

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ТУРБОКОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ ИТПМ СО РАН

В.В. Гаркуша<sup>2</sup>, В.М. Гилев<sup>1</sup>, В.И. Запрыгаев<sup>1</sup>, Г.М. Собстель<sup>2</sup>, А.И. Федоров<sup>2</sup>, В.В. Яковлев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирск

<sup>2</sup>Конструкторско – технологический институт вычислительной техники СО РАН, Новосибирск

## ACQUISITION DATA SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROL BY TECHNOLOGICAL PROCESSES OF A COMPRESSOR PLANT OF ITAM SIBERIAN BRANCH OF THE RAS

V.V. Garkusha<sup>2</sup>, V.M. Gilyov<sup>1</sup>, V.I. Zapryagaev<sup>1</sup>, G.M. Sobstel<sup>2</sup>, A.I. Fedorov<sup>2</sup>, V.V. Yakovlev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB RAS, Novosibirsk,

<sup>2</sup>Design-Technological Institute of Digital Techniques SB RAS

*Distributed acquisition data system of monitoring and control by technological processes of a compressor plant of ITAM of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science is presented. A monitoring of equipment status is carried out with goal of a emergency prevention in complex technological system. Operative information is represented to staff in the form of evident symbolic circuits. This system allows to continues monitors a conditions of technological equipment of a compressor plant and to undertake necessary actions if it is necessity.*

### **Введение**

Академик Н.Н. Яненко был выдающимся математиком и механиком XX века. В то же время он понимал важность проведения экспериментальных исследований для решения фундаментальных и прикладных задач в области современной аэродинамики. При активной поддержке Николая Николаевича для эффективного проведения экспериментальных исследований в аэродинамических трубах в ИТПМ СО РАН была разработана одна из лучших в СССР многопользовательских систем автоматизации научного эксперимента на базе мини-ЭВМ СМ-4 и центральной ЭВМ БЭСМ-6.

При проведении экспериментальных исследований в сверхзвуковых и гиперзвуковых аэродинамических трубах ИТПМ СО РАН подготовка рабочего газа осуществляется на турбокомпрессорной станции (ТКС) института. Для обеспечения эффективной работы ТКС, а также для учета расходов энергетических ресурсов турбокомпрессорной станции совместными усилиями специалистов ИТПМ и КТИ ВТ СО РАН была создана автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) ТКС.

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке Программы «Энергосбережение СО РАН», интеграционных проектов СО РАН № 91 и 179, Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 09-07-00480 и 10-07-00469), а также средств фонда Бортника.

### **1. АСУ ТП турбокомпрессорной станции ИТПМ СО РАН**

Турбокомпрессорная станция является одним из важнейших технологических объектов Новосибирского научного центра (ННЦ). ТКС обеспечивает необходимые режимы функционирования целого ряда институтов Академгородка, снабжая их сжатым воздухом и технической водой. АСУ ТП турбокомпрессорной станции предназначена для контроля и управления технологическими агрегатами ТКС, а также для обеспечения безопасности функционирования агрегатов ТКС за счет оптимального и оперативного управления ими. Реализация современной АСУ ТП ТКС позволяет увеличить срок безаварийной работы оборудования, получать качественную и своевременную информацию о работе оборудования и выполнять надежный и достоверный учет выработки объемов сжатого воздуха и оборотной воды. Важность проблемы эффективного безаварийного

функционирования подобных систем подтвердил ряд техногенных аварий, которые произошли в последнее время в России на ряде сложных технических объектов.

Для контроля функционирования оборудования ТКС используются аналоговые и дискретные сигналы от первичных датчиков, сигналы вторичных приборов. Общее количество сигналов, контролирующих работу всего оборудования ТКС, и которые используются в АСУ ТП – более 560.

На рис. 1 представлен общий вид ТКС, на переднем плане показан внешний вид используемых на ТКС технологических агрегатов (компрессоров, нагнетателей и т.п.).



Рис. 1. Машинный зал ТКС

## 2. Структура АСУ ТП ТКС

АСУ ТП ТКС построена иерархически по распределенному принципу [1 – 2] и состоит из трех уровней: верхний уровень – представление информации на экранах автоматизированных рабочих мест (АРМ), ее дополнительная обработка, архивация данных и технологических сообщений; средний уровень – ввод сигналов от датчиков, их предварительная обработка и передача в АРМы, формирование команд и сигналов управления (программируемые контроллеры); нижний уровень – формирование сигналов, соответствующих значениям измеряемых физических параметров (первичные датчики).

В дальнейшем система может иметь и 4-й уровень - общеинститутский.

Исходя из состава оборудования турбокомпрессорной станции, АСУ ТП ТКС разбита на две подсистемы с примерно одинаковым количеством входных сигналов от датчиков: подсистему среднего давления для двух нагнетателей Н-70-31-1 и двух компрессоров К-500-61-1 и подсистему высокого давления для компрессоров ЗГ-100/200 и всего остального оборудования станции. Подсистемы структурно абсолютно одинаковы и отличаются только количеством каналов ввода-вывода. Это позволяет обеспечить резервирование используемого оборудования.

Структурная схема АСУ ТП ТКС приведена на рис. 2. Она содержит в своем составе:

- два АРМа оператора (машиниста) станции;
- подсистему среднего давления (агрегаты №1...№4);
- подсистему высокого давления (агрегаты №5 и №6, семь насосов, диспетчерская, тепловой узел и прочее);
- локальную вычислительную сеть (ЛВС);
- первичные датчики, установленные на объектах автоматизации (термометры сопротивлений ТСМ и ТСР, датчики давления, перепада давления и уровня серии «Метран», концевые выключатели и контакты реле – датчики типа «сухой» контакт и т.д.).

### 3. Техническая реализация АСУ ТП ТКС

Сигналы с первичных датчиков (давление, перепад давления, температура, контрольный контакт магнитного пускателя или задвижки и т.д.), установленных на агрегатах ТКС, поступают на устройства сопряжения с объектом (УСО), в которых производится измерение электрических величин и преобразование их в цифровой код. Связь блоков УСО с программируемым контроллером (ПК), в которых работают программы, осуществляющие сбор и предварительную обработку сигналов под операционной системой реального времени (ОСРВ), осуществляется по мультиабонентскому промышленному интерфейсу RS-485. Для отображения оперативной информации при пуске агрегатов в работу и выводе их в номинальный режим служат технологические мониторы, установленные в шкафах программируемых контроллеров, на которых в виде гистограмм отображаются текущие значения физических величин (параметров) основных датчиков.

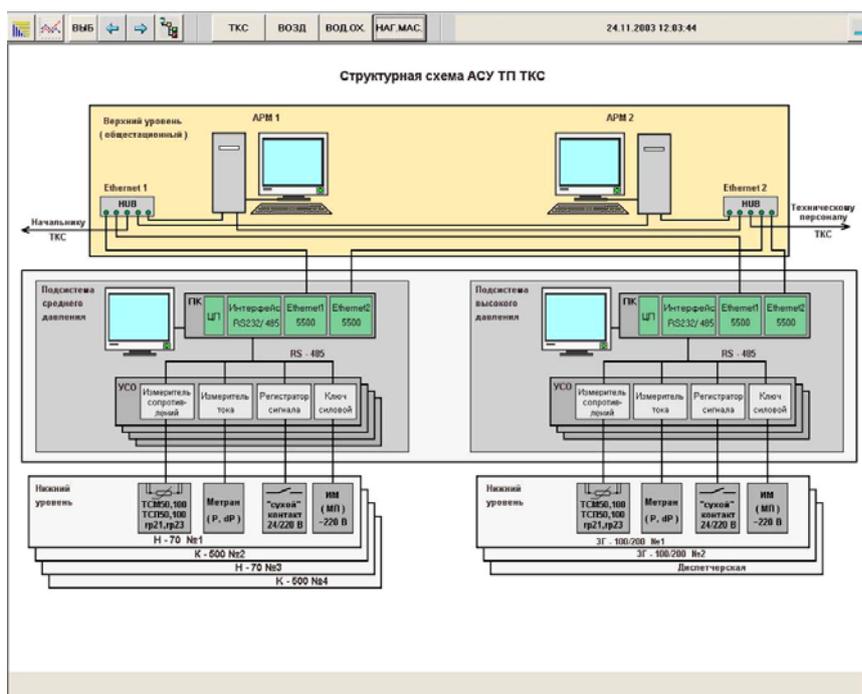


Рис. 2. Структурная схема АСУ ТП ТКС

Для предоставления полной информации машинисту станции о состоянии технологического оборудования служат два автоматизированных рабочих места, на мониторах которых отображаются необходимые видеокadres с динамическими сигналами от датчиков и сигнализацией об авариях оборудования или других нештатных ситуациях в системе. Обмен информацией ПК (средний уровень АСУ ТП) с двумя автоматизированными рабочими местами (верхний уровень АСУ ТП) осуществляется по дублированной локальной вычислительной сети Ethernet.

На рис. 3 представлены АРМ, которые обеспечивают на мнемосхемах визуализацию состояний объектов оборудования и значений технологических параметров, а так же осуществляют прием команд управления от оператора – верхний уровень АСУ ТП ТКС.

На рис. 4 в качестве примера приведен, отображаемый на АРМ оператора (машиниста станции), видеокادر системы воздухопроводов и технической воды нагнетателя - агрегата №3. На видеокadre показаны основные точки на агрегате с численными значениями параметров, которые помогают машинисту следить за технологическими процессами. В нижней части видеокadre выводится строка сигнализации, информирующая оператора о нештатной ситуации.

Один из АРМов может использоваться в качестве станции сигнализации, на которую выводится список текстовых сообщений для оператора от программ управления и других подсистем АСУ ТП с указанием степени важности сообщения: серым цветом выводятся

нейтральные сообщения; желтым – предупредительная сигнализация; красным – аварийные сообщения.

Предоставление информации о работе оборудования ТКС начальнику станции и другим неоперативным службам осуществляется с верхнего уровня АСУ ТП, от АРМ по сети Ethernet со свободных выходов HUB-ов.

Средний уровень АСУ ТП ТКС – шкафы программируемых контроллеров (ШПК).

Программируемый контроллер является микропроцессорным устройством, архитектура которого оптимизирована для работы в распределенной системе управления в реальном масштабе времени для решения следующих задач:

- получение информации от датчиков;
- первичная обработка информации;
- контроль состояния измерительных каналов;
- поддержка обменов по локальной вычислительной сети среднего уровня с АРМ;
- исполнение алгоритмов управления и выдачи управляющих воздействий на приводы объектов управления.



Рис. 3. АРМ оператора ТКС

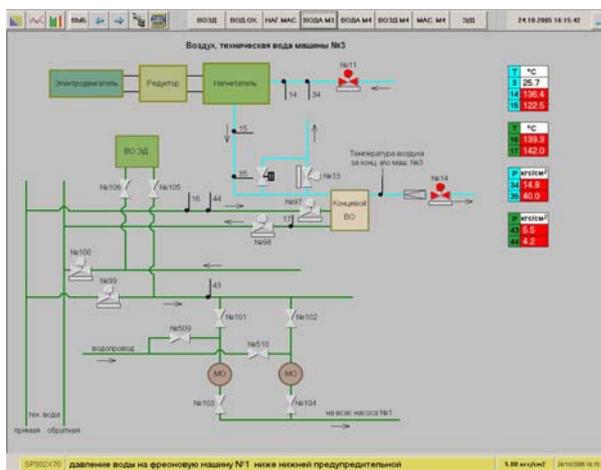


Рис. 4. Видеокادر на АРМ оператора

ПК содержат блоки устройств сопряжения с объектом и контроллеры УСО, в которых реализованы в реальном масштабе времени все алгоритмы сбора и обработки сигналов от датчиков и приборов нижнего уровня, а так же алгоритмы формирования команд управления.

Ввод сигналов с первичных датчиков в контроллер УСО и передача команд и сигналов управления с него на исполнительные механизмы (магнитные пускатели, промежуточные реле и т.д.) осуществляется через модули УСО, представляющие собой 8-канальные аналоговые измерительные модули и 16-канальные дискретные модули ввода-вывода, являющиеся основными элементами для построения АСУ ТП.

Перечень разработанных и используемых в АСУ ТП модулей УСО: Измеритель сопротивлений восьмиканальный ИС8; Измеритель тока восьмиканальный ИТ8; Измеритель напряжения восьмиканальный ИН8/50М (ИН8/1В, ИН8/5В); Регистратор дискретных сигналов РДС16/220 (РДС16/24); Ключ силовой КС16/220; Преобразователь измерительный токовый восьмиканальный ПИТ8.

Все модули имеют гальваническое разделение каналов друг от друга и от контроллера УСО на напряжение 500 В для аналоговых модулей и 1500 В для дискретных модулей. Основная приведенная погрешность измерительных модулей не превышает 0.1% [3], модули внесены в Государственный реестр средств измерений РФ, имеют сертификат об утверждении типа средств измерений.

В результате анализа доступных протоколов, при реализации интерфейса модулей УСО, был выбран протокол, используемый для работы с модулями фирм Advantech (серия «ADAM») и ИКОС, который имеет следующие особенности: данные и команды передаются

в виде ASCII-строки и управляющие строки имеют фиксированный размер для каждого типа операции.

Реализация в модулях УСО широко используемого несколькими фирмами интерфейса позволяет:

- использовать то же программное обеспечение, которое использовалось для работы с модулями «ADAM» и «ИККОС» без его модификации;

- увеличить число информационных каналов, «привязанных» к одному сетевому адресу.

Применение программно совместимых технических средств дает возможность использовать их в одной системе в оптимальной конфигурации, с точки зрения минимизации аппаратуры, без дополнительных затрат.

Модули УСО являются интеллектуальными устройствами связи с удалёнными объектами (датчиками), обеспечивающими информационный обмен с ведущим узлом сети передачи данных. Инициатором обмена выступает контроллер УСО, в качестве пассивных участников обмена данными – модули УСО. В состав контроллера УСО входят технические средства управления, сбора, хранения и обработки информации:

- центральный процессор осуществляет выполнение возложенных на ПК алгоритмов по управлению и сбору данных, организует обмен данными между техническими средствами ПК;

- сетевые модули и устройства обеспечивают обмен данными по локальной вычислительной сети среднего уровня ЛВС СУ (RS 485) и локальной вычислительной сети верхнего уровня ЛВС ВУ (Ethernet) на аппаратно-программном уровне.

Для удобства эксплуатации оборудования, особенно при его пуске, дополнительно к информации, отображаемой на мониторах АРМ, на технологическом мониторе ШПК, установленном в машинном зале ТКС, отображаются еще 32 трехцветных гистограммы выбранных начальником смены самых ответственных параметров работы двух агрегатов – одного компрессора и одного нагнетателя: зеленый цвет параметра информирует о его нормальном состоянии; желтый (голубой) – сигнализирует о выходе параметра за предупредительную уставку; красный цвет – авария.

#### **4. Программное обеспечение АСУ ТП**

Программное обеспечение (ПО) АСУ ТП ТКС делится на системное, поставляемое вместе с соответствующими вычислительными средствами и прикладное, созданное разработчиками АСУ ТП.

Прикладное программное обеспечение (ППО) делится на компоненты (подсистемы), выполняющие определенные функции АСУ ТП и функционирующие на рабочих станциях и программируемых контроллерах. Для повышения надежности и взаимозаменяемости рабочих станций копии подсистем верхнего уровня могут размещаться на двух компьютерах верхнего уровня, что позволяет использовать эти компьютеры в разных режимах: выполнение собственной функциональной роли и дублирование функциональной роли другого компьютера [4].

Разработка программного обеспечения АРМ осуществлялась в среде Borland C++ Builder под операционной системой (ОС) Microsoft Windows 2000. Для работы с базами данных использована реляционная СУБД Oracle 9.

Для автоматизированного документирования параметров работы агрегатов ТКС и выработки сжатого воздуха и его расхода были разработаны и согласованы с персоналом ТКС отчетные формы. На АСУ ТП турбокомпрессорной станции предусмотрены два типа отчетов: точная ведомость и расход сжатого воздуха ИТПМ.

#### **5. Заключение**

Успешное выполнение проекта позволило реализовать не только современную автоматизированную информационно-измерительную систему, но и оснастить агрегаты ТКС

самыми современными надежными первичными датчиками взамен морально устаревшего КИПиА, установленного более 30 лет назад и имеющего низкую надежность и ремонтпригодность.

Научно-практическая значимость результатов выполненной работы заключается в разработке и реализации программно-аппаратных средств при построении АСУ ТП ТКС с возможностью использования накопленного опыта при тиражировании подобных систем.

АСУ ТП ТКС обеспечивает выполнение следующих главных функций:

- оперативное отображение состояния технологического оборудования ТКС и отслеживаемых параметров на мониторах оператора и, как следствие, повышение оперативности принятия решений в экстренных ситуациях и снижение вероятности появления инженерных ошибок при пуске и эксплуатации оборудования ТКС;

- обработка и архивирование собранной информации;

- ведение протоколов состояния технологического оборудования и действий оператора;

- выдача в автоматизированном режиме отчетных ведомостей основных параметров работы каждого агрегата ТКС и расхода сжатого воздуха;

- обеспечение санкционированного доступа к полученной информации удаленных пользователей.

Эффективность применения АСУ ТП достигается за счет:

- снижения ремонтно-эксплуатационных расходов (более надежная работа современного КИПиА);

- экономии энергоресурсов (сокращение времени непроизводительной работы технологического оборудования ТКС);

- автоматизированного учета выработки и выдачи сжатого воздуха и воды.

Разработанные аппаратно-программные средства, комплект конструкторской документации на них позволяют осуществить практическое внедрение и тиражирование подобных систем на других энергетических установках малой и средней мощности, с количеством входных сигналов до нескольких сотен.

### **Список литературы**

1. Гилев В.М., Запрягаев В.И., Гаркуша В.В., Пищик Б.Н. Распределенная система автоматизации аэродинамического эксперимента // Материалы Международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании», Алматы, Казахстан, 7 – 9 октября 2004 г., Ч. II. – Алматы – Новосибирск, 2004. – С. 93 – 99.
2. Gilyov V.M., Zapryagaev V.I., Pevzner A.S., Garkusha V.V., Pishchik B.N., Surodin S.P., and Fedorov A.I. Application of a two-level system of experiment automation in a supersonic blowdown wind tunnel // Intern. Conf. on the Methods of Aerophys. Research: Proc., Pt. IV. Novosibirsk, 2004. – P. 166 – 170.
3. Гаркуша В.В., Кондаков В.Ю., Коньшев А.В., Шейнин Э.М. Нормирование погрешности средств измерений с периодически корректируемой статической характеристикой // Измерительная техника, № 9, 2004. – С. 8 – 10.
4. Б.Н. Пищик, Л.А. Воронцова, П.В. Йосифов, В.Д. Нескородев, В.В. Окольников, Т.М. Осокина, А.И. Федоров, Д.В. Чернаков. Разработка автоматизированной системы управления технологическими процессами северомуйского тоннеля // Автотметрия, №3, том 44, 2008. – С. 119 – 126.
5. В.В. Гаркуша, Г.М. Собстель, С.П. Сурадин, В.В. Яковлев, В.М. Гилев, В.И. Запрягаев, Б.Н. Пищик. АСУ ТП турбокомпрессорной станции ИТПМ СО РАН // Проблемы информатики. – 2009, № 3. – С. 85–93.