

Ю. Е. НЕСТЕРИХИН, Ю. Н. ЗОЛОТУХИН, З. А. ЛИВШИЦ
(Новосибирск)

АВТОМАТИЗАЦИЯ: ИТОГИ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Ровно десять лет назад в статье [1], опубликованной в журнале «Автометрия», была намечена долговременная программа работ Сибирского отделения АН СССР (Институт автоматизации и электрометрии, СКБ научного приборостроения) по автоматизации научных исследований. Цель настоящей статьи (и всего тематического выпуска журнала) — подвести краткие итоги завершённых этапов работ, охарактеризовать перспективные развивающиеся направления, обсудить накопленный опыт разработок и внедрения автоматизированных систем.

Организационная структура работ. Деятельность ИАиЭ СО АН СССР в области автоматизации имеет три основных аспекта:

выполнение функций, возложенных на институт как на головное учреждение по этой проблеме в Академии наук СССР и Сибирском отделении АН СССР;

обеспечение собственных экспериментальных исследований (гидродинамика, физика быстротекущих процессов, лазерная физика, биофизика), а также автоматизация проектирования и изготовления разрабатываемой радиоэлектронной аппаратуры;

участие в реализации крупных автоматизированных комплексов научного или прикладного назначения.

Это обстоятельство потребовало привлечения целого ряда организационных форм (в том числе нетрадиционных) для построения цепи НИР — ОКР — производство.

Советом по автоматизации научных исследований при Президиуме СО АН СССР была создана многолетняя программа разработки и внедрения средств автоматизации широкого применения (в первую очередь, аппаратуры КАМАК). Участие в этой программе ряда институтов и СКБ НИИ СО АН СССР позволило обеспечить изготовление технической документации на значительную номенклатуру систем и устройств (свыше 150 наименований!) и освоить ее выпуск на ряде опытных и серийных заводов.

Более десяти лет при институте работают межотраслевые конструкторские отделы двух предприятий промышленных министерств. Благодаря этому удается в сжатые сроки разрабатывать и доводить до производства сложные системы, в которых сочетается ряд принципиально различных технологий (лазеры, точная механика, электроника), иными словами, использовать академические возможности для преодоления ведомственной разобщенности.

Новым, но уже успевшим зарекомендовать себя вариантом реализации целевых проектов является создание временных научно-технических коллективов. На базе института функционирует несколько подобных подразделений (в том числе одно международное), решающих конкретные

задачи разработки систем передачи данных различного назначения, автоматизации исследований и технологических процессов в микроэлектронике и т. п.

Институт ведет также активную работу в рамках целевых комплексных научно-технических программ ГКНТ, выполняя девять заданий, связанных как с разработкой перспективных средств автоматизации общего применения, так и с созданием крупных специализированных систем.

Основные тематические направления. К таким направлениям относятся:

автоматизация массовых лабораторных и технологических методик на основе микропроцессорной техники и аппаратуры КАМАК;

разработка перспективных средств вычислительной техники, ориентированных на задачи автоматизации («мини — тито»);

развитие специализированной периферии ЭВМ (в первую очередь систем графического ввода/вывода, необходимых для решения задач обработки изображений и автоматизации проектирования);

создание методов и средств комплексирования вычислительной техники.

Следует отметить две системотехнические концепции, значение которых отчетливо проявилось в последнее десятилетие.

Во-первых, по ряду причин, среди которых можно выделить бурный рост приложений микропроцессорной техники и использование принципов распределенной обработки информации при построении современных автоматизированных систем, ставшее технически оправданным благодаря возможности «интеллектуализировать» с помощью микропроцессора даже сравнительно несложный прибор, произошел существенный пересмотр взглядов на организацию структуры управления и информационных потоков в автоматизированных системах. Грубо говоря, правило «передавай, чтобы обрабатывать», успешно вытесняется принципом «обрабатывай и затем передавай».

Во-вторых, значительные изменения претерпело представление о роли унификации аппаратных и программных средств автоматизации. В начале семидесятых годов, совпавших со временем освоения первых комплексных системных стандартов, унифицированные решения были, как правило, предпочтительнее (из экономических соображений, с учетом сроков разработки и т. п.) по сравнению с «нестандартными», даже если последние обеспечивали несколько более высокие технические параметры. Для нынешнего этапа характерен более гибкий подход: сочетание максимально унифицированной реализации типовых операций со специализацией подсистем, ответственных за эффективность комплекса в целом.

Примеры практического использования отмеченных принципов содержатся в статьях данного выпуска.

Автоматизация эксперимента: системы КАМАК и микропроцессорная техника. В области автоматизации научных исследований семидесятые годы можно рассматривать как «десятилетие КАМАК». Появление международного стандарта, охватывающего разнообразные аспекты построения систем (логический, сигнальный и конструктивный уровни) и объединяющего не применявшиеся ранее широко при создании приборного оборудования, но, безусловно, прогрессивные принципы (модульность, типовые структуры, унифицированное программное управление), оказалось событием важнейшего значения.

На наш взгляд, определенный интерес представляет опыт ИАиЭ и СКБ НИИ СО АН СССР, самостоятельно прошедших все основные этапы освоения КАМАК: от выпуска технической документации на конструктивы (включая 86-контактный разъем) и их изготовления до внедрения разработанной аппаратуры в серийное производство и создания типовых системных конфигураций. Соответственно мы на собственном примере ощутили все сложности и преимущества комплексной стандартизации:

трудность «начальных вложений» и обеспеченную ими возможность строить новые системы под конкретные задачи в недостижимые ранее сроки.

Работы по созданию и применению аппаратуры в стандартах КАМАК ведутся в Сибирском отделении АН СССР начиная с 1971 г. Основной (и наиболее ответственной) технической задачей начального периода было формирование библиотеки функциональных блоков КАМАК, так как от ее обширности и качества непосредственно зависит, удастся ли полностью реализовать все достоинства модульных структур. Важно отметить, что эта библиотека создавалась не путем копирования зарубежных прототипов, а в процессе разработки автоматизированных систем для экспериментов самого различного профиля, проводимых как в институте (см., например, [2—10]), так и в других организациях. В качестве примеров работ тех лет можно упомянуть систему автоматизации эксперимента на исследовательском реакторе ЛИЯФ им. Б. Г. Константинова, систему автоматизации исследований технологических лазеров в ИАЭ им. И. В. Курчатова, систему автоматизации управления крупнейшим в мире радиотелескопом РАТАН-600, разработки КАМАК-оборудования, выполненные СКБ НИИ для ИОА, ИЯФ, ИТФ СО АН СССР и т. п.

В результате уже за пять-шесть лет удалось в основном реализовать «модульную программу» КАМАК. Были созданы средства многоканальной регистрации данных в частотном диапазоне от сотен мегагерц (для экспериментов импульсного типа) до десятков килогерц (для «непрерывных» экспериментов), разработана аппаратура, предназначенная для управления экспериментальными установками, контроллеры КАМАК для ЭВМ различных типов, разнообразное сервисное и тестовое оборудование [11—16]. Такой набор блоков (который, разумеется, модернизировался и расширялся с развитием элементной базы микроэлектроники) уже мог служить серьезной основой для интенсификации работ по автоматизации.

Параллельно осуществлялось внедрение выполненных разработок в производство. Здесь важный шаг был сделан Сибирским отделением АН СССР, первым в стране принявшим ориентацию на КАМАК в качестве основы своей программы автоматизации. Начиная с 1975 г. КАМАК-оборудование (конструктивы и модули) выпускается Опытным заводом СО АН СССР по документации СКБ НИИ. В 1976 г. было организовано производство аппаратуры КАМАК на серийных отраслевых заводах: первые ее партии предназначались для комплектования автоматизированной системы РАТАН-600. В 1977 г. конструкторская документация на ряд конструктивов и блоков КАМАК была передана на Экспериментальный завод научного приборостроения НТО АН СССР, где с 1978 г. началось ее освоение.

В течение ряда лет в качестве одного из главных препятствий для массового промышленного выпуска аппаратуры КАМАК указывалось отсутствие государственных стандартов, регламентирующих ее проектирование, производство и применение. Этот вопрос разрешен выполненной совместно ИАиЭ и СКБ НИИ СО АН СССР разработкой основного ГОСТа на системы КАМАК [17], соответствующего публикации МЭК 516 [18]. ГОСТ был утвержден Госстандартом СССР в 1979 г. и вступил в действие с 01.07.81. (Приходится, однако, констатировать, что существующий в настоящее время объем промышленного производства систем КАМАК и особенно аппаратуры КАМАК «россыпью» остается явно недостаточным.)

В течение длительного времени существовало несоответствие между «экономическими» параметрами ЭВМ, использовавшихся для управления экспериментом (как правило, мини-ЭВМ), и аппаратуры КАМАК, обеспечивавшей интерфейс между ЭВМ и экспериментальной установкой. Если (как отмечалось в [19, 20]) КАМАК обладал, несомненно, большей эффективностью по сравнению с любым существовавшим в начале семидесятых годов оборудованием сравнимой стоимости, то мини-

ем дешевых и компактных микропроцессорных средств, обладающих возможностями мини-ЭВМ предшествующих поколений: симбиоз микропроцессорной техники и аппаратуры КАМАК открыл новые перспективы для массовой автоматизации лабораторных исследований.

Работы по созданию микропроцессорных систем в стандарте КАМАК ведутся в ИАиЭ СО АН СССР с 1977 г. Первые разработки в этом направлении были связаны с применением для управления КАМАК-оборудованием микропроцессоров широко распространенных семейств типа MC6800 и INTEL-8080 [21—23]. Такие системы содержат микро-ЭВМ, выполненную в конструктиве КАМАК и размещаемую непосредственно в крейте; модули расширения оперативной памяти; крейт-контроллер; специализированный пульт, обеспечивающий оператору традиционные возможности взаимодействия с ЭВМ. Для повышения эффективности их использования создана коммуникационная система [24], предназначенная для поддержки автономных микропроцессорных комплексов со стороны инструментальных ЭВМ.

Ряд разработок был выполнен совместно со специалистами ЦЛАНП Болгарской академии наук в рамках программы работ по автоматизации исследований и научному приборостроению, принятой Советом президентов академий наук социалистических стран в 1977 г. В качестве одного из результатов международного сотрудничества можно отметить освоение серийного производства систем ИЗОТ-0260 и ИЗОТ-0270, реализованных на базе микропроцессорного набора CM-600 (совместимого с семейством 6800) и аппаратуры КАМАК.

Организация выпуска первой массовой отечественной микро-ЭВМ «Электроника-60» обеспечила реальные предпосылки для создания и внедрения нового типа автоматизированных систем на основе микропроцессорной техники и оборудования КАМАК — систем «Микро-КАМАК-лаб» [16, 25], предназначенных для комплексной автоматизации исследовательских лабораторий. Эти системы должны предоставлять пользователю непосредственно на рабочем месте такие возможности, как сбор экспериментальных данных, первичная обработка информации, реализация несложных расчетных методик, оперативное графическое отображение информации, доступ к удаленным высокопроизводительным вычислительным средствам.

Суть данного подхода состоит в унификации, обеспечивающей совместимость (и тем самым экономящей труд тысяч специалистов!) лишь тех системных аппаратных и программных средств, которые необходимы для обеспечения вышеперечисленных функций независимо от области применения системы. Адаптация же унифицированных структур к конкретным экспериментам должна осуществляться с использованием развитой номенклатуры блоков КАМАК.

Следует подчеркнуть различие между методологией «Микро-КАМАК-лаб» и концепцией проблемно-ориентированных измерительно-вычислительных комплексов (ИВК), в соответствии с которой пользователю вместе с ЭВМ предоставляется «пришудительный ассортимент» блоков КАМАК, удовлетворяющий (по мнению разработчиков ИВК) потребности соответствующей проблемной области. Сегодня, по нашему мнению, нельзя признать удовлетворительным положение, когда промышленность взаимодействует с потребителями через поставку ИВК: во-первых, при этом нарушается важнейшее преимущество модульных структур — возможность для решающего задачу самому выбрать наиболее адекватные (по его мнению) средства; во-вторых, тем самым отодвигается на второй план принципиальная проблема — освоение производства и поставок аппаратуры КАМАК «россыпью».

Развитие аппаратных средств систем «Микро-КАМАК-лаб» проходило по двум линиям. С одной стороны, потребовалось увеличение вычислительных и управляющих возможностей базового комплекта мик-

ро-ЭВМ «Электроника-60». С этой целью была произведена разработка ряда дополнительных устройств «общей шины»: одноплатного контроллера накопителя на гибких магнитных дисках; плат оперативной, постоянной и перепрограммируемой памяти; линейного последовательного интерфейса; устройства сопряжения микро-ЭВМ с алфавитно-цифровым дисплеем и принтером [26]. С другой стороны, необходимо было предоставить пользователю достаточно эффективные, но недорогие средства машинной графики, обеспечивающие как оперативное отображение информации, так и документирование результатов (получение «твердой копии»); признано целесообразным использовать для этих целей стандартные бытовые черно-белые и цветные телевизионные приемники и простейшие двухкоординатные самописцы, а управление ими осуществлять через аппаратуру КАМАК [27—29].

Эта группа работ, выполненных совместными и согласованными усилиями ИАиЭ, ИЯФ и СКБ ИП СО АН СССР, позволила создать несколько типовых базовых конфигураций систем «Микро-КАМАК-лаб». К ним относятся: локальная конфигурация, наличие в составе которой накопителя на гибких магнитных дисках обеспечивает полный цикл обслуживания лабораторного эксперимента; терминальная конфигурация, в которую входит микро-ЭВМ ограниченной комплектации, но имеющая поддержку со стороны производительной программно совместимой ЭВМ («Электроника-100/25», СМ-4), связанной с микро-ЭВМ последовательным каналом; автономная конфигурация, предназначенная для построения систем, работающих по жесткой, редко изменяющейся программе (хранимой в постоянной памяти). Описание структуры базовых конфигураций, а также характеристики входящих в их состав устройств приведены в [25].

В комплексе «Микро-КАМАК-лаб» используются стандартные операционные системы типа RT-11 и RSX-11. В то же время их системное программное обеспечение включает и специализированные программные средства для управления аппаратурой КАМАК и для работы с устройствами «лабораторной» машинной графики. При этом (как и в ситуации КАМАК-программирования для мини-ЭВМ [30, 31]) такие средства дифференцированы в зависимости от целевого применения. Например, для тестирования аппаратуры КАМАК разработчиками используется система программирования SATY-M [32], при написании проблемных программ наиболее эффективным является использование пакетов процедур в языках высокого уровня PASCAL и MODULA-2 и т. п.

Техническая документация на базовые конфигурации систем «Микро-КАМАК-лаб» передана на Опытный завод СО АН СССР для освоения их производства в интересах учреждений Сибирского отделения.

Использование методологии «Микро-КАМАК-лаб» является принципиальным шагом при создании автоматизированных систем: разработчик избавлен от необходимости каждый раз искать способ реализации рутинных, хотя и необходимых системных функций и может полностью сосредоточиться на специфике решаемой задачи. По-существу, в последние годы таким образом строятся все создаваемые в СО АН СССР системы автоматизации (см., например, [32—35]).

Подобные системы активно используются в автоматизированном обучении: в частности, они составляют основу созданного совместно ИАиЭ СО АН СССР и Новосибирским государственным университетом им. Ленинского комсомола КАМАК-класса [36].

Особо следует отметить цикл работ по промышленному применению микропроцессорных систем КАМАК. В настоящее время круг приложений методов и средств, предназначавшихся изначально для целей автоматизации научных исследований, существенно расширяется. Известно, например, что разработка контрольно-испытательного оборудования является важным разделом создания сложных систем, а его стоимость может составлять заметную часть стоимости новой техники. Использование здесь аппаратуры КАМАК представляет собой, по существу, новую технологию, причем технологию, имеющую межотраслевое значение.

Подход, связанный с ориентацией на системы «Микро-КАМАК-лаб», позволяет на базе единых аппаратных и программных средств решать весь круг задач заводской наладки техники, премоных испытаний, периодических проверок во время эксплуатации и хранения. Контрольно-испытательное оборудование на основе КАМАК легко модифицируется при модернизации изделий, сокращаются сроки создания оборудования и значительно снижается его стоимость.

Сокращение сроков внедрения сейчас вообще является одним из наиболее важных преимуществ применения КАМАК в промышленности: имеющийся научно-технический задел позволяет широко использовать при создании систем ранее разработанные блоки; как правило, они составляют свыше 80—90% состава систем.

За последнее пятилетие институтом и СКБ НП разработано более двух десятков систем для различных промышленных приложений (см., например, [37, 38]), в том числе системы выходного контроля продукции (БИС, печатные платы и т. п.); системы для стендовых и полигонных испытаний изделий машиностроения; автоматизированные системы управления технологическими процессами (микроэлектроника, литейное производство и т. п.).

Специализированные вычислительные средства автоматизации. Если в начале семидесятых годов решение типичной задачи автоматизации сводилось, как правило, к более или менее стандартизованному сопряжению универсальной ЭВМ с объектом исследования или управления, то сегодня возросшие потребности общества сделали наиболее актуальными проблемы построения автоматизированных систем качественно иного уровня сложности. Это относится, прежде всего, к ужесточению требований к вычислительной производительности: по имеющимся оценкам для практических задач интерпретации получаемой информации (обработка изображений, акустических сигналов и т. п.) необходимо обеспечивать выполнение $10^7 - 10^{11}$ опер./с. При этом можно подчеркнуть важное отличие вычислительной техники от смежных областей — здесь создание «агрегатов большой единичной мощности» не является универсальным рецептом. Указанные обстоятельства обусловили появление подхода, основанного на использовании так называемых «целенаправленных архитектур» [39], т. е. «архитектур, которые должны наилучшим образом соответствовать требованиям конкретных применений».

В этом номере журнала достаточно широко представлены приложения такого подхода в разработках ИАиЭ СО АН СССР. Общим в них является использование специализированных средств для обеспечения работы автоматизированных систем в реальном времени. Конкретный смысл, вкладываемый в данное понятие, варьируется довольно заметно. Так, в системах машинной имитации визуальной обстановки [40] под этим подразумевается, что в результате действий оператора визуальная сцена изменяется в том же темпе, что и имитируемая обстановка; для системы цифрового частотного анализа «Енисей» [41] реальный масштаб времени означает возможность определения спектральных параметров технических объектов непосредственно в ходе их испытаний; характеристикой оперативности автоматизированной системы интерпретации видеоданных [42] может служить способность к извлечению из изображения информации, «не устаревающей» к моменту окончания обработки.

Среди выполненных в ИАиЭ СО АН СССР работ по созданию высокопроизводительных вычислительных средств, ориентированных на задачи автоматизации, можно отметить разработку периферийного векторного процессора А-12 [43], программно совместимого с известным процессором АР-120В и выполняющего до 10^7 опер./с с 38-разрядными числами с плавающей запятой. Область его эффективных приложений весьма широка: по существу, она распространяется на любые «векторизуемые» вычислительные процедуры. В то же время арифметический процессор конвейерного типа [44], используемый в системе «Енисей» для ускоренной реализации цифровой фильтрации, разработан непосредственно «под

конкретную задачу»; однако ее важность и здесь «окушает» затраты на специализацию.

Особую роль играют специализированные вычислители при обработке изображений. Это определяется, с одной стороны, массивностью расчетов, связанной с двумерностью информации, и, с другой — возможностью строить обработку на основе однотипных параллельно выполняемых над различными фрагментами изображения операций. Проводимая институтом совместно с СКБ НИ СО АН СССР программа работ в этом направлении предусматривает создание серии спецпроцессоров, реализующих наиболее трудоемкие типовые преобразования. К ним относятся процессор линейных операций (разложение фрагмента по системе базисных функций) [45], морфологический процессор [46], обеспечивающий выполнение ряда специфических теоретико-множественных операций над изображениями; проектируются процессор геометрических преобразований, дисплейный процессор и т. д.

В этом контексте следует также упомянуть о разработке мини-ЭВМ «Север-10» и «Север-100», программно совместимых с изделиями фирмы «Norsk Data», которые наиболее полно соответствуют современным представлениям о мини-ЭВМ для многопользовательского применения в системах автоматизации. Они широко используются в институте для поддержки лабораторных комплексов, в системах автоматизированного проектирования и производства печатных плат и т. п. [47].

Резюмируя изложенное в данном разделе, следует отметить, что область создания автоматизированных систем перестала быть «чистым потребителем» вычислительной техники: разработка проблемно-ориентированных и специализированных вычислительных средств стала неотъемлемой составной частью решения сложных задач автоматизации.

Специализированные системы ввода/вывода информации. Научное приборостроение. Создание специализированных внешних устройств — одно из традиционных направлений деятельности ИАиЭ и СКБ НИ СО АН СССР. Вообще говоря, термин «внешнее устройство» уже давно является неточным, когда речь идет о развитых системах ввода/вывода информации, имеющих в своем составе ЭВМ, обеспечивающую управление аппаратурой и буферизацию данных. Такие системы в ряде случаев могут использоваться и автономно.

Первой отечественной системой такого типа был универсальный графический дисплей «Дельта» [48], разработанный в 1972 г. на базе мини-ЭВМ «Электроника-100». В различных модификациях «Дельта» серийно выпускалась предприятиями четырех отраслей и нашла широкое применение при автоматизации научных исследований и проектирования. Для современного этапа развития «дисплеестроения» характерна тенденция дифференциации дисплейных систем, используемых для решения различных задач, по сложности выполняемых ими аппаратных и программных функций. Примером могут служить три разработки, описанные в данном номере. КАМАК-дисплей [29], представляющий собой блок КАМАК, обеспечивающий отображение графической информации на экране цветного телевизора, предназначен для лабораторных систем «Микро-КАМАК-лаб». Дисплей [49], реализованный на базе максимально стандартизованного оборудования (минимальная конфигурация микро-ЭВМ «Электроника-60» дополнена двумя платами в этом же конструктиве), является в настоящее время наиболее адекватным инструментом для проектирования двусторонних печатных плат. Выполненный на основе микропроцессорного набора К580 дисплей [50] имеет некоторые дополнительные возможности манипулирования изображениями, повышенное количество градаций цветности, что позволяет применять его в задачах проектирования топологии БИС, разводки многослойных печатных плат и т. п.

Приобретенный к середине семидесятых годов опыт создания и использования систем КАМАК позволил впервые в отечественной прак-

тике перенести эту методологию на задачи разработки электронного оборудования сложных научных приборов (в том числе специализированных внешних устройств ЭВМ [51]. Преимущество такого подхода «лаб» обеспечило решение еще одной важной задачи — унификации системной структуры управляющего оборудования; но существу, все разрабатываемые в последние годы системы такого рода представляют собой определенным образом специализированную конфигурацию «Микро-КАМАК-лаб».

Данный подход широко используется в работах ИАиЭ и СББ ИИ СО АН СССР по созданию систем графического ввода/вывода для автоматизации проектирования, а также обработки изображений (их назначение и краткие технические характеристики приведены в [52, 53], а подробное описание — в [45, 54—57]). Среди этих разработок можно отметить: быстродействующий графопостроитель-кодировщик с аналоговым приводом «Планшет» [54], обеспечивающий скорость вычерчивания до 1500 мм/с, что обуславливает эффективность его применения в системах проектирования общемашиностроительного и радиоэлектронного профиля; прецизионную фотограмметрическую систему «Зенит-2» [45], позволяющую сочетать программный доступ к любой точке изображения на фотопосителе с высокой (порядка микрона) точностью позиционирования; сканирующий микрофотометр «Зенит-К» [55], предназначенный для исследования структур с характерными размерами в несколько микрои; устройство ввода/вывода полутоновых изображений среднего разрешения «Ромб» [54]; цифровую видеосистему для регистрации, обработки и визуализации изображений реальных сцен*; голографическую систему архивной памяти [57] емкостью 10^{10} бит.

Перечисленные разработки обеспечивают в настоящее время решение основных задач графического ввода/вывода в созданном в ИАиЭ СО АН СССР Центре обработки данных, ориентированном на проблемы интерпретации аэрокосмической информации.

Важной «точкой роста» в данной области является совместное использование вычислительной и лазерной техники. Примеры такого симбиоза имеются давно, в частности, в системе «Зенит-2» именно применение лазерного интерферометра явилось средством обеспечения высокой точности. Однако в системах нынешнего поколения лазеры используются не только в измерительных, но и в «исполнительных» устройствах, что позволяет выйти на качественно новый уровень по целому ряду важных параметров (технологичность, быстродействие и т. п.). Так, лазерная система ввода/вывода «СО₂-Ромб» [59] может осуществлять запись полутоновой информации на широкий класс твердых носителей, не требующую привлечения дополнительного процесса проявления (как в случае фотопосителя), и, в частности, изготавливать типографские формы, с которыми может непосредственно работать стандартное полиграфическое оборудование. Лазерный принтер [59] обладает по сравнению с традиционными электромеханическими АЦПУ такими преимуществами, как высокая скорость печати, высокая разрешающая способность, бесконтактность и т. п. Прецизионный лазерный фотопостроитель [60], с помощью которого удастся автоматизировать изготовление киноформных оптических элементов, является примером эффективного технологического применения программно-управляемых лазерных систем вывода информации.

* Беломестных В. А. и др. Цифровая телевизионная видеосистема. (См. следующий выпуск журнала).

Аналогичный подход (лазерные устройства — в качестве датчиков и системы «Микро-КАМАК-лаб» — для управления и предварительной ценовую систему для определения глубинной плотности воды в океане [63]).

Средства комплексирования вычислительной техники. Любой сколько-нибудь крупный современный автоматизированный комплекс является многомашинным. Поэтому рациональная организация информационных и управляющих связей — здесь необходимое условие эффективности системы. Эта проблема была особенно острой в семидесятые годы (до проведения известных мероприятий по упорядочиванию номенклатуры выпускаемых ЭВМ); например, в начале разработки в ИЛиЭ СО АН СССР институтской автоматизированной системы мы столкнулись с необходимостью обеспечить совместное функционирование ЭВМ пяти типов, существенно различающихся способами общения с внешним миром. Естественной реакцией на разнородность ЭВМ является попытка объединить их на основе машинно-независимого и достаточно универсального стандарта (и здесь КАМАК не имел альтернатив). Эти соображения легли в основу разработки нового типа коммуникационной системы — унифицированной магистральной системы обмена информацией (УМСО) [64, 65]. Эта система оказалась достаточно производительной (в частности, за счет аппаратной реализации коммуникационного процессора), легко расширяемой и удобной в эксплуатации. Она применяется в ИЛиЭ СО АН СССР с 1973 г. для решения задач связи лабораторных систем автоматизации с институтским вычислительным центром, автоматизации проектирования изделий радиоэлектроники (первая система проектирования печатных плат была основана на ЭВМ М-4030, связанной через УМСО с графическими дисплеями «Дельта») и т. п. Аппаратура УМСО с 1978 г. выпускается Опытным заводом СО АН СССР для учреждений Сибирского отделения. Система используется также в двух десятках других организаций; здесь следует отметить создание на базе УМСО типовой системы автоматизации научно-технических исследований и проектирования «Магистраль», внедренной (с помощью заводов, подключенных для производства технических средств УМСО и аппаратуры КАМАК) на предприятиях одной из промышленных отраслей.

Широкое распространение микропроцессоров предъявило дополнительные специфические требования к методам комплексирования. Для продуктивного использования микропроцессорных систем и устройств должны быть обеспечены эффективные возможности их разработки, отладки и поддержки; это, в свою очередь, требует наличия связи таких систем с развитыми ЭВМ, выполняющими функции инструментальных машин, а также осуществляющими «вторичную» обработку данных. Для решения этой задачи была создана специализированная распределенная локальная сеть [24], объединяющая базовые ЭВМ (типа «Nord-10», «Электроника-100/25») и системы, реализованные на различных микропроцессорных наборах (M6800, INTEL-8080, «Электроника-60»).

В такой коммуникационной системе не столь критичными являются параметры, характеризующие оперативность обмена информацией; в то же время алгоритмы обмена должны обладать повышенной гибкостью. Поэтому «ядро» коммуникационной системы было реализовано на основе микропроцессорной шины с использованием стандартных интерфейсов.

Выше рассматривались разработки систем, предназначенных для интеграции разнородных средств вычислительной техники. Появление аппаратно и программно совместимых семейств мини- и микро-ЭВМ по-

зволило создавать однородные вычислительные комплексы для различных применений. В частности, можно отметить созданную на базе семейства ЭВМ «Электроника» и СМ ЭВМ систему, предназначенную для разработки и отладки программного обеспечения, а также проектирования и подготовки производства печатных плат [66]; систему автоматизированного обучения в КАМАК-классе [36] и другие.

В последние годы в институте проводятся работы в области сетей передачи данных, использующих стандартизованные международные протоколы. В частности, завершена разработка макетного образца высокопроизводительного центра коммутации пакетов, имеющего мультимикропроцессорную организацию.

Заключение. Подводя итоги минувшего десятилетия, следует отметить, что важнейшим практическим результатом в области автоматизации явилось создание научно-технического задела, обеспечивающего решение задачи построения автоматизированных систем для массовых исследовательских и народнохозяйственных применений.

Основной стратегический принцип — целевое применение серийной вычислительной техники, дополненной проблемно-ориентированными средствами (собственно, в этом и состоит с организационной точки зрения концепция «Микро-КАМАК-лаб») — полностью себя оправдал. Разработкой типовых структур на базе микропроцессорной техники и аппаратуры КАМАК, функционально полного набора блоков КАМАК, практической проверкой найденных технических решений при реализации крупных автоматизированных комплексов завершился «академический» раздел работ по проблеме. Теперь дело за промышленностью: предстоит крупномасштабное серийное освоение выполненных разработок.

Сегодня, по нашему мнению, перспективное направление деятельности академических учреждений связано с решением конкретных задач, сложность которых находится на пределе (а иногда и за пределами!) возможностей существующей вычислительной техники. Это означает необходимость развития собственной, скоординированной с электроной промышленностью программы создания проблемно-ориентированных вычислительных (специализированных) и микроэлектронных (заказные БИС и СБИС) средств; овладения современными технологиями их проектирования и производства. Остаются актуальными также проблемы определения рациональных структур автоматизированных систем, выбора стандартных интерфейсов, обеспечивающих взаимодействие системных компонентов. Хотя КАМАК, по-видимому, еще десятилетие будет эффективным для «массовой автоматизации», следует внимательно относиться к архитектурным тенденциям, которые нашли отражение в появившихся в последние годы проектах международных стандартов на интерфейсы (FASTBUS, E3S, VME-BUS и т. д.). Предстоит приобретение опыта практического использования подобных стандартов.

И наконец, о вопросах организационных. Работы по автоматизации наглядно показали, что академические институты не только умеют использовать современные научные достижения для создания новой техники, но и вполне конкурентоспособны с промышленными предприятиями в части автоматизации проектирования, а также в технологическом плане (особенно когда дело касается сложных комплексных технологий). Поэтому представляется необходимым выделение производственных ресурсов для организации академических ЦТО, ориентированных на целевое решение важнейших народнохозяйственных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестерихин Ю. Е. и др. Организация систем автоматизации научных исследований (проблемы, методы, перспективы). — Автометрия, 1974, № 4.
2. Гусев О. З. и др. Измерительная магистральная модульная система, связанная с ЭВМ НР-2116В. — Автометрия, 1973, № 2.

3. Касперович А. Н. и др. Крейт измерительной системы сбора данных в стандарте КАМАК.— Автметрия, 1976, № 1.
4. Бредихин С. В. и др. Система регистрации быстропротекающих процессов.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Материалы Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1977.
5. Бредихин С. В. и др. Многоканальная система сбора данных.— Там же.
6. Белов В. М. и др. Система автоматизации гидродинамического эксперимента.— Там же.
7. Бредихин С. В. и др. Программное обеспечение системы сбора и накопления данных в биофизическом эксперименте «Coulter».— В кн.: Автоматизация эксперимента. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1976.
8. Штарк М. Б. и др. КАМАК-системы автоматизации в экспериментальной биологии и медицине.— Новосибирск: Наука, 1979.
9. Нестерихин Ю. Е. Оптико-электронные системы и автоматизация исследований.— Автметрия, 1977, № 5.
10. Золотухин Ю. Н. Разработки аппаратуры САМАС в Институте автоматизации и электротехники СО АН СССР.— В кн.: Материалы XII Всесоюз. школы по автоматизации науч. исследований. Тбилиси, 1978.
11. Гусев О. З. и др. Серия модулей для построения систем сбора данных.— Автметрия, 1973, № 2.
12. Гусев О. З. и др. Программно-управляемые модули для систем сбора и обработки данных.— Автметрия, 1974, № 4.
13. Автоматизация эксперимента.— Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1976.
14. Касперович А. Н., Курочкин В. В. Особенности построения многоканальной частотно-временной аппаратуры наносекундного разрешения.— Автметрия, 1978, № 4.
15. Касперович А. Н., Мантуш О. М., Шалагинов Ю. В. Двухканальная система сбора и регистрации данных для быстропротекающих экспериментов.— ПТЭ, 1977, № 4.
16. Системы «Микро-КАМАК-лаб»: Проспект.— Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1982.
17. ГОСТ 26.201—80. ЕССП. Системы КАМАК. Крейт и сменные блоки. Требования к конструкции и интерфейсу.— М.: Изд-во стандартов, 1980.
18. IEC Standart. A modular instrumentation system for data handling; SAMAS systems.— Publication 516, 1975.
19. What is SAMAS? — CERN, 1973.
20. Что такое САМАС? (Оперативный информационный материал).— Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1978.
21. Бредихин С. В. и др. Автономная микропроцессорная система и ее программное обеспечение.— In: Proc. of the Symp. on Microcomputer and Microprocessor Application. Budapest, 1979, vol. 2.
22. Золотухин Ю. Н. и др. Микропроцессорная система в стандарте КАМАК.— Автметрия, 1980, № 3.
23. Головин В. Ф. и др. Базовый микропроцессорный комплекс в стандарте КАМАК.— Новосибирск, 1981. (Препринт/АН СССР, Сиб. отд-ние, ИАиЭ; № 141).
24. Бобко В. Д. и др. Распределенная система для разработки и отладки аппаратных и программных средств микропроцессорных устройств.— In: Proc. of the Symp. on Microcomputer and Microprocessor Application. Budapest, 1979, vol. 1.
25. Гусев О. З., Золотухин Ю. Н., Прохожев О. В., Ян А. П. Базовые конфигурации систем «Микро-КАМАК-лаб».— Автметрия, 1984, № 4.
26. Ян А. П. Развитие базового комплекта микро-ЭВМ «Электроника-60».— Новосибирск, 1982. (Препринт/АН СССР, Сиб. отд-ние, ИАиЭ; № 194).
27. Золотухин Ю. Н., Якушев В. С. Привод телевизора.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Тез. докл. V Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1979.
28. Гусев О. З. и др. Модули широкого применения в стандарте КАМАК.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ: Тез. докл. VI Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1981.
29. Якушев В. С. Цветной телевизионный КАМАК-дисплей.— Автметрия, 1984, № 4.
30. Бредихин С. В., Песляк П. М. Средства программирования для САМАС.— Автметрия, 1974, № 4.
31. Бредихин С. В., Песляк П. М. Простая система программирования для САМАС.— Автметрия, 1976, № 1.
32. Бредихин С. В., Песляк П. М. САТУ-М: система для программирования КАМАК-аппаратуры. Модифицированный вариант.— Новосибирск, 1981. (Препринт/АН СССР, Сиб. отд-ние, ИАиЭ; № 166).
33. Шестаков А. Ф. Система автоматизации экспериментов по быстрому нагреву металлов.— Автметрия, 1984, № 4.
34. Верниковский В. В., Марасанов М. Г., Солобоев В. Е. Анализ многокомпонентных коллидсперных сред оптическими методами на линии с ЭВМ.— Там же.
35. Астафьев С. В., Третьяков В. П., Штарк М. Б., Яновский Г. Я. Аппаратное и программное обеспечение унифицированного измерительного тракта для микроэлектродных исследований.— Там же.
36. Громилин Г. И. и др. КАМАК-класс.— Там же.
37. Бредихин С. В. и др. Эффективный метод построения контрольно-испытательного оборудования для сложных объектов.— В кн.: Автоматизация научных исследо-

- ваний на основе применения ЭВМ: Тез. докл. VI Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1981.
38. Гусев О. З. и др. Система автоматизации стендовых испытаний автомобильных двигателей в УГР ВАЗа.— Там же.
 39. Бизiani P., Мауэрберг X., Редди P. Целенаправленные вычислительные архитектуры.— ТИИЭР, 1983, т. 71, № 7.
 40. Ковалев А. М., Талыкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки.— Автометрия, 1984, № 4.
 41. Бредихин С. В. и др. Система цифрового частотного анализа сигналов.— Там же.
 42. Киричук В. С., Косых В. П., Нестерихин Ю. Е., Яковенко Н. С. Методы и сред-
ОБРЕК: ИАиЭ СО АН СССР, 1984, т. 72, № 7.
 46. Косых В. П., Пустовских А. И., Тарасов Е. В., Яковенко Н. С. Морфологический процессор.— Автометрия, 1984, № 4.
 47. Мелешкин В. А., Фризен Д. Г., Юрашанский Б. Г. Интерактивная система проектирования печатных плат.— Автометрия, 1982, № 4.
 48. Ковалев А. М. и др. Графический дисплей «Дельта».— Автометрия, 1974, № 4.
 49. Ковалев А. М., Талыкин Э. А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования.— Автометрия, 1984, № 4.
 50. Остапенко А. М., Шеметов С. А. Цветной графический дисплей.— Там же.
 51. Нестерихин Ю. Е. КАМАК в системах автоматизации научно-технических исследований, проектирования и управления процессами.— В кн.: Приборы для научных исследований: Материалы междунар. научно-техн. конф. стран — членов СЭВ. М., 1980, т. 1.
 52. Нестерихин Ю. Е. и др. Автоматизированный комплекс обработки изображений.— Автометрия, 1980, № 3.
 53. Анистратенко А. А. и др. Центр обработки данных.— Автометрия, 1982, № 6.
 54. Александров В. М. и др. «Планшет» — устройство ввода/вывода графической информации.— Автометрия, 1976, № 1.
 55. Косых В. П., Обидин Ю. В., Поташников А. К., Пустовских А. И. Автоматизированный комплекс для анализа микроизображений.— В кн.: Автоматизированные системы обработки изображений (АСОИЗ-81). М.: Наука, 1981.
 56. Васьяков С. Т. и др. Прецизионная система ввода/вывода изображений на ЭВМ.— Автометрия, 1977, № 2.
 57. Выдрин Л. В. и др. Экспериментальная оптико-электронная (голографическая) система памяти.— Автометрия, 1980, № 2.
 58. Бессемельцев В. П. и др. Лазерное устройство вывода информации из ЭВМ в виде типографских форм.— Автометрия, 1982, № 6.
 59. Бессемельцев В. П. и др. Высокоразрешающий лазерный сканер с интерферометрическим контролем.— Автометрия, 1983, № 2.
 60. Ведерников В. М. и др. Прецизионный фотопостроитель для синтеза оптических элементов.— Автометрия, 1981, № 3.
 61. Arnautov G. P. et al. "GABL", an absolute free-fall laser gravimeter.— Metrologia, 1983, vol. 19, p. 49—55.
 62. Dubnistschev Yu. N. et al. Laser-Doppler-Geschwindigkeitmesser LA100-1.— Jenner Rundschau, 1976, N 3.
 63. Баев С. Г. и др. Лазерный зондирующий комплекс для океанологических исследований.— В кн.: Тез. докл. IV Всесоюз. конф. по оптике лазеров. Л.: ГОИ им. С. И. Вавилова, 1983.
 64. Бобко В. Д. и др. Магистральная система обмена информацией.— Автометрия, 1974, № 4.
 65. Золотухин Ю. Н., Лившиц З. А. Унифицированная магистральная система обмена.— В кн.: Автоматизация эксперимента. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1976.
 66. Талыкин Э. А. Система проектирования печатных плат на ЭВМ семейства «Электроника».— Автометрия, 1984, № 4.

Поступила в редакцию 4 апреля 1984 г.