

УДК 658.012.011.56 : 658.512 : 665.66

**К.Е. ГЕРАСИМЕНКО, В.И. ЯЩЕНКО**

*ЗАО «СНПО «Импульс», Украина*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ**

Рассмотрены основные подходы и особенности модернизации автоматизированных систем управления технологическими процессами компрессорных станций (АСУ ТП КС) на примере КС «Лоскутовка» УМГ «Донбасстрансгаз».

**функции контроля и управления, подсистемы АСУ ТП КС, программное обеспечение, техническое обслуживание**

### **Введение**

Северодонецкое научно-производственное объединение «Импульс» имеет многолетний опыт разработки микропроцессорных средств контроля и управления, а также систем автоматизации в различных областях промышленности.

Системы автоматизации с использованием технических средств СНПО «Импульс» на протяжении длительного времени работают в различных отраслях промышленности, в первую очередь, в атомной и газотранспортной, где за время эксплуатации показали высокие технические и надежность характеристики.

Центральным звеном АСУ ТП компрессорной станции является аппаратура верхнего уровня АСУ ТП, размещаемая на главном щите управления (ГЩУ) и обеспечивающая возможность контроля и управления оборудованием компрессорной станции во всех режимах ее работы.

АСУ ТП КС обеспечивает выполнение следующих функций контроля и управления:

- 1) контроль:
  - измерение и контроль состояния технологических параметров;
  - сигнализация состояния защит и блокировок;
  - сигнализация состояния запорных органов и механизмов;

– контроль и диагностирование технического состояния технологического оборудования и аппаратуры САУ и АСУ ТП КС;

– регистрация (архивирование) значений параметров КС;

– вычисление расчетных параметров.

2) управление:

– автоматические защиты;

– автоматические блокировки (управление);

– автоматическое регулирование;

– дистанционное управление.

Большинство из перечисленных функций реализуются в рамках следующих подсистем из состава существующей АСУ ТП КС:

– САУ газоперекачивающими агрегатами (САУ ГПА);

– САУР КС;

– САУ кранами;

– САУ контроля загазованности;

– САУ пожаротушения;

– САУ вспомогательными объектами (АВО, пылеуловители, узел подготовки пускового и топливного газа, КТП, маслоснабжение, котельная).

Ориентировочные количественные характеристики входных параметров и выходных параметров управления исполнительными механизмами АСУ ТП КС приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1  
Входные параметры АСУ ТП КС

Наименование подсистемы	Непрерывные параметры	Дискретные параметры (состояние технологических параметров и оборудования)
САУ ГПА №1-7	40 шт. x 7	100 шт. x 7
САУР КС	30 шт.	30 шт.
САУ кранами	–	40 шт.
САУ контроля загазованности	–	20 шт.
САУ пожаротушения	–	40 шт.
САУ вспомогательными объектами	50 шт.	50 шт.
Всего	360 шт.	880 шт.
Информационный объем данных	360x 16 бит = 5760 бит	880 бит
	Итого: 6640 бит	

Таблица 2  
Выходные параметры управления исполнительными механизмами АСУ ТП КС

Наименование подсистемы	Запорная арматура	Регулирующая арматура	Электродвигатели
САУ ГПА №1-7	7шт. x 2x7 = 98 шт. (открыть, закрыть)	2 шт. x 7	9 шт. x 2 x 7 = 126 шт. (включить, отключить)
САУР КС	–	1 шт.	–
САУ кранами	20 шт. x 2 = 40 шт.	–	–
САУ вспомогательными объектами	30 шт. x 2 = 60 шт.	6 шт.	20 шт. x 2 = 40 шт.
Всего	198 шт.	21 шт.	166 шт.
Информационный объем данных	198 бит	21 x 16 бит = 336 бит	166 бит
	Итого: 700 бит		

Функционально, вся аппаратура из состава перечисленных подсистем АСУ ТП КС может быть разделена на следующие составные части:

- **первичные преобразователи:** измеритель-

ные устройства, сигнализаторы, концевые выключатели, реализующие функции преобразования физических сигналов состояния технологических параметров и оборудования в электрические (цифровые) сигналы;

- **аппаратура нормализации и преобразования сигналов от первичных преобразователей,** реализующая функции ввода электрических (цифровых) сигналов от первичных преобразователей и их нормализацию (сопряжение) с электрическим (цифровым) интерфейсом ввода сигналов в аппаратуре принятия решения;

- **аппаратура принятия решений,** реализующая логическую обработку входных сигналов в соответствии с технологическими алгоритмами и выдачу электрических (цифровых) сигналов управления в исполнительную часть. Данная аппаратура функционирует в двух режимах: режиме нормальной эксплуатации (дистанционное управление, пуск, нормальный останов, регулирование) и режиме аварийных защит, предназначенном для защиты технологического оборудования КС от недопустимых режимов функционирования;

- **аппаратура исполнительной части,** реализующая функции приема сигналов от аппаратуры принятия решения и их коммутацию в цепи управления исполнительными механизмами (соленоиды кранов, электродвигатели);

- **аппаратура верхнего уровня АСУ ТП,** реализующая функции приема и передачи данных и команд, их маршрутизации, архивирования и визуализации.

**Цель статьи** – обзор АСУ ТП компрессорных станций и реализации в них требований в соответствии с [1 – 3].

### Основные подходы к модернизации

При модернизации аппаратуры АСУ ТП КС применяются следующие подходы, учитывающие особенности и требования к технологии выполнения работ и новому оборудованию:

- соблюдение требований нормативных доку-

ментов, действующих в газотранспортной отрасли;

- улучшение технико-экономических показателей эффективности работы КС как основная цель модернизации АСУ ТП;

- обеспечение фрагментарности выполнения работ;

- необходимость непрерывного автоматического контроля технического состояния оборудования и целостности кабельных связей;

- обеспечение возможности оперативного изменения диапазонов сигналов от первичных преобразователей и уставок срабатывания;

- использование непрерывных первичных преобразователей вместо дискретных сигнализаторов по технологическим параметрам для расширения возможностей контроля и изменения уставок срабатывания;

- обеспечение возможности гибкой адаптации аппаратных и программных интерфейсов, обеспечивающей поэтапное внедрение новых технических средств наряду с наличием фрагментов существующей аппаратуры.

Фрагменты АСУ ТП КС, не подлежащие замене в связи с достаточным ресурсом, интегрируются в замененные подсистемы посредством адаптации интерфейсов и протоколов взаимодействия.

Перечисленные выше функции контроля и управления АСУ ТП реализуются с использованием агрегатных средств контроля и управления АСКУ-И в каждой из подсистем АСУ ТП КС.

АСКУ-И – это комплекс технических средств автоматизации нового поколения, выпускаемых ЗАО «СНПО «Импульс»» и ориентированных на применение в АСУ ТП в качестве оборудования систем с повышенными требованиями к надежности и безопасности.

Перечень базовых компонент АСКУ-И и реализуемые ими функции приведены в табл. 3, функциональное назначение базовых компонент АСКУ-И и другого оборудования в составе АСУ ТП КС приведены в табл. 4.

Таблица 3  
Базовые компоненты АСКУ-И

Наименование	Выполняемые функции
Промышленные контроллеры МСКУ2, МСКУ3	Измерение аналоговых сигналов среднего и низкого уровней, дискретных сигналов напряжения, тока, «сухой контакт», формирование команд защит, регулирования, дистанционного управления
Промышленные рабочие станции ПС 5120	Визуализация и архивирование информации, прием и передача данных и команд
Промышленные сети и телекоммуникационное оборудование	Прием-передача информации в локальных сетях подсистем и ИВС/УВС
Исполнительные автоматы серии ИА	Управление электроприводами

Таблица 4  
Функциональное назначение технических средств из состава модернизированной АСУ ТП КС

Функциональное назначение	Технические Средства
Аппаратура верхнего уровня АСУ ТП КС	Промышленные рабочие станции ПС 5120 и сетевое оборудование
Аппаратура нормализации, преобразования и принятия решения	МСКУ
Аппаратура исполнительной части	
1) управление запорной арматурой	МСКУ
2) управление электродвигателями	Исполнительные автоматы ИА
3) топливная аппаратура ГТД	Дозатор и блок управления дозатором для НК-12 (Волчанский турбоагрегатный завод)
4) антипомпажный клапан	402-30818-00 (Fisher-Emerson)
Аппаратура первичного преобразования по параметрам:	
1) давления, перепада давления	ГПА: 2040, 2150, 2160, 2210, 2430, 2450 «Сафир М АО» (Манометр) Общестанционные: STG94L, STG97L, STD924, STD930 (Honeywell)
2) температуры (ТС)	STT25H (Honeywell)
3) температуры (ТП)	ПРс-2
4) частоты	ДЧВ-2500А
5)	(ЗЭАМ, Саратов)
6) вибрации	Виброскорость ГТД: ST652 (Metrix); Вибросмещение и осевой сдвиг компрессора: 5465Fi 5488E (Metrix)
7) загазованности	Монитор-МС (Интекс)
8) пожарной сигнализации	Фотон-М (Меридиан)
9) расхода	FloBoss 103 (Fisher-Emerson)

### Предложения по модернизации аппаратуры АСУ ТП КС

Структурная схема модернизированной аппаратуры АСУ ТП КС, схема электропитания и детализированная структурная схема САУ ГПА представлены на рис. 1 – 3 соответственно.

Характерными особенностями приведенных технических предложений по модернизации аппаратуры АСУ ТП КС являются:

1. Для АСУ ТП КС, как для АСУ ТП объекта с повышенными требованиями к надежности и безопасности, при определении базовых структурных решений, выборе технических и программных средств, использованы решения, реализованные и успешно апробированные в управляющих вычислительных системах УВС энергоблоков № 2 и № 4 Хмельницкой, Запорожской и Ровенской АЭС в 2004-2006 годах.

2. С учетом характеристик апробированных серийных технических средств, аппаратура нормализации и преобразования и аппаратура принятия решения реализуются на базе промышленных контроллеров МСКУ, а аппаратура верхнего уровня - на базе промышленной рабочей станции ПС 5120. Для обеспечения оперативного выполнения монтажных работ по стыковке САУ с кабелями от объекта, аппаратура исполнительной части (блоки реле) и оборудование для подключения объектовых кабелей размещается в кроссовом шкафу.

3. Для защиты от отказа по общей причине типа «пропадание электропитания», электропитание всей аппаратуры, входящей в состав АСУ ТП КС, осуществляется от двух станционных взаиморезервирующих источников питания напряжением 220 В переменного тока и 220 В постоянного тока. Функции резервированного питания первичных преобразователей и исполнительных механизмов (кранов, клапанов) осуществляются аппаратурой питания из состава МСКУ.

4. Для обеспечения защиты от любого типа единичного отказа в аппаратуре передачи и архиви-

рования данных контроля и управления между нижним и верхним уровнем АСУ ТП КС включает в себя два независимых канала связи, реализованных с использованием радиального (точка-точка) интерфейса RS-422, обеспечивающего помехоустойчивость для промышленной электромагнитной обстановки (ГОСТ 29156, МЭК 801-4-88). С учетом того, что общий объем данных по входным и выходным параметрам одной САУ (САУ ГПА) не превышает 8000 бит, гарантированная разрешающая способность при передаче данных между нижним и верхним уровнем составляет не более 20 ms при физической скорости передачи 115 kbit/s.

5. Для обеспечения индикации состояния особо ответственных технологических параметров и параметров состояния запорной арматуры ГПА и КС независимо от состояния контроллеров нижнего уровня (например, при экстренном останове). В состав аппаратуры верхнего уровня АСУ ТП КС введена аппаратура представления параметров безопасности (ППБ), являющаяся дополнительным средством отображения на ГЩУ особо ответственных технологических параметров и параметров состояния оборудования КС. Аппаратура ППБ размещается на оперативной панели ГЩУ.

6. Схемы экстренного останова реализуются с использованием «жесткой логики» - кнопки и электромагнитные реле (рис.3). Кнопки инициирования физических сигналов аварийного и экстренного останова по всем ГПА и КС размещаются в настольном конструктиве на рабочем месте сменного инженера.

7. Для выполнения требований по показателям надежности на отказ типа «пропуск аварии» и «ложный аварийный останов» с учетом возможности наличия скрытых неисправностей, аппаратура, реализующая функции исполнительной части по аварийным защитам и экстренному останову выполняется в троированном варианте с использованием по выходу схемы мажорирования «2 из 3-х» (рис. 3).

8. Для обеспечения возможности обмена информацией с внешними устройствами и подсистемами в составе аппаратуры верхнего уровня АСУ

ТП КС предусмотрена шлюзовая рабочая станция (шлюзовая РС).

9. В качестве технического средства, реализующего детальное представление информации о результатах контроля и диагностирования технического состояния оборудования АСУ ТП во всех режимах его работы, используется инженерная рабочая станция (инженерная РС).

10. С учетом необходимости обеспечения поэтапной модернизации входящих в АСУ ТП КС подсистем, модернизация аппаратуры верхнего уровня АСУ ТП КС выполняется в следующей этапности:

- одновременно с первой модернизированной САУ ГПА в помещении ГЩУ устанавливается следующее общестанционное оборудование: два взаиморезервирующих сервера, две клиентских станции, выполняющие функции АРМ сменного инженера, пульт аварийного и экстренного останова ГПА и КС; контроль и управление ГПА со стороны верхнего уровня выполняется от двух взаиморезервирующих АРМ через сервера и каналы связи с МСКУ;

- по мере модернизации аппаратуры остальных САУ ГПА и САУ общестанционных подсистем и подключения их к серверам, в структуру верхнего уровня добавляется АРМ №3, шлюзовая РС, инженерная РС и функционально расширяются возможности серверов и АРМ №1,2 по выполнению функций верхнего уровня вновь модернизированных подсистем.

11. МСКУ и кроссовые шкафы из состава САУ нижнего уровня размещаются в помещениях, удовлетворяющих требованию минимизации длины кабельных связей с первичными преобразователями и исполнительными механизмами, а также требованиям по климатическим условиям (согласно 7.14 СОУ 60.3-30019801-004:2004) эксплуатации аппаратуры автоматики к помещениям такого типа. Для аппаратуры САУ ГПА таким помещением может быть либо модернизированный блок автоматики, либо пристройка к контейнеру ГПА.

12. С учетом наличия требований СОУ 60.3-30019801-004:2004 к характеристикам быстродействия и архивирования данных по контурам регулирования двигателя и антипомпажного клапана ГПА не более 50 ms, при аналогичных требованиях к контурам защит и управления не более 100 ms, аппаратура регулирования выделяется в отдельный блок (программно-логический контроллер ПЛК).

13. Для обеспечения возможности оперативной перестройки диапазонов и дистанционного сервисного обслуживания первичных измерительных преобразователей, в качестве первичных измерительных преобразователей по общестанционным параметрам давления, перепада давления и температуры и параметрам температуры ГПА используются интеллектуальные датчики с выходом по HART-протоколу, типа Honeywell (табл. 4). С учетом наличия требований СОУ 60.3-30019801-004:2004 к характеристикам быстродействия контуров управления ГПА по не температурным параметрам не более 100 ms, при времени реакции (response time) на современных датчиках с цифровой обработкой сигнала в диапазоне 100-200 ms, в качестве первичных измерительных преобразователей по не температурным параметрам ГПА используются измерительные преобразователи с аналоговой обработкой сигнала типа «Сафир М АО», обеспечивающие время реакции в диапазоне 2-20 ms;

14. Функции непрерывного автоматического контроля технического состояния аппаратуры АСУ ТП включают в себя:

- контроль состояния технических и программных средств (МСКУ, ПС 5120);

- контроль целостности физических линий связи с первичными преобразователями по непрерывным и дискретным параметрам, а также безошибочности передачи данных по цифровым каналам связи;

- контроль целостности цепей управления исполнительными механизмами;

- представление на инженерной РС данных по контролю и диагностированию технического состояния аппаратуры АСУ ТП КС.

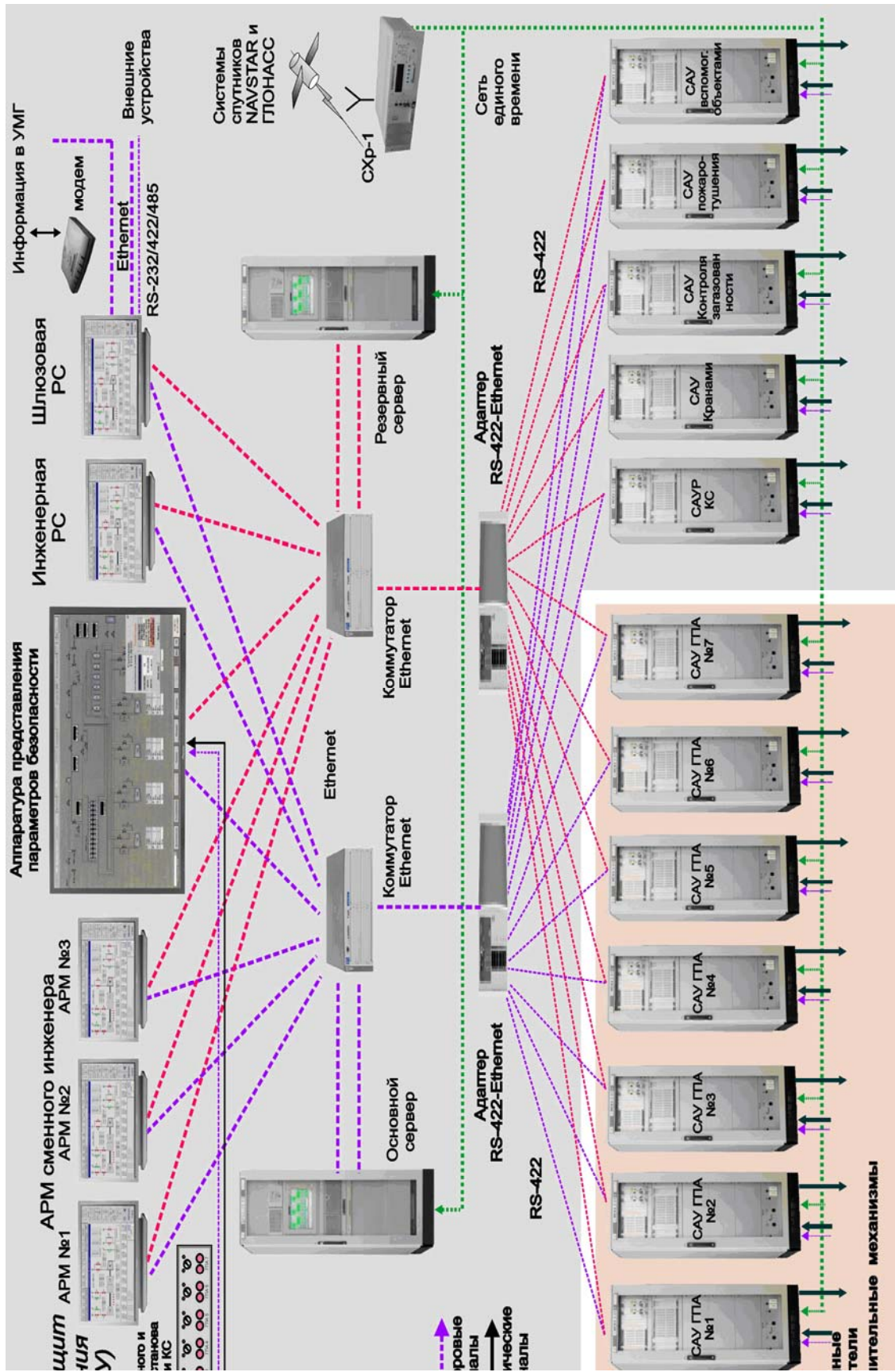


Рис. 1. Структурная схема модернизированной аппаратуры АСУ ТП КС



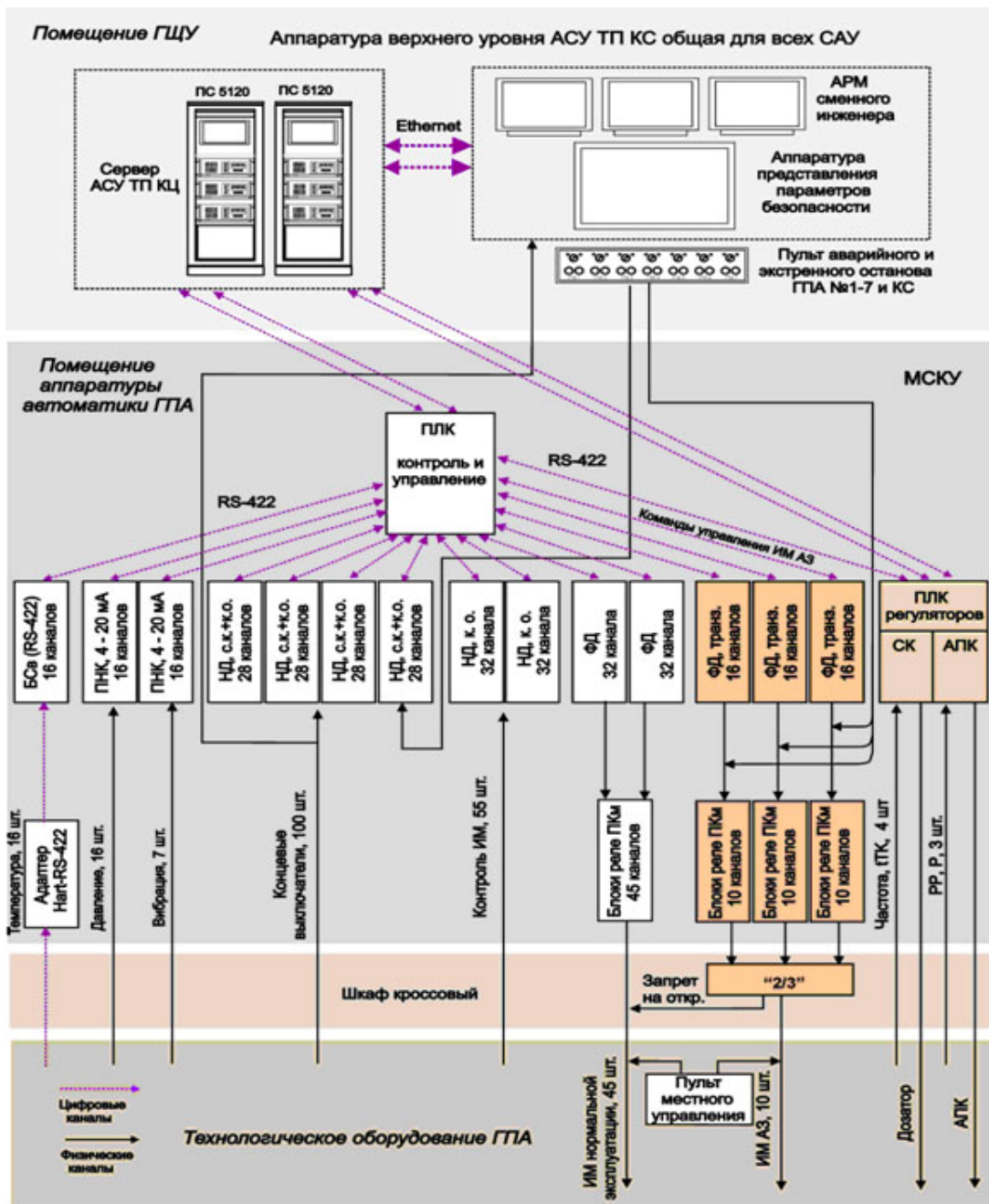


Рис. 3. Структурная схема модернизированной аппаратуры САУ ГПА

Программное обеспечение АСУ ТП КС включает в себя:

- программное обеспечение контроллеров нижнего уровня МСКУ: САУ ГПА, САУР КС, САУ кранами и др.;
- программное обеспечение аппаратуры верхнего уровня ПС 5120: сервера КС, АРМ сменного инженера, инженерная РС, шлюзовая РС.

### Техническое обслуживание

Для аппаратуры АСУ ТП КС предусмотрено два вида технического обслуживания: оперативное и регламентное.

Оперативное техническое обслуживание предусматривает мониторинг на верхнем уровне (инженерная РС) технического состояния аппаратуры АСУ ТП КС во всех режимах ее работы с использованием средств непрерывного автоматического кон-



троля.

Регламентное техническое обслуживание аппаратуры АСУ ТП КС предусматривает проведение, в соответствии с графиком профилактических и ремонтных работ для аппаратуры каждой из подсистем, следующих видов обслуживания:

- внешнего осмотра состояния аппаратуры: светодиодной индикации, крепления разъемов, кабелей;

- автоматизированной проверки работоспособности аппаратуры АСУ ТП КС (МСКУ, ПС 5120) по тестам контрольных задач с проверкой технологических алгоритмов функционирования;

- автоматизированной поверки (калибровки) каналов измерения параметров технологического процесса, оценивание и контроль погрешности срабатывания/снятия команд технологических защит и регулирования по соответствующим метрологическим тестам.

Дополнительно к перечисленным обязательным процедурам технического обслуживания, обеспечивается возможность интерактивной проверки работоспособности аппаратуры АСУ ТП КС с помощью имитационного оборудования.

Все оборудование, необходимое для выполнения процедур регламентного технического обслуживания, поставляется в составе комплектов инструмента и принадлежностей.

Аппаратура АСУ ТП КС поставляется с комплектом ЗИП, который рассчитан на обеспечение срока эксплуатации 12 лет.

В комплект поставки аппаратуры АСУ ТП КС входит комплект эксплуатационной документации, состоящий из документации на АСУ ТП (САУ), технические средства и программное обеспечение в соответствии с нормативными документами.

Разработанный испытательный стенд обеспечил имитацию динамических изменений, соответствующих как нормальным режимам функционирования, так и различным нарушениям, отказам.

## Заключение

При разработке АСУ технологическими процессами компрессорных станций используется комплекс технических решений, направленных, в первую очередь, на обеспечение повышенной живучести и надежности системы.

АСУ ИП компрессорных станций производства ЗАО «СНПО «Импульс» обеспечивает весь набор функций (в том числе – функции регулирования), современную систему представления информации, открытые средства сопряжения с другими системами.

## Литература

1. СОУ 60.3-30019801-004:2004 Системи автоматичного керування газоперекачувальними агрегатами. Основні технічні вимоги.

2. СТП 320.30019801.008-2000 Автоматизовані системи керування технологічними процесами та вимірювальні інформаційні системи. Метрологічне забезпечення. Нормування метрологічних характеристик вимірювальних каналів. Розрахункові методи визначення.

3. СТП 320.30019801.011-2000 Система стандартизації, сертифікації, метрологічного забезпечення і управління якістю продукції та виробництва. Відображення текстової та графічної інформації на рівнях автоматизованої системи керування технологічним процесом компресорного цеху та системи автоматизованого керування газоперекачувальним агрегатом.

*Поступила в редакцію 1.02.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.А. Ястребенецкий, Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, Харьков.