



## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ СМЕШАННЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ МОДУЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СТАНДАРТАХ VXI и LXI

С.Н. Зайченко (Холдинг "Информтест"),

М.И. Перцовский (ООО "Лаборатория автоматизированных систем (АС)")

*Рассмотрена архитектура информационно-измерительных и телеметрических систем на базе стандарта VXI-LXI и инструментального комплекса АСТест, наиболее перспективная и оптимальная при проведении испытаний и исследований, контроле и диагностике сложных технических объектов, мониторинге работы промышленных и энергетических объектов. Стандарт VXI ориентирован на создание точных и защищенных контрольно-диагностических и измерительно-управляющих систем. В статье подробно рассмотрены вопросы построения таких систем на базе аппаратуры, выпускаемой холдингом "Информтест" и ПО АСТест-VXI, разработанного "Лабораторией автоматизированных систем (АС)" [1].*

*Ключевые слова: динамическая, статистическая, статодинамическая системы, информационно-измерительная система, автоматизация, испытания сложных объектов контроля, магистрально-модульный интерфейс, VXI, LXI, АСТест.*

### Особенности архитектуры современных информационно-измерительных систем

При стендовых испытаниях сложных объектов контроля, таких как изделия ракетно-космической отрасли, самолеты, их двигатели и т.д. необходимы информационно-измерительные (ИИС) и телеметрические системы, обеспечивающие эффективный сбор и регистрацию информации с различных датчиков [1]. На существующих стендах таких систем множество. Они были спроектированы и построены в разные годы разными производителями. В течение последних 15...20 лет сложилась определенная архитектура и принципы построения ИИС [2].

1. ИИС делятся на системы сбора и регистрации статических (медленных) параметров (ИИС ММП скорость опроса каналов 1 Гц...2 кГц на канал), системы регистрации статодинамических параметров (2...10 кГц на канал) и системы регистрации быстрых динамических параметров (ИИС БМП 10 кГц...2,5 МГц на канал).

2. В цепи между датчиком и измерителем, как правило, находится модуль-нормализатор, обеспечивающий усиление и фильтрацию помех и превращающий полезный сигнал в вид, удобный для оцифровки измерителем. Не будем здесь рассматривать совсем старые системы с аналоговыми измерителями. Нормализаторы сигналов имеют огромную номенклатуру, самое различное управление и часто уникальное исполнение. Никаких стандартов на их создание не существует, поэтому они разнообразны и дороги. Однако новые модели измерителей, как правило, имеют широкий динамический диапазон, используют высокоточные АЦП и ЦАП нового поколения со встроенными системами калибровки и могут обходиться без нормализаторов в измерительном тракте. Другой важнейшей составляющей ИИС без нормализаторов является возможность приближения измерителей к объекту контроля для минимизации кабельных сетей и повыше-

ния качества измерений. Для этих целей идеально подходят новые LXI-крейты со специальным питанием (=12...36 В), приспособленные для работы во взрывоопасных зонах и имеющие удаленное управление и передачу данных по сети Ethernet. Поэтому тенденция на уменьшение числа нормализаторов сигналов наблюдается во всех новых системах, что существенно облегчает жизнь испытателей и увеличивает точность измерений. Данная тенденция приводит к тому, что при оценке стоимости создания ИИС и сравнении разных измерителей необходимо учитывать стоимость нормализаторов и их эксплуатации. Кроме того, совмещение нормализатора и измерителя в рамках одного модуля и широкое использование Ethernet позволяют существенно снизить помехи и повысить точность измерений, доводя ее до недостижимого для предыдущего поколения ИИС уровня.

3. Аппаратура ИИС обычно располагается в отдельных помещениях, где проходит кабельная сеть от датчиков, расположенных непосредственно на объекте контроля. Нормализаторы и измерители часто устанавливаются в одной и той же стойке и выполняются в различных крейтовых системах как стандартных (VXI[3], PXI от VXI Technology, Kinetic, Bustec, National Instruments, Информтест), так и нестандартных (решения фирм: LMS, Bruel & Kjaer, Lcard, НПП "Мера" и др.).

4. ПО существующих ИИС также делится на закрытое, жестко привязанное к конкретной аппаратуре (решения от LMS, Bruel & Kjaer, НПП "Мера") и открытое, работающее с аппаратурой различных производителей (решения MTS, MDSAero – Prodas, M+P International – Coda, Информтест – Регистратор, "Лаборатория автоматизированных систем (АС)" – АСТест [4] и др.).

Ввиду того, что динамические системы всегда были очень дорогими и сложными, именно на них тех-

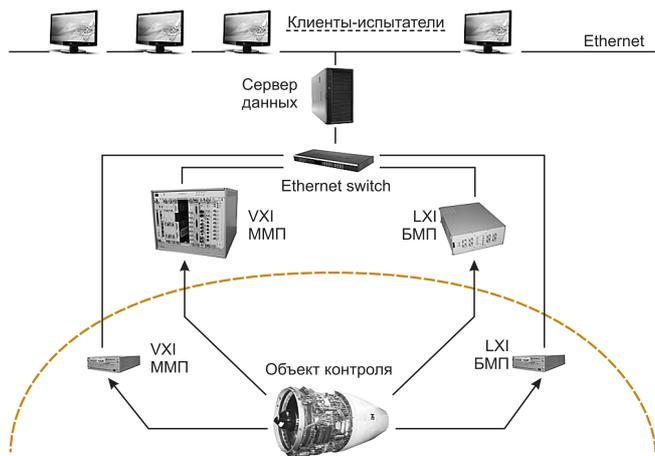


Рис. 1. Архитектура построения смешанных ИИС

нический прогресс и новые возможности аппаратуры оказали наибольшее влияние. Более того, сетевые технологии позволили строить смешанные системы, состоящие из динамических и статических частей, обеспечивая их синхронизацию и функционирование в рамках единого комплекса.

**Основные отличительные черты динамической системы**

1. Каждый канал имеет свой АЦП. Опрос каналов ведется параллельно. Лучшие измерители имеют индивидуальную гальваническую развязку каналов и минимальное взаимовлияние каналов.
2. Скорость семплирования (число измерений в секунду) по каждому каналу составляет 10 кГц...5 МГц.
3. Динамические системы нового поколения используют широкий набор измерителей, объединенных в рамках одной системы: измерители напряжения, тахометры, тензоизмерители.
4. Число каналов – 2...256 ед. Для большего числа каналов, как правило, устанавливают несколько динамических систем, синхронизированных по технологии master-slave.

**Основные отличительные черты статических систем**

1. Каналы имеют коммутатор и один АЦП на группу. Опрос каналов ведется последовательно.
2. Скорость семплирования большинства медленных ИИС находится в диапазоне 1 Пц...2 кГц.
3. Число каналов – 16...15000 ед.
4. Медленные системы часто имеют десятки типов измерителей.
5. Для медленных систем, как и для динамических, принципиально важна качественная синхронизация и наличие специальных управляющих модулей формирующих команды (старт, протяжка и др. по линиям TTL/TRJ). Причем важно отметить, что для систем, исполненных в стандартах VXI и PXI – это TTL сигналы, а для LXI – LVDS сигналы.

ПО для статических и динамических систем должно осуществлять привязку каждого информационного кадра к абсолютному времени системы. Это требование является важнейшим для последующей достоверной обработки результатов эксперимента.

В смешанной (статодинамической) ИИС присутствуют и одновременно синхронно регистрируются статические, статодинамические и динамические процессы. Если рассмотреть процесс испытаний в целом, то разделение процесса регистрации информации на медленные и быстрые каналы часто является искусственным и вызвано аппаратными сложностями организации сбора информации. Все равно на этапе постобработки необходимо совмещение результатов. Существующие крейтовые системы на основе магистрально-модульного принципа всегда имеют физический предел по пропускной способности, который определяется возможностями магистрали и скоростью объединенного потока информации. Контроллер магистрали всегда будет тем узким местом, которое и определяет пропускную способность системы независимо от стандарта. Повышение пропускной способности контроллеров значительно повышает скорость пропускаемого потока информации, но радикально подход не меняет. Именно этот принцип ограничивал число динамических каналов в рамках одного крейта в любом стандарте, построенном на использовании одной магистрали. Если требовалось много динамических каналов, то увеличивалось число крейтов и соответственно встроенных компьютеров, управляющих ими. Большое число компьютеров в геометрической прогрессии увеличивало сложность ПО систем. Получался заколдованный круг. Потребители старались для минимизации затрат увеличить число каналов в одном крейте, но для динамических систем быстро наступал предел пропускной способности по информационному потоку, и приходилось дробить систему на много крейтов, увеличивая затраты, сложность регистрации и обработки информации. С ростом скорости семплирования по каналу и увеличением разрядности измерителя скорость потока соответственно росла, что в свою очередь опять приводило к пределу пропускной способности и уменьшению числа каналов динамической системы. Эти проблемы и определяли медленный рост числа каналов в динамических системах при росте разрядности измерителей и экспоненциальный рост цены канала высокоточных динамических систем.

Выход из этого тупика для магистрально-модульных систем появился совсем недавно после создания новой версии стандарта VXI4.0, предполагающего наличие двух магистралей и двух контроллеров: одна стандартная параллельная магистраль для управления и передачи данных и вторая последовательная магистраль, идущая по схеме "звезда" от каждого модуля к сетевому контроллеру. Такая конфигурация позволяет разделить магистрали управления и передачи данных и добиться скорости сбора информации с каждого слота до 80 Мб/с по 1Гб LAN или PCI Express. Однако VXI4.0 только появляется, и пока в мире еще нет ни одной реализации подобной системы, хотя некоторые фирмы упорно над ней работают и обещают к концу 2009 г. показать первые результаты.

### Принципы построения информационно-измерительных систем в стандартах VXI и LXI

Рассмотрим принцип построения систем на базе VXI4.0 более детально. Стандарт VXI4.0 обеспечивает обмен данными по протоколу 2eSST со скоростью 320 Мб/с. На кросспанели VXI4.0 вводится дополнительная последовательная магистраль для потокового обмена с каждым модулем по протоколам LAN 1Гб, VXS, PCI Express. Любой из интерфейсов может быть задействован потребителем в зависимости от типа слота переключателя, реализующего этот обмен. По мнению создателей VXI4.0 наиболее распространенным последовательным интерфейсом станет 1 Гб LAN, который впоследствии заменится на 10Гб LAN. Для стыковки с PCI Express в группу последовательных магистралей введена PCI Express, несмотря на возражения некоторых членов консорциума.

Принципиальное отличие архитектуры VXI4.0 от PXI Express состоит в том, что все модули последней объединяются по схеме "звезда" в контроллере, из которого выходит один канал PCI Express на управляющий компьютер. Этот единственный канал вывода сводит на нет все достоинства звездообразной схемы подключения модулей к контроллеру и является естественным ограничителем такой архитектуры, приводя групповую скорость потока по схеме "звезда" к пределам скорости по кабельной версии одного порта PCI Express на выходе контроллера. В VXI 4.0 все управление реализовано на slot-0 VXI4.0, который обеспечивает обмен по параллельной магистрали VXI с протоколом 2eSST (320 Мб/с), а поток данных направляется в компьютер через многопортовый переключатель 1 Гб LAN или PCIExpress (9 портов). Данный модуль является отдельным слотом в VXI4.0 крейте и имеет равное число выходов/входов. Таким образом, достигается возможность загрузки данных в компьютер с каждого слота VXI4.0 на максимально возможной скорости последовательной магистрали.

По мнению разработчиков VXI4.0 станет идеальным стандартом для смешанных систем, позволяющим в рамках одной системы объединять сотни быстрых и медленных каналов за минимальную цену.

Дальнейшее развитие магистрально-модульных систем — только один из путей построения современных смешанных и динамических систем.

Второй путь основан на применении сетевых технологий и платформу-независимых измерителей из класса "синтетических инструментов", устанавливаемых в VXI и LXI крейты. При этом медленные измерители устанавливаются в VXI крейты, а быстрые — в LXI носители. ИИС в целом представляет собой набор измерительных кластеров, каждый из которых решает свои задачи, а информационные потоки не

пересекаются в рамках каждого кластера. Такой подход позволяет совместить достоинства VXI в части максимального числа медленных каналов на крейт (в решениях "Информтест" до 1408 измерительных каналов на крейт по 128 каналов на модуль; в решениях Bustec до 2112 некоторых каналов) и достоинства LXI носителей в части отсутствия ограничений на скорость передачи данных, так как каждый носитель имеет свой порт LAN, потоки из которых объединяются через Ethernet switch и попадают на сервер обработки данных. Таким образом достигается возможность параллельной работы большого числа динамических каналов в LXI носителях и большого числа медленных каналов в VXI крейтах в рамках одной смешанной ИИС.



Рис. 2. Регистратор динамических параметров Тест-БМП1

Другой важнейшей особенностью мезонинных измерителей из класса "синтетических инструментов" является расширение возможной номенклатуры систем в геометрической прогрессии. Например, в настоящее время холдинг "Информтест" производит 27 типов мезонинных модулей различного назначения и четыре типа модулей-носителей для VXI и LXI исполнений. Из них можно создать сотни разнообразных контрольно-

измерительных систем в стандартах VXI и LXI. Более 20 типов мезонинных модулей выпускает фирма VXI Technology, около 30 типов выпускает Bustec, значительное число мезонинных модульных приборов выпускают фирмы C&H Technologies, Kinetic EADS NA Defence и др. Если для стандарта VXI такой подход является типовым, то для стандарта LXI он становится возможным только при комбинировании мезонинных измерителей и LXI-носителей. Примерами LXI-носителей являются MezaBOX 1 (носитель на два мезонинных модуля) и MezaBOX 2 (носитель на восемь мезонинных модулей) [5].

На базе описанного подхода в 2008 г. российским потребителям были представлены две первые системы регистрации и анализа динамических процессов с быстро меняющимися параметрами (БМП) — Тест-БМП1 (рис. 2) и Тест-БМП2 (рис. 3). Эти системы построены в стандарте LXI и могут использоваться для создания на их основе распределенных систем регистрации и анализа динамических параметров с выходом в локальные сети и Internet. Каждая система имеет свой Web адрес и блок тестирования и контроля через Internet. Системы построены на основе двух типов носителей мезонинных модулей в стандарте LXI соответственно на Мезабокс 1 и Мезабокс 2. Для стандартного питания на 220 В обе системы имеют специальные адаптеры.

Система Тест-БМП1 является портативной, имеет возможность установки двух мезонинных модулей стандартного размера, интерфейсы USB 2.0 TMC и

Ethernet 10/100, полевое исполнение с батарейным питанием на 9...11 часов непрерывной работы в зависимости от типа измерителей и полностью соответствует требованиям LXI стандарта. Перевозка системы осуществляется в специальном кейсе.

Система Тест-БМП2 (на базе Мезабокс 2) позволяет установить до восьми любых мезонинных измерителей стандартной ширины из общей номенклатуры производства холдинга "Информтест". Тест-БМП2 имеет специальную съемную коммутационную панель для подключения кабелей соединения с объектом контроля и кабелей синхронизации; интерфейсы Ethernet 10/100/1000 и USB 2.0 TMC. Скорость общего информационного потока достигает 26 МВ/с, что в зависимости от типа измерительных мезонинных модулей соответствует скорости регистрации до 5...5,5 млн. измерений в секунду. Напряжение питания =16...36 В и искрозащитные барьеры на коммутационной панели позволяют использовать систему во взрывоопасных помещениях. Кроме того, Тест-БМП2 имеет два встроенных постоянно подключенных аккумулятора, обеспечивающих непрерывную работу системы при пропадании питающего напряжения в течение 5...7 ч в зависимости от типов модулей. Для стандартного питания на 220 В система имеет специальные адаптеры. Архитектура построения Тест-БМП2 позволяет создавать дублированные и троированные измерительные тракты. Наличие специального питания и удаленное управление позволяет максимально приблизить систему к объекту контроля, сокращая длину кабельной сети и уменьшая помехи при испытаниях.

Обе системы Тест-БМП 1 и 2 имеют синхронизацию по TTL/TRJ и CLK 10, которая позволяет обеспечить разбежку временной привязки данных по разным каналам в пределах 2...5 мс при непрерывной работе 10...20 ч. Системы при необходимости конфигурируются в единый измерительный комплекс с любыми другими измерительными и телеметрическими системами, выполненными в стандартах VXI, PXI, LXI. Все измерительные мезонинные модули, используемые в Тест-БМП, имеют VXI Plug&play драйверы и могут использоваться в самых различных VXI системах с носителями VXI-НМ, VXI-НМС.

ПО систем Тест-БМП обеспечивает конфигурацию каналов, регистрацию, запись, трансляцию в сеть и отображение информации. При отображении информации к серверу данных может подключаться большое число клиентов (до 20 ед.). При этом каждый из клиентов может вывести на свой компьютер экспресс отображение более 20 параметров в темпе эксперимента. Перед началом работы ПО систем

позволяет проводить автоматическую калибровку каналов и измерять уровень шума в канале.

Для постобработки результатов экспериментов потребителям предлагаются постпроцессоры на пакеты обработки результатов испытаний, например, модуль послесеканной обработки данных, входящий в состав АСТест ("Лаборатория автоматизированных систем (АС)") или WinПОС (НПП "Мера"). АСТест отличается тем, что построен по технологии открытых систем, и для него по требованию потребителя оперативно могут быть дополнительно разработаны специальные процедуры постобработки. Если у потребителя имеются собственные системы постобработки, то постпроцессор на них может быть легко включен в АСТест-систему.

В составе систем серии Тест-БМП используются следующие мезонинные измерительные модули, которые по формальным признакам можно отнести к динамическим:

- МН4В – 4 канала, 24 бит, 8 диапазонов (25 мВ...10В), групповая гальваническая развязка, скорость семплирования 102,4 kilosемплов/с;
- МН8И – 8 каналов, 18 бит, 1 диапазон (опционально), индивидуальная гальваническая развязка, скорость семплирования 200 kilosемплов/с;
- МН32СМ – 32 канала, 18 бит, 3 диапазона, групповая гальваническая развязка, скорость семплирования при 16 каналах 20 kilosемплов, при 32 каналах – 12 kilosемплов/с;
- МН3И – 3 канала, 16 бит, скорость семплирования до 2,5 мс/с на канал, индивидуальная гальваническая развязка, 3 диапазона;
- МТМ-6 – 6 каналов тензоизмерений, 1/4, 1/2, полный мост, 8-проводная схема подключения, скорость семплирования до 130 kilosемплов/с на канал, встроенное питание тензодатчиков 0...±8В с дискретом 2,5 мВ. Максимальный ток питания датчиков до 50 мА, сопротивление датчика 120, 350, 1000 Ом, заказное, электрическая калибровка тракта (калибровочный резистор 49,9 Ком). Различные схемы включения датчика для измерения продольной и поперечной деформации, диапазоны измерений 1000 ...20000 ме;
- МС обеспечивает синхронизацию для стандартов VXI и LXI, а также прием команд (старт, протяжка и др.).

При желании потребителя в составе Тест-БМП могут быть использованы любые другие мезонинные измерители и формователи производства холдинга "Информтест".

В апреле 2009 г. в НИЦ ЦИАМ системы Тест-БМП1 и 2 успешно прошли тестирование при испытании иностранного авиационного двигателя. На испытаниях участвовала версия Тест-БМП1 на Мезабокс 1 в составе четырех динамических каналов на модуле МН4В (4 ка-



Рис. 3. Регистратор динамических параметров Тест-БМП2

нала, 102,4 кс/с, 24 бит) и 32 статических каналов измерения напряжения на модуле МН32С (32 канала, 24 бит, 200 Гц).

Тест-БМП2 собран на Мезабокс 2 с коммутационной панелью под разъемы типа BNC. Всего в системе установлено 92 динамических канала: 64 канала на 12,5 кГц или 40 каналов на 20 кГц реализованы на двух модулях МН32СМ с групповой гальванической развязкой; 16 каналов по 100 кГц на двух модулях МН8И с поканальной гальванической развязкой; 8 каналов на модулях МН4В; 4 канала измерителей оборотов на модуле МНЧ-4 (4 канала, 10 мВ...25В, 0,1 Гц...500 кГц); модуль синхронизации МС (обеспечивает сигналы старт, протяжка и др.).

Обе системы объединены через Ethernet switch на 1Гб LAN с 1Гб портом специального сервера, который обеспечивает сбор данных с системы, регистрацию, архивацию и трансляцию в сеть. Ко второму 1Гб порту сервера подключены компьютеры отображения для пользователей. Так как Тест-БМП1 и 2 выполнены в стандарте LXI, то каждая система имеет собственный IP-адрес, что позволяет управлять системой через Internet. Это удобно при техническом обслуживании систем, контроле работоспособности и т.д. Версии Тест-БМП1 и 2 могут иметь самые различные конфигурации по числу и типам каналов ([www.infest.ru](http://www.infest.ru)).

Сравним Тест-БМП с аналогами, представленными на российском рынке. В стандарте LXI прямые аналоги отсутствуют. Среди систем, работающих по Ethernet и использующих одни и те же модули в различных конфигурациях, имеются зарубежные аналоги. Но с точки зрения аппаратного состава Тест-БМП 1 и 2 имеют намного более широкий выбор измерительных модулей для динамических и статических измерений (27 типов по состоянию на начало 2009 г.). Кроме того, все модули для Тест-БМП1 и 2 могут устанавливаться на носители в стандарте VXI. У аналогов этого нет. Номенклатура измерительных модулей для Тест-БМП1 и 2 полностью покрывает весь спектр приложений для медленных систем в отличие от аналогов, что позволяет без дополнительных затрат строить смешанные системы под единым ПО, облегчая жизнь заказчику и экономя средства.

ПО Тест-БМП 1 и 2 обеспечивает регистрацию параметров, архивацию, выдачу в сеть, отображение и экспресс-обработку данных. ПО "Регистратор" поставляется потребителям на русском языке. Системная поддержка и постобработка для Тест-БМП1 и 2 обеспечивается программным комплексом автоматизации измерений, испытаний и мониторинга АСТест-VXI, выполненном на русском языке.

Особенно отметим, что средняя стоимость канала в Тест-БМП 1 и 2 в 2,5...3 раза ниже, чем у зарубежных аналогов. Фактор цены является одним из важнейших, особенно, во время кризиса. Системы Тест-БМП 1 и 2 полностью изготавливаются в России (Зеленоград, Москва) из импортных комплектующих (при необходимости с приемкой заказчика), имеют

*Существует лишь то, что можно измерить.*

Макс Планк

всю документацию на русском языке, для каждой конфигурации выполняется сертификация на утверждение типа средств измерений. Каждый измерительный модуль имеет полный комплект документации и проходит необходимые испытания.

Если сравнить Тест-БМП 1 и 2 с системами БМП на основе РС-плат (таких систем в России множество), вставляемых в компьютер, то сравнение будет не в пользу последних. В компьютер можно вставить 2...3 платы, что ограничивает число каналов (обычно это 16 или 24 канала на систему). Компьютерные материнские платы разных производителей имеют огромные ненормированные помехи, которые сильно ухудшают качество измерений. На шине PCI отсутствует какая-либо синхронизация, что приводит к большим разбегам данных при использовании нескольких систем на базе РС в рамках одного комплекса. Блоки питания компьютеров также ненормированы по уровням помех. Измерительные модули, вставляемые на шину PCI, как правило, не имеют защитных экранов. Все это приводит к крайне низкому качеству измерений и малому числу каналов в рамках одной системы. Именно поэтому в ответственных многоканальных системах испытаний авиационной и ракетно-космической техники в России и за рубежом измерительные РС-платы, как правило, не используются, а если жизнь заставила использовать, то заменяются при первой возможности. Основным достоинством систем на основе РС-плат является их относительно низкая цена. Но если сравнить по цене Тест-БМП2 на 92 канала с аналогами на РС, то требуется не менее шести 16-канальных систем с крайне сложной синхронизацией, стоимость которых, скорее всего, превысит цену Тест-БМП2.

Следующим этапом построения комплексной ИИС является интеграция отдельных модулей и приборов в систему автоматизации, максимально полно удовлетворяющую поставленной конкретной задаче контроля и управления сложных объектов.

#### **Интегрированная среда сбора, обработки и представления данных модульных информационно-измерительных и телеметрических систем**

Каждая конкретная ИИС строится как специализированная интегрированная среда, объединяющая частные программные оболочки управления отдельными модулями [6]. Ядро такой интегрированной среды составляют средства многооконной визуализации первичных и обработанных данных, настройки и управления комплекса в целом, выбора режимов функционирования, которые позволяют выполнять действия наиболее общего характера.

**Сбор данных.** Для каждого типа интерфейсного оборудования разрабатывается динамическая библиотека, поддерживающая специфику функционирования его

устройств сопряжения. Активизация из интегрированной среды динамической библиотеки, ответственной за взаимодействие с внешними устройствами, позволяет настроить и выполнить сеанс регистрации данных. Сама среда "не знает" об алгоритмах сбора, ей сообщается лишь местоположение (дескриптор памяти) собранных данных. Конкретные особенности сбора, такие как режимы обмена, базовые адреса, вектора прерываний и т.д. учитываются активизированной динамической библиотекой. Последняя отвечает за собственное оперативное конфигурирование и в случае необходимости загружает соответствующие диалоги.

Типичными параметрами настройки являются:

- *установки прибора* — базовый адрес, номер вектора прерывания;
- *режим обмена* — механизм взаимодействия с компьютером (по готовности, по прерыванию, по прямому доступу к памяти);
- *режим синхронизации* — способ инициализации процесса сбора;
- *определение предыстории* — способ деления данных на "предварительную" и "основную" информацию;
- *уровни согласования* — используемые уровни входных/выходных каналов для связи с внешним устройством;
- *режим дискретизации* — тип (внутренний, внешний) и параметры генератора, используемого для задания частоты опроса при сборе данных;
- *режим регистрации* — непрерывная или однократная запись по выбранным каналам.

**Визуализация данных.** Компонента, поддерживающая визуализацию, то есть представление данных на экране, является встроенной, поскольку она необходима для любого режима работы, будь то сбор данных, операции с файлами и таблицами или математическая обработка результатов.

Для визуализации используются окна графического отображения. Одновременно может быть открыто произвольное число таких окон. Стандартно каждое окно предназначено для представления совокупности всех сигналов "обслуживаемых" приборов как цифровых (логических), так и аналоговых. При этом число видимых или активных в любой момент сигналов настраивается по ситуации. Для сканирования значений сигналов используются перемещаемые маркеры и поля отображения. Сканирование и другие операции могут выполняться как отдельно для группы аналоговых или логических сигналов, так и одновременно для обеих групп. Разумеется, окна могут дублироваться, сохраняться в файлах и т.д.

**Просмотр фрагментов данных через "лупу".** Для более детального просмотра данных предлагается механизм обзора выбранного фрагмента в увеличенном масштабе. В окне отображения сигналов отмечаются границы области для подробного просмотра, после чего соответствующей командой выбраный фрагмент отображается в новом окне-"лупе". Движение маркера в этом окне синхронизировано с позицией

активного маркера в исходном окне. Число таких "луп" ограничивается лишь ресурсами компьютера.

**Обработка информации.** Средства обработки информации можно отнести к компонентам, наиболее наглядно иллюстрирующим принципы его построения, нацеленным, с одной стороны, на достаточную полноту базовых средств, а с другой — на гибкость и наращиваемость конкретных реализаций.

Средства обработки реализованы в двух формах:

- *экспресс* — наиболее общая обработка по оперативно набираемым формулам;
- *алгоритмическая* — специфическая для приложения обработка данных по заранее составленным алгоритмам.

*Экспресс обработка* позволяет производить различные расчеты по вводимым пользователем формулам. Это могут быть как отдельные вычисления, так и групповые операции, например, над массивами. В качестве аргументов могут выступать *первичные* (не обработанные) данные, параметры, описывающие условия сбора, константы (числа или их идентификаторы), вычисляемые параметры по уже введенным ранее формулам или по стандартным математическим функциям. Набранные формулы могут быть временными или запоминаться для будущего использования, пополняя библиотеку (базу) экспресс-функций.

*Алгоритмическая обработка.* Для вычисления параметров по более сложным формулам (алгоритмам) разрабатываются специальные библиотеки, число которых постоянно наращивается. Кроме того, существуют правила (протоколы), при соблюдении которых подобные библиотеки могут разрабатываться самими пользователями и затем подключаться непосредственно к законченному приборному комплексу.

**Поддержка функционирования таблиц.** При обработке концепции построения интегрированных оболочек большое внимание уделялось способом хранения информации. Это связано со спецификой данных, получаемых в приборных системах, не совсем соответствующих форматам традиционных СУБД, предназначенных в первую очередь для автоматизации административного управления. Авторами учитывались два аспекта проблемы:

- *статический*, связанный со структурой хранения информации на диске;
- *динамический*, касающийся механизма взаимодействия с таблицами данных.

**Структура хранения.** Различается несколько типов таблиц:

- *корневые* — куда записывается информация об имеющихся таблицах данных и об условиях их получения; для хранения этих таблиц стандартно используется каталог, включенный в основной каталог интегрированной среды; корневых таблиц может быть много;
- *тестовые* — где хранятся данные;
- *эталонные* — где хранятся необходимые в некоторых случаях данные, аналогичные тестовым, но которые необходимо считать эталонными, например,

в случае использования комплекса для диагностики неисправностей;

- *форматы* – файлы с описанием структуры используемых таблиц.

Предлагаемая схема хранения таблиц является только рекомендуемой, пользователь может использовать свою. Принципиальным является то, что при больших объемах данных, чтобы "не закопаться" в них, структура *должна быть*. Поэтому предлагается инструмент для ее поддержки.

**Режимы вызова таблиц.** Предусмотрены два варианта активизации таблиц данных: используя корневую таблицу и непосредственный вызов. Каждая запись в корневой таблице связана с таблицей данных, соответствующей сеансу сбора данных. Для корневой таблицы определены следующие основные операции:

- активизация записи – создается графическое окно, куда выводятся данные соответствующей таблицы данных;
- удаление записи – соответствующая таблица данных при этом физически не удаляется;
- редактирование записи.

Непосредственный вызов таблиц осуществляется через стандартные диалоговые панели открытия файлов.

#### Интегрированная среда сбора, обработки и представления данных АСТест

Представленная идеология реализована в программном комплексе автоматизации экспериментальных и технологических установок АСТест [4] (получены свидетельства Роспатента), разработанного в "Лаборатории автоматизированных систем (АС)" ([www.actech.ru](http://www.actech.ru)). В настоящее время этот комплекс предлагается на рынке как законченный "коробочный" продукт, а также как базовое средство для разработки систем под требования заказчика. АСТест сегодня имеет развитые средства визуализации данных в масштабе РВ. Кроме традиционных для систем автоматизации средств визуализации, таких как мнемосхемы с цифровыми элементами, самописцы, табличные элементы имеются элементы визуализации, реализованные как "виртуальные приборы" (осциллограф, спектроанализатор), предназначенные для представления быстропеременных данных. На базе стандартных устройств сбора данных, используя многофункциональность комплекса АСТест, можно реализовать самые разнообразные приборные комплексы.

Кроме того, средства визуализации и взаимодействия с пользователем АСТест позволяет осуществлять настройку сценариев для выбранного режима автоматизированного приборного комплекса, хранение и поиск нужного сценария в БД, проводить измерения в масштабе РВ с одновременной ар-



Рис. 5. Система автоматизации стендовых испытаний на базе комплекса АСТест

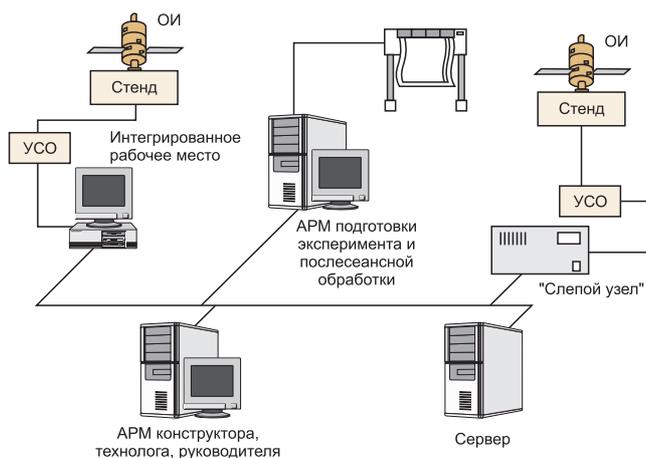


Рис. 4. Локальная сеть лабораторно-стендового комплекса

хивацией и визуализацией данных, просматривать и анализировать результаты. В масштабе РВ производится первичная математическая обработка и допусковый контроль значений измеряемых параметров. Вся информация сохраняется в формате БД и доступна для последующей обработки и анализа. В состав комплекса входит ПО вторичной обработки и визуализации результатов измерений.

Комплекс может функционировать как на одиночном компьютере, так и с использованием клиент-серверных технологий в рамках распределенной системы (рис. 4).

Внешний вид системы автоматизации стендовых испытаний на базе комплекса АСТест приведен на рис. 5.

#### Заключение

Холдинг "Информтест" является сегодня единственным российским предприятием, освоившим производство ИИС для анализа статических, статодинамических и динамических параметров в стандартах VXI и LXI. Серийно выпускается широкая номенклатура измерительных приборов в мезонинном исполнении (27 типов) по технологии "синтетических инструментов". Практически это означает, что возможно использовать одни и те же измерители без каких-либо переделок аппаратуры и ПО для создания ИИС в различных открытых стандартах.

"Лаборатория автоматизированных систем (АС)" осуществляет разработку систем управления, подключение конкретных модулей и приборов к экспериментально-испытательной системе, комплексные решения по объединению приборов, работающих в стандарте VXI и LXI, в полностью функционально завершенные автоматизированные системы, проектирование и изготовление "под ключ" измерительных и испытательных систем на всех этапах жизненного цикла.

Модули в стандартах VXI и LXI интегрируются в систему с помощью специально разработанной в "Лаборатории автоматизированных систем (АС)" версии АСТест: "Программный комплекс автоматизации измерений, испытаний и мониторинга – АСТест-VXI<sup>®</sup>" (свидетельство Роспатент № 2007613393). Выпускаемые модули VXI и LXI холдинга "Информтест" прошли тестирование и получили статус АСТест-Compatible в "Лаборатории автоматизированных систем (АС)".

Комплекс АСТест и его компоненты вместе с устройствами сбора цифровых и аналоговых сигналов применяются в настоящее время более чем в 260 организациях и ведомствах, во многих из них АСТест стал стандартом "де-факто". АСТест строится на базе интегрированных программных оболочек, включающих также устройства измерения, и представляет собой открытую систему, которая позволяет:

- адаптировать уже имеющиеся программные блоки под конкретные, возможно достаточно специфические требования;
- благодаря гибкому механизму встраивания новых компонент увеличивать число динамических библиотек с целью расширения возможностей по сбору данных, их обработке, представлению, хранению и т.д.;
- непрерывно развивать систему с учетом передовых технологий, распространяя, например, область ее действия на глобальные сети с помощью Internet-компоненты.

Авторы понимают, что изложенный подход является во многом революционным на фоне сложившейся плачевной реальной ситуации в авиационной и космической промышленности и особенно в модульном приборостроении, но именно за таким подходом

будущее, именно таким путем идут иностранные фирмы и, наверное, так же нужно идти нам.

Такой подход особенно актуален для новых типов научной аппаратуры для исследований в области ядерной физики, нанотехнологий и др. Только такой подход в состоянии предотвратить неудержимый рост стоимости новых измерительных систем, без которых невозможно не отстать в гонке знаний и технологий, которые лежат в основе инновационной экономики будущего.

#### Список литературы

1. *Перцовский М.И.* Стратегия развития и модернизации экспериментально-испытательной базы крупных промышленных предприятий // Автоматизация в промышленности. 2009. №6.
2. *Зайченко С.Н., Комаров М.В., Страхов А.Ф., Филимонов С.Н.* Инструментальные средства стандартов VXI и LXI для перспективных автоматизированных систем контроля и диагностики. Вопросы электроники. Серия общетехническая. Вып.1, май, 2009.
3. Fred Bloennigen. Идеальная магистраль (<http://www.bustec.com>, издатель – EE-Evaluation Engineering, <http://www.evaluationengineering.com>, перевод – П. Ганженко, Информтест).
4. *Перцовский М.И., Ртищев А.В., Шулик А.С., Яковлев А.В.* Программный комплекс АСТест – комплексный подход к автоматизации испытаний и экспериментальных исследований // RMMagazine. 2006. № 5
5. *Зайченко С.Н., Филимонов С.Н., Хартов В.В.* Стандарт построения магистрально-модульных систем сбора данных VXI / В кн. Цифровые измерения. Методы и схемотехника. М.: Техносфера. 2004.
6. *Pertcovsky M., Vorobiov Ye., Kiryukhin S., Kutsevich N.* Integrated Environment for Acquisition, Processing and Control by Digital Data // The International Symposium on Problems of Modular Information Computer Systems and NetWorks, ESONE Committee. 1996.

*Зайченко Сергей Николаевич – канд. техн. наук, генеральный директор Холдинга "Информтест".*

*Контактный телефон/факс (495) 944 57-64. E-mail: infstest@infstest.ru [Http://infstest.ru](http://infstest.ru)*

*Перцовский Михаил Изидорович – канд. физ.-мат. наук,*

*директор ООО "Лаборатория автоматизированных систем (АС)".*

*Контактный телефон/факс (495) 231-39-77. E-mail: mip@actech.ru [Http://actech.ru](http://actech.ru)*

#### НОВАЯ КНИГА

**Э.Л. Ицкович "Методы рациональной автоматизации производства"**

*Объем 240 стр., твердый переплет, А5, тираже- 2000 экз. Издательство "Инфра-Инженерия" (Москва). Стоимость 550 руб.*

Книга является обобщением консалтинговых работ автора и разработанных им методов автоматизации, выполненных в последние годы и прошедших успешную апробацию на промышленных предприятиях. В ней рассматривается широкий круг задач, нацеленный на реализацию эффективной автоматизации промышленных объектов и, в частности:

- направления развития средств и систем автоматизации;
- анализ существующего рынка программных и технических средств автоматизации и позиционирование на нем российских участников;
- положения по конкретизации и полноте технических условий (заданий) на различные средства/системы автоматизации;
- прогноз эффективности предлагаемых систем автоматизации;
- метод организации и проведения конкурсов (тендеров) для выбора средств/систем автоматизации;
- аудит эффективности эксплуатируемых систем автоматизации;
- методика достижения рационального уровня автоматизации производства;

- методика распределения выделенных финансовых ресурсов на отдельные проекты автоматизации.

Особое внимание уделяется объективности всех принимаемых решений (исключению волюнтаризма) при автоматизации производства и практической реализуемости предлагаемых методов.

По содержанию, форме изложения, используемому языку книга рассчитана на сотрудников служб автоматизации предприятий, на специалистов по автоматизации в инженеринговых фирмах, проектных институтах, НИИ и ОКБ; на разработчиков и производителей средств и систем автоматизации; на персонал консалтинговых организаций и системных интеграторов в области автоматизации.

Книга может использоваться преподавателями институтов в качестве учебного пособия по курсам автоматизации, а также аспирантами и научными работниками в областях автоматизации и информатизации предприятий, поскольку дает срез современного состояния автоматизации производства и предлагает методы ее развития с учетом возможностей современных программных и технических средств и имеющихся у предприятий финансовых ресурсов.

*Заявки на приобретение направляйте на E-mail: [infra-e@yandex.ru](mailto:infra-e@yandex.ru) или по телефону 8(911)512-48-48.*