ук-

плектованы большим количеством уникальных элементов, выпускаемых ограниченным кругом производителей, что существенно снижает эксплуатационную технологичность подобных систем.

### Выбор базовых аппаратных средств

Анализ систем телеметрии, эксплуатируемых в настоящее время на магистральном газопроводе ООО «Севергазпром», выявил возможность их модернизации посредством использования IBM PC совместимых контроллеров и периферийных устройств, выполненных в формате MicroPC. Возможность эта базируется на следующих факторах:

- открытость архитектуры и интерфейсов MicroPC, упрощающая программирование этих устройств, перенос уже разработанного программного обеспечения и его модернизацию;
- широкий диапазон рабочих температур, позволяющий эксплуатировать устройства MicroPC на объектах магистрального газопровода;
- наличие достаточно большой номенклатуры изделий, выполненных в

формате MicroPC различными фирмами-изготовителями, и вытекающая из этого возможность варьирования в широких пределах как функциональности, так и характеристик создаваемого оборудования;

- вполне приемлемая стоимость этих изделий и решений на их базе, которая при прочих равных условиях существенно меньше, нежели стоимость законченных решений таких фирм, как АВВ, АЕГ, Foxboro и т.п.

### Узловой управляющий контроллер

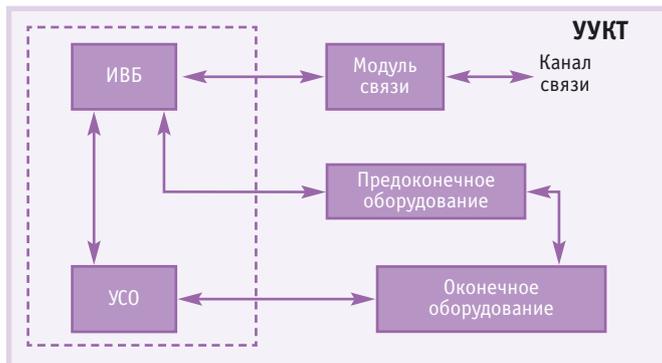
Учитывая изложенное, авторами при содействии других сотрудников ООО «Севергазпром» была произведена разработка узлового управляющего контроллера телемеханического (УУКТ), на базе которого стала возможной модернизация контролируемых пунктов системы СЛТМ-СК. Сущность модернизации заключается в удалении из упомянутой системы ядра сбора, обработки и управления, которое морально и физически устарело, и замене его контроллером УУКТ. Модернизации не подвергаются шкафы, клеммные уст-

ройства и часть устройств сопряжения с объектом (НУСО-01), а также первичные источники питания.

Структурно контроллер состоит (рис. 3) из измерительно-вычислительного блока (ИВБ) и устройства сопряжения с объектом (УСО). ИВБ может работать как в автономном, так и сетевом режимах. В автономном режиме ИВБ обеспечивает сбор информации, выдаваемой датчиками в аналоговой и дискретной формах, обработку этой информации, формирование управляющих сигналов и вывод (при необходимости) текущей и диагностической информации на консольное устройство. В сетевом режиме ИВБ получает команды управления от главного узла (пульта управления), обрабатывает их, формирует управляющие сигналы, а также передает текущую информацию об объекте главному узлу. Связь главного узла с подчиненными в сетевом режиме осуществляется при помощи модемного или радиомодемного оборудования.

Устройство сопряжения с объектом модернизированной системы включает в себя два компонента: компонент, построенный на современных комплектующих (собствен-

но УСО контроллера), и компонент сопряжения из старой системы (предоконечное оборудование — стойка НУСО-



Условные обозначения:  
 УУКТ — узловой управляющий контроллер телемеханический;  
 ИВБ — измерительно-вычислительный блок;  
 УСО — устройства связи с объектом.

Рис. 3. Структура и варианты подключения УУКТ

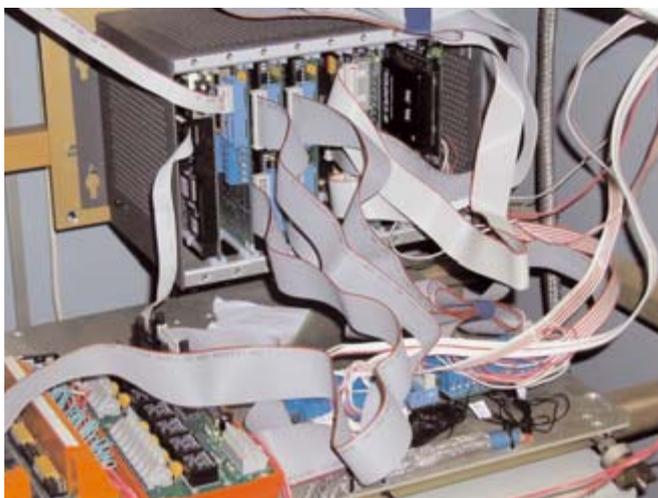


Рис. 4. Внешний вид оборудования узлового управляющего контроллера

01). Собственно УСО может содержать коммутатор аналоговых сигналов AIMUX-32, платы дискретного ввода ТВБ-24/0С, релейной коммутации ТВР-8 (все перечисленные — изделия фирмы Fastwel) и т.п. Для обмена информацией с другими устройствами посредством сигналов ТТЛ или КМОП используется непосредственное подключение к модулям цифрового интерфейса 5600 (Octagon Systems).

В качестве оконечного оборудования выступают электроприводы и датчики положения кранов, аналоговые датчики технологических параметров (давление, температура и т.п.), а также иные устройства. Оконечное оборудование можно условно разделить на аналоговое и дискретное.

УУКТ является универсальным устройством, на базе которого можно не только проводить модернизацию каких-либо систем, но и использовать его в качестве ядра законченной информационно-измерительной или информационно-управляющей системы.

Для реализации такого варианта достаточно исключить предоконечное оборудование, подключив оконечную аппаратуру через УСО. Таким образом, применение УУКТ позволяет реализовать открытые решения, пригодные для дальнейшего совершенствования и наращивания.

ИВБ контроллера аппаратно представляет собой устройство, собранное в 8-позиционном монтажном каркасе 5278-RM фирмы Octagon Systems из следующих узлов:

- модуль аналогового ввода АИ16-5А-3 фирмы Fastwel;
- модуль центрального процессора 5066 (процессор 5x86/133 МГц) фирмы Octagon Systems;
- модуль цифрового интерфейса (дискретного ввода-вывода) 5600-96.

Электропитание ИВБ обеспечивает модулем 7112/24 (Octagon Systems). Однако данная конфигурация ИВБ является минимальной. УУКТ позволяет подключить несколько плат 5600-96 или 5600-48 (в каждой плате соответственно 96 или 48 каналов ввода-вывода; общее количество обрабатываемых

сигналов определяется возможностями программного обеспечения и в текущей версии не может превышать 255). Кроме того, УУКТ позволяет подключить платы последовательных портов 5554 или 5558 (Octagon Systems), однако гарантированное количество направлений (последовательных каналов), поддерживаемых текущей версией программного обеспечения, не превышает 4.

УСО контроллера включает в свой состав один или два модуля коммутаторов аналоговых сигналов AIMUX-32С-1, а также модули ТВІ-24/0С, ТВR-8.

На рис. 4 представлен внешний вид оборудования УУКТ.

К предоконечному оборудованию (стойка НУСО-01) ИВБ подключается непосредственно через модуль 5600-96, минуя УСО (рис. 5). УСО может быть выполнено в различных конфигурациях. Минимальная конфигурация характеризуется наличием всего одной платы AIMUX-32С-1. При этом УСО выполняет функцию аналогового коммутатора и клеммного устройства для подключения источников аналоговых сигналов. Такая конфигурация приемлема для модернизации системы СЛТМ-СК. Однако в том случае, когда требуется расширение функций узла распределённой системы управления, возможно соответствующее изменение конфигурации УСО. При этом к платам 5600-96(48) ИВБ можно подключить модули ТВR-8, ТВІ-24/0С.

К УСО через устройства грозозащиты подключаются датчики первичной информации, устройства управления кранами и другое оборудование. Устройства грозозащиты построены на модулях НУЗП-ХХ и обеспечивают защиту входных и выходных линий КП от кратковременных резких скачков напряжения. Основными элементами защиты в модулях НУЗП-ХХ являются варисторы. В качестве защитных устройств возможно использование аналогичных модулей фирм Telebyte, Pepperl+Fuchs, Dataforth и др. Датчики первичной информации линейной части газопровода чаще всего представлены датчиками для измерения давления ТЖИУ и датчиками для измерения температуры ИКЛЖ.

### **Программное обеспечение**

Программное обеспечение, разработанное сотрудниками ООО «Севергазпром», позволяет обслуживать различ-

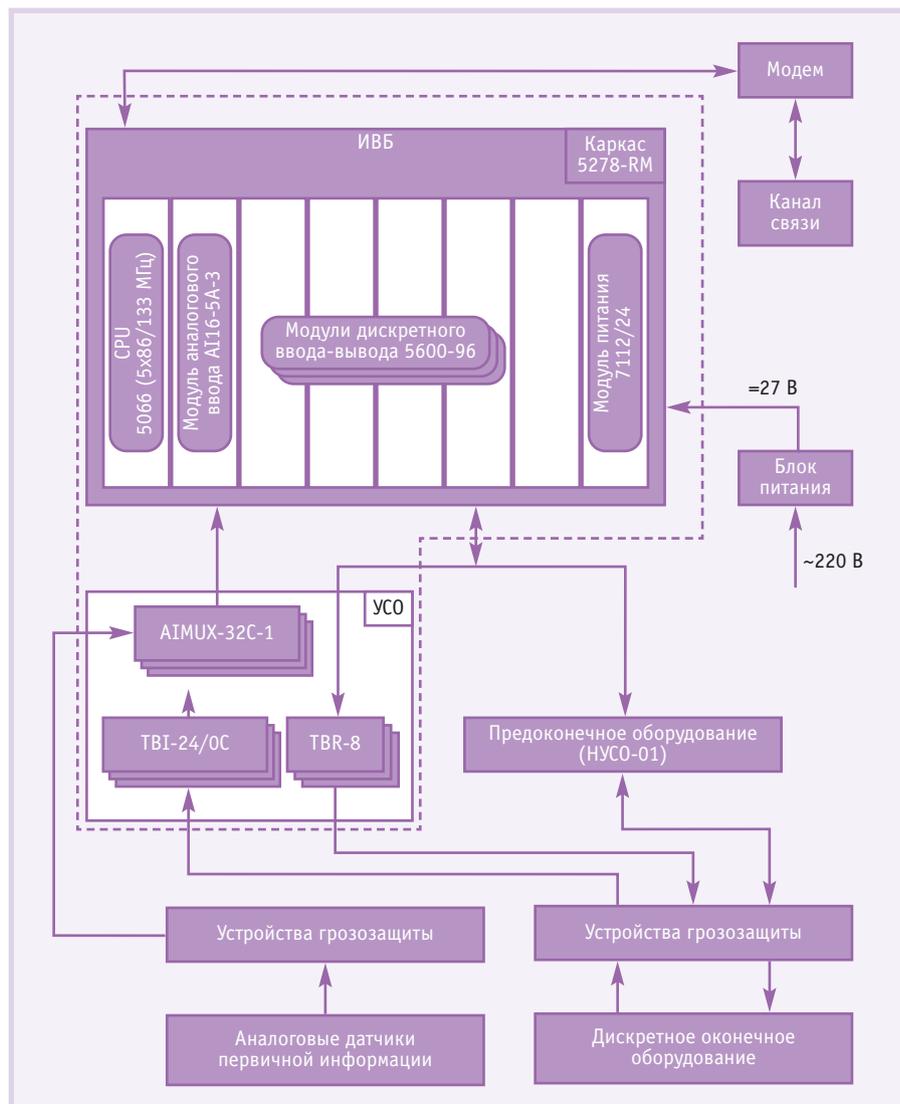


Рис. 5. Схема взаимодействия УУКТ с компонентами системы управления

ное количество модулей ввода-вывода в разных сочетаниях, обеспечивая гибкость конфигурирования контроллера. Программное обеспечение КП, кроме понятий «сигнал» и «модуль», может оперировать понятием «технологический объект» (кран), поэтому его возможности по обработке информации характеризуются приведённым списком:

- до 48 кранов;
- до 255 сигналов разных типов со следующими предельными квотами:
  - до 128 дискретных входных сигналов,
  - до 64 дискретных выходных сигналов,
  - до 64 аналоговых входных сигналов.

Ограничение на общее количество обрабатываемых сигналов (255) введено, исходя из средней функциональности КП; комбинация типов сигналов может быть произвольной в рамках приведённых квот.

Благодаря своей универсальности УУКТ имеет весьма высокий потенциал для дальнейших модификаций. Имеются наработки для подключения спутниковых КП (до 223 штук) при общем количестве КП, обслуживаемых пультом управления до 224.

### ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Поскольку УУКТ полностью состоит из унифицированных компонентов, необходимость в разработке и производстве дополнительной аппаратуры отсутствует. Наличие на рынке средств автоматизации большой номенклатуры периферийных модулей формата MicroPC и других форматов позволяет проводить модернизацию системы без привлечения значительных средств и не имея производственных мощностей. Эти обстоятельства способствуют существенному снижению затрат и сроков реализации данного мероприятия. Такой подход также позволил в

процессе разработки сместить акцент в область алгоритмического и программного обеспечения, благодаря чему удалось существенно улучшить технические характеристики системы в целом и расширить её функциональные возможности.

Несмотря на то что платы АП16-5А-3 и АІМUX-32 при последовательном включении не отличаются высокими метрологическими качествами, уникальный алгоритм фильтрации позволил довести класс точности измерительных каналов КП до 0,1% в реальных условиях эксплуатации (без учета погрешностей датчиков). Фильтр состоит из двух компонентов. Первый компонент осуществляет компенсацию идентифицированных параметров математической модели ошибок измерительного тракта, откалиброванного предварительно. При этом используются аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности. Вопросы такого рода компенсации подробно рассмотрены в работах [1] и [2]. Второй компонент осуществляет фильтрацию случайной помехи. При этом фильтруется не только шум измерительного тракта, но и существенная часть случайной по-

мехи датчиков. Этот фильтр базируется на использовании двух динамических звеньев с однотипными характеристиками, как и в методе динамических измерений, некоторые аспекты которого рассмотрены в [3], [4]. Однако в данном случае, в отличие от этого метода, использованы звенья с другими передаточными функциями.

Наличие возможности введения уставок по скорости изменения аналоговых параметров делает систему способной автоматически обнаруживать разрывы и другие несанкционированные ситуации на эксплуатируемом объекте. Гальваническая изоляция подсистемы аналогового ввода от ядра системы позволяет сохранить в исправном состоянии основные компоненты УУКТ при воздействии электрических разрядов на измерительные входы (грозовые разряды). Возможность подключения различных дополнительных модулей ввода-вывода создаёт условия для работы с комплектующими различных фирм-изготовителей. Функция дистанционной перезагрузки (сброса) отдельного узла (КП) с диспетчерского пункта позволяет существенно экономить время и средства при проведении

наладочных работ, тестировании и в других ситуациях.

Универсальности УУКТ также способствуют:

- возможность работы с различным коммуникационным оборудованием (модем НИИИС, радиомодем «Теллур» и т. п.);
- гибкая конфигурация управляющих сигналов (RTS, DTR) и временных параметров аппаратуры передачи данных;
- работа с различными скоростями передачи (300...115200 бит/с).

Кроме указанных достоинств, совокупность обновлённых программно-технических средств обеспечивает:

- удобство и простоту конфигурирования;
- метку времени на блок параметров;
- синхронизацию времени подчинённых узлов и главного;
- наличие и учёт диагностической информации.

И, наконец, при замене устаревшего оборудования новым высвобождается пространство внутри монтажного шкафа (рис. 6). Это, с одной стороны, способствует улучшению теплового режи-

ма оборудования, с другой стороны, облегчает доступ эксплуатирующего персонала к аппаратуре контролируемого пункта.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование IBM PC совместимых управляющих контроллеров, предназначенных для жёстких условий эксплуатации, позволяет достаточно быстро и без существенных затрат значительно улучшить технические характеристики распределённых систем управления технологическими объектами линейной части магистрального газопровода.

В настоящее время модернизировано 61 узел (узел — элемент распределённой системы управления, соответствующий КП) системы управления линейной части магистрального газопровода (МГ) ООО «Севергазпром» в 3 линейно-производственных управлениях (ЛПУ МГ): Шекснинском, Грязовецком и Вуктыльском. В Шекснинском ЛПУ МГ модернизация проводилась в период с августа по октябрь 2002 года, при этом было реконструировано 36 узлов системы. В других ЛПУ МГ этот процесс еще не за-



Рис. 6. Размещение УУКТ в контейнере блок-бокса контролируемого пункта системы СЛТМ-СК

вершён: в Грязовецком ЛПУ МГ модернизировано 16 узлов, в Вуктыльском — 9.

Диспетчерский и эксплуатирующий персонал весьма позитивно оценивает точностные характеристики системы, гибкость и простоту её настройки.

В настоящее время, помимо завершения текущих мероприятий по модернизации, планируется провести аналогичные работы и в других ЛПУ МГ.

Следует отметить, что за период, истекший с момента внедрения новой техники, не было ни одного отказа модернизированного оборудования.

*Авторы выражают признательность сотрудникам подразделений ООО «Севергазпром»*

*Криворотко И.С., Плюхину В.Б., Глазунову Ю.А., Гудкову В.Н., Михайлову А.А., Мельникову В.А., Прокопьеву А.А., Лебедеву В.В., Иванову А.В., Колесникову В.М. за активную помощь в работе. ●*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Посохин С.В., Перминов В.Б. К решению задачи повышения точности измерительных средств инерциальных навигационных систем// Математические методы в метрологии: Межвузовский сборник научных трудов/ Под ред. Назарова Н.Г. — М.: МИП, 1989.
2. Перминов В.Б. Оптимизация системы оценки качества полёта воздушных судов на основе информации систем объективного контроля и использования компьютерных средств: Дис. ... канд. тех. наук. — СПб.: Академия гражданской авиации, 1995.
3. Пат. 1794243 СССР, МКИЗ G01L3/10. Устройство для измерения крутящего момента на валу асинхронного электродвигателя/ Перминов Б.А., Перминов В.Б., Христин И.П. — № 1747963; Заявлено 05.03.91; Опубл. 07.02.93, Бюл. № 5.
4. Перминов В.Б., Балахнов Д.А., Лихачев В.Н., Норицин А.Д. Динамические методы измерения крутящих моментов// Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2002. — № 12.

**Авторы — сотрудники  
ООО «Севергазпром»  
Телефоны: (82147) 724-58,  
723-50, 727-64**