



# Обеспечение функций сбора информации и телеуправления на объектах магистральных газопроводов

*Владимир Калабухов, Сергей Степанов*

В статье приводится описание информационно-измерительного комплекса «Магистраль-2», предназначенного для создания систем телеметрии рассредоточенных на местности объектов. Рассмотрена структура системы управления газотранспортным предприятием, построенной с использованием технических средств комплекса «Магистраль-2».

## Введение

Развитие газовой отрасли находит свое отражение в новых проектах строительства магистральных газопроводов в целях дальнейшего освоения европейского рынка газа, а также экспорта российского газа в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Стремительное развитие технологий передачи и обработки информации предъявляет к современным АСУ ТП транспортировки газа новые требования, в частности:

- возможность интегрирования в многоуровневые информационные системы;
- дальнейшее сокращение времени на сбор и обработку технологической информации;
- оперативное выявление аварийных и предаварийных ситуаций;
- управление технологическими объектами (процессами) в реальном масштабе времени, в том числе в нештатных ситуациях;
- расширение объема и повышение достоверности технологической информации.

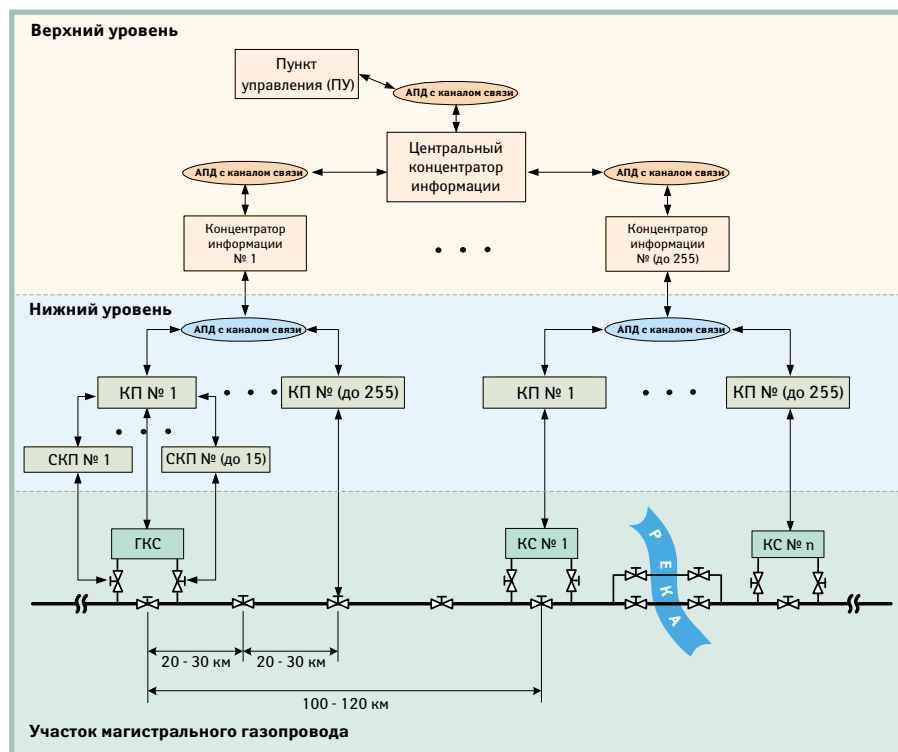
Реализация перечисленных требований во многом определяет общую структуру системы, состав и задачи верхнего и нижнего технологических уровней, а также распределение выполняемых функций между аппаратным и программным обеспечением.

Предлагаемый к рассмотрению отечественный информационно-измерительный комплекс «Магистраль-2» является качественно новым продолжением системы «Магистраль-1», широко используемой на газопроводах еще с конца восьмидесятых годов. Отличительной особенностью комплекса является его многоуровневая многопроцессорная распределенная структура с распараллеливанием задач сбора информации на нижнем технологическом уровне. Благодаря принятому блочно-модульному принципу построения аппаратных средств контролируемых пунктов (КП) и открытой архитектуре, структура комплекса позволяет максимально оптимизировать такие системно-эксплуатационные характеристики, как наращиваемость, ремонтопригодность и устойчивость к изменяющимся условиям внешней технологической среды.

Новый комплекс уже нашел внедрение на таких газотранспортных предприятиях, как «Белтрансгаз», «Югтрансгаз», «Уралтрансгаз», «Волгоградтрансгаз».



Линейная крановая площадка магистрального газопровода



Условные обозначения:

ГКС — головная компрессорная станция; КС — промежуточная компрессорная станция; СКП — сателлитный контролируемый пункт; КП — контролируемый пункт; АПД — аппарата передачи данных.

Рис. 1. Структурная схема комплекса «Магистраль-2»

## НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСА «МАГИСТРАЛЬ-2»

Информационно-измерительный комплекс «Магистраль-2» (сертификат RU.C.29.004 № 6506) представляет собой набор устройств, предназначенных для выполнения функций измерения технологических параметров, контроля и управления на объектах магистральных газопроводов, таких как пункты замера газа, линейные крановые площадки, газораспределительные пункты, удаленные технологические сооружения компрессорных станций, а также на других рассредоточенных объектах.

Комплексом выполняются следующие функции:

- измерение, преобразование и нормирование текущих мгновенных и/или интегральных значений технологических параметров как по внутреннему алгоритму, так и по командам с пункта управления;
- выдача информации о положении, состоянии и режимах работы технологического оборудования и вспомогательных объектов;
- сигнализация об аварийных ситуациях и режимах работы технологического оборудования и вспомогательных объектов;

- управление технологическими объектами;
- регулирование параметров технологического процесса;
- формирование и передача на верхний уровень телеметрической информации о состоянии каналов связи и устройств комплекса, в том числе о недостоверности получаемых данных и о невозможности выполнения команд регулирования и управления;
- защита от выполнения ложных команд или передачи ложной информации;
- автоматическое переключение устройств комплекса с рабочих на резервные источники питания при исчезновении напряжения на рабочем вводе питания и обратное переключение при его восстановлении;
- передача информации и приём команд с верхнего уровня;
- регистрация и накопление в базе данных информации о функционировании устройств комплекса и изменениях технологических параметров.

Комплекс работоспособен как автономно, так и в составе АСУ ТП и имеет возможность сопряжения с различными системами автоматизированного управления (в том числе SCADA) посредством серверов при использова-

нии в составе комплекса соответствующих драйверов и устройств сопряжения.

Надёжность комплекса определяется совокупностью принятых при проектировании мер и решений, таких как

- применение современной элементной базы промышленного исполнения;
- выбор облегчённых режимов функционирования электронных компонентов;
- жёсткий выходной контроль готовых изделий;
- гальваническая изоляция функциональных модулей;
- двойной контроль режима управления;
- дублирование цепей вторичного питания;
- применение в составе каждого функционального блока независимого вторичного источника питания;
- применение защиты от перенапряжений на входах внешних цепей сопряжения с первичными датчиками.

## АРХИТЕКТУРА КОМПЛЕКСА

Комплекс «Магистраль-2» имеет следующие уровни сбора и обработки информации (рис. 1):

- уровень линейно-производственного управления (верхний уровень);
- технологический уровень (нижний уровень).

Верхний уровень комплекса включает следующие компоненты (рис. 2):

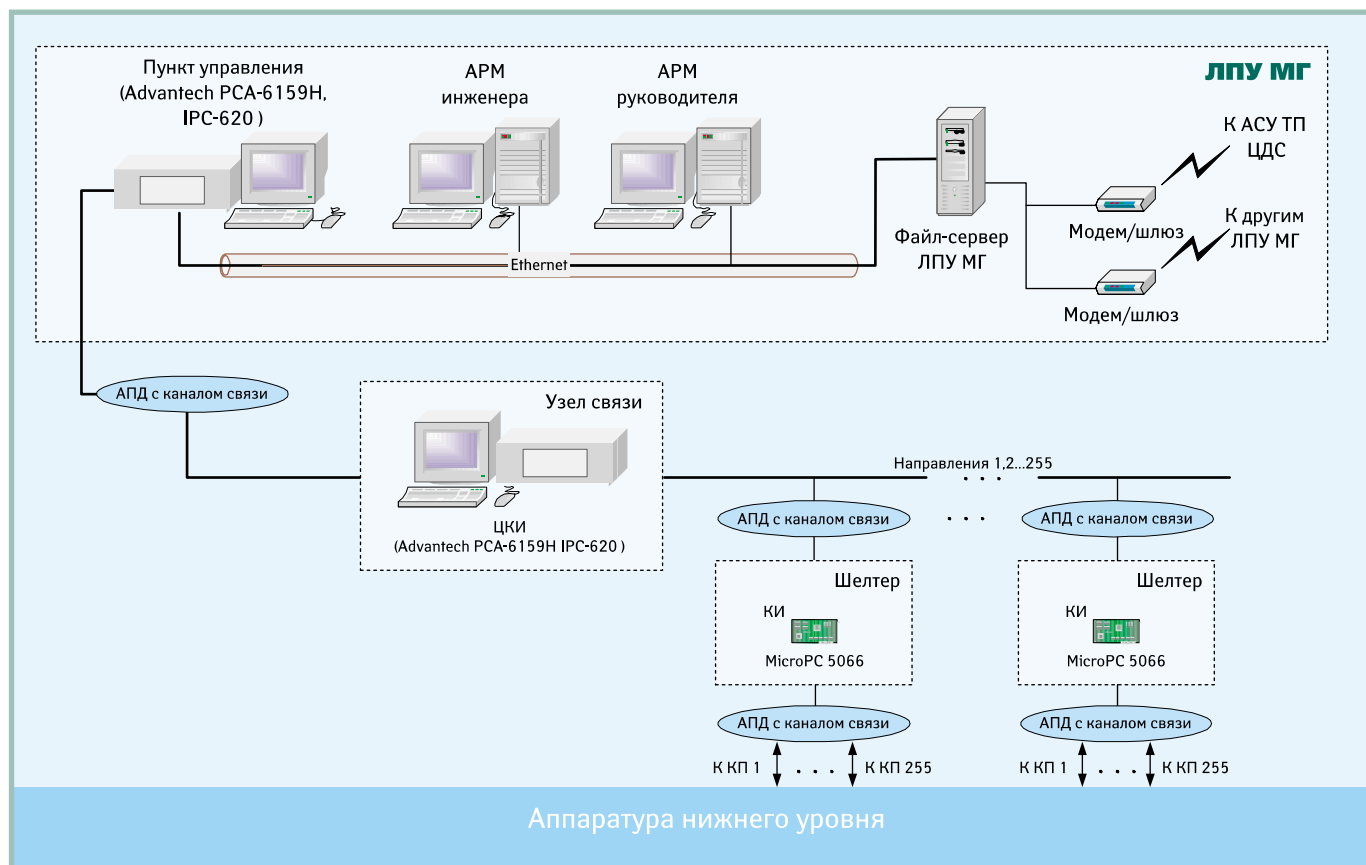
1) автоматизированные рабочие места (АРМ) диспетчеров на базе дублированных и одиночных персональных компьютеров промышленного исполнения (пункты управления — ПУ);

2) рабочие станции, функционирующие в режиме серверов и поддерживающие функции диспетчерского управления (центральные концентраторы информации — ЦКИ);

3) устройства сбора, обработки и хранения технологической информации с выделенной группы контролируемых пунктов (КП) из состава нижнего уровня комплекса (концентраторы информации — КИ).

Нижний уровень комплекса состоит из n-го количества контролируемых пунктов и сателлитных контролируемых пунктов (СКП), территориально распределённых в соответствии с расположением технологических объектов (рис. 3).

Основные технические характеристики комплекса представлены в таблице 1.



Условные обозначения:

ЦДС — центральная диспетчерская служба; ЦКИ — центральный концентратор информации; КИ — концентратор информации; ЛПУ МГ — линейно-производственное управление магистральным газопроводом; КП — контролируемый пункт; АД — аппаратура передачи данных.

Рис. 2. Верхний уровень комплекса

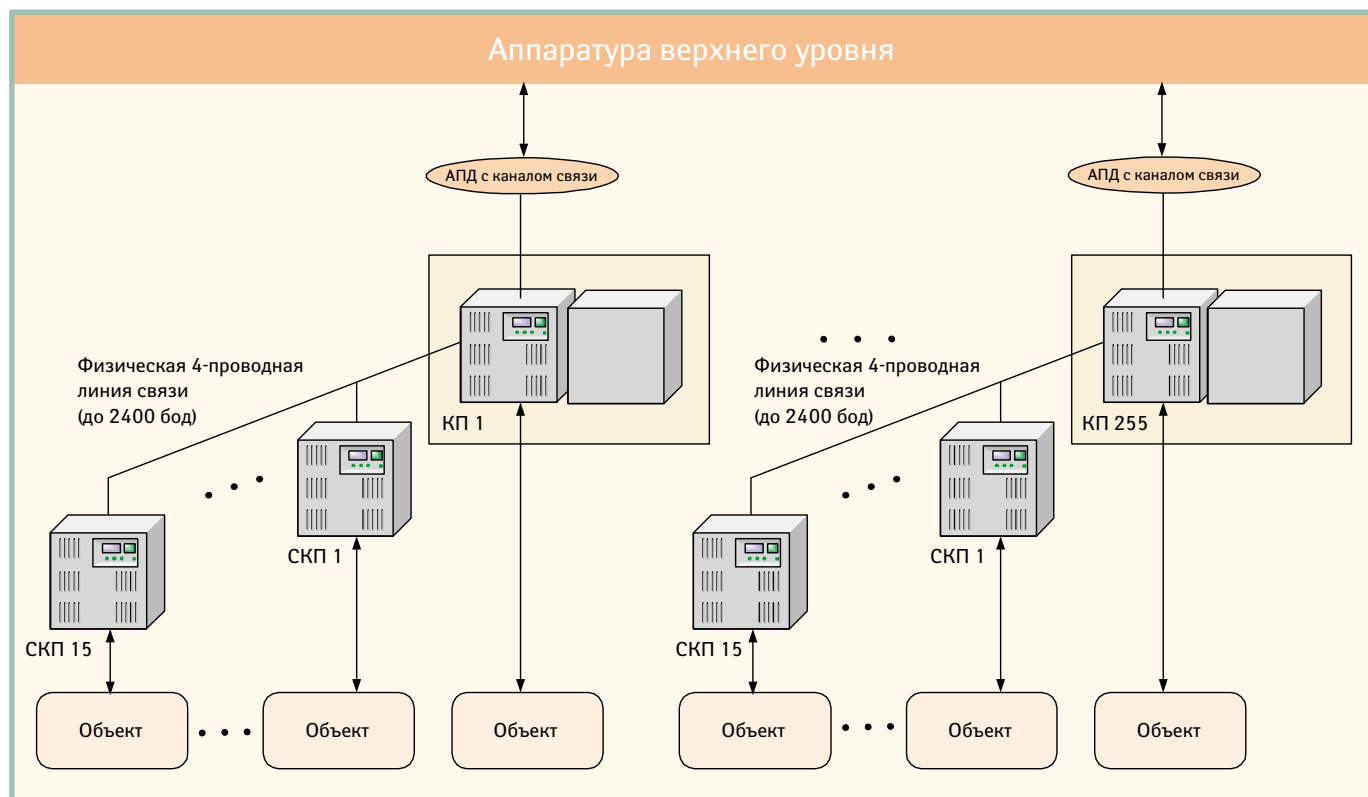


Рис. 3. Нижний уровень комплекса

### Описание составных частей верхнего уровня комплекса

Аппаратура пункта управления располагается в диспетчерской, а центральный концентратор информации — в узле связи. Связь между пунктом управления и центральным концентратором информации осуществляется с

применением стандартных средств (проволочные линии и оптоволокну).

Концентраторы информации размещаются в помещении связного оборудо-

вания базовой радиостанции (шелтере). Концентратор поддерживает на программном уровне общую базу данных нескольких контролируемых пунктов.

Таблица 1. Основные технические характеристики комплекса «Магистраль-2»

| Перечень параметров                                      | Показатель  |
|----------------------------------------------------------|-------------|
| Количество КИ под управлением одного ПУ (ЦКИ)            | до 255      |
| Количество КП под управлением одного КИ                  | до 255      |
| Количество модулей на одном КП                           | до 255      |
| Максимально возможное количество каналов на одном КП:    |             |
| измерений *                                              | до 2000     |
| сигнализации («сухой» контакт)                           | до 2000     |
| управления напряжением постоянного тока +27 В или +110 В | до 200      |
| Скорость передачи данных от главного устройства КП на ПУ | 9600 бит/с  |
| Скорость передачи данных:                                |             |
| между блоками КП                                         | 57600 бит/с |
| между устройством связи и управлением и спутниковыми КП  | 2400 бит/с  |
| Точность телеизмерений по каналам 4-20 мА                | 0,15 %      |

\* Комплексом поддерживаются следующие каналы измерений: 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА, 0,6-3 В, 1-5 В, 0-10 В, относительного сопротивления, приращения сопротивления для платиновых и медных термопреобразователей сопротивления с любой градуировкой от 50 Ом до 2 кОм. Может быть обеспечено сопряжение и с другими типами выходных сигналов.

### Пункт управления

Пункт управления (ПУ) представляет собой комплекс программно-технических средств, предназначенных для организации и выполнения в автоматическом режиме функций измерения технологических параметров, управления выходными параметрами станций катодной защиты, контроля состояния и управления линейными кранами на крановых узлах магистральных газопроводов.

На базе ПУ организуется рабочее место сменного инженера (диспетчера, оператора) линейно-производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУ МГ) или компрессорной станции (КС).

В базовый состав ПУ входят следующие компоненты:

- персональный компьютер промышленного исполнения фирмы Advantech на базе процессорной платы PCA-6159H/BARE (Pentium MMX) и 19" шасси IPC-620 с 21" монитором ViewSonic;
- принтер;
- 19" источник бесперебойного питания семейства Smart-UPS фирмы APC;
- комплект программного обеспечения «Зонд».

### Центральный концентратор информации

ЦКИ представляет собой комплекс программно-технических средств, предназначенных для выполнения всех функций, присущих ПУ. Так же как и ПУ, он имеет средства для организации человеко-машинного интерфейса и допускает выполнение функций регулирования и управления.

ЦКИ также реализован на базе персонального компьютера промышленного исполнения фирмы Advantech с процессорной платой PCA-6159H/BARE и 19" шасси IPC-620. Компьютер использует 17" монитор ViewSonic и комплект программного обеспечения «Зонд».

### Концентратор информации

Концентратор информации реализован на базе высоконадежных аппаратных средств фирмы Octagon Systems, обладающих повышенной устойчивостью к температурным и механическим воздействиям. В качестве процессорной платы использована плата MicroPC 5066. КИ не имеет средств человеко-машинного интерфейса и в автоматическом режиме выполняет функции сбора и обработки технологи-

ческой информации с подчинённых ему КП.

Конструктивно КИ выполнен в пластиковом корпусе фирмы Vorla размером 250×160×92 мм (тип ET240, степень защиты IP65), где, кроме платы MicroPC 5066, размещаются источник питания и при необходимости плата последовательного интерфейса с 4/8 портами 5554/5558. Для физического сопряжения мультипортовой платы с платой 5066 используется монтажный каркас 5252.

### Описание составных частей нижнего уровня комплекса

#### Контролируемый пункт

В составе комплекса «Магистраль-2» контролируемый пункт выполняет следующие функции:

- измерение, преобразование и нормирование текущих и интегральных значений технологических параметров;
- выдачу информации о положении, состоянии и режимах работы технологического оборудования и вспомогательных объектов, включая аварийную сигнализацию;
- управление технологическими объектами;
- регулирование параметров технологического процесса.

В состав КП входят следующие устройства:

- устройство связи и управления (УСиУ),
- устройство бесперебойного питания (УБП),

- спутниковый контролируемый пункт (СКП).

СКП в составе контролируемого пункта, как правило, выполняет функции устройства управления конкретным объектом и оформлен в виде выносного модуля КП.

Дополнительно в состав КП могут входить шкаф питания (ШкП) и блок контроля и защиты с комплектом устройств охраны и оповещения (БКЗ).

Структурная схема КП на примере наиболее широко распространённого объекта — линейной крановой площадки магистрального газопровода — приведена на рис. 4.

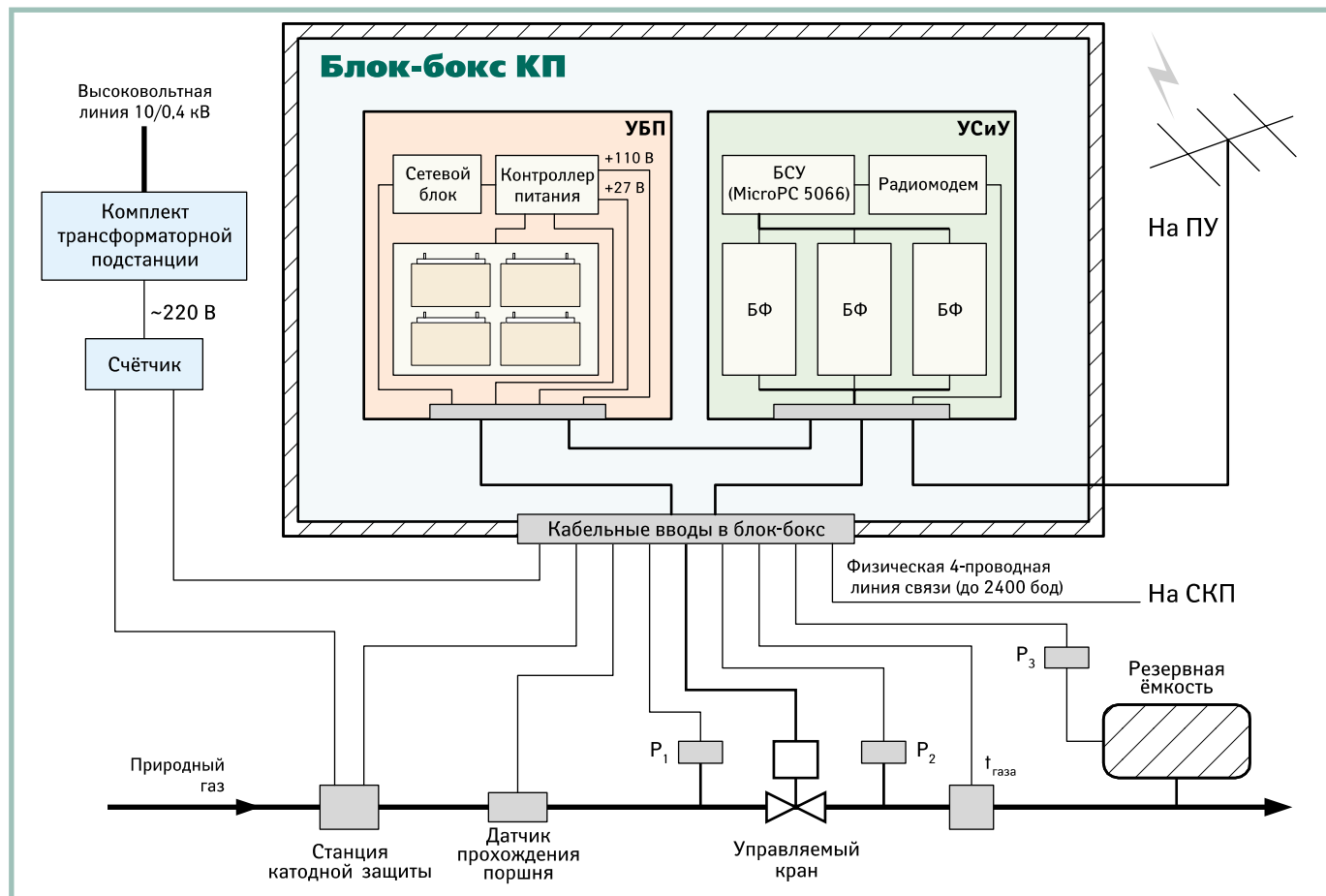
#### Устройство связи и управления

В комплексе «Магистраль-2» УСиУ совместно с УБП входит в состав контролируемого пункта (рис. 5) и выполняет функции измерения, сигнализации, управления и регулирования. Кроме того, УСиУ поддерживает функции связи с аппаратурой передачи данных верхнего уровня и СКП.

УСиУ состоит из набора функциональных блоков и устройств, выполняющих измерительно-управляющие и коммутационные функции и объединённых единым межблочным интерфейсом. Этот интерфейс включает в себя шины питающих напряжений постоянного тока +27 В и +110 В, шины отвода токов перенапряжений на защитный контур заземления, а также межблочный последовательный канал передачи данных, физический уровень которого соответствует требованиям интерфейса RS-485. Межблочный ин-



Блок-бокс контролируемого пункта  
(КП № 007, 871,2 км, газопровод «Ямал – Европа»)



Условные обозначения: БСУ — блок связи и управления; БФ — блок функциональный; P — давление газа; t — температура газа.

Рис. 4. Структурная схема КП (технологический объект — линейная крановая площадка магистрального газопровода)



Рис. 5. УСиУ (справа) и УБП (слева) внутри блок-бокса КП

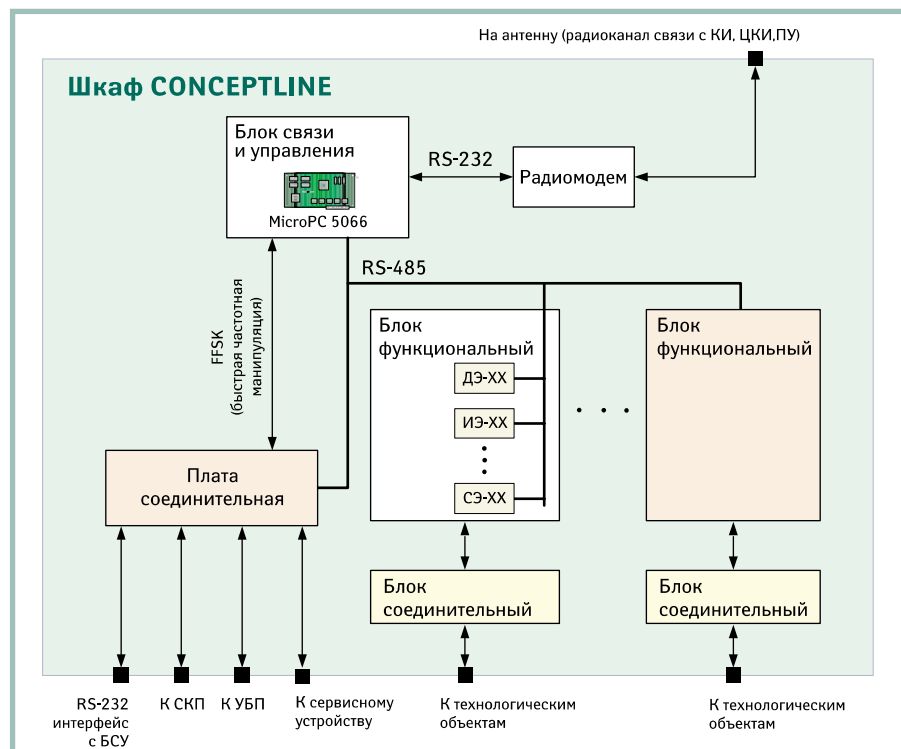
терфейс УСиУ посредством внешних кабелей связан с УБП и БКЗ.

В состав УСиУ могут входить следующие устройства (рис. 6):

- блок связи и управления БСУ,
- блок функциональный БФ на требуемое количество каналов,
- блоки соединительные БС,
- плата соединительная ПС.

Номенклатура используемых в УСиУ блоков, а также их количество зависят от конкретного технологического объекта, что определяется на стадии проектирования.

Блок БСУ выполняет управляющие функции и является связующим звеном между функциональными блока-



Условные обозначения:

ДЭ — дискретный элемент; ИЭ — измерительный элемент; СЭ — силовой элемент.

Рис. 6. Структурная схема УСиУ

ми УСиУ и устройствами верхнего уровня. По отношению к функциональным блокам УСиУ блок БСУ явля-

ется ведущим устройством, выполняющим внутренний алгоритм опроса состояний первичных датчиков. По от-

Таблица 2. Технические характеристики УСиУ

| Перечень параметров                                                    | Показатель             |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Максимальное количество каналов измерений (И)                          | 48                     |
| Максимальное количество каналов сигнализации (С)                       | 72                     |
| Максимальное количество каналов управления (У)                         | 36                     |
| Типовое количество каналов базового варианта УСиУ (И/С/У)              | 16/08/04               |
| Максимальное количество модулей в составе УСиУ                         | 31                     |
| Максимальная длина межблочного канала передачи данных УСиУ             | 1200 м                 |
| Максимальная длина линии связи между УСиУ и удаленным СКП              | 4000 м                 |
| Максимальное количество удаленных СКП                                  | 15                     |
| Скорость обмена информацией с устройством связи с ПУ                   | до 9600 бит/с          |
| Скорость обмена информацией по межблочному каналу передачи данных УСиУ | до 57600 бит/с         |
| Скорость обмена информацией между блоками УСиУ и удаленными СКП        | 2400 бит/с             |
| Силовое напряжение телеуправления                                      | 24/+110 В (пост. тока) |
| Напряжение питания УСиУ                                                | 27 В (пост. тока)      |
| Тип интерфейса межблочного канала передачи данных УСиУ                 | RS-485                 |
| Тип интерфейса с устройством связи с ПУ                                | RS-232                 |
| Тип интерфейса с удаленным СКП                                         | FFSK                   |

ношению к аппаратуре передачи данных блок БСУ поддерживает в качестве ведомого устройства транспортный протокол верхнего уровня.

Плата ПС выполняет следующие функции:

- сопряжение функциональных блоков УСиУ посредством внешнего кабеля с УБП;
- сопряжение блока БСУ с физической линией связи удаленных СКП;
- сопряжение с сервисным устройством (сервисное устройство — комплект оборудования с программным обеспечением, предназначенный для отладки функциональных модулей);
- расширение таких каналов связи, как физическая линия связи удаленных СКП, межблочный последовательный канал связи УСиУ, физическая линия связи с ПУ, ЦКИ, КИ.

Конструктивно функциональные блоки и блок БСУ выполнены в корпусах производства фирмы Vorpla. Корпуса изготовлены из высокопрочного пластика ABS, имеют размеры 250×160×92 мм и степень защиты IP65.

Блоки УСиУ крепятся к монтажной панели на задней стенке защитных шкафов типа CONCEPTLINE фирмы

Schroff. Шкафы имеют герметичную дверцу с замками и обеспечивают степень защиты IP66 для расположенной в них аппаратуры.

Технические характеристики УСиУ представлены в таблице 2.

#### Устройство бесперебойного питания

УБП включает в себя сетевой блок с элементами грозозащиты, первичные преобразователи сетевого питания переменного тока в напряжения постоянного тока +27 В и +110 В, аккумуляторные батареи ёмкостью 80 А·ч для сети +27 В, а также модули, оценивающие состояние вторичных цепей питания и обладающие возможностью их разрыва в случае обнаружения короткого замыкания. Суммарной ёмкости батарей достаточно для поддержания функционирования аппаратных средств контролируемого пункта при отсутствии сетевого питания в течение 3–45 суток (в зависимости от объёма операций).

Устройство бесперебойного питания связано с УСиУ 9-жильным кабелем.

#### Сателлитный контролируемый пункт

Сателлитный контролируемый пункт представляет собой контролиру-

емый пункт минимальной конфигурации, состоящий из одного функционального блока и одного соединительного блока. СКП используется в тех местах, где по характеру решаемых задач разворачивание многофункционального контролируемого пункта не требуется и невыгодно по экономическим соображениям. СКП имеет взрывозащищенное исполнение и предназначен для установки непосредственно на объекте во взрывоопасной зоне.

Для связи с удаленными СКП в блок БСУ может устанавливаться модуль модемного элемента МЭ, обеспечивающий физическое и логическое сопряжение между УСиУ и СКП. Для обмена данными с СКП применяется 4-проводная физическая выделенная линия связи, два провода которой используются для передачи напряжения питания постоянного тока +110 В, а два других — для обмена информацией. Обмен информацией с СКП осуществляется частотно-манипулированным аналоговым сигналом на скорости 2400 бит/с на расстояние до 4000 м. УСиУ допускает подключение СКП по радиальной схеме с организацией до двух независимых направлений. Общее количество СКП на всех направлениях

Таблица 3. Технические характеристики СКП

| Перечень параметров                                                       | Показатель            |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Максимальное количество каналов измерений                                 | 4                     |
| Максимальное количество каналов сигнализации                              | 4                     |
| Максимальное количество каналов управления                                | 4                     |
| Коммутируемые напряжения постоянного тока при управлении                  | 24 В/2 А, 110 В/0,6 А |
| Максимальная длина линии связи между УСиУ и удаленным СКП                 | 4000 м                |
| Скорость обмена информацией по междомодульному каналу передачи данных СКП | до 57600 бит/с        |
| Скорость обмена информацией между УСиУ и СКП                              | до 2400 бит/с         |
| Напряжение питания СКП                                                    | 110 В пост. тока      |
| Тип интерфейса междомодульного канала передачи данных СКП                 | RS-485                |
| Тип интерфейса с УСиУ                                                     | FFSK                  |

не должно превышать 15. Для сопряжения блока БСУ с СКП используется плата соединительная.

Сводные характеристики СКП представлены в таблице 3.

#### Функциональные модули

В соответствии с решаемыми задачами управления объектами функциональные блоки комплектуются опреде-



Рис. 7. Сборочный участок: процесс комплектации функциональных блоков модулями

ленными наборами функциональных модулей (рис. 7.)

Функциональные модули предназначены для

- преобразования входных аналоговых сигналов, снимаемых с выходов первичных датчиков, к единой шкале измерений (модули НЭ-ХХ);
- измерения температуры окружающей среды, измерения величины напряжения в цепях питания, аналого-цифрового преобразования входных токовых сигналов (модули ИЭ-ХХ);
- сбора и первичной обработки информации о положении двухпозиционных датчиков сигнализации с нормально замкнутыми или нормально разомкнутыми контактами, измерения параметров этих сигналов (количества импульсов, периода, частоты), сопряжения с первичными датчиками, имеющими цифровые частотные выходные сигналы (модули ДЭ-ХХ);
- управления двух-, трёхпозиционным объектом (модули СЭ-ХХ);
- физического и логического сопряжения УСиУ и СКП (модули МЭ-ХХ);
- формирования гальванически развязанного выходного сигнала (ток, напряжение или код), используемого в цепях управления исполнительными устройствами станции катодной защиты (модули ЭР-ХХ).

В состав модулей входят следующие узлы:

- узел управления с кварцевым резонатором и схемой запуска,
- интерфейсный узел,
- энергонезависимая флэш-память,
- функциональный узел (зависит от назначения модуля).

Узел управления выполнен на микроконтроллере с внутренней RISC-архитектурой, особенностями которого являются высокое быстродействие и низкое энергопотребление.

Этот узел функционирует под управлением специализированного про-



Рис. 8. Функциональные модули ИЗ, МЗ и СЗ (сверху вниз)

граммного обеспечения, разработанного специалистами фирмы ООО «Газприборавтоматика». Обмен данными производится с использованием расширенного протокола Modicon ModBus RTU.

Функциональные модули имеют унифицированную конструкцию в виде печатной платы размером 130×70 мм с креплениями для установки в монтажную раму функционального блока (рис. 8).

В настоящее время номенклатура функциональных модулей, входящих в систему, приблизилась к двум десяткам. При этом с целью решения задач, возникающих в процессе эксплуатации комплекса на объектах магистрального транспорта газа, а также расширения его функциональных возможностей, повышения точности измерений идет постоянная разработка усовершенствованных модификаций модулей.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА

В качестве программного обеспечения, устанавливаемого на БСУ, КИ, ЦКИ и ПУ, применяется программный пакет «Зонд», разработанный ОАО «Газавтоматика». Этот пакет обеспечивает сбор технологической информации в реальном масштабе времени, её отображение и архивирование, а также

выполнение других функций, присущих SCADA-системам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в статье комплекс «Магистраль-2» разрабатывался в период с 1993 по 1997 год в соответствии с техническим заданием, утверждённым РАО «ГАЗПРОМ» и ОАО «Газавтоматика». Задача, которая ставилась перед разработчиками, заключалась в том, чтобы создать современную отечественную систему управления для применения в крупномасштабных проектах новых магистральных газопроводов. Основное требование к комплексу — оптимальное соотношение между используемыми в системе покупными изделиями и изделиями собственной разработки по критерию «надёжность — эффективность — цена». Полученная в результате структура объединяет технические средства верхнего уровня, в полном объёме состоящие из покупных изделий, и технические средства нижнего уровня, состоящие в основном из изделий собственной разработки.

В 1997 году комплекс прошёл все ведомственные приёмо-сдаточные испытания и был запущен в серийное производство. Первые внедрения систем

проведены на объектах белорусского участка газопровода «Ямал — Европа» и ряде газотранспортных предприятий. В настоящее время решен вопрос о применении «Магистраль-2» на российском участке газопровода Россия — Турция (проект «Голубой поток»).

На основе полученного опыта эксплуатации реальных систем можно сделать следующие выводы: системы управления, построенные с использованием комплекса «Магистраль-2», во много раз дешевле импортных систем при одинаковом объёме выполняемых функций; отсутствие разрыва в цепи «идея — опытный образец — производственные испытания — серийное производство» позволяет оперативно решать вопросы адаптации системы, возникающие при работе со службами эксплуатации на местах.

На сегодняшний день одной из важнейших задач, стоящих перед разработчиками комплекса «Магистраль-2», является внедрение комплекса в нефтяную отрасль. ●

**Авторы — сотрудники**

**ООО «Газприборавтоматика»**

**Телефоны: (095) 381-2001/2701, 388-7400**