

РАЗРАБОТКИ

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Контрольно-проверочная аппаратура оптико-электронного телескопического комплекса

Андрей Белевич, Виктор Белов, Виктор Брусиловский, Владимир Пожидаев

Рассмотрены принципы построения, состав и структура 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 управления различного назначения, начиная от поездной и станционной аппаратуры метрополитена и заканчивая системами управления космических летательных аппаратов. 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, которые

оснащались программным обеспечением, исполняемым в среде операционной системы (ОС) MS-DOS. Адаптация к степени жёсткости требований реального масштаба времени при этом производилась путём соответствующей перенастройки длительности периода прерываний системного таймера (вплоть до 500 мкс).

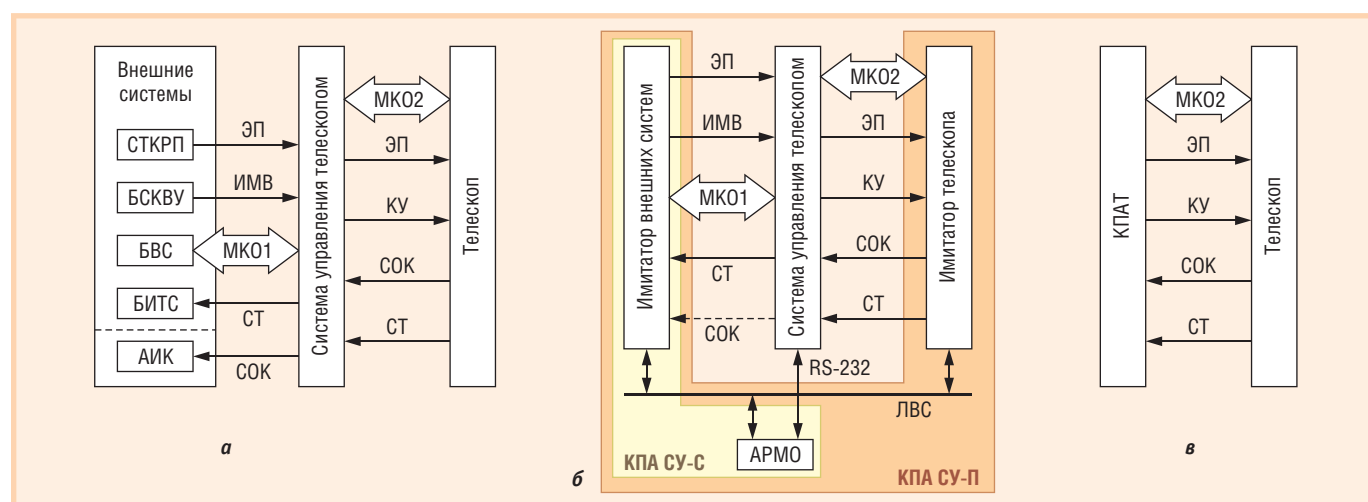
В 2001 году НИИТМ получил заказ на разработку и изготовление КПА для дистанционно управляемого телескопа и его системы управления. Выполненное в начале разработки эскизное проектирование показало наличие новых функциональных требований к КПА, реализация которых в русле прежних работ была крайне затруднена.

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. 1 а. Они обеспечивают подключение электропитания (ЭП) ПССТ и передачу цифровой информации по двум мультиплексным каналам обмена (МКО1 и МКО2), выполненным в соответствии с ГОСТ 26765.25-87 («Манчестер-2»). Кроме того, предусмотрены выдача дискретных команд управления (КУ) и приём дискретных и аналоговых сигналов оперативного контроля (СОК) и телеметрии (СТ), а также импульсов меток времени (ИМВ). При этом почти



Здание НИИТМ



Условные обозначения:

ЭП — электропитание; КУ — команды управления; СОК — сигналы оперативного контроля; СТ — сигналы телеметрии; ИМВ — импульсы меток времени; МКО1, МКО2 — мультиплексные каналы обмена; СТКРП — система токораспределения; БСКВУ — бортовое синхронизирующее командно-временное устройство; БВС — бортовая вычислительная система; БИТС — бортовая информационно-телеметрическая система; АИК — автономный измерительный комплекс; ЛВС — локальная вычислительная сеть; АРМО — автоматизированное рабочее место оператора; КПАСУ-П, КПАСУ-С — соответственно полная и сокращённая модификации контрольно-проверочной аппаратуры управления.

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

все команды и сигналы передаются по дублированным или даже троированным физическим линиям связи.

Понятно, что все эти связи повторяются в КПАСУ (рис. 1 б). При этом в соответствии с техническими требованиями КПАСУ поставляется в двух модификациях: полной (КПАСУ-П), использующей имитатор телескопа (ИТ), и сокращённой (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 КПАСУ, АРМО выполнено на базе отдельной ЭВМ, не входящей ни в один из этих имитаторов; при этом связь между всеми составными частями КПАСУ поддерживается по интерфейсу локальной вычислительной сети Ethernet.

Особенностью целевого назначения 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 (рис. 1 в).

Имея в виду необходимость изготовления и поставки ИТ, ИВС и КПАТ как трёх отдельных конструктивных

единиц, но учитывая при этом существенное сходство номенклатуры их внешних связей и требований к функционированию, все три изделия разработаны с применением единого подхода к выбору аппаратной платформы и архитектуры программного обеспечения (ПО). Так, в основу аппаратной части 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 Schöff.

Наиболее объёмными, 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, а также распознавание неисправностей дублированных линий передачи сигналов оперативного контроля. Эта функциональная возможность отличает КПАТ от ИТ и ИВС. К тому же ввиду потреб-

ности заказчика в скорейшем обрете-нии инструмента для отработки, регулировки и испытаний отдельных ПССТ и телескопа в целом аппаратура 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 ша-

гов и потенциометрических датчиков приводов (с учётом сигналов датчиков границ рабочих зон);

- управление обменом по резервированному мультиплексному каналу ГОСТ 26765.52-87, приём, индикация и анализ кадров автоколлимационных изображений (АКИ), передаваемых от четырёх 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.

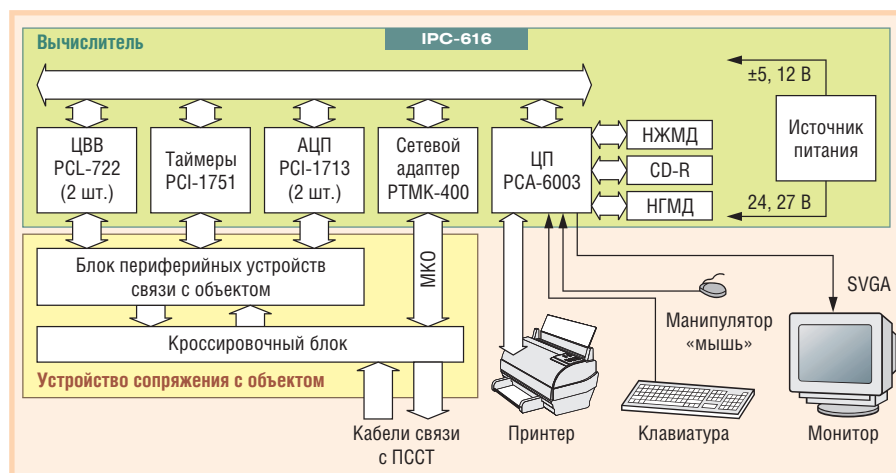
Общее число сигналов связи аппаратуры КПАТ с объектами управления/контроля составляет 290 дискретных и 56 аналоговых сигналов.

Основными режимами работы КПАТ являются:

- ручной, при котором выполняются технологические операции управления и контроля телескопа (например, перемещение определённого 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, то есть избежать построения иерархического вычислительного комплекса. В связи с этим КПАТ, в отличие от КПАСУ, не содержит отдельного АРМО. Необходимые для взаимодействия оператора с КПАТ периферийные устройства ПЭВМ (монитор, клавиатура и ручной манипулятор «мышь») подключены непосредственно к её блоку вычислителя.



Условные обозначения:

ЦВВ — цифровой ввод-вывод; ЦП — центральный процессор; ПССТ — приборы служебных систем телескопа; МКО — мультиплексные каналы обмена.

Рис. 2. Структурная схема КПАТ

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

Ядром аппаратуры является блок вычислителя (рис. 3), 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;
- чёткое следование фирмы-изготовителя промышленным стандартам;
- долговременная доступность изделий;
- стабильность качества разработок фирмы, подтверждённая практикой применения её 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 устройств блока вычислителя выбраны изделия фирмы Advantech. Приобретение основного набора ПКИ выполнено у единого по-

ставщика, предоставляющего, 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 комплект оборудования, реализующего функции подсистемы сбора данных и управления КПАТ, входят следующие изделия фирмы Advantech:
- 14-слотовый корпус промышленного компьютера IPC-616 (с пассивной объединительной платой), предназначенный для монтажа в 19-дюймовую стойку;
 - 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 с гальванической изоляцией, объёмом 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 ре-

зервированному 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 приёмниками 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 приёмников 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, закреплённых 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 (высота 782 мм) на основе шкафа се-

рии minirack (степень защиты IP20) фирмы Schroff.

В связи с большим объёмом 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 определённые исходные посылки. При этом по соображениям сложности решаемых задач, а также с учётом 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 путём. Всё 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 трёхоконном 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 объёмы 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.

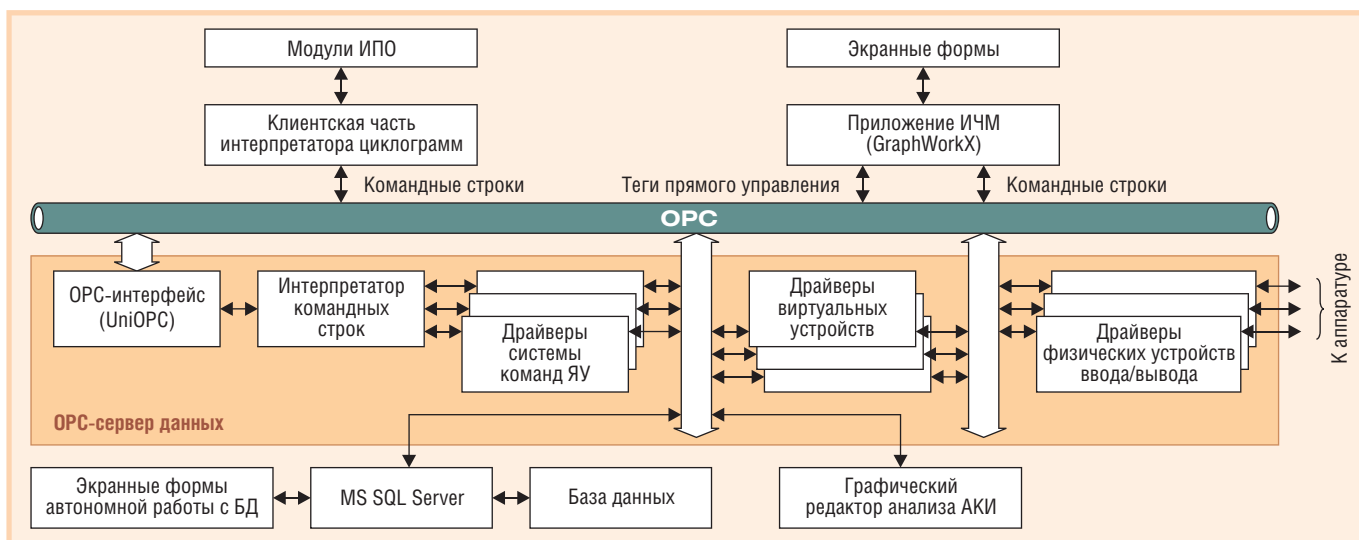
Ещё одно специфическое требование связано с необходимостью поддержки проведения не только испытаний, но и всех других работ, требующих управления ПССТ, на этапах отладки, юстировки, пусконаладки и отработки алгоритмов управления. Как показывает опыт разработки систем аналогичного назначения, в ходе этих 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. Её применение позволило упростить реализацию графического редактора для отображения и интерактивной обработки АКИ с необходимой разрешающей способностью, а также применить распространённые системы управления базами данных 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 (рис. 4).

В структуре базового КСПО КПА предусмотрена возможность перехода от однопроцессорной организации системы, применённой в КПАТ, к распределённой двухуровневой организации, востребованной в КПАСУ. Такая возможность обеспечивается за счёт того, что та часть ИЧМ, которая обеспечивает поддержку управления аппаратурой телескопа и оперативного контроля её состояния, выполнена в виде отдельного клиентского приложения, снабжённого ОРС-интерфейсом. Этот интерфейс, разработанный объединёнными усилиями фирм-производителей средств автоматизации техпроцессов, в настоящее время является стандартом, предназначенным специально для распределённого управления промышленным оборудованием и доступа к данным [1]. Таким же интерфейсом оснащён и основной элемент КСПО — сервер управления аппаратурой (сервер данных).



Рис. 3. Блок вычислителя



Условные обозначения:

ИПО — испытательное программное обеспечение; ИЧМ — интерфейс «человек-машина»; ЯУ — язык управления; АКИ — кадры автоколлимационных изображений.

Рис. 4. Структура комплекса системного программного обеспечения КПАТ

Авторами исследована возможность применения для решения всего комплекса задач КПА универсальных SCADA-систем, то есть инструментальных платформ, предназначенных для построения АСУ ТП. Однако большинство из них не рассчитано на модификацию конечным пользователем, причём их ИЧМ ориентирован на управление фиксированным и, как правило, непрерывным технологическим процессом, что и требуется в типовых АСУ ТП [2, 3]. 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 её состояния, удалось реализовать средствами SCADA-пакета GENESIS32 фирмы Iconics. Это ускорило процесс разработки КПАТ при одновременном улучшении дизайна её экранных форм. Существенным фактором при выборе этого инструмента явилось то, что набор предлагаемых компонентов 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 счёт того, что каждый из отдельных модулей ИПО, представляющий собой циклограмму (ЦГ) достаточно укрупнённой операции, реализуется на специальном языке управления (ЯУ). Этот ЯУ является по существу русифицированным диалектом Basic, состав команд и типов опе-

рандов 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, которые запускаются при наступлении определённого события. Для поддержки такого подхода в структуру КСПО введены интерпретатор и библиотека реализации команд ЯУ КПАТ, поддерживаемые 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, одной из задач которого является поддержка создания ЦГ — ввод, редактирование и отладка их исходных текстов. Кроме того, в этом же приложении обеспечивается запуск исполнения ЦГ, а также визуализация хода исполнения и полученных 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 средства автономной работы с БД и трёхкоординатный графический редактор интерактивной обработки АКИ. Полученная в результате базовая структура взята за основу во всех трёх комплексах системного ПО, разработанных для блоков вычислителей КПАТ, а также ИТ и ИБНС, входящих в КПАСУ (рис. 4).

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 клиентского и серверного компонентов в КПАТ требовалось бы около 500 OPC-тегов. Однако такое построение системы, помимо громоздкости, ещё и не обеспечивает нужной степени соответствия требованиям реального масштаба времени (РМВ). При обмене клиентского приложения с удалённым OPC-сервером, то есть при межмашинном обмене по ЛВС, средняя задержка реально может составлять до 3 мс, а при работе с локальным сервером — до 300 мкс [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, причём 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 жёстком реальном времени. Для исполнения каждой из циклограмм в клиентской части запускается отдельный клиентский процесс – приложение, имеющее своё 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 до-

черных процессов. Те команды ЯУ, которые реализуют управление аппаратурой, исполняются в сервере данных. Для этого из клиентского приложения в сервер через строковый OPC-тег передаются командные строки, каждая из которых содержит собственно команду и её 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 управле-

ние 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 Fastwel.

Для разработки таблиц баз данных 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 поддерживан 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. 5.

Определение структуры аппаратных и программных средств было начато после тщательного анализа функциональных задач. При этом активно использовались результаты анализа доступных на рынке компонентов с применением изложенных ранее критериев отбора (этап 1). На следующем этапе с учётом итогов этого анализа выполнялся итеративный процесс распределения задач между аппаратными и программными средствами, покупными и 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.

Сосредоточение всех логических функций в КСПО блока вычислителя, полностью собранного из покупных устройств, позволило на следующем, третьем этапе 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 нём нижнего уровня КСПО КПАТ на базе поддержки драйверов физических

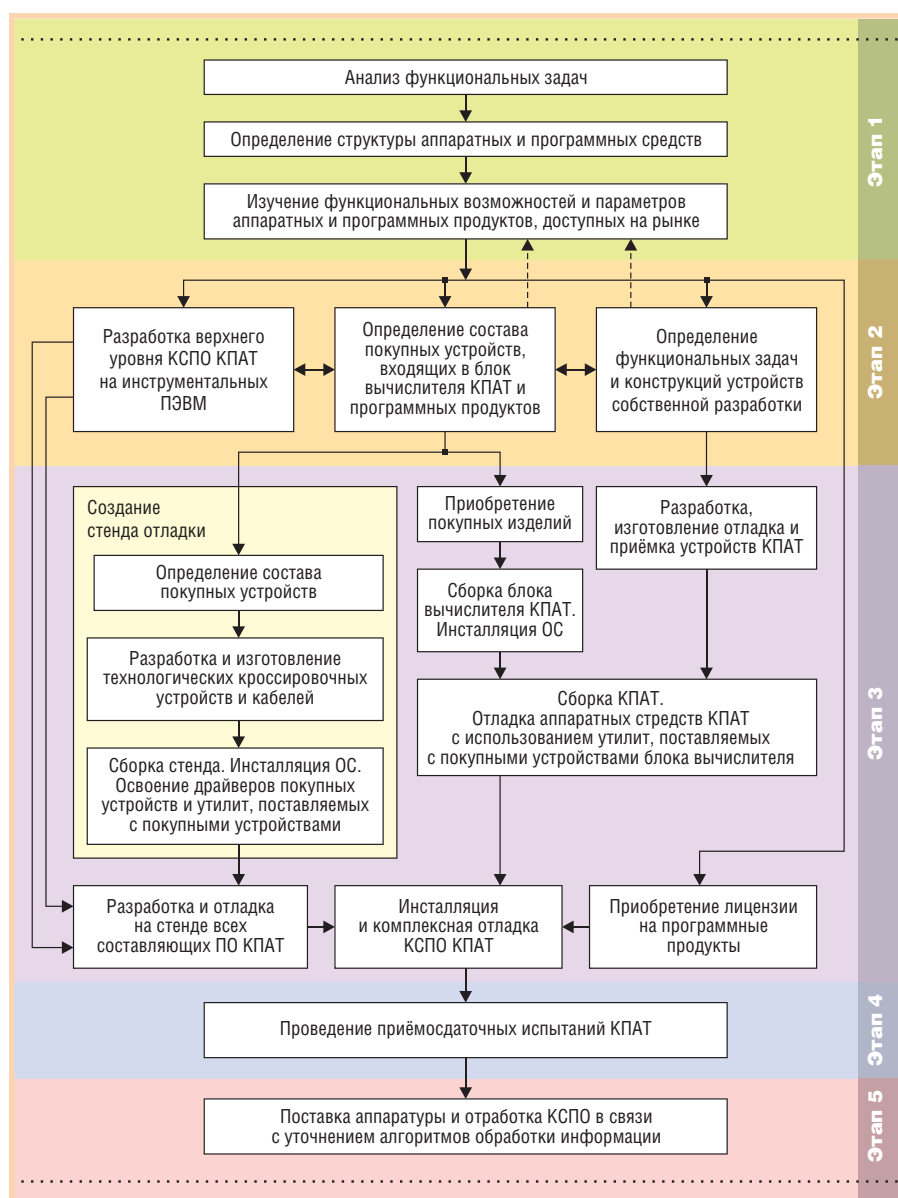


Рис. 5. Основные этапы и последовательность работ по созданию КПАТ



Рис. 6. Общий вид стенда отладки программного обеспечения



Рис. 7. Общий вид аппаратуры КПАТ

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 (рис. 6).

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

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ

За счёт 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 трудоёмкости разработки пришлась на драйверы виртуальных устройств (настройки над регистровыми драйверами ввода-вывода) и на решение специфических задач обработки и визуализации информации. Результаты первого года эксплуатации КПАТ на предприятии-изготовителе телескопа показали её соответствие функциональному назначению, удобство работы оператора и высокую надёжность. Измерения реальной точности фаз периодических сигналов, формируемых путём программной записи нужных битов в регистр вывода, показали, что фазовый шум не превышает 150 мкс.

Такая величина, полученная за 8 часов регистрации, складывается из единичных выбросов по 75 мкс в обе стороны от номинальных временных положений фронтов меандра, период которого составлял 10 мс. Этого вполне достаточно для управления шаговыми двигателями, а при необходимости улучшения этих параметров сервер управления аппаратурой может быть перенесён в среду операционной системы Windows CE. Эта ОС, с одной стороны, позиционируется как ОС «жёсткого» 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 её создания, позволивших реализовать открытую и масштабируемую структуру КПА на базе набора модулей фирм Advantech и Элкус, операционной системы Windows 2000 и интерфейса OPC. Общий вид аппаратуры КПАТ показан на рис. 7.

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

Использование высоконадёжных и имеющих гарантию долговременной доступности покупных аппаратных средств, с одной стороны, а также простота структуры и небольшой объём устройств собственной разработки, с другой, явились основой достижения требуемой эффективности при имев-

шихся ограничениях по стоимости КПА, срокам и трудоёмкости 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». Развёртывание стенда упреждающей отладки программного обеспечения КПА позволило не только своевременно и качественно отработать взаимодействие программного и аппаратного компонентов, но и эффективно сопровождать его в процессе эксплуатации.

Авторы выражают признательность В. Яковлеву, Ю. Савчуку, 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. 1999. № 3.
3. Слепов В.И. Шестая международная конференция «Разработка АСУТП в системе ТРЕЙС МОУД: задачи и перспективы» // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2000. № 4.
4. DCOM, OPC and Performance Issues. — OPC Foundation; 02.03.1998.

**Авторы — сотрудники
ОАО «НИИ точной механики»
Телефон: (812) 535-2386
Факс: (812) 535-8374**