

КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНАЯ АППАРАТУРА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Андрей Белевич, Виктор Белов, Виктор Брусиловский, Владимир Пожидаев
(ОАО “НИИ Точной Механики”)

Рассмотрены принципы построения, состав и структура программной и аппаратной компонент аппаратуры, предназначенной для управления оптико-электронным телескопическим комплексом и контроля его функционирования в ходе юстировки и испытаний. Описана технология работ по созданию аппаратуры, позволившая сократить сроки разработки, изготовления и отладки аппаратных и программных средств.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из традиционных направлений деятельности Научно-исследовательского института точной механики (НИИТМ) является разработка и изготовление контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) для систем и приборов управления различного назначения, включая поездную и станционную аппаратуру метрополитена, а также систем управления космических летательных аппаратов. Начиная с 1980-х годов, КПА реализовывалась на базе специализированных контроллеров собственной разработки, но в начале 1990-х годов возобладала тенденция применения персональных ЭВМ (ПЭВМ) в промышленном исполнении, оснащенных программным обеспечением, исполняемым в среде операционной системы (ОС) MS-DOS. Адаптация к степени жесткости требований реального масштаба времени при этом производилась путем соответствующей перенастройки длительности периода прерываний системного таймера (вплоть до 500 мкс).

В 2001 году НИИТМ получил заказ на разработку и изготовление КПА для дистанционно управляемого телескопа и его системы управления. Выполненное в начале разработки эскизное проектирование показало наличие новых функциональных требований к КПА, реализация которых в русле прежних наработок была крайне затруднена.

НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ

Комплект КПА должен обеспечивать контроль функционирования (с регистрацией параметров) в процессе юстировки и испытаний оптико-электронного телескопического комплекса (ОЭТК) в целом, а также входящих в него приборов служебных систем телескопа (ПССТ) и системы управления (СУ). При этом в отсутствие управляющих систем — как внешних по отношению к ОЭТК, так и самой СУ — КПА должна реализовывать все их функции управления. Структурно комплект КПА подразделяется на КПА системы управления (КПАСУ) и КПА телескопа (КПАТ), используемые на разных стадиях процесса создания ОЭТК. Штатные связи СУ с телескопом и внешними системами (бортовыми и — на этапе подготовки — наземными) схематично показаны на рис. 1а. Они обеспечивают подключение электропитания (ЭП) ПССТ и передачу цифровой информации по двум мультиплексным каналам обмена (МКО1 и МКО2), выполненным по ГОСТ 26765.25-87 («Манчестер-2»). Кроме того, предусмотрены выдача дискретных команд управления (КУ) и прием дискретных и аналоговых сигналов оперативного контроля (СОК) и телеметрии (СТ), а также импульсов меток времени (ИМВ). При этом почти все команды и сигналы передаются по дублированным или даже троированным физическим линиям связи.

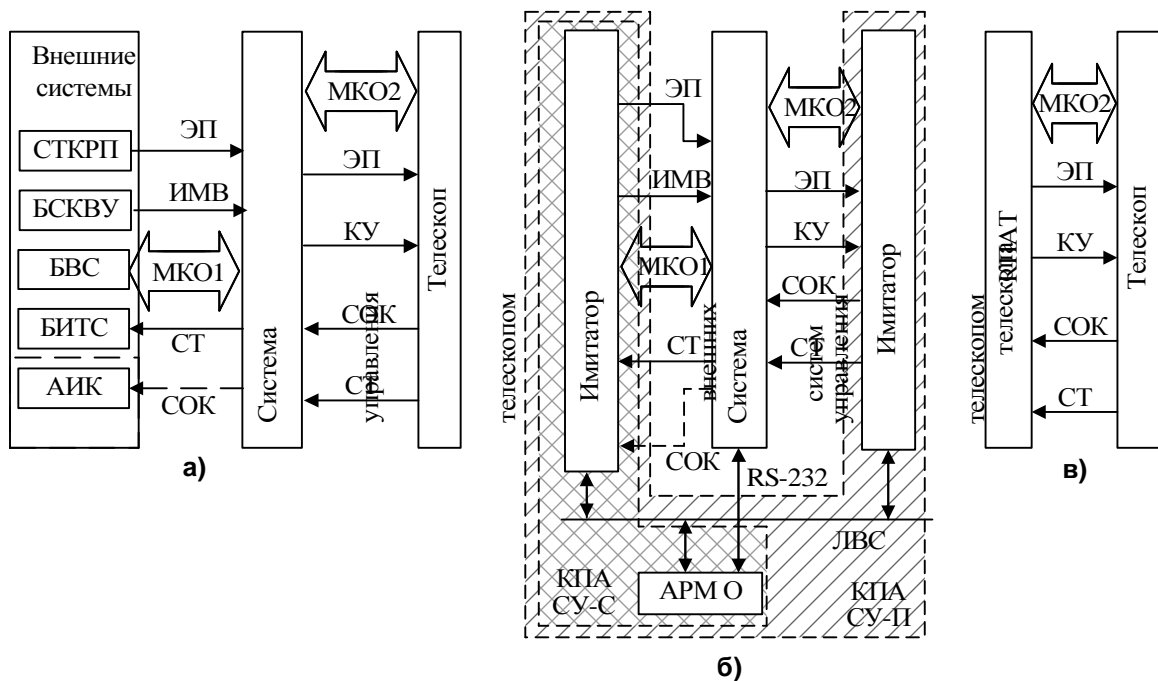


Рис. 1. Структура связей: а) телескопа с системой управления и внешними устройствами; б) системы управления и КПАСУ; в) КПАТ и телескопа.

Понятно, что все эти связи повторяются в КПАСУ (см. рис. 1б). При этом в соответствии с техническими требованиями КПАСУ поставляется в двух модификациях — полной (с имитатором телескопа — ИТ) и сокращенной (КПАСУ-С), необходимой для проверки ОЭТК в целом. В состав ОЭТК входят СУ и собственно телескоп, поэтому ИТ не востребован в КПАСУ-С. Имитатор внешних систем (ИВС) и автоматизированное рабочее место оператора (АРМО) присутствуют в обеих модификациях. С целью унификации обоих имитаторов, входящих в состав КПА СУ, АРМО выполнено на базе отдельной ЭВМ (не входящей ни в один из этих имитаторов), при этом связь между всеми составными частями КПА СУ поддерживается по интерфейсу локальной вычислительной сети Ethernet.

Особенностью целевого назначения контрольно-проверочной аппаратуры телескопа (КПАТ) является то, что она обеспечивает не только проведение испытаний готового изделия, но и управление приборами телескопа в течение всего продолжительного периода проводимых в сборочном цехе предварительных работ. В основном структура внешних связей КПАТ повторяет то подмножество связей СУ, которое замкнуто на телескоп (см. рис. 1в).

Ввиду необходимости, с одной стороны, изготовления и поставки ИТ, ИВС и КПАТ как трех отдельных конструктивных единиц, а с другой — существенного сходства номенклатуры их внешних связей и требований к функционированию все эти изделия разработаны с применением единого подхода к выбору аппаратной платформы и архитектуры программного обеспечения (ПО). В частности, в основу аппаратной компоненты был положен общий развивающийся набор покупных средств автоматизации сбора данных и управления, эффективность применения которого для задач построения КПА малой серийности в сжатые сроки проверена практикой предыдущих разработок НИИТМ. К этим средствам можно отнести изделия фирмы Advantech (корпуса промышленных компьютеров, процессорные платы, платы сбора данных и управления, периферийные устройства для промышленных компьютеров), а также платы сетевых адаптеров фирмы ЭЛКУС и шкафы фирмы Schroff.

Наиболее объемными с точки зрения функционирования являются требования к КПАТ, так как именно она является активным звеном при управлении ПССТ в отсутствие СУ. При этом КПАТ, управляя ПССТ телескопа, обеспечивает возможность имитации неисправностей в любом сочетании основных и резервных линий передачи команд управления (КУ), а также распознавание неисправностей дублированных линий передачи сигналов оперативного контроля (СОК). Эта функциональная возможность отличает КПАТ от ИТ и ИВС. К тому же, ввиду потребности заказчика в скорейшем обретении инструмента

для отработки, регулировки и испытаний отдельных ПССТ и телескопа в целом, КПАТ разработана и изготовлена с опережением относительно ИТ и ИВС. В связи с этим именно КПАТ выбрана в качестве базового узла при разработке упомянутых изделий.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА АППАРАТУРЫ КПАТ

В число основных функциональных задач аппаратуры КПАТ входят:

- включение и выключение питания приборов служебных систем телескопа в заданной конфигурации использования ненагруженного резерва с контролем величины тока потребления по каждой из 26 вторичных шин питания и оперативным отключением в случае обнаружения перегрузки;
- контроль сопротивлений изоляции шин питания относительно корпуса;
- управление приводами телескопа (5 приводов вторичного зеркала и 4 привода светофильтров) посредством выдачи дискретных сигналов, передаваемых через выделенные трансформаторные линии на обмотки шаговых двигателей;
- возможность имитации неисправностей при выдаче резервированных сигналов управления;
- контроль перемещения и текущего положения приводов телескопа по сигналам дискретных датчиков шагов и потенциометрических датчиков приводов (с учетом сигналов датчиков границ рабочих зон);
- управление обменом по резервированному мультиплексному каналу ГОСТ 26765.52-87, прием, индикация и анализ кадров автоколлимационных изображений (АКИ), передаваемых от 4 систем телескопа;
- контроль контуров сигнализации правильности подключения соединителей ПССТ;
- обеспечение эффективного интерфейса «человек-машина» (ИЧМ), включая задание исходных данных, отображение на видеомониторе процесса управления и текущего состояния телескопа, а также интерактивную обработку получаемых результатов и печать итоговых документов.

Общее число сигналов связи аппаратура КПАТ с объектами управления/контроля составляет 290 дискретных и 56 аналоговых сигналов.

Основными режимами работы КПАТ являются:

- «ручной», при котором выполняются технологические операции управления и контроля телескопа (например, перемещение заданного привода в заданное положение);

- «автоматический», при котором выполняются циклограммы штатных автономных операций работы телескопического комплекса.

Анализ взаимодействия КПАТ и объектов управления показал, что по допустимому времени реакции она относится к системам «мягкого» реального времени. Отключение вторичных шин питания приборов служебных систем телескопа в случае их перегрузки допустимо производить с задержкой до 20 мс, а выдачу сигналов управления приводами телескопа — с допустимыми погрешностями длительности и временного сдвига сигналов до 0,2 мс при периоде изменения значений сигналов 5 мс.

Это позволило реализовать оба уровня управления — операторский и объектный — на базе общего процессора, т.е., избежать построения иерархического вычислительного комплекса. В связи с этим в КПАТ, в отличие от КПАСУ, не содержит отдельного АРМО. Необходимые для взаимодействия оператором с КПАТ периферийные устройства ПЭВМ (монитор, клавиатура и ручной манипулятор «мышь») подключены непосредственно к ее блоку вычислителя.

Структурная схема КПАТ, реализующая перечисленные функции, представлена на рис. 2.

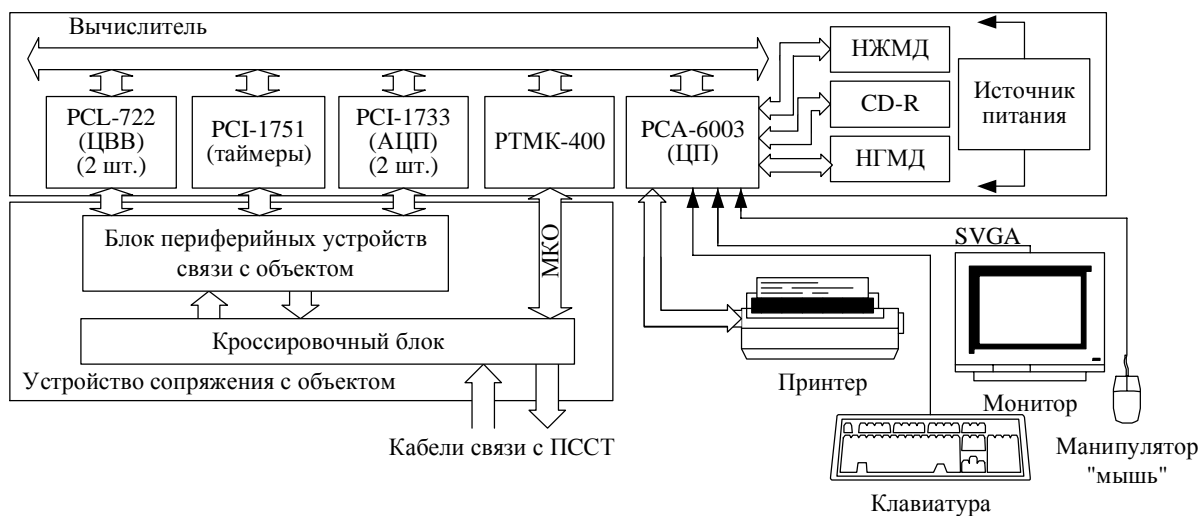


Рис. 2. Структурная схема КПАТ

Ядром аппаратуры является блок вычислителя, представляющий собой специализированный промышленный компьютер, программное обеспечение которого определяет всю логику работы КПАТ. Блок вычислителя полностью собран из покупных

комплектующих изделий (ПКИ), при этом в качестве основных критериев выбора ПКИ были приняты следующие:

- покрытие требований, диктуемых функциональными задачами аппаратуры;
- широта выбора функциональных возможностей ПКИ в рамках выбранного конструктивного исполнения;
- репутация фирмы-изготовителя;
- четкое следование фирмы-изготовителя стандартам индустрии;
- долговременная доступность продуктов;
- стабильность качества разработок фирмы, подтвержденная практикой применения продукции;
- гарантийный срок и долговечность ПКИ;
- состав и уровень программной поддержки ПКИ;
- цена за выполняемый набор функций;
- возможность комплексной поставки основного набора ПКИ от единого поставщика, обладающего общепризнанной положительной репутацией.

В соответствии с этими критериями для комплектации корпуса промышленного компьютера и плат блока вычислителя выбраны изделия фирмы Advantech (Китай). Роль поставщика основного набора ПКИ выполнена фирмой ПРОСОФТ, предоставляющей, на наш взгляд, исчерпывающую номенклатуру конструктивов и аксессуаров для размещения электронного оборудования в промышленных условиях. Для блока вычислителя выбран типоразмер плат IBM PC-совместимых устройств, обладающих стандартными интерфейсами (шины PCI и ISA для плат сбора данных и управления, а также шина PICMG для процессорной платы). Это обеспечило отработку части задач программного управления платами ввода-вывода в составе рабочих мест программистов, выполненных на базе обычных настольных ПЭВМ.

В состав комплекта оборудования, реализующего функции подсистемы сбора данных и управления КПАТ, входят следующие изделия фирмы Advantech (см. рис.2):

- 14-слотовый корпус промышленного компьютера (с пассивной объединительной платой), предназначенный для монтажа в 19-дюймовую стойку – IPC-616;
- полноразмерная процессорная плата PCA-6003 с процессором Intel Pentium III - 1,26 ГГц;
- 144-канальные платы дискретного ввода-вывода PCL-722;

- платы аналогового ввода PCI-1713 (32-канальный АЦП гальванической изоляцией, объемом FIFO 4К слов и широким выбором режимов запуска и сканирования каналов);
- плата таймеров и дискретного ввода-вывода PCI-1751.

Наряду с упомянутыми платами в корпус установлена также плата РТМК-400 фирмы Элкус, обеспечивающая обмен информацией со служебными системами телескопа по резервированному мультиплексному каналу ГОСТ 26765.52-87.

Помимо блока вычислителя, в состав стойки аппаратуры КПАТ входит устройство сопряжения с объектом, состоящее из блока периферийных устройств связи с объектом (БПУ) и кроссировочного блока. Платы, установленные в БПУ, обеспечивают согласование уровней и вида сигналов блока вычислителя и телескопа. В частности, они решают задачи:

- силовой коммутации шин питания приборов служебных систем телескопа с рабочим током до 3,7 А и способностью выдерживать токи перегрузки до 30 А в течение 20 мс;
- преобразования дискретных сигналов управления и контроля перемещения приводов телескопа в форму, согласованную с трансформаторными приемниками и передатчиками сигналов, установленными в телескопе;
- взаимной гальванической развязки большого числа сигналов;
- защиты входов блока вычислителя от бросков напряжения;
- подачи опорных напряжений на потенциометрические датчики телескопа;
- согласования внутренних сопротивлений источников и приемников аналоговых сигналов, а также их аппаратной фильтрации от высокочастотных помех;
- контроля сопротивлений изоляции шин питания объекта относительно корпуса.

Кроссировочный блок состоит из набора жгутов и соединителей, закрепленных на несущей раме. Он выполняет функцию распределения сигналов БПУ по кабелям связи с приборами служебных систем телескопа.

Конструктивно аппаратура КПАТ выполнена в виде 19-дюймовой стойки (высотой 782 мм) на основе шкафа фирмы Schroff.

В связи с большим объемом работы оператора в процессе отладки, юстировки и испытаний объектов управления периферийные устройства блока вычислителя КПАТ (монитор, клавиатура и манипулятор «мышь») применены не во встраиваемом, а в настольном исполнении.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КПАТ

При выборе структуры базового комплекса системного программного обеспечения (КСПО), выполнявшемся в ходе итеративного процесса формулировки программно-аппаратных соглашений, учитывались определенные исходные посылки. При этом по соображениям сложности решаемых задач, а также с учетом очередности разработки в качестве базового рассматривался КСПО КПАТ.

Прежде всего, как уже упоминалось, в КПАТ решение задач обоих уровней управления — операторского и объектного — возложено на единый блок вычислителя. Сигналы управления шаговыми приводами телескопа формируются программным путем. Все это упростило построение аппаратной части и снизило стоимость аппаратуры, но усложнило реализацию ПО на базе операционной системы общего назначения.

Одной из специфических задач КСПО КПАТ является обработка изображений, включая автоматическое распознавание образов, а также визуализацию и интерактивную обработку информации АКИ в трехконном графическом редакторе. Это определило требования, с одной стороны, к монитору, видеоадаптеру и устройству задания координат на изображении, а с другой — к операционной среде и инструментарию разработки. Кроме того, при подготовке и в процессе проведения работ с телескопом накапливаются большие объемы структурированной информации. Поэтому предусмотрена возможность вытеснения части данных в архив (с последующим извлечением их по мере необходимости). Это определило введение в состав КСПО базы данных (БД), а в состав аппаратных средств — накопителя на базе привода лазерного диска с возможностью перезаписи.

Еще одно специфическое требование связано с необходимостью поддержки проведения не только испытаний, но и всех других работ, требующих управления ПССТ, на этапах отладки, юстировки, пусконаладки и отработки алгоритмов управления. Как показывает опыт разработки систем аналогичного назначения, в ходе этих работ необходимо поддерживать возможность модификации той части ПО, которое непосредственно реализует управление ПССТ в ходе юстировки и испытаний — испытательного ПО (ИПО). При этом желательно обеспечить возможность модификации ИПО самими пользователями.

Для реализации КСПО КПАТ была выбрана операционная система Windows 2000. Ее применение позволило упростить реализацию графического редактора для отображения и интерактивной обработки АКИ с необходимой разрешающей способностью, а также применить распространенные системы управления базами данных (БД) и средства доступа к ним. Комплекс построен на базе архитектуры «клиент-сервер». Решение задач управления

аппаратурой в реальном масштабе времени выделено в отдельный программный сервер. Помимо этого сервера управления аппаратурой, в состав КСПО КПАТ входят приложение пульта оператора, сервер связи с БД, а также сами БД циклограмм, исходных данных и архивов результатов работы (см. рис. 3).

В структуре базового КСПО КПА предусмотрена возможность перехода от однопроцессорной организации системы, примененной в КПАТ, к распределенной двухуровневой (востребованной в КПАСУ). Такая возможность обеспечивается за счет того, что та часть ИЧМ, которая обеспечивает поддержку управления аппаратурой телескопа и оперативного контроля ее состояния, выполнена в виде отдельного клиентского приложения, снабженного OPC-интерфейсом. Этот интерфейс, разработанный объединенными усилиями фирм-производителей средств автоматизации техпроцессов, в настоящее время является стандартом, предназначенным специально для распределенного управления промышленным оборудованием и доступа к данным ([Л1]). Таким же интерфейсом оснащен и основной элемент КСПО — сервер управления аппаратурой (сервер данных).

Авторами исследована возможность применения для решения всего комплекса задач КПА универсальных SCADA-систем, т.е. — инструментальных платформ, предназначенных для построения АСУ ТП. Однако большинство из них не рассчитано на модификацию конечным пользователем, причем их ИЧМ ориентирован на управление фиксированным и, как правило, непрерывным технологическим процессом, что и требуется в типовых АСУ ТП (см., например, [Л2, Л3]). Это противоречит принципу открытости ИПО, а также затрудняет реализацию интерактивного анализа АКИ. Однако ту часть ИЧМ, которая обеспечивает поддержку ручного управления аппаратурой телескопа и оперативного контроля ее состояния, удалось реализовать средствами SCADA-пакета GENESIS32 фирмы Iconics (США). Это ускорило процесс разработки КПАТ при одновременном улучшении дизайна ее экранных форм. Существенным фактором при выборе этого инструмента явилось то, что набор предлагаемых компонент GENESIS32 предусматривает связь клиентских и серверных приложений целевой системы именно через интерфейс OPC.

Задача обеспечения возможности модификации ИПО в ходе юстировки и испытаний решена за счет того, что каждый из отдельных модулей ИПО, представляющий собой циклограмму (ЦГ) достаточно укрупненной операции, реализуется на специальном языке управления (ЯУ). Этот ЯУ является по существу русифицированным диалектом Бэйсика, состав команд и типов операндов которого расширен проблемно-ориентированными объектами. Синтаксис и семантика ЯУ достаточно просты для использования

обслуживающим персоналом, что и позволяет при необходимости модифицировать ЦГ в ходе эксплуатации КПА. Некоторые из ЦГ — это запускаемые оператором сценарии автономных операций, другая часть — это заранее подготовленные сценарии отработки нештатных ситуаций. При необходимости разработки какого-либо программного имитатора, например — имитатора множественных неисправностей либо имитатора реакции отсутствующей аппаратуры, они также могут быть выполнены в виде циклограмм, исполнение которых запускается при наступлении определенного события. Для поддержки такого подхода в структуру КСПО введены интерпретатор и библиотека реализации команд ЯУ КПАТ, поддержанные библиотекой драйверов устройств КПАТ. Понятно, что для каждого вычислителя аппаратуры разработана своя модификация ЯУ, реализующая настройку на специфический круг задач.

ИЧМ КСПО дополнен клиентским приложением, содержащим средства создания циклограмм — модулей ИПО, запуска их исполнения и визуализации получаемых результатов. По ходу работы может быть запущено исполнение нескольких экземпляров таких клиентских приложений. При этом каждый из них соединяется через свой порт OPC-интерфейса с сервером данных. Кроме этого, ИЧМ содержит также средства автономной работы с БД и трехконный графический редактор интерактивной обработки АКИ. Полученная в результате базовая структура взята за основу во всех трех комплексах системного ПО, разработанных для блоков вычислителей КПАТ, а также ИТ и ИБНС, входящих в КПАСУ (рис. 3).

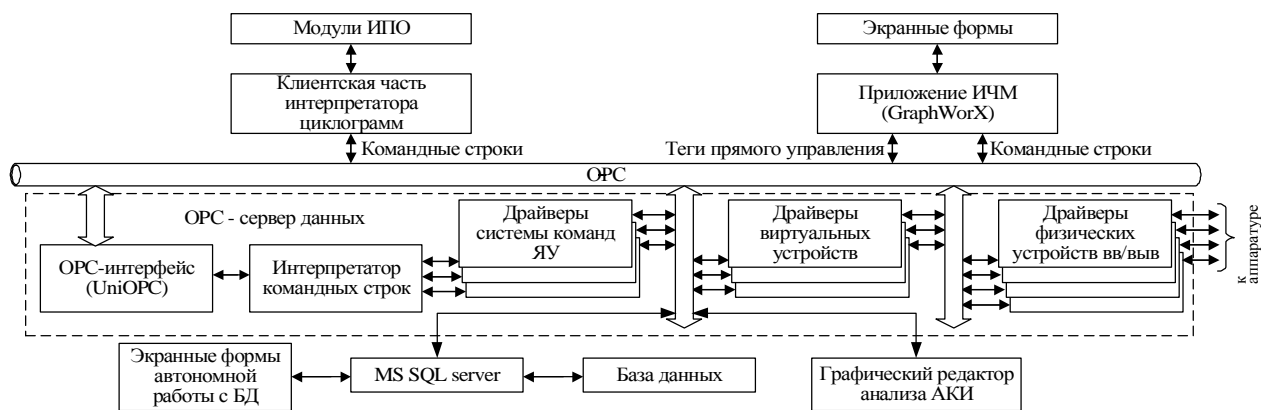


Рис. 3. Структура КСПО КПАТ

При традиционном подходе к построению КСПО на базе архитектуры OPC, когда каждый из каналов физического ввода-вывода (будь то дискретный либо аналоговый канал)

отождествляется с отдельным тегом соответствующего типа, для организации обмена клиентской и серверной компонент в КПАТ требовалось бы около 500 OPC-тегов. Однако такое построение системы, помимо громоздкости, еще и не обеспечивает нужной степени соответствия требованиям реального масштаба времени (РМВ). При обмене клиентского приложения с удаленным OPC-сервером, т.е. — при межмашинном обмене по ЛВС, средняя задержка реально может составлять до 3 мс, а при работе с локальным сервером — до 300 мкс (см. [4]). Это неприемлемо, в частности, при управлении шаговыми двигателями приводов телескопа, где требуется программно формировать импульсные сигналы с фронтами, наложенными на временную сетку с шагом 5 мс, причем нестабильность моментов их формирования не должна превышать 200 мкс. Оба эти соображения учтены при построении структуры КСПО. Разграничительная линия между OPC-сервером данных и OPC-клиентами проведена таким образом, что написанные на ЯУ циклограммы ИПО, допускающие исполнение в более «мягком» по требованиям РМВ режиме, отделены OPC-каналом обмена от драйверов виртуальных устройств, работающих в относительно более жестком реальном времени. Для исполнения каждой из циклограмм в клиентской части запускается отдельный клиентский процесс — приложение, имеющее свое оконное представление и OPC-интерфейс. Каждый из таких клиентских процессов занимает реализованный в виде совокупности OPC-тегов порт сервера данных. На стороне клиента реализована та часть интерпретатора технологического языка, которая реализует команды управления ходом вычислительного процесса, включая команды порождения дочерних процессов. Те команды ЯУ, которые реализуют управление аппаратурой, исполняются в сервере данных. Для этого из клиентского приложения в сервер передаются через строковый OPC-тег командные строки, каждая из которых содержит собственно команду и ее параметры. На серверной стороне эти командные строки обрабатываются, в результате чего вызывается процедура исполнения именно той конкретной команды ЯУ, к которой относится этот вызов. Можно рассматривать этот слой ПО как слой драйверов самого верхнего уровня. Вызванный драйвер по мере своего выполнения обращается к драйверам виртуальных устройств, а те, в свою очередь, — к драйверам физического ввода-вывода. Результаты исполнения команды аналогичным образом передаются клиенту.

Сервер данных, выполняющий контроль текущего состояния и управление аппаратурой, а также клиентская часть интерпретатора ЯУ разработаны средствами Microsoft Visual C++ v6.0. При этом собственно публикация OPC-тегов обеспечивается программным продуктом «UniOPC сервер» фирмы Фаствел (г. Москва).

Для разработки таблиц баз данных (БД) и доступа к их содержимому использован Microsoft SQL Server. Экранные формы автономной работы с БД разработаны в среде Borland Delphi v7.0. Доступ OPC-серверов данных к БД поддержан в ОС Windows 2000 стандартной службой ODBC.

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ И СТЕНД УПРЕЖДАЮЩЕЙ ОТЛАДКИ ПО

Для сокращения сроков создания КПАТ работы по проектированию, изготовлению и отладке аппаратных средств и КСПО выполнялись по возможности одновременно. Основные этапы создания и последовательность работ представлены на рис. 4.

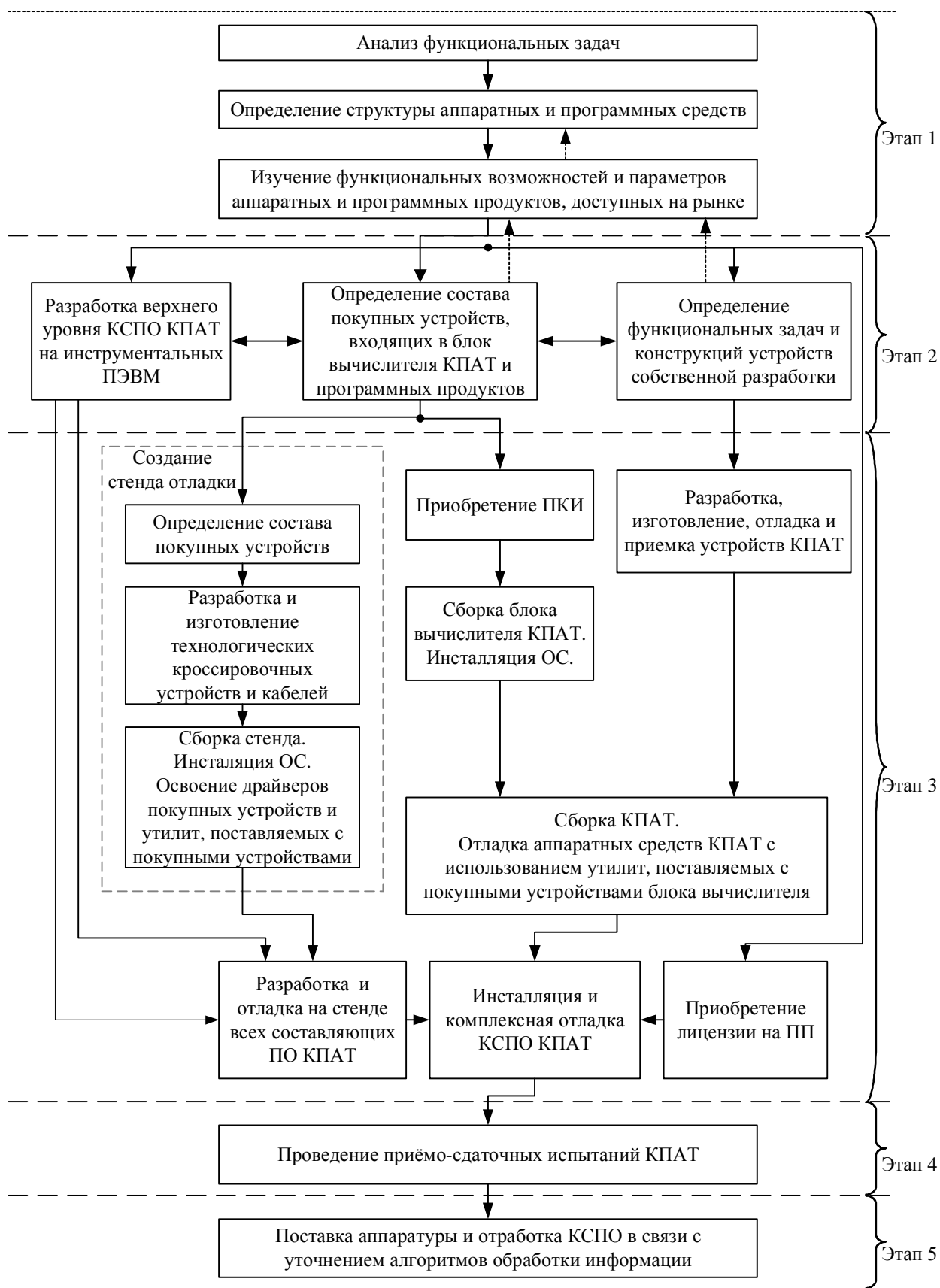


Рис. 4. Структура работ по созданию КПАТ

Определение структуры аппаратных и программных средств было начато после тщательного анализа функциональных задач. При этом активно использовались результаты анализа доступных на рынке компонент с применением изложенных выше критериев отбора (этап 1). На следующем этапе с учетом итогов этого анализа выполнялся итеративный процесс распределения задач между покупными устройствами и программными продуктами (ПП) — и аппаратными и программными средствами собственной разработки. При этом также детализировалась и структура аппаратуры. Одновременно с этим на втором этапе была начата разработка тех составных частей КСПО, которые в минимальной степени зависят от выбора аппаратных средств — БД и экранных форм автономной работы с ней, а также графического редактора.

Реализованное в аппаратуре КПАТ сосредоточение всех логических функций в КСПО блока вычислителя, полностью собранного из покупных устройств, позволило на следующем, третьем, этапе работ параллельно и практически независимо друг от друга проводить работы сразу по нескольким направлениям:

- продолжение разработки КСПО с применением демо-версий покупных программных продуктов;
- создание стенда упреждающей отладки ПО и разработка на нем нижнего уровня КСПО КПАТ на базе поддержки драйверов физических устройств, входящих в его комплектацию;
- приобретение покупных аппаратных средств и программных продуктов, входящих в состав КПАТ;
- разработка, изготовление и отладка аппаратных средств КПАТ.

На завершающих стадиях этапа 3 выполнялись окончательная сборка всех составляющих ПО КПАТ, включая ИПО, и отладка их взаимодействия на стенде отладки ПО.

Структурная схема стенда отладки ПО практически соответствует приведенной на рис. 1в структуре связей КПАТ и телескопа. Роль последнего в составе стенда выполняет имитатор телескопа, к которому через ЛВС подключено АРМО, как это показано на рис. 1б.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ

За счет применения покупного ПО и оснащения стенда отладки реальными устройствами ввода-вывода КСПО КПАТ (в минимальной комплектации) была разработана и отлажена на аппаратуре в течение полугода. Основная доля трудоемкости разработки пришлась на драйверы виртуальных устройств (надстройки над регистровыми драйверами ввода-вывода) и на решение специфических задач обработки и визуализации информации. Результаты первого года эксплуатации КПАТ на предприятии-изготовителе телескопа показали соответствие ее функциональному назначению, удобство работы оператора и высокую надежность. Измерения реально достигнутых временных параметров периодических сигналов, формируемых программным путем, показали, что нестабильность моментов их формирования не превышает 150 мкс (за 8 часов прогона). Этого вполне достаточно для управления шаговыми двигателями, а при необходимости улучшения этих параметров сервер управления аппаратурой может быть перенесен в среду операционной системы Windows CE. Эта ОС, с одной стороны, позиционируется как ОС «жесткого» реального времени, а с другой — наиболее близка к базовому КСПО по набору предоставляемых интерфейсных функций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практика проектирования, изготовления, ввода в эксплуатацию и сопровождения КПАТ подтвердила эффективность принятых принципов ее создания, позволивших реализовать открытую и масштабируемую структуру КПА на базе набора модулей фирм Advantech и Элкус, операционной системы Windows 2000 и интерфейса OPC.

Комплексное применение покупных программных и аппаратных средств автоматизации в составе разработанной КПА и стенда позволило создать аппаратуру в сжатые сроки компактным коллективом разработчиков.

Использование высоконадежных и имеющих гарантию долговременной доступности покупных аппаратных средств, с одной стороны, а также простота структуры и небольшой объем устройств собственной разработки — с другой явились основой достижения требуемой эффективности при имевшихся ограничениях по стоимости КПА, срокам и трудоемкости разработки. Такой подход представляется оправданным при создании аппаратуры малой серийности.

Модульный и иерархический принцип построения программного обеспечения КПА, опирающийся на применение покупных программных продуктов (в рамках имевшихся ограничений), позволил сократить сроки разработки и улучшить эргономические качества интерфейса «человек-машина». Развертывание стенда упреждающей отладки программного обеспечения КПА позволило не только своевременно и качественно отработать взаимодействие программной и аппаратной компонент, но и эффективно сопровождать его в процессе эксплуатации.

Авторы выражают признательность сотрудникам фирм Прософт В. Яковлеву, Элкус – Ю. Савчуку и Фаствел – А. Локоткову и Д. Теркелю за оперативно оказанные технические консультации.

Литература

1. The OPC Data Access Custom Interface Standard (Version 2.0). OPC Foundation, 1998.
2. Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA-системы) // Мир компьютерной автоматизации. 1999г., №3
3. Слепов В.И. Шестая международная конференция “Разработка АСУТП в системе ТРЕЙС МОУД: задачи и перспективы” // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2000г., №4
4. DCOM, OPC and Performance Issues. OPC Foundation, 02.03.1998.