



# 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 нестандартных ситуациях;
- расширение объёма и повышение достоверности технологической информации.

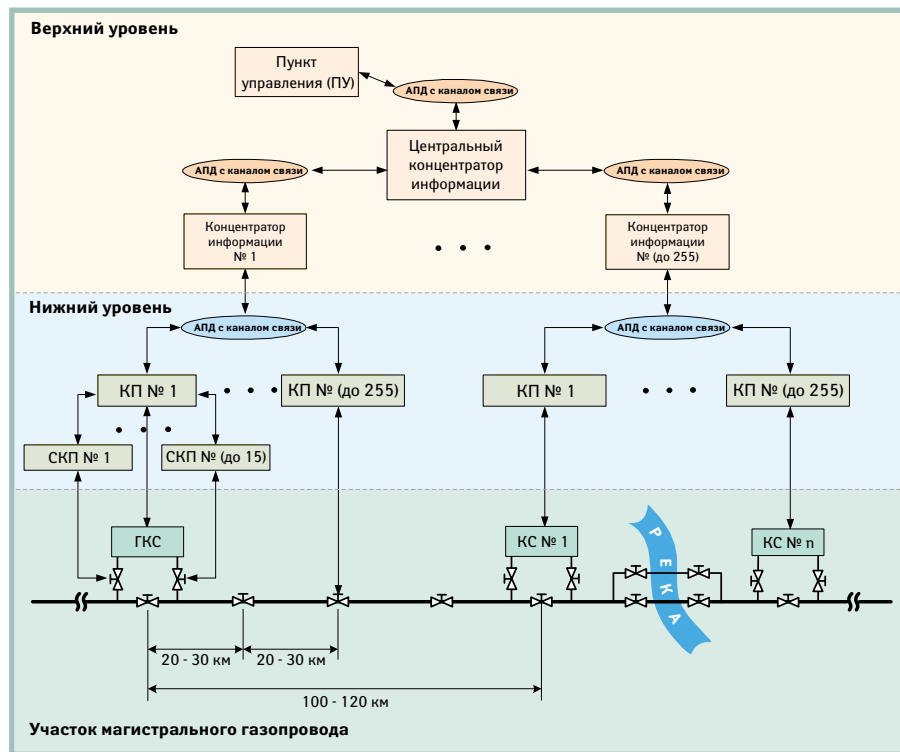
Реализация перечисленных требований во многом определяет общую структуру системы, состав и задачи верхнего и нижнего технологических уровней, а также распределение выполняемых функций между аппаратным и программным обеспечением.

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 — спутник 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, удалённые 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):

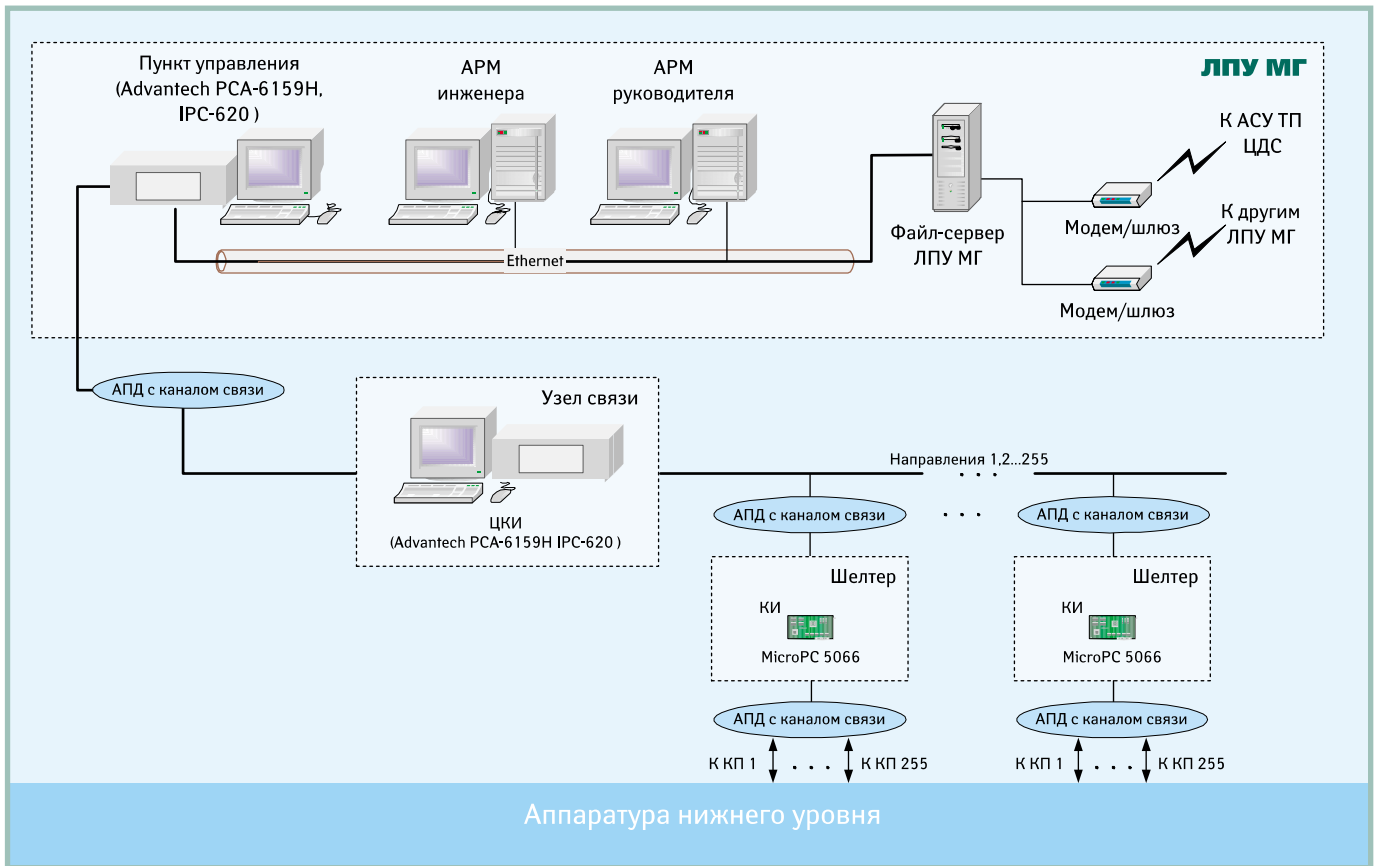
1) автоматизированные рабочие места (АРМ) диспетчеров на базе дублированных и одиночных персональных компьютеров промышленного исполнения (пункты управления — ПУ);

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 спутник 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; АПД — аппаратура передачи данных.

**Рис. 2. Верхний уровень комплекса**

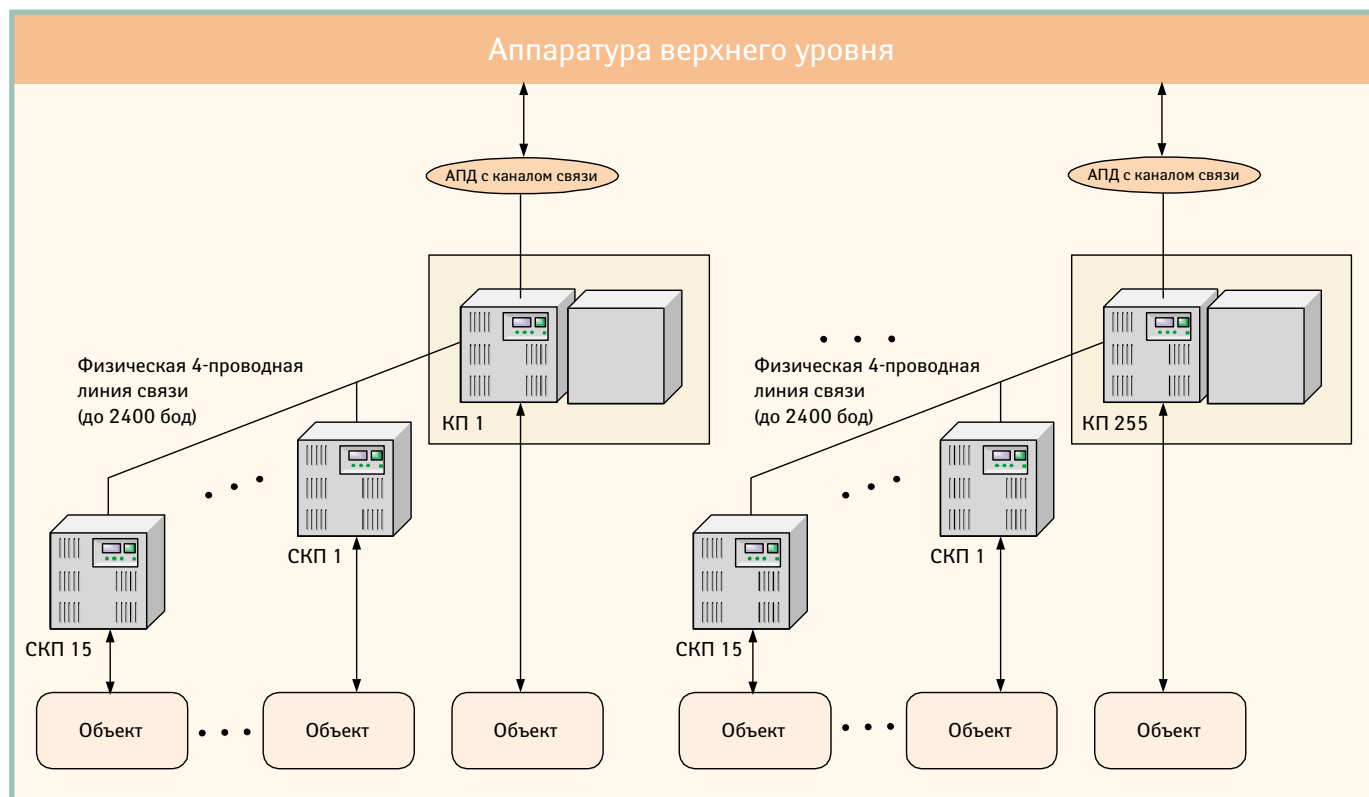


Рис. 3. Нижний уровень комплекса

### 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 оптоволокно).

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 управления 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.

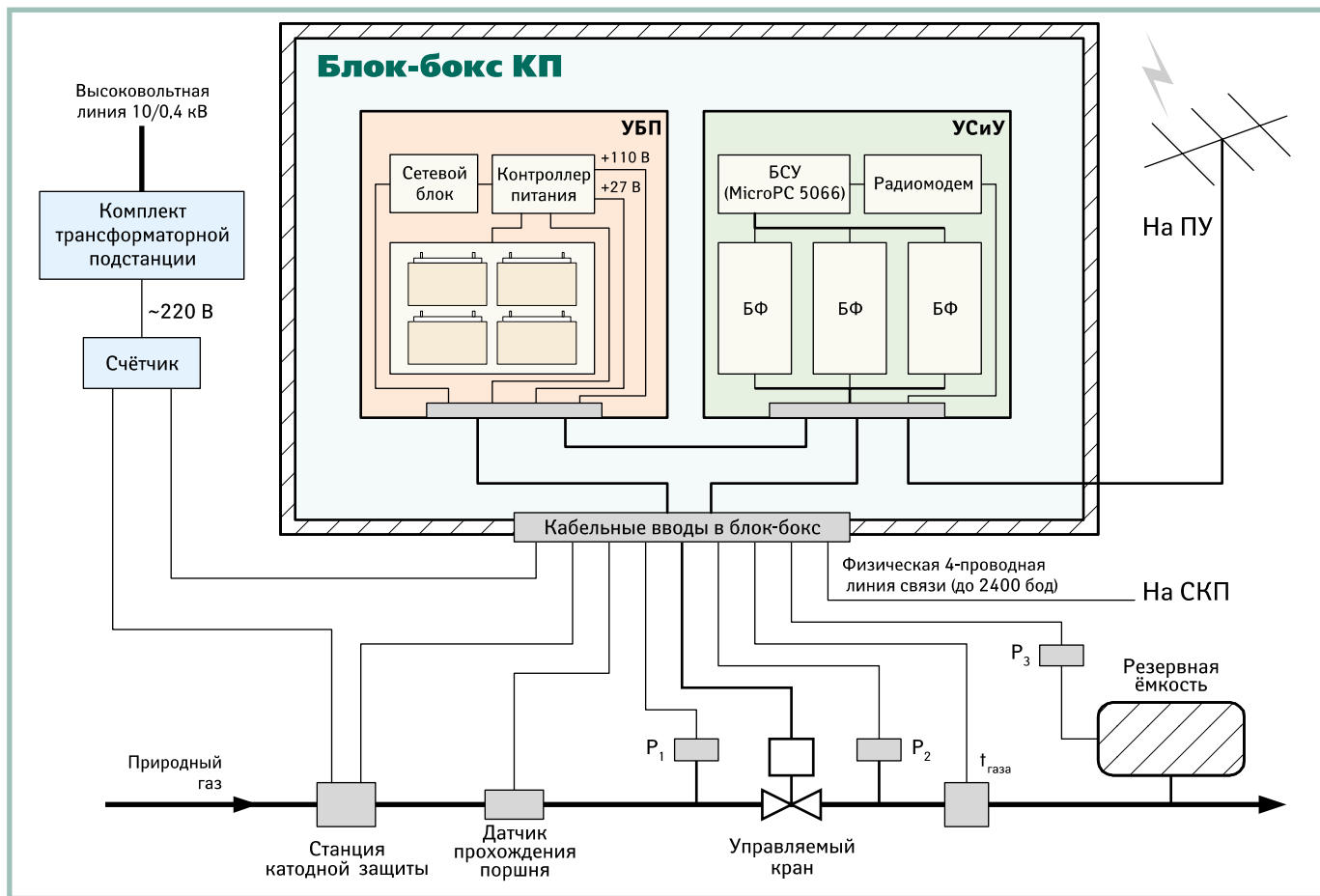
**Устройство связи и управления**

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

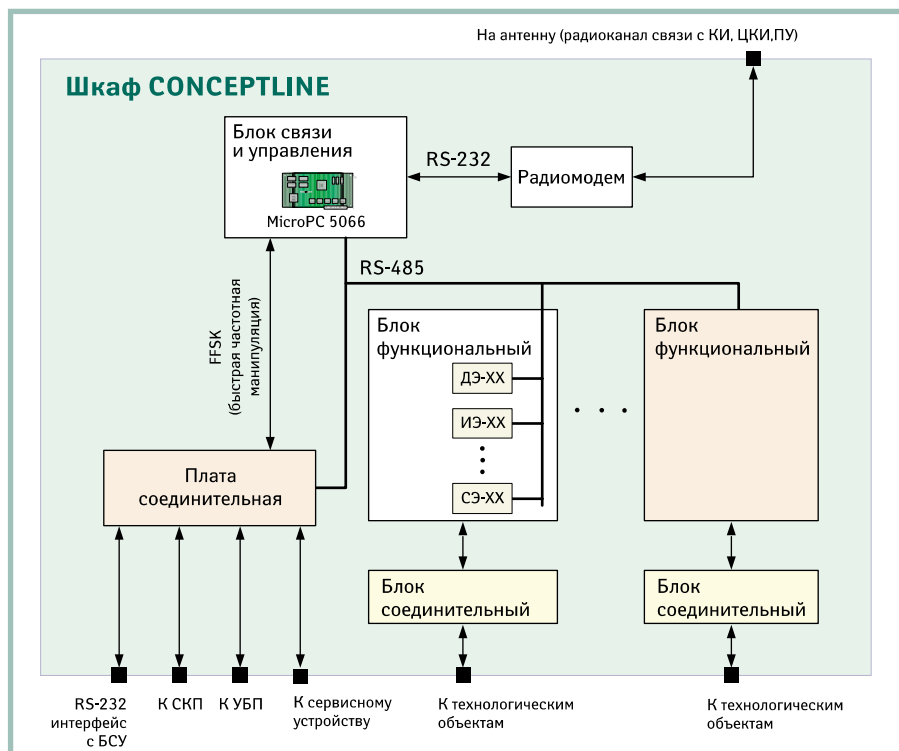
терфейс УСиУ посредством внешних кабелей связан с УБП и БКЗ.

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 Vorla. 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 взрывозащищённое исполнение и предназначен для установки непосредственно на объекте во взрывоопасной зоне.

Для связи с удалёнными 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 удалённым СКП	4000 м
Скорость обмена информацией по межмодульному 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 межмодульного 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

лёнными наборами функциональных модулей (рис. 7.)

Функциональные модули предназначены для

- преобразования входных аналоговых сигналов, снимаемых с выходов первичных датчиков, к единой шкале измерений (модули НЭ-XX);
- измерения температуры окружающей среды, измерения величины напряжения в цепях питания, аналого-цифрового преобразования входных токовых сигналов (модули ИЭ-XX);
- 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-XX);
- управления двух-, трёхпозиционным объектом (модули СЭ-XX);
- физического и логического сопряжения УСиУ и СКП (модули МЭ-XX);
- формирования гальванически развязанного выходного сигнала (ток, напряжение или код), используемого в цепях управления исполнительными устройствами станции катодной защиты (модули ЭР-XX).

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 ИЭ, МЭ и СЭ (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