

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
РАБОЧИХ СТАНЦИЙ ОПЕРАТОРА  
МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АЭС С РЕАКТОРАМИ РБМК**

Необходимость модернизации действующих информационных систем, созданных десятки лет назад, определяется как физическим старением средств автоматизации, так и современными требованиями (повышенная безопасность, сетевая архитектура, современные средства представления информации и т. д.), предъявляемыми к подобным системам.

Программой поэтапной модернизации разработанной во ВНИИЭМ в начале семидесятых годов информационно-вычислительной системы «Скала»<sup>1</sup>, предназначенной для автоматизации АЭС с реакторами РБМК-1000, предусматривается оснащение рабочих станций оператора многоэкранными средствами отображения на базе ПЭВМ и создание для этих средств нового современного программного обеспечения.

Программирование с использованием “традиционных” средств (традиционные языки программирования, стандартные средства отладки и пр.) привлекательно лишь для относительно простых систем или небольших фрагментов большой системы, для которых нет стандартных решений.

В настоящее время наиболее популярными средствами для программирования систем автоматизации технологических процессов являются SCADA-пакеты (Supervisory for Control And Data Acquisition – Системы диспетчерского управления и сбора данных). Эти пакеты предназначены, в основном, для создания человеко-машинных интерфейсов, а также регистрирования и архивирования данных в АСУТП.

Следует отметить, что подавляющее большинство SCADA-систем реализовано на базе операционных систем Windows NT4/2000/XP.

---

<sup>1</sup> Опыт разработки и эксплуатации информационных систем верхнего уровня АЭС с реакторами РБМК / Десятников И.И., Джумаев С.Д., Савин А.К. // Труды НПП ВНИИЭМ. М.: 2001. Т.100.

Однако необходимость использования уже существующей не-стандартной базы данных системы «Скала» и не подлежащие замене исполнительные механизмы, датчики и коммутационные связи действующей АСУТП при использовании современных SCADA-систем привели бы к весьма значительным затратам по адаптации любой универсальной SCADA-системы для конкретной модернизируемой АСУТП.

С другой стороны, широкие возможности графического интерфейса операционной среды Windows, а также современные средства разработки программ, включая средства объектно-ориентированного программирования, событийного программирования, возможности, предоставляемые технологией ActiveX, и т.п., позволили принять непростое решение по созданию специализированной SCADA-системы применительно к модернизируемой системе «Скала».

Использование SCADA-системы для программирования рабочих станций оператора (PCO) энергоблока АЭС позволяет использовать один программный пакет для PCO различного назначения, обеспечивает разработку проекта конкретного PCO с помощью средств (система подготовки мнемосхем) SCADA, оперируя только терминами технологического процесса, и значительно облегчает возможности поддержки дальнейшей модернизации системы «Скала».

Специализированная SCADA-система PCO энергоблока АЭС (в дальнейшем Автоматизированная система контроля технологического оборудования – АСКТО/Скала или АСКТО) реализована на базе операционной системы Windows NT Workstation 4.0. Используется монитор с разрешением 1024x768 и цветовая палитра 65536 цветов. Разработка системы проводилась в среде программирования Visual Basic 6.0 (VB6) с использованием технологии ActiveX и функций библиотек Windows API. Выбор языка Visual Basic (VB) для работы с системой Windows имеет существенные преимущества по сравнению с другими системами программирования. Visual Basic тесно связан с Windows, так, например, события VB четко соответствуют сообщениям Windows, для свойств VB часто находят аналоги среди стилей и событий Windows. В некотором смысле Visual Basic можно рассматривать как программируемую оболочку для Windows.

Как и любая универсальная SCADA-система АСКТО/Скала включает следующие подсистемы:

- технологического программирования мнемосхем;
- обработки аварийных сообщений;
- взаимодействия с оператором;
- графического представления текущей и архивной информации;

- ведения технологического журнала отклонений и неисправностей;
- справочную;
- сетевого взаимодействия PCO;
- работы с аналоговой и дискретной базами данных.

В отличие от универсальных SCADA-систем АСКТО/Скала не имеет средств управления технологическим процессом, так как система «Скала» является чисто информационной системой, и не имеет специально разработанного встроенного языка программирования – его функции в рассматриваемой SCADA-системе выполняются средствами языка VB6.

**Подсистема технологического программирования (ПСТП)** предназначена для разработки систем информационной поддержки операторов блочного щита управления энергоблока АЭС и оператора, обеспечивающего работоспособность собственно системы «Скала».

При разработке ПСТП стандартные средства проектирования VB6 были дополнены вновь разработанными элементами проектирования, реализованными в технологии ActiveX и привязанными к конкретным аналоговым базам данных измеряемых и расчетных параметров и базе данных дискретных сигналов модернизируемой АСУТП энергоблока.

В состав разработанных элементов вошло более двадцати технологических объектов (агрегаты, исполнительные механизмы и т.п.), элементы индикации текущих значений параметров, элементы контроля неисправностей и отклонений параметров относительно уставок, кнопки управления и индикации различного назначения, элементы сборной сигнализации отклонений задаваемого списка параметров и сборной сигнализации отклонений по кадру или установке, элементы динамических табло и др.

Использование стандартных средств среды Visual Basic и средств ПСТП позволяет производить разработку проектов PCO в интерактивном режиме практически без использования традиционного программирования, что дает возможность при проектировании оперировать терминами технологического процесса и не требует от разработчика квалификации программиста.

Разработчик проекта должен освоить методику интерактивной работы с программным пакетом VB6. Средства ПСТП встроены в среду разработки VB6 и работа с ними осуществляется стандартными для этой среды методами.

Процесс разработки заключается в создании системы видеокладов, в состав которых входят различные элементы мнемосхемы и необходимый набор управляющих клавиш и сигнализаторов.

Создание новых кадров и включение их в проект, корректировка

старых, выбор и размещение стандартных элементов VB6 и специализированных элементов ПСТП осуществляется с помощью указателя мыши.

Задание свойств элементов производится набором параметров в специальных всплывающих таблицах, индивидуальных для каждого элемента.

Динамическая привязка элемента к текущей базе данных с последующей автоматической выборкой всех необходимых атрибутов из базы данных для реализации функций представления информации обеспечивается заданием вызывной характеристики параметра или исполнительного механизма во входных параметрах элементов ПСТП.

Автоматически реализуемые системой АСКТО функции включают формирование иерархической системы представления информации, осуществляющей отображение текущего состояния объекта, индикацию отклонений и неисправностей, их квитацию и занесение в журнал регистрации событий, а также формирование текстовой и графической справочной информации для каждого объекта.

Введение системы условных цветов позволяет производить быструю настройку и корректировку цветов сразу по всем элементам мнемосхем с одинаковым условным цветом одновременно на всех кадрах проекта.

**Подсистема обработки аварийных сообщений** предупреждает оператора о возникновении определенной ситуации (отклонение параметра от уставок, неисправность технологического оборудования, неисправность в каналах связи и многое другое), требующей внимания оператора.

От эффективности подсистемы аварийных сообщений зависит скорость обработки аварийных ситуаций и, в конечном счете, эффективность и безопасность работы технологического оборудования.

В системе АСКТО/Скала предусмотрены следующие элементы индикации аварийных сообщений:

- элемент контроля отклонений и неисправностей тракта измерения технологических параметров;
- элемент индикации аварийных сообщений типа “табло”;
- элемент индикации аварийных сообщений типа “функциональное табло”;
- элементы контроля неисправностей агрегатов и исполнительных механизмов;
- элемент сборной сигнализации отклонений и неисправностей по кадру;
- элемент сборной сигнализации отклонений и неисправностей

по набору кадров конкретной технологической установки.

Сигнализация аварийных сообщений для всех перечисленных элементов осуществляется с помощью изменения цвета элемента, его мигания и звукового прерывистого сигнала.

Кроме того, для всех элементов, за исключением сборных по кадрам, предусмотрена квитация оператором с помощью “мыши” активного (режим мигания) элемента. После чего режим мигания и режим звуковой сигнализации элемента отключаются.

Информация о времени возникновения аварийного сообщения и времени квитации заносится в журнал технологических событий.

Отключение мигания элементов сборной сигнализации по кадрам происходит автоматически при снятии режимов мигания элементов, включенных в данный элемент сборной сигнализации.

Для индикации аварийных событий, не относящихся к технологическому процессу (неисправность системы «Скала», ошибки в каналах связи и др.), предусмотрены текстовые сообщения в специально выводимых окнах.

**Подсистема взаимодействия с оператором.** При проектировании подсистемы была реализована идеология отказа от необходимости использования оператором стандартной алфавитно-цифровой клавиатуры ПЭВМ. Инициализация любой необходимой оператору директивы осуществляется с помощью указателя “мыши”: простым подведением указателя к элементу мнемосхемы для получения однострочной справочной информации и подведением указателя к элементу мнемосхемы с одновременным нажатием левой или правой кнопок “мыши” во всех остальных случаях.

В качестве элементов, воспринимающих управляющие воздействия оператора, используются практически все специализированные элементы АСКТО:

- элементы контроля отклонений (справочная информация и квитация отклонений);
- текстовые и функциональные табло (справочная информация и квитация отклонений);
- элементы текущих значений параметров (справочная информация);
- элементы технологических объектов (справочная информация);
- функциональные кнопки и кнопки-индикаторы различного назначения.

Кроме того, при реализации пользовательского интерфейса, естественно, широко используются стандартные средства взаимодействия с оператором операционной системы Windows.

SCADA-система АСКТО/Скала позволяет проектировать как существенно многоуровневые системы отображения различных

PCO, так и системы с неявно выраженной иерархичностью. Эта особенность достигается широким использованием кнопок вызова кадров и, особенно, кнопок-индикаторов, используемых для индикации сборных отклонений по кадру и по набору кадров для конкретной технологической установки или агрегата. Кнопки-индикаторы сборных отклонений по набору кадров используются также для вызова конкретного кадра с первичным приоритетным отклонением.

Структура каждого кадра также может быть произвольной. Однако в целях унификации для всех PCO энергоблока была принята следующая единая структура кадра.

Каждый кадр условно разделяется на четыре области.

Верхняя “однострочная” системная область включает общие характеристики PCO, поле аварийных сообщений и кнопки-индикаторы сборных отклонений по набору кадров для технологических установок и агрегатов, обслуживаемых данной PCO.

Эта область защищена от перемещения на нее вспомогательных и справочных окон операционной системы Windows.

Ниже системной области PCO располагается служебная область группы кадров с общей для конкретной технологической установки или агрегата информацией.

Основную, среднюю, часть кадра занимает рабочая область, в которую выводятся видеокadres конкретных мнемосхем и окна вспомогательной и справочной информации.

Нижняя “однострочная” системная область включает кнопки-индикаторы сборных отклонений по кадрам конкретной технологической установки или агрегата, служебные кнопки, а также кнопки навигации по информационной системе.

Расположение системных и рабочей областей на экране приведено на рис. 1.

**Подсистема графического представления текущей и архивной информации.** Представление значений технологических параметров во времени в виде графиков значительно улучшает понимание динамики технологического процесса.

В системе АСКТО/Скала предусмотрены два вида графиков: индивидуальные и групповые.

Индивидуальные графики вызываются простым нажатием кнопки указателя “мыши” на элементах мнемосхем, связанных с конкретным аналоговым значением технологического параметра. Одновременно может быть выведено до 24 индивидуальных графиков.

Для вызова и настройки групповых графиков предусмотрен специальный диалог. На групповом графике может быть представлено до

шести параметров. Одновременно может быть выведено до четырех групповых графиков.

Как индивидуальные, так и групповые графики выводятся в перемещаемое окно Windows и обладают свойствами Stretch (изменение размеров окна), Zoom (изменение масштаба графика внутри окна) и Scroll (прокрутка кривых графика по оси времени с помощью указателя “мыши” внутри графика).

В специальной зоне окна графиков индицируются текущие значения, выводимых на графики параметров, значения на так называемой “линии среза”, положение которой задается оператором, и время сбора данных (до 24 ч), выведенных на график.

Графики в системе АСКТО являются графиками реального времени. Однако поскольку система АСКТО поддерживает оперативный часовой архив всех аналоговых параметров, обрабатываемых системой «Скала», и суточный оперативный архив наиболее важных параметров, то при вызове графика имеется возможность просмотреть и соответствующую архивную информацию.

Для ведения и просмотра «исторического» (не оперативного) архива в системе «Скала» предусмотрена специальная рабочая станция.

Пример группового графика приведен на рис. 2.

**Подсистема ведения технологического журнала отклонений и неисправностей** предназначена для регистрации и просмотра аварийных технологических сообщений, времени их квитации оператором и времени прихода в норму того или иного отклонения или неисправности.

Для каждой РСО ведется свой технологический журнал.

При просмотре журнала возможно задание различных режимов сортировки аварийных сообщений, просмотр сообщений только после перезапуска РСО или просмотр только сообщений об отклонениях и неисправностях, не пришедших в норму.

Аварийные сообщения операционной системы и аварийные сообщения системы АСКТО регистрируются в журнале приложений Windows.

**Справочная подсистема АСКТО** предназначена для вывода дополнительной информации поверх основных мнемосхем и включает:

- всплывающие текстовые однострочные подсказки с основными характеристиками практически всех элементов АСКТО;
- гистограммы запаса до уставок аналоговых параметров;
- расшифровку состава сборных сигналов;
- индивидуальные графики аналоговых параметров;
- заранее подготовленные списки аналоговых параметров;
- расшифровку сетевого взаимодействия различных РСО;

- информацию о текущем состоянии аппаратуры системы «Скала»;
- служебную информацию, необходимую при проектировании и отладке мнемосхем конкретной PCS.

**Подсистема сетевого взаимодействия** обеспечивает файловый обмен PCS с сервером локальной сети и взаимодействие PCS между собой с помощью IPX-пакетов.

Кроме регулярного считывания текущего среза базы данных, подсистема обеспечивает взаимную квитацию аварийных сообщений на рабочих станциях одного оператора, взаимную сигнализацию выхода из строя рабочих станций одного оператора, обеспечивает право квитации на PCS одного оператора другим оператором, а также осуществляет ряд служебных операций по настройке и управлению работой различных устройств системы «Скала» (вывод информации на печать, задание уставок, задание режимов работы оборудования и многое другое).

**Подсистема работы с аналоговой и дискретной базами данных энергоблока.** База данных аналоговых параметров системы «Скала» включает более 15000 измеряемых и около 10000 расчетных параметров, в дискретную базу данных входят около 5000 сигналов отклонений и сигналов состояния исполнительных механизмов.

Подсистема является узкоспециализированной и обеспечивает работу с исторически сложившимися и существенно нестандартными базами данных модернизируемой АСУТП.

И именно эта подсистема должна быть полностью перепроектирована в случае необходимости переноса рассматриваемой SCADA-системы на другую АСУТП.

Даже перенос на другой энергоблок одной и той же или однотипной АЭС требует определенной переработки подсистемы. Хотя в сравнении с общим объемом системы АСКТО затраты на такую переработку относительно невелики.

SCADA-система АСКТО/Скала реализована в виде объекта в динамической библиотеке компоновки ActiveX DLL и набора элементов управления ActiveX (Custom Controls), которые используются совместно с проектом конкретной PCS на этапе создания исполняемого файла и дистрибутива проекта.

Каждая PCS представляет собой двухэкранный станцию с общим системным блоком, клавиатурой и мышью. Как правило, рабочее место оператора, в том числе и в целях обеспечения надежности, включает две двухэкранных PCS.

Первоначально было разработано четыре проекта PCS: для трех операторов блочного щита управления энергоблоком (ВИУБ,



ВИУТ, НСБ) и оператора, обеспечивающего работоспособность системы «Скала».

Однако опытная эксплуатация этих проектов на первом блоке Курской АЭС показала целесообразность объединения этих проектов в один, включающий наборы мнемосхем и все индивидуальные особенности этих проектов.

В настоящее время этот объединенный проект собирается с компонентами SCADA-системы АСКТО, создается единый для всех PCO исполняемый файл и единый дистрибутив.

Генерация же проекта конкретного PCO осуществляется во время запуска единого проекта в соответствии с текстовым конфигурационным файлом.

Кроме типа PCO, в конфигурационном файле могут быть заданы ключевые параметры (более пятидесяти параметров), определяющие различные свойства конкретной PCO.

Поэтапная модернизация энергоблока и поэтапная модернизация системы «Скала» неизбежно ставят вопросы создания новых программных модулей и новых ActiveX элементов, поэтому открытость SCADA-системы АСКТО является ее очень важной характеристикой.

Так, при разработке для второго блока Курской АЭС проекта рабочей станции оператора, обеспечивающего работоспособность системы «Скала», возникла необходимость в существенном расширении (несколько тысяч новых сигналов состояния аппаратуры и новые алгоритмы их обработки) функций оперативного контроля аппаратуры системы «Скала».

Для реализации этих функций и алгоритмов были созданы новые ActiveX элементы, разработан новый набор видеокладов, и эти кадры и элементы были интегрированы в единый проект PCO энергоблока.

Пример видеоклада системы оперативного контроля приведен на рис. 3.

Наработки системы АСКТО позволили также оперативно создать программное обеспечение экрана коллективного пользования, реализованного на базе шести видеокубов (в конфигурации 3x2 видеокуба) с общими размерами 2000x2250 мм и суммарным разрешением 2048x2304 пикселей. Экран коллективного пользования установлен на втором блоке Курской АЭС взамен лампочного мнемотабло технологических каналов реактора с расширением функциональных возможностей представления информации.

Изображение, выводимое на экран коллективного пользования, приведено на рис. 4.

Разработка SCADA-системы АСКТО/Скала проводилась одним

системным интегратором и одним системным программистом и заняла около трех лет до внедрения в опытную эксплуатацию. Еще около трех лет потребовалось на модернизацию системы и ее промышленное внедрение на первом энергоблоке Курской АЭС. Разработка мнемосхем конкретных РСО проводилась инженерами-технологами.

Объем проекта при объектном программировании трудно поддается количественной оценке, однако для качественной оценки можно заметить, что распечатка только “видимого” кода системы АСКТО в командах языка VB6 составила бы более 100000 строк.

В настоящее время на базе SCADA-системы АСКТО разработано и внедрено в эксплуатацию программное обеспечение для РСО первого и второго энергоблоков Курской АЭС и первого блока Ленинградской АЭС. В дальнейшем предполагается использовать ее на втором энергоблоке Ленинградской АЭС, а также на третьем, четвертом и пятом энергоблоках Курской АЭС.

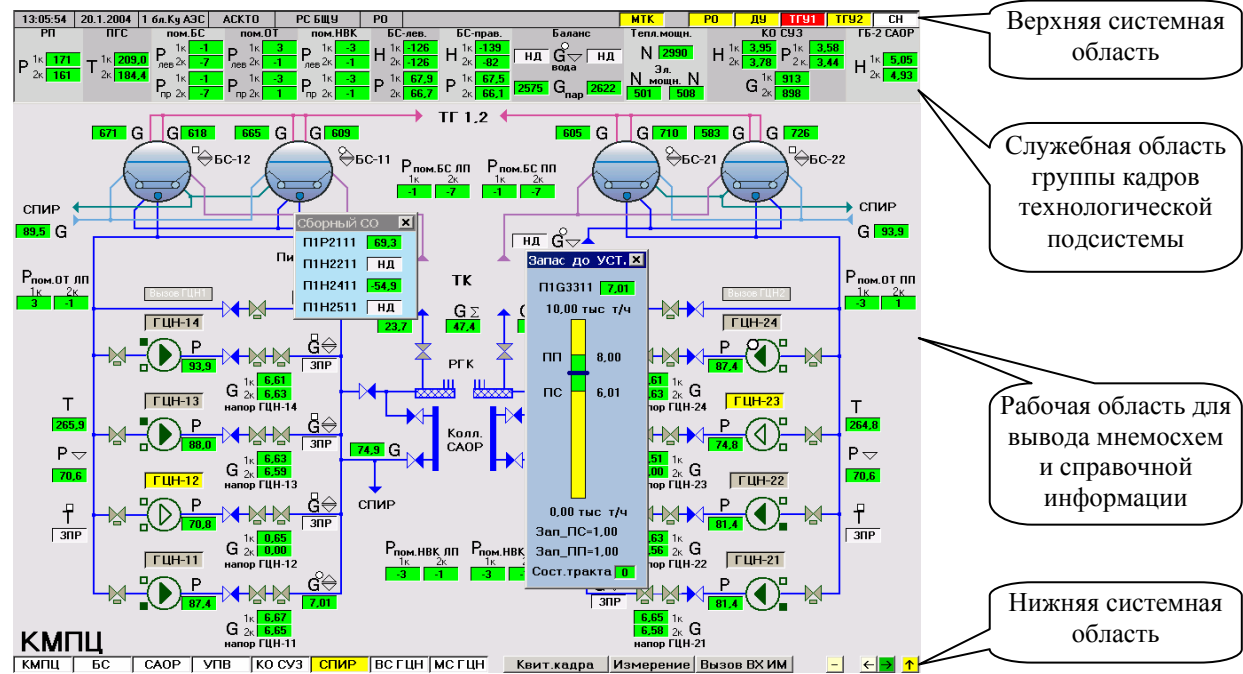


Рис.1. Расположение системных и рабочих областей на видеокадре

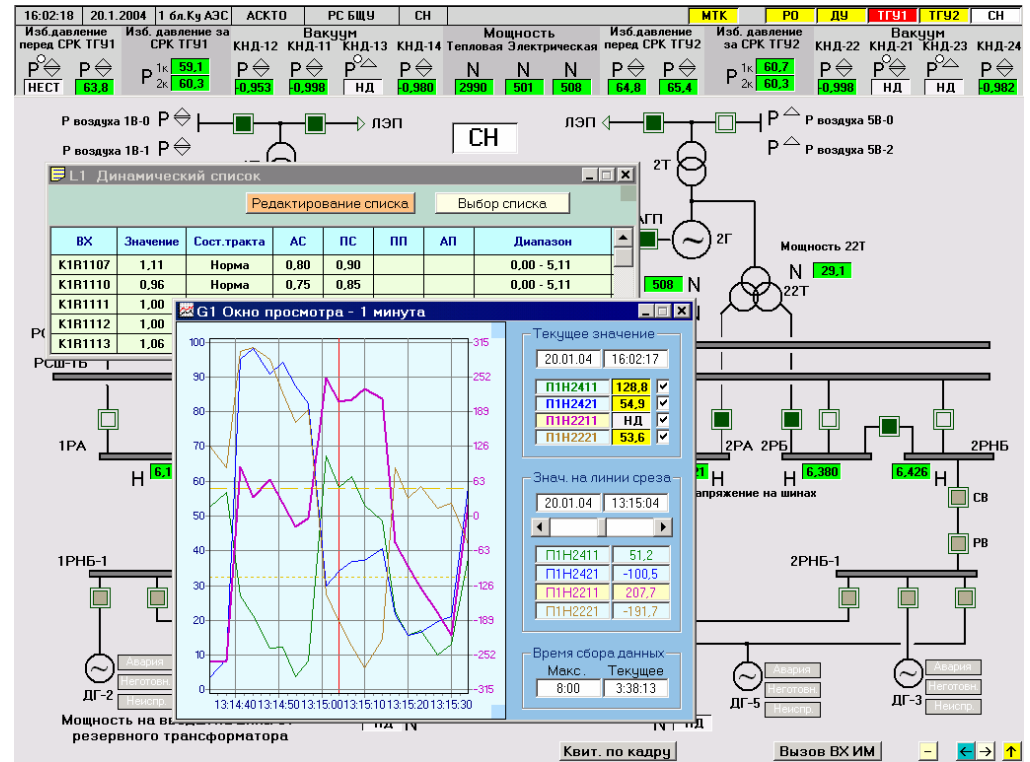


Рис.2. Пример группового графика

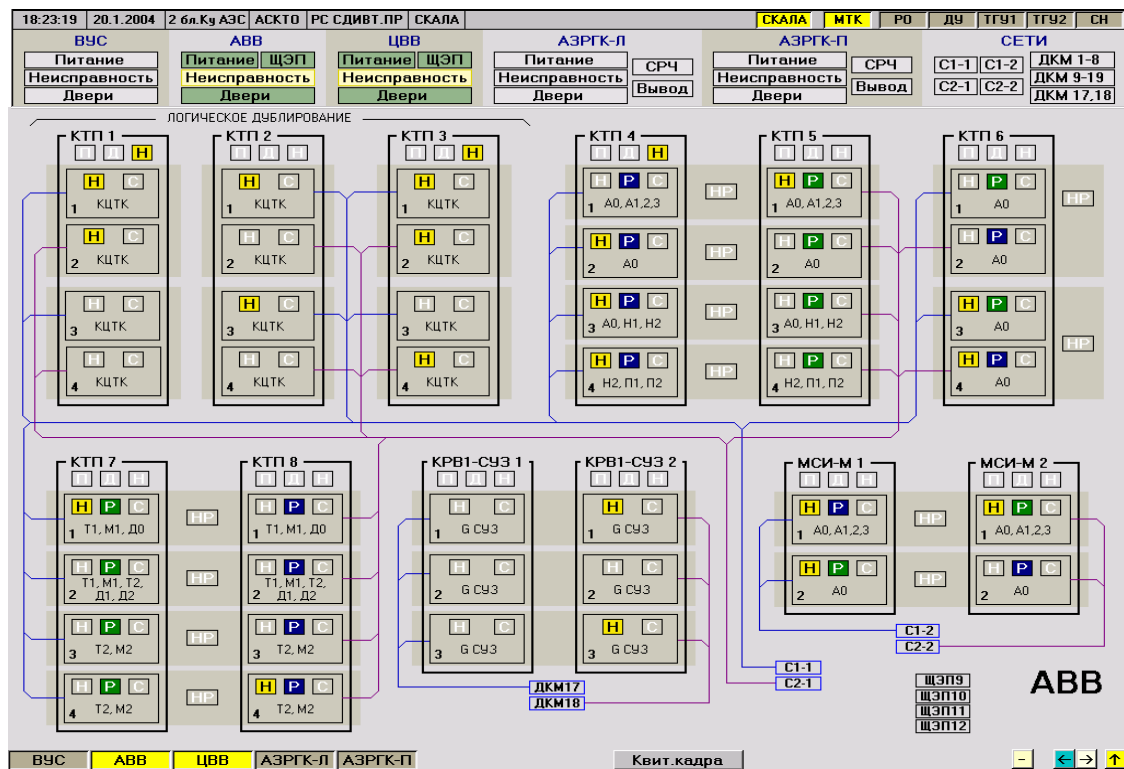


Рис.3. Видеокادر системы оперативного контроля аппаратуры аналогового ввода-вывода

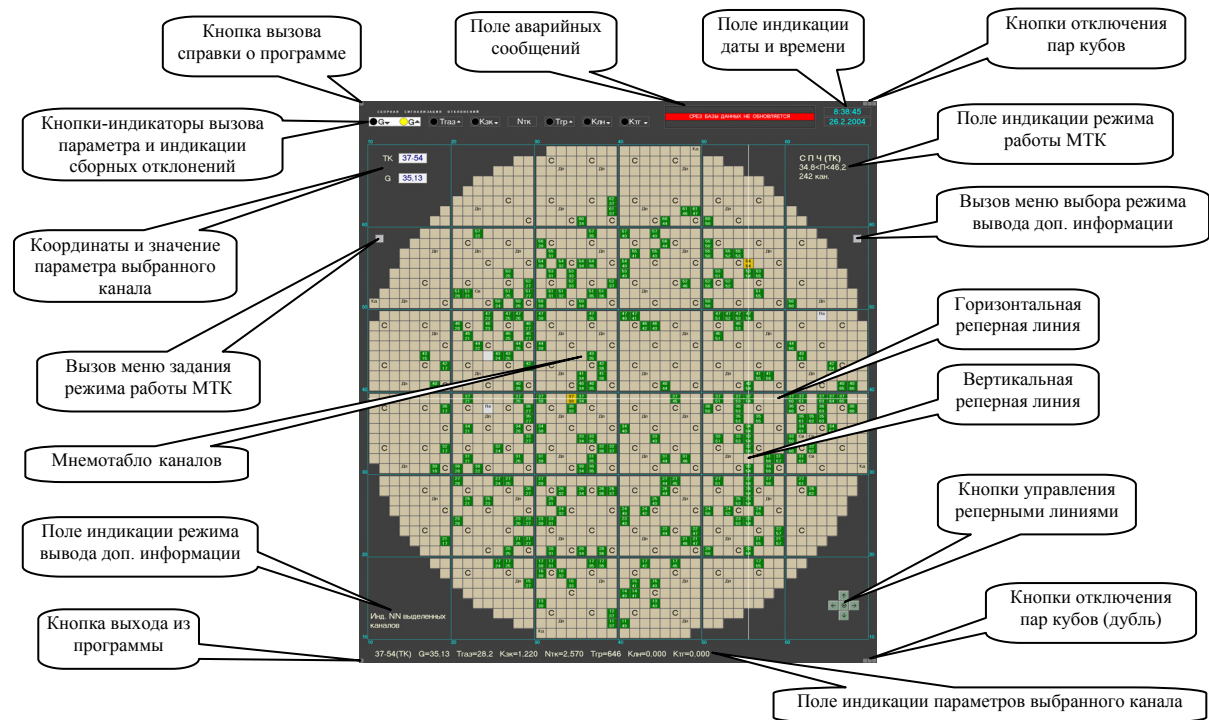


Рис.4. Пример изображения, выводимого на экран коллективного пользования