

## Автоматизированная система управления технологическими процессами турбокомпрессорной станции

В. В. Гаркуша, Г. М. Собстель, С. П. Суродин, В. В. Яковлев,  
В. М. Гилев\*, В. И. Запрягаев\*, Б. Н. Пищик\*\*

Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

\*Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

\*\*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, Россия

Рассматривается автоматизированная система управления технологическими процессами турбокомпрессорной станции Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН. В системе выделены три уровня: верхний уровень – уровень представления информации на экранах автоматизированных рабочих мест, архивация данных и технологических сообщений; средний уровень – уровень ввода сигналов от датчиков, их измерение, обработка и передача на АРМ; нижний уровень – уровень формирования сигналов, соответствующих значениям измеряемых физических параметров. Исследуется структура комплекса программно-технических средств АСУ ТП, приводятся решаемые системой задачи.

**Ключевые слова:** автоматизированные системы управления технологическими процессами, автоматизированное рабочее место, программируемые контроллеры.

The automated control system of technological processes of a turbo-compressor station ITAM of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science is considered. In system 3 levels are allocated: top level – level of representation of the information on screens of the automated workplaces (AW), archiving of the given and technological messages; an average level – level of input of signals from probes, their measurement, processing and transfer on AW; the bottom level – level of formation of the signals corresponding to values of measured physical parameters. Are considered structure of a complex of software and hardware means of automated control systems of technological processes, problems solved by systems are resulted.

**Key words:** automated control systems of technological processes; the automated workplace; programmed controllers.

**Введение.** Турбокомпрессорная станция (ТКС) является одним из важнейших технологических объектов Новосибирского научного центра, которая в настоящее время в соответствии со своими производственными мощностями обеспечивает необходимые режимы функционирования ряда институтов Новосибирского Академгородка, снабжая их сжатым воздухом и технической водой. Годовая выработка на ТКС сжатого воздуха и оборотной воды, основными потребителями которых в настоящее время являются Институт ядерной физики СО РАН и Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, составляет 25÷30 млн м<sup>3</sup> и 4,4÷5,0 млн м<sup>3</sup> соответственно.

В ТКС установлены мощные технологические агрегаты (компрессоры, нагнетатели, насосы и т. д.), системы управления и регистрации для которых выполнены в 50–60 гг. XX в. Это стрелочные приборы или самописцы, выводящие результаты на бумажный носитель, без какой-либо возможности подключения к ЭВМ. Показания стрелочных приборов записываются оператором вручную непосредственно в рабочий журнал, также вручную по определенным алгоритмам, на основе показаний приборов подсчитывается расход ресурсов.

---

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 07-07-00134), Фонда Бортника, в рамках Программы "Энергосбережение СО РАН", заказного Интеграционного проекта № 179 СО РАН, а также основного бюджета Конструкторско-технологического института вычислительной техники СО РАН и Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН.



Рис. 1. Машинный зал турбокомпрессорной станции



Рис. 2. Пульт управления агрегатами ТКС

Общий вид ТКС представлен на рис. 1, где на переднем плане приведен внешний вид используемых на ТКС технологических агрегатов. На рис. 2 показаны шкафы управления этими агрегатами. Низкая точность измерения основных параметров и устаревшая система регистрации приводила к существенным расхождениям в результатах учета ресурсов, проводимых различными организациями. В некоторых случаях различие учетных параметров достигало 50 % результатов, которые фиксировались потребителями этих ресурсов.

В силу сказанного выше была поставлена задача создания современной автоматизированной системы управления (АСУ) технологическими процессами, которая должна быть предназначена для контроля и управления технологическими агрегатами турбокомпрессорной станции, а также для обеспечения безопасности функционирования агрегатов ТКС за счет оптимального и оперативного управления ими. Реализация современной АСУ ТП ТКС позволит увеличить срок безаварийной работы оборудования, получать качественную и своевременную информацию о работе оборудования и выполнить надежный и достоверный учет объемов выработки сжатого воздуха и оборотной воды.

Турбокомпрессорная станция включает следующее технологическое оборудование: 2 нагнетателя Н-70-31-1 (агрегаты № 1, 3); 2 компрессора К-500-61-1 (агрегаты № 2, 4); 2 компрессора ЗГ-100/200 (агрегаты № 5, 6); 6 насосов центробежных 8НДВ и 1 насос 300Д90АФ; диспетчерскую, тепловой узел и др.

При обследовании технологического оборудования ТКС определены места установки датчиков, обеспечивающих контроль за функционированием технологических агрегатов ТКС, типы и количество измеряемых параметров. 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 сигналов, которые необходимо использовать в АСУ ТП, составляет 564.

**1. Структурная схема АСУ ТП ТКС.** Современные АСУ ТП для больших и средних объектов автоматизации, как правило, имеют несколько уровней иерархии [1–3]. Многоуровневые системы автоматизации, в отличие от двухуровневых систем, служащих для автоматизации наиболее простых экспериментов с ограниченным количеством измеряемых каналов и не требующих сложной обработки экспериментальных результатов, используются для автоматизации сложных научных и технологических промышленных установок. Такие системы позволяют вводить и обрабатывать экспериментальные данные по нескольким десяткам и даже сотням каналов в режиме реального времени. Функционально системы подобного типа содержат два и более компьютеров или промышленных контроллеров, которые расположены на разных уровнях и объединены в единую компьютерную сеть. Нижний уровень – первичные датчики (контрольно-измерительные приборы и аппаратура – КИПиА), средний уровень – устройства сбора и обработки сигналов, верхний уровень – рабочие места операторов, далее может идти уровень АСУ ТП предприятия и т. д.

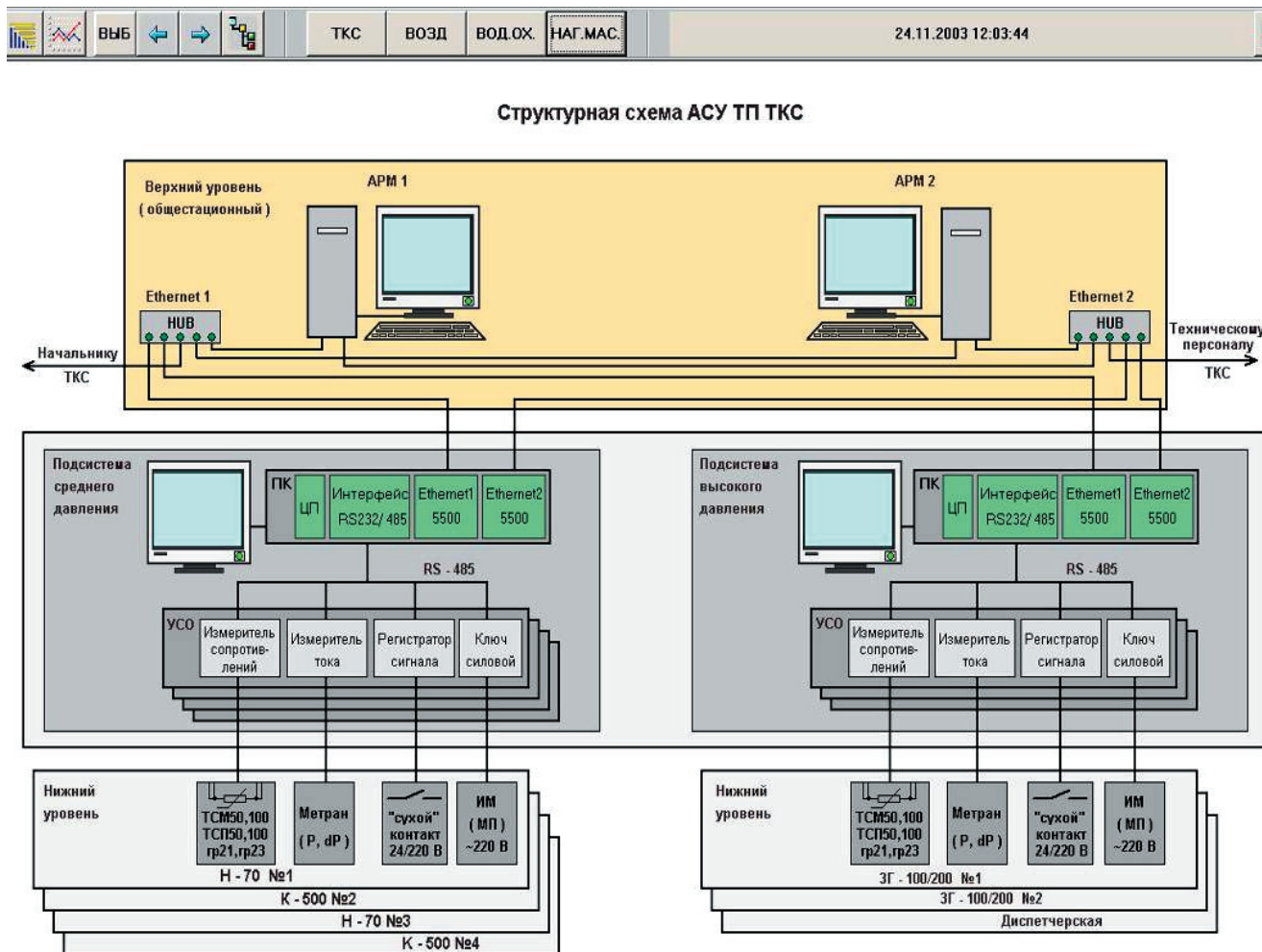


Рис. 3. Структурная схема АСУ ТП ТКС

АСУ ТП ТКС (объекта автоматизации средних размеров) иерархически построена по распределенному принципу 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 на АРМ, формирование команд и сигналов управления (программируемые контроллеры); нижний уровень – формирование сигналов, соответствующих значениям измеряемых физических параметров (первичные датчики).

В дальнейшем система может иметь и четвертый уровень – общеинститутский.

Исходя из состава оборудования турбокомпрессорной станции, АСУ ТП ТКС разделена 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 остального оборудования станции. Структуры подсистем одинаковы, различие только в количестве каналов ввода-вывода.

АСУ ТП ТКС (рис. 3) состоит из двух АРМ оператора (машиниста) станции; подсистемы среднего давления (агрегаты № 1... № 4); подсистемы высокого давления (агрегаты № 5, 6, семь насосов, диспетчерская, тепловой узел и др.); локальной вычислительной сети (ЛВС); первичных датчиков, установленных на объектах автоматизации (термометры сопротивлений ТСМ и ТСП, датчики давления, перепада давления и уровня серии "Метран", концевые выключатели и контакты реле – датчики типа "сухой" контакт и т. д.).

**2. Практическая 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 программируемыми контроллерами (ПК), в которых работают программы, производящие сбор и предварительную обработку сигналов под операционной системой реального времени (ОСРВ), осуществляется по мультиабонентскому промышленному интерфейсу RS-485. Оперативная информация при пуске агрегатов в работу и выводе их в номинальный режим отображается на экранах технологических мониторов, установленных в шкафах программируемых контроллеров. При этом в виде гистограмм отображаются текущие значения физических величин (параметров) основных датчиков. Для предоставления машинисту станции полной информации о состоянии технологического оборудования служат два АРМ, 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. 4 представлены АРМ, которые обеспечивают на мнемосхемах визуализацию состояний объектов оборудования и значений технологических параметров, а также осуществляют прием команд управления от оператора (верхний уровень АСУ ТП ТКС).

На рис. 5 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.

Одно из АРМ 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 (рис. 6): 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.

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;



Рис. 4. Автоматизированные рабочие места дежурного персонала станции

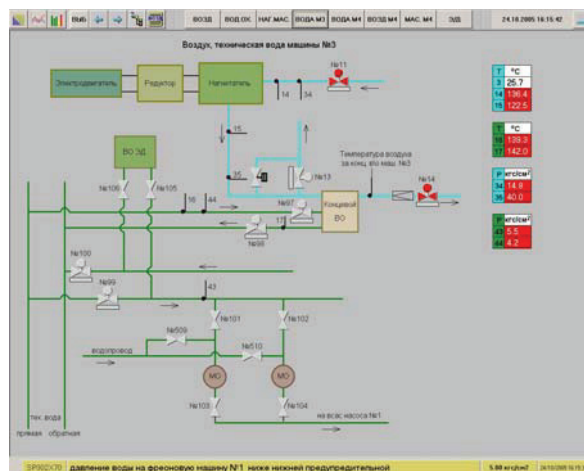


Рис. 5. Видеокادر на АРМ оператора



Окно Настройки О сервере сигнализации...

Всего: 94

**Станция сигнализации**

Сегодня: 08/06/2005 10:57:26

Сообщение

Уставка Дата/Время

ККС	Сообщение	Уставка	Дата/Время
HT311X70	температура подшипника редуктора заднего ведущий в нагнетателе Н-70-31-1 №3 <b>недостовверен</b>	73.00 °C	08/06/2005 11:03:17
KP445X70	давление масла на смазку подшипников компрессора К500-61-1 №4 <b>достовверен</b>	2.00 кгс/см2	08/06/2005 11:03:15
HT304X70	температура подшипника ОП-УП (опорной части) нагнетателя Н-70-31-1 №3 <b>выше верхней предупредительной</b>	73.00 °C	08/06/2005 11:03:14
KT401X70	Температура опорного подшипника компрессора К500-61-1 №4 <b>ниже нижней аварийной</b>	25.00 °C	08/06/2005 11:03:14
KT416X70	температура воздуха после 2 группы колёс компрессора К500-61-1 №4 <b>в норме</b>	50.00 °C	08/06/2005 11:03:14
KT417X70	температура воздуха после компрессора К500-61-1 №4 <b>выше верхней аварийной</b>	25.00 °C	08/06/2005 11:03:13
KT421X70	температура воды после 2 секции 2 промежуточного охладителя компрессора К500-61-1 №4 <b>в норме</b>	25.00 °C	08/06/2005 11:03:10
KT420X70	температура воды после 1 секции 2 промежуточного охладителя компрессора К500-61-1 №4 <b>выше верхней предупредительной</b>	50.00 °C	08/06/2005 11:03:10
KT415X70	температура воздуха после 1 группы колёс компрессора К500-61-1 №4 <b>ниже нижней аварийной</b>	25.00 °C	08/06/2005 11:03:05
SP303X70	давление воды на фреоновую машину №2 <b>выше верхней предупредительной</b>	5.00 кгс/см2	08/06/2005 11:03:02
SM315X70	Влажность осушенного воздуха в блоке осушки среднего давления агрегата №1 <b>в норме</b>	40.00 ppm	08/06/2005 11:03:02
HT308X70	температура подшипника редуктора передний ведущий в нагнетателе Н-70-31-1 №3 <b>выше верхней предупредительной</b>	73.00 °C	08/06/2005 11:03:01
KT427X70	температура меди 1 фазы эл.двигателя компрессора К500-61-1 №4 <b>ниже нижней предупредительной</b>	40.00 °C	08/06/2005 11:02:58
KP442X70	давление воздуха перед 1 секцией компрессора К500-61-1 №4 <b>недостовверен</b>	8.00 кг/см2	08/06/2005 11:02:54
HT317X70	температура воды за концевым воздухоохладителем в нагнетателе Н-70-31-1 №3 <b>недостовверен</b>	73.00 °C	08/06/2005 11:02:39
KT403X70	температура упорная части ОП-УП компрессора К500-61-1 №4 <b>выше верхней аварийной</b>	73.00 °C	08/06/2005 11:02:36
HP335X70	давление воздуха за нагнетателем Н-70-31-1 №3 <b>недостовверен</b>	21.00 кгс/см2	08/06/2005 11:02:30
HT303X70	температура подшипника ОП-УП (не раб. колодки) нагнетателя Н-70-31-1 №3 <b>выше верхней предупредительной</b>	73.00 °C	08/06/2005 11:02:33
KP444X70	давление воздуха после 2 секции компрессора К500-61-1 №4 <b>в норме</b>	3.00 кгс/см2	08/06/2005 11:02:20
KT422X70	температура воды после концевого воздухоохладителя компрессора К500-61-1 №4	50.00 °C	08/06/2005 11:02:16

Рис. 6. Сообщения на станции сигнализации

- 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.

ШПК содержат блоки устройств сопряжения с объектом (УСО) и контроллеры УСО, в которых в реальном масштабе времени реализованы алгоритмы сбора и обработки сигналов от датчиков и приборов нижнего уровня, а также 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 восьмиканальные аналоговые измерительные модули и шестнадцатиканальные дискретные модули ввода-вывода, являющиеся основными элементами для построения АСУ ТП.

Разработаны и используются в АСУ ТП следующие модули 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. 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 % [4], модули внесены в Государственный реестр средств измерений РФ, имеют сертификат об утверждении типа средств измерений.

Модули предназначены для установки в каркас (например, фирмы "Schroff"), выполненный в соответствии с требованиями европейского стандарта МЭК 60297 (стандарт 4U "Евромеханика").

Для связи с контроллером УСО модули УСО имеют стандартный аппаратный последовательный интерфейс RS-485. При разработке программного интерфейса учитывались следующие требования: возможность контроля структуры принимаемого пакета; помехозащищенность передаваемых данных; минимизация используемых ресурсов микроконтроллера модуля УСО; простота реализации алгоритмов интерфейса; совместимость с существующими интерфейсами и протоколами работы с модулями УСО.

В результате анализа доступных протоколов при реализации интерфейса модулей УСО выбран протокол, используемый для работы с модулями фирм "Advantech" (серия "ADAM") и "ИККОС", 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 интерфейса, широко используемого несколькими фирмами, позволяет:

- использовать без модификации программное обеспечение, которое применялось для работы с модулями "ADAM" и "ИККОС";

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

Применение программно совместимых технических средств позволяет использовать их в одной системе в оптимальной, с точки зрения минимизации аппаратуры, конфигурации, не требующей дополнительных затрат.

Модули УСО являются интеллектуальными устройствами связи с удаленными объектами (датчиками), обеспечивающими информационный обмен с ведущим узлом сети передачи данных. Инициатором обмена данными является контроллер УСО, пассивными участниками – 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, помимо информации, отображаемой на мониторах АРМ, на технологическом мониторе ШПК, установленном в машинном зале ТКС, отображаются 32 трехцветные гистограммы выбранных начальником смены наиболее ответственных параметров работы двух агрегатов – одного компрессора и одного нагнетателя: зеленый цвет информирует о нормальном состоянии параметра; желтый (голубой) сигнализирует о выходе параметра за предупредительную уставку; красный цвет – авария (рис. 7).

Опыт пробной эксплуатации АСУ ТП ТКС выявил необходимость дополнить ее системой резервной индикации (СРИ), позволяющей поддерживать работоспособность АСУ ТП при отказе программируемого контроллера ШПК. Основная идея функционирования СРИ заключается в следующем. Во время штатной работы АСУ ТП пла-

та WD (watch dog) СРИ, установленная в каркас основного контроллера, по определенным критериям производит анализ работы оборудования ПК.

При нормальном функционировании аппаратуры ПК и его программного обеспечения СРИ находится в режиме "ожидания", получая информацию о входных сигналах от основного ПК по последовательному каналу связи. При этом на монитор СРИ в виде 32 трехцветных гистограмм выводится информация о параметрах функционирования двух выбранных оператором с помощью пульта управления СРИ агрегатов ТКС. Эти данные дополняют информацию, выводимую на экран технологического монитора ШПК, наиболее ответственных параметров выбранных оператором агрегатов ТКС. Таким образом, на двух мониторах – технологическом ШПК и мониторе СРИ – можно отобразить информацию о наиболее ответственных пара-

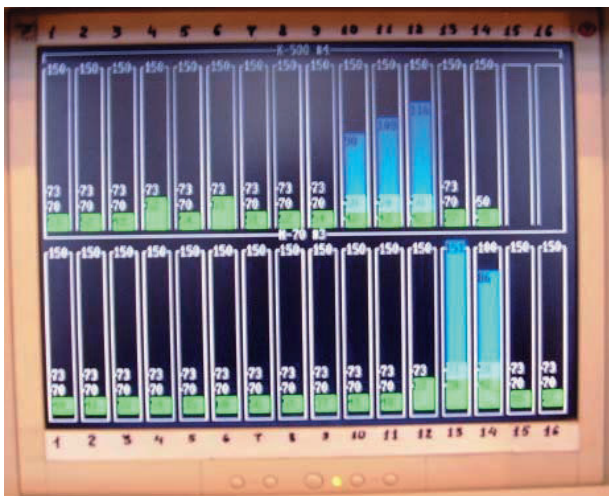


Рис. 7. Экран технологического монитора ШПК

метрах работы четырех агрегатов. В случае отказа оборудования ПК – основного контроллера – контроллер СРИ начинает самостоятельный опрос модулей УСО с выдачей информации на экран СРИ и на АРМ, т. е. начинает работать как резервный контроллер АСУ ТП, при этом плата WD контролирует активность основного контроллера по наличию ответа от модулей УСО. Если анализ состояния готовности основного контроллера дает положительный результат, плата WD передает управление ему, а контроллер СРИ вновь переходит к выполнению своих функций – контролю работы оборудования ПК и отображения информации выбранных параметров работы двух агрегатов. Контроллер СРИ с монитором и пультом управления размещен в шкафу СРИ, плата WD – в составе основного контроллера.

На рис. 8 показаны аппаратные средства подсистемы среднего давления АСУ ТП ТКС, средний шкаф – шкаф СРИ.



Рис. 8. Шкафы программируемых контроллеров и системы резервной индикации

**3. Структура программного обеспечения АСУ ТП.** Программное обеспечение (ПО) АСУ ТП ТКС делится на системное, поставляемое 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 [5].

Разработка программного обеспечения АРМ осуществлялась в среде Borland C++ Builder 5 под операционной системой (ОС) Microsoft Windows 2000. Для работы с базами данных использована реляционная СУБД Oracle 9.

Основными программными компонентами, исполняющимися на АРМ, являются:

- БД – предназначена для хранения конфигурационных данных АСУ ТП и долгосрочных архивов;
- BUS – сигнальная шина данных (СШД), представляющая собой программное средство для распространения сигналов АСУ ТП от источника сигнала ко всем станциям в локальной сети АСУ ТП;
- OWS – мнемосхема АРМ оператора, предназначенная для отображения на мнемосхемах оператора текущего состояния технологических параметров в режиме реального времени;
- Alarm Line – строка сигнализации;
- ArcServer – сервер архивации, предназначенный для архивации сигналов: краткосрочный (файловый, за последние сутки) и долгосрочный, который хранится в таблицах СУБД Oracle 9.);
- Login – вход в систему; предназначен для определения прав доступа пользователя. Прием и передача сигналов, фиксирующих вход пользователя в систему и выход из нее, осуществляются посредством СШД.

Средний уровень системы реализован на базе программируемых контроллеров – ПК, состоящих из блоков УСО с модулями УСО и контроллеров УСО, выполненных на базе технических средств промышленного исполнения фирм "Octagon Systems" и "Fastwel". В ПК в реальном масштабе времени реализованы все алгоритмы сбора и обработки сигналов от датчиков и приборов нижнего уровня, а также алгоритмы формирования команд управления. Для выполнения этого требования подсистема сбора данных должна базироваться на операционной системе реального времени. В противном случае при быстропротекающих процессах подсистема может не успеть “поднять” сигналы с датчиков, что может привести к потере данных. В Конструкторско-технологическом институте вычислительной техники СО РАН со времени разработки первых АСУ ТП среди операционных систем реального времени выбрана и по сей день в системах сбора данных и управления применяется операционная система QNX 4.25 канадской компании QSSL, под которой и реализовано прикладное программное обеспечение ПК АСУ ТП ТКС.

Основными программными компонентами, исполняющимися на ПК, являются:

- BUS – сигнальная шина данных (СШД);
- POI – программа сбора и первичной обработки информации. Прием управляющих сигналов и передача сигналов на верхний уровень осуществляется посредством СШД. Получение контроллером УСО электрических значений входных сигналов от модулей УСО и передача управляющих сигналов модулям УСО осуществляется посредством программы DRV5558, предназначенной для работы с платой последовательного интерфейса 5558 фирмы "Octagon Systems";

- Control – программа контроля и управления технологическими агрегатами, осуществляющая анализ первичных сигналов, полученных с ТОУ (технологический объект управления) и прошедших обработку в программе ПОИ; обработку команд управления, поступающих с АРМ оператора; формирование команд на исполнительные механизмы в случае корректности команд управления и возможности их исполнения; формирование сигнальных сообщений в случае некорректности команд управления или невозможности их исполнения; контроль за выполнением команды управления.

Использование в программируемых контроллерах ОС PB QNX обеспечивает полнофункциональную и надежную работу подсистемы сбора данных, а также гибкость системы в целом, а использование в качестве операционной системы верхнего уровня ОС семейства Windows позволяет создавать богатый набор средств отображения.

Для автоматизированного документирования параметров работы агрегатов ТКС и выработки сжатого воздуха и его расхода разработаны и согласованы с персоналом ТКС отчетные формы. На АСУ ТП турбокомпрессорной станции предусмотрены два типа отчетов: суточная ведомость и отчет о расходе сжатого воздуха Институтом теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН.

Суточные ведомости, отражающие состояние основных параметров каждого агрегата ТКС на начало каждого часа, выполнены в виде таблиц.

Отчет о расходовании воздуха Институтом теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН отражает производимые институтом дувки в аэродинамических трубах. Форма этого отчета представлена на рис. 9. В отчете отражены:

- дата и время начала и конца дувки, а также номер дувки за отчетный период и ее продолжительность (в минутах);
- начальное, конечное давления и разность давлений (в атмосферах);
- объем дувки по перепаду н. м<sup>3</sup> (разность давлений, умноженная на 4364);
- объем при работе компрессора (продолжительность дувки, умноженная на 550);
- суммарный объем дувки (сумма объема дувки по перепаду и объема при работе компрессора).

Внедрение автоматизированного документирования позволило освободить персонал ТКС от заполнения отчетных форм по показаниям стрелочных приборов и самописцев, что значительно упростило работу, снизило вероятность ошибочных записей и повысило точность и достоверность заносимых в ведомости данных.

Таким образом, в результате выполнения проекта по реализации АСУ ТП ТКС разработан полный комплект конструкторской и эксплуатационной документации, а также программного обеспечения, что позволило изготовить и запустить в опытную эксплуатацию пилотный образец системы – ее информационно-измерительную часть для агрегатов среднего давления ТКС.

Расход сжатого воздуха ИТПМ  
с 28.11.2005 по 29.11.2005

Дата начала	Дата конца	NN п/п	Нач. давл. ати	Кон. давл. ати	Разность ати	Объем дувки по перепаду н.м <sup>3</sup>	Продолж. дувки в мин.	Объем при работе компрессора	Суммарн. объем дувки н.м <sup>3</sup>
28.11.2005 15:00:26	28.11.2005 15:07:13	1	12,09	9,8	2,29	9993	6,78	3729	13722
28.11.2005 16:39:53	28.11.2005 16:44:56	2	16,38	15,11	1,27	5542	5,05	2777	8319
28.11.2005 16:56:57	28.11.2005 17:12:58	3	16,12	11,53	4,59	20030	16,01	8805	28835

Рис. 9. Форма отчета о расходовании сжатого воздуха Институтом теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН



**Заключение.** Успешное выполнение проекта позволило не только реализовать современную автоматизированную информационно-измерительную систему, но и оснастить агрегаты ТКС современными надежными первичными датчиками взамен морально устаревших КИПиА, установленных более 30 лет назад и имеющих 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 современных 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.

Дальнейшее развитие системы до управляющей предполагает реализацию алгоритмов и программ управления технологическим оборудованием ТКС как дистанционно в ручном режиме от АРМ оператора, так и в автоматическом режиме от ПК (автоматическое управление).

### Список литературы

1. ГИЛЕВ В. М., ЗАПРЯГАЕВ В. И., ГАРКУША В. В., ПИЩИК Б. Н. Распределенная система автоматизации аэродинамического эксперимента // Материалы Междунар. конф. "Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании", Алматы (Казахстан), 7–9 октября 2004 г. Ч. II. Алматы; Новосибирск: Б. и., 2004. С. 93–99.
2. GILYOV V. M., ZAPRYAGAEV V. I., PEVZNER A. S., et al. Application of a two-level system of experiment automation in a supersonic blowdown wind tunnel // Proc. of the Intern. conf. on the methods of aerophys. research. Pt 4. Novosibirsk: Б. и., 2004. P. 166–170.
3. ГИЛЕВ В. М., ЗАПРЯГАЕВ В. И., ПЕВЗНЕР А. С. и др. Автоматизация экспериментальных исследований в сверхзвуковой аэродинамической трубе // Тр. XXI Всерос. семинара по струйным, отрывным и нестационарным течениям, Новосибирск, 15–18 августа 2007 г. Новосибирск: Б. и., 2007. С. 71–73.
4. ГАРКУША В. В., КОНДАКОВ В. Ю., КОНЫШЕВ А. В., ШЕЙНИН Э. М. Нормирование погрешности средств измерений с периодически корректируемой статической характеристикой // Измерительная техника. 2004. № 9. С. 8–10.
5. ПИЩИК Б. Н., ВОРОНЦОВА Л. А., ЙОСИФОВ П. В. и др. Разработка автоматизированной системы управления технологическими процессами северомуйского тоннеля // Автометрия. 2008. Т. 44, № 3. С. 119–126.

*Гаркуша Владимир Владимирович – зав. лабораторией Конструкторско-технологического ин-та вычисл. техники СО РАН; тел. (383) 330-85-76, факс (383) 330-93-61, e-mail garkusha@mail.ru*  
*Собстель Геннадий Михайлович – канд. техн. наук, исп. обязанности директора Конструкторско-технологического ин-та вычисл. техники СО РАН; тел. (383) 330-93-61; e-mail sobstel@mail.ru*  
*Гилев Виктор Михайлович – канд. физ. мат. наук, руководитель группы Ин-та теорет. и прикл. механики СО РАН; e-mail gil@itam.nsc.ru*  
*Запрягаев Валерий Иванович – д-р физ. мат. наук, зав. лабораторией Ин-та теорет. и прикл. механики СО РАН; e-mail zapr@itam.nsc.ru*