

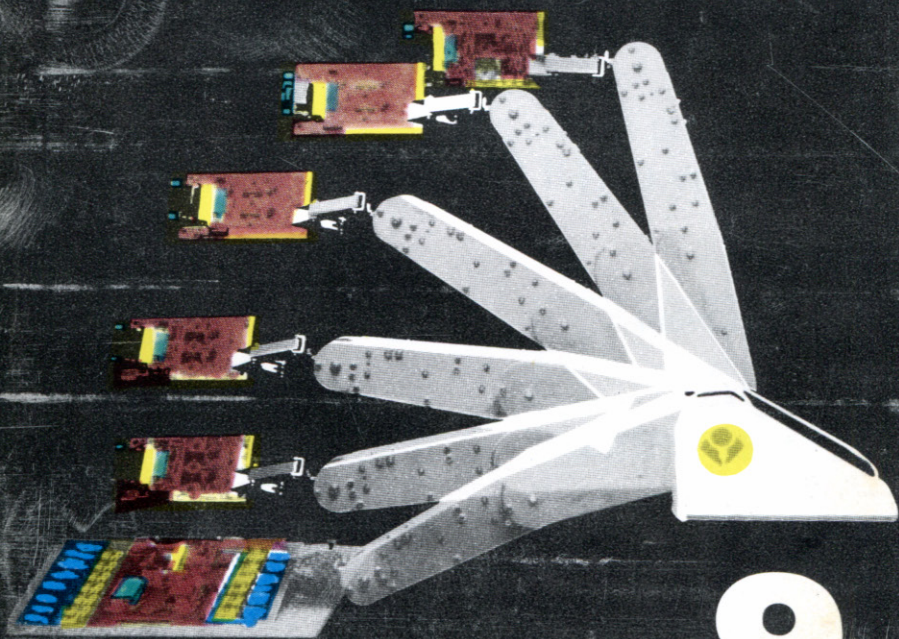
БИБЛИОТЕЧКА

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА
И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ



*Издательство
"Знание"*

ЭВМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ



ВЫПУСК **9**

БИБЛИОТЕЧКА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА
И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В помощь
лектору

ЭВМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

ВЫПУСК **9**

Под общей редакцией
академика АН УССР В.И.Скурихина

OldPC.su

5 0 5 1

музей компьютеров

Издательство „Знание“
Москва 1987

ББК 32.97

Э 15

Составитель: *Анисимов В. И.* — доктор технических наук.

ЭВМ в системах автоматизации. — М.: Знание,
Э 15 1987. — 64 с. — (В помощь лектору. Библио-
течка «Вычислительная техника и ее применение»).

20 к.

В брошюре рассказано о современных системах автоматизации. Основное внимание уделено процессам использования в них средств вычислительной техники. Обсуждены проблемные вопросы автоматизации и перспектива развития систем САПР, АСНИ, АРМ и др.

Рассчитана на инженеров, студентов, производителей, преподавателей и лекторов.

Э 240400000—207
073(02)—87

ББК 32.97

© Издательство «Знание», 1987 г.

И. И. Карпов. Комплексная автоматизация в народном хозяйстве	4
В. И. Анисимов, Г. Д. Дмитриевич, К. Б. Скобел- цын, Ю. П. Стрельников Системы автоматизированного проектирования РЭА на мини-ЭВМ	13
Ю. В. Гуляев, В. А. Виттих, В. И. Орищенко Автоматизированные системы научных исследова- ний	27
А. С. Казак Автоматизированные системы обработки информа- ции	42
<i>Обмен опытом</i>	
В. Ф. Шаньгин, Т. Г. Никольская Вычислительная техника в ГПС: управление, из- мерение, диагностика	53

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

В двенадцатой пятилетке намечено осуществить коренные изменения в экономике страны, которые явились бы основой социалистических производительных сил до конца текущего столетия. Эта пятилетка должна стать переломной в темпах роста основных показателей развития экономики страны и прежде всего в темпах роста национального дохода [1].

Рост производительности труда в дальнейшем должен проходить на фоне сокращения критика живого труда, сокращения прироста материальных ресурсов и сокращения объема фондов на единицу производимой продукции.

В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года поставлена задача — получить за пятилетие не менее двух третей прироста производительности общественного труда за счет использования достижений науки и техники. Следует ожидать, что в дальнейшем с увеличением производительности труда будет возрастать удельный вес факторов, связанных с использованием достижений науки и техники.

Ключевым фактором значительного ускорения темпов роста производительности общественного труда (до 2000 г. — в 2,3 — 2,5 раза) является комплексная автоматизация производства в различных сферах народного хозяйства на основе передовой высокоэффективной техники.

Необходимо также учитывать качественную сторону проблемы, так как рост производительности труда должен быть связан не только с обеспечением темпов роста национального дохода, но и с его содержательной частью. Общество заинтересовано не просто в увеличении выпуска продукта за счет роста производительности труда, а в выпуске нужного продукта с соответствующими потребительскими свойствами. Задаче повышения качества и технического уровня выпускаемой продукции полностью отвечают процессы автоматизации ее проектирования и производства.

Автоматизация как **безальтернативный** путь решения задачи резкого повышения производительности труда, повышения технического уровня и качества продукции имеет еще и большое социальное значение. Автоматизация изменяет характер труда, обеспечивает возможность выполнения тяжелой и рутинной работы автоматизированными машинами и механизмами. За человеком же остаются функции, носящие творческий характер, стимулирующие развитие профессиональных навыков.

В процессе разработки и внедрения средств автоматизации можно выделить 5 стадий: 1) исследование направлений совершенствования организации производства при освоении средств автоматизации, в том числе эффективного сочетания механизированных и автоматизированных операций; 2) предварительная оценка затрат и эффекта от внедрения средств автоматизации; 3) комплексное проектирование новой техники и средств автоматизации; 4) разработка и освоение новой прогрессивной технологии производства; 5) производство и освоение новых средств автоматизации.

Основными направлениями автоматизации, реализующимися в последние годы в СССР и за рубежом, являются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), системы автоматизированного проектирования (САПР), гибкие автоматизированные производственные системы (ГАПС), а также компоненты этих систем — автоматизированные рабочие места (АРМ), участки оборудования с ЧПУ, управляемые от ЭВМ, роботизированные участки и т. п.

Особое положение в решении проблемы автоматизации занимает автоматизированное производство с применением автоматических роторных и роторно-конвейерных линий (АР и РКЛ).

Технической основой создания всех названных автоматизированных систем являются автоматизированные машины и оборудование, промышленные роботы, гибкие производственные модули, технологические комплексы, автоматические роторные и роторно-конвейерные линии, а также различные средства вычислительной техники — большие, малые, мини- и микро-ЭВМ (в том числе персональные ЭВМ), микропроцессорные наборы, периферийные устройства, различные датчики.

Коротко расскажем о реализации некоторых направлений автоматизации.

Одним из важных направлений является создание систем автоматизированного проектирования (САПР) и их использование в народном хозяйстве.

Эффективность создаваемых машин, оборудования, приборов, проектируемых объектов капитального строительства во многом обусловлена уровнем конструкторских разработок и проектов, а также сроками их выполнения. Однако практика показывает, что сроки разработок новой техники становятся все более длительными. По данным Госкомстата СССР [2] за пятнадцать лет (с 1970 по 1985 г.) относительное число образцов машин, оборудования и аппаратуры, создаваемых в течение четырех лет и более, возросло с 23 до 30 % от их общего количества. Количество созданных в стране образцов новой техники в одиннадцатой пятилетке уменьшилось на 15 % по сравнению с девятой пятилеткой.

Зачастую в процессе длительной разработки и внедрения изделия морально устаревают.

Причиной удлинения сроков разработки и внедрения является увеличивающееся несоответствие между методами и средствами проектирования и постоянно возрастающей сложностью объектов проектирования, повышением требований к качеству изделий новой техники, к ее надежности и экономичности. Сегодня в большинстве своем проектно-конструкторские и технологические организации еще не располагают современной техникой проектирования. В результате затягиваются сроки разработок новой техники, не обеспечивается должное качество проектирования, что приводит к из-

лишним затратам материальных и трудовых ресурсов и в конечном счете к замедлению темпов технического прогресса.

Проблема повышения качества и ускорения конструкторских и проектных работ не может быть решена только за счет роста численности конструкторов и проектировщиков.

В современных условиях только автоматизация проектно-конструкторских работ на базе широкого использования математических методов и средств вычислительной техники отвечает задаче создания машин новых поколений, сложных изделий микроэлектроники, новейших технологических процессов, проектов сооружений и представляет собой единственный путь обеспечения их высокого технического уровня и качества.

Именно этим можно объяснить, что в развитых странах мира осуществляется широкая программа автоматизации проектных работ. Так, в США объем продажи систем автоматизированного проектирования в 1984 г. составил 1,9 млрд. долл. К середине 80-х годов там было установлено около 20 тыс. САПР [3].

Т а б л и ц а 1

Область использования	1981 г.	1985 г.
Проектирование механических устройств	1744	9000
Электротехника	1620	3700
Строительство и архитектура	630	2900
Картография и другие области	568	2400
Всего действующих систем	4562	18000
Суммарная стоимость парка, млрд. долл.	0,765	2,8

Реальные сдвиги в механовооруженности интеллектуального труда инженеров ожидаются с началом массового производства персональных ЭВМ (ПЭВМ) третьего поколения [3]. К ним относятся ПЭВМ с 32-разрядным микропроцессором (8-разрядные ПЭВМ — первое поколение, 16-разрядные — второе поколение). Иногда упоминается и более общее для ПЭВМ третьего поколения определение — трехмиллионная ПЭВМ. Это настольная машина производительностью в миллион операций в секунду, ОЗУ в миллион слов и миллионным дисплеем 1024×1024 точек. ПЭВМ с высокой производительностью, большой памятью и графикой высокого разрешения, удовлетворяющие указанным выше требованиям «трех миллионов», получили название супер-микро или 32-битовые рабочие станции. К типичным настольным компьютерам этого класса относятся рабочие станции ДН 460 и ДН 660 фирмы Apollo Computer и HP 9000 фирмы Hewlett Packard.

Работы по автоматизации проектирования в СССР были начаты в восьмой пятилетке. Это был подготовительный этап, на котором ЭВМ использовались в основном для инженерных расчетов. Были созданы первые образцы чертежно-графических устройств с программным управлением.

В девятой и десятой пятилетках работы по автоматизации проектирования были ориентированы на создание комплексных

САПР, а также типовых подсистем и компонентов САПР. В этих работах по программам ГКНТ принимало участие более 120 научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций и вузов многих министерств и ведомств.

В одиннадцатой пятилетке в рамках целевой комплексной научно-технической программы было предусмотрено создание САПР в организациях промышленности, учебно-исследовательских САПР в вузах и САПР в проектных организациях строительства.

На двенадцатую пятилетку намечена широкая программа работ по созданию и использованию в отраслях народного хозяйства систем автоматизированного проектирования. Будут созданы САПР для автоматизации проектно-конструкторских работ, технологической подготовки производства и проектных работ для капитального строительства. Намеченная программа в области САПР может быть квалифицирована как основа перестройки сложившейся системы конструирования и проектирования изделий новой техники, технологии и объектов капитального строительства. Реализация программы предусматривается начиная с 1986 г. в пятилетнем и годовых государственных планах экономического и социального развития СССР.

Эффективность САПР может быть резко повышена, если автоматизированное конструирование объединить с автоматизированной подготовкой производства в сквозную интегрированную автоматизированную систему. Западный аналог такого рода сквозной системы это САД-САМ (Computer — Aided Design — Computer Aided Manufacturing). Система такого рода, помимо автоматизированного проектирования, обеспечивает автоматизированную подготовку и выдачу (на машинный носитель или непосредственно) информации для управления оборудованием в процессе изготовления спроектированных в САПР изделий. Ведущие позиции в производстве и использовании систем САД-САМ в капиталистических странах занимают США [4].

По оценкам зарубежных авторов, общее число установленных в США систем САД-САМ уже в 1979 г. составило 4,4 тыс., ожидалось, что в 1985 г. оно достигнет 26,9 тыс., а в 1990 г. — 64,9 тыс. Однако большинство таких систем применялось для автоматизации проектно-конструкторских работ, и по данным журнала *Iron Age* по состоянию на середину 1982 г. насчитывалось менее 50 полностью интегрированных систем САД-САМ.

К примеру интегрированной системы относится отечественная комплексная система автоматизированного проектирования и изготовления разделительных штампов «Автоштамп» [5]. Система позволяет автоматизировать проектирование и изготовление 17 конструкций разделительных штампов с 608 типоразмерами. Она охватывает свыше 90 % номенклатуры разделительных штампов, проектируемых в приборостроении и смежных отраслях.

К основным экономическим показателям, характеризующим эффективность внедрения САПР, относятся: условное сокращение численности занятых в проектных, конструкторских и технологических организациях, в сфере производства, а также снижение себестоимости производства продукции и снижение сметной стоимости объектов капитального строительства.

В апреле 1985 г. ГКНТ, Госпланом СССР, Академией наук СССР и Госстроем СССР была утверждена Общеотраслевая методика расчета экономической эффективности внедрения САПР [6].

Обобщающим показателем, характеризующим масштабы и эффективность работы отраслей народного хозяйства в области создания и внедрения САПР, является уровень автоматизации конструкторских, технологических и проектных работ средствами САПР. Этот показатель влияет на прирост производительности труда в проектных, проектно-конструкторских и технологических организациях. А через повышение удельного веса продукции, изготавливаемой по документации, выполненной средствами САПР, этот показатель влияет на прирост производительности труда в сфере производства.

На 1990 г. по машиностроительным министерствам уровень автоматизации проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства установлен от 15 до 40 %, а по строительным министерствам уровень автоматизации проектных работ — от 20 до 30%. Разумеется при этом, что установление указанных уровней предполагает обязательность выделения министерствам и ведомствам необходимых средств вычислительной техники.

Эффективность работы любой автоматизированной системы во многом определяется тем, насколько правильно и полно решена задача программно-математического обеспечения этой системы. Разработка программного обеспечения — трудоемкий и дорогостоящий процесс. В США каждый год в разработку программного обеспечения вкладывается больше 20 млрд. долл. Имеется устойчивая тенденция роста таких вкладов [7].

Любая САПР — это прежде всего программно-аппаратный комплекс, включающий не только технические средства (ЭВМ с необходимым набором внешних устройств), но и системы математического и программного обеспечения. Программные средства относятся к наиболее сложным и трудоемким компонентам всего комплекса. Системы программного обеспечения должны быть надежны, хорошо документированы, максимально независимы от технических и базовых программных. При этом совершенно необходимо создание банков информационного обеспечения.

В разрабатываемых в настоящее время проектных САПР информационному обеспечению все еще уделяется недостаточное внимание. Существующая в стране система информационного обслуживания работы конструктора или проектировщика не обеспечивает непосредственного и оперативного доступа к соответствующим массивам информации. Информационные материалы доставляются в библиотеку, а дальше каждый специалист вынужден сам отыскивать и выбирать требуемые данные. Нужно не только создавать программные средства для управления базами данных (СУБД), но и решать вопросы построения массивов информации, их наполнения и постоянного обновления. Если не будет создано автоматизированное информационное обеспечение САПР, то идея автоматизации проектирования может быть дискредитирована.

Создание в отраслях народного хозяйства гибких автоматизированных производственных систем (ГАПС) — это другое важнейшее направление автоматизации. Как известно, областью целесообразного применения ГАПС являются мелкосерийные производства с часто меняющейся номенклатурой. Производства этого типа призваны обеспечить переход от изготовления одного вида продукции к другому за короткое время и при наименьших материальных затратах, т. е. должны быть гибкими. Достигается это в первую очередь за счет применения автоматизированного программно-

перестраиваемого технологического оборудования, а также за счет автоматизации складского, транспортного оборудования, инструментального хозяйства и контрольно-измерительной аппаратуры. Транспортная система объединяет все рабочие и вспомогательные компоненты ГАПС в единую технологическую оснастку. К важным элементам автоматизации относятся промышленные роботы. В состав оборудования ГАПС все чаще включают гибкие производственные модули и многооперационные обрабатывающие центры с системами ЧПУ.

Создание ГАПС не означает организации полностью безлюдного производства. Определенная часть персонала должна оставаться на операциях контроля, комплектования, общего наблюдения. Но в среднем производительность труда в условиях ГАПС должна возрасти в 5—6 раз по сравнению с производительностью на универсальном оборудовании.

В развитых капиталистических странах работы по созданию ГАПС осуществляются в больших масштабах. В США в 1984 г. средств гибкой автоматизации выпущено почти на 9 млрд. долл. На покупку этой техники направлено около 8% капиталовложений обрабатывающей промышленности. По прогнозу к 1990 г. производство этих средств возрастет в 4 раза. В 1963 г. в США выпущено САПР и АСУ на 1,7 млрд. долл. (85% от их мирового производства), в 1984 г. — на 2,1 млрд. долл. [8].

В Великобритании была принята трехгодичная программа, объемом инвестиций по которой составляет 53 млн. ф. ст. В соответствии с программой фирмам, внедряющим ГПС, государство компенсирует половину затрат на оценку и проектирование ГПС и до 33% затрат на приобретение и внедрение этих систем. В рамках программы крупную субсидию получила компания «Anderson Stratclid» на разработку ГПС стоимостью 11,5 млн. ф. ст. для обработки 12 типоразмеров отливок массой до 2,2 т. ГПС позволяет сократить время обработки одной детали в 5 раз по сравнению с временем, затрачиваемым на эту операцию на отдельных станках [9].

В 1982 г. в США действовало 14 ГАПС, в 1984 г. — 38, в 1985 г. — 50, по прогнозу на 1990 г. их число возрастет до 300 [10], по другим источникам [8] — до 600.

В западных странах 4—5 лет назад ГАПС еще не отличались большой адаптивностью к изменениям условий производства, в частности, в связи с переходом на новые виды изделий. Но в последние годы с развитием вычислительной техники, программного обеспечения, средств автоматизации такие системы стали более гибкими и эффективными. Этому способствовало также совершенствование металлообрабатывающего оборудования, создание и внедрение комплексных систем на основе интегрирования систем проектирования, производства, управления, контроля качества продукции, развития роботостроения и внедрения средств автоматизации с элементами искусственного интеллекта.

Однако большая гибкость систем требует крупных дополнительных затрат на внедрение и создание ГАПС и часто ставит под сомнение экономическую целесообразность их использования. В таком случае ограничение гибкости рассматривается как важный фактор снижения затрат на разработку и эксплуатацию ГАПС.

Дальнейшее развитие систем гибкой автоматизации ведет к созданию компьютерно-интегрированных производств (СІМ), отли-

чающихся высокой степенью автоматизации на всех уровнях производственного процесса, начиная от проектирования отдельных узлов и деталей и кончая их производством. В этой системе каждому виду производственной деятельности соответствует одна или несколько компьютерных программ: машинного проектирования; управления производственным процессом и производственным планированием и контролем (соответственно САД, САМ и МР&С), которые реализуются на конкретных вычислительных комплексах с соответствующим управлением базой данных и связями между ними.

Система производственного планирования и контроля (МР&С) имеет программное обеспечение, обслуживающее планирование использования материальных ресурсов на каждом рабочем месте, распределения материальных средств, что создает условия для работы оборудования с максимальной загрузкой и минимальным запасом сырья и материалов.

Основная цель создания СИМ — объединение компьютерных потенциалов двух различных автоматизированных систем — САПР и АСУ.

Не менее важным компонентом СИМ наряду с САПР и АСУ является система автоматизированного банка данных (АБД) или банка знаний. Данная система может быть использована как для внутреннего, так и для внешнего потребления информации. В банке данных может храниться как техническая, так и коммерческая информация, предоставляемая фирмами, проявляющими интерес к выпускаемой продукции. Емкость таких АБД значительная [11].

В СССР также ведутся работы в области гибкой автоматизации. Прототипом ГАПС служат комплексно-автоматизированные участки для обработки тел вращения и корпусных деталей на Ивановском станкостроительном заводе, Минском заводе автоматических линий, Московском заводе «Динамо», Днепропетровском электровозостроительном заводе. С целью развития и координации работ по внедрению гибкой автоматизации на 1986—1990 гг. и на период до 2000 г. была разработана и утверждена общесоюзная программа работ в данной области.

Расчетный экономический эффект на объем внедрения в 1990 г. составляет около 1 млрд. руб., условное высвобождение производственных рабочих 90—100 тыс. человек. Однако на практике (да и мировой опыт это подтверждает) отдача ГАПС меньше расчетной. Объясняется это (помимо других причин) просчетами в проектировании и использовании этих систем.

Расчет на повышение загрузки оборудования не всегда оправдан, так как в условиях автоматизации это может привести к росту незавершенного производства. Очевидно, что размер партии не должен быть главным критерием определения целесообразности применения гибкой автоматизации.

Проектирование ГАПС должно быть тесно увязано с общей компоновкой и организацией производства. При этом гибкая автоматизация должна сочетаться с теми производствами, которые еще не охвачены ею. В данном случае речь идет о необходимости правильной организации всего производства, включая и гибкую автоматизацию, обеспечения синхронности, сбалансированности отдельных производственных участков.

Сегодня еще не достигнут необходимый уровень технического оснащения, отстает инфраструктура производства (транспортные средства, складское хозяйство). Недостаточен еще опыт эксплуата-

ции ГАПС, требуется повышение культуры всего производства.

Высокая стоимость гибкой автоматизации определяется не только дорогостоящей техникой, но и затратами, связанными с необходимостью перестройки всего производства. Поэтому принятию решения о внедрении ГАПС должна предшествовать глубокая проработка организационных вопросов производства в целом на данном конкретном предприятии.

Сами ГАПС должны быть разными — в зависимости от класса решаемых производственных задач. В США, например, отмечаются большие различия между ГАПС, установленными на различных предприятиях машиностроения и металлообработки. Некоторые ГАПС используются в производстве 3—4 видов изделий, другие — в выпуске до 500 различных деталей. Большинство ГАПС включают не менее четырех обрабатывающих машинных центров, но на отдельных системах их число достигает 32 [10].

Гибкая автоматизация — проблема прежде всего экономическая. У нас пока еще окончательно не выработаны идейные подходы к работе ГАПС, еще не ясно, в чем должна состоять их эффективность. Вероятно, в основе расчета эффективности ГАПС следует заложить результаты и затраты, при этом должен рассчитываться интегральный эффект. Конечно, методика расчета в этом случае усложняется, но это представляется оправданным.

Успешное решение проблемы автоматизации невозможно также без широкого внедрения в машины, оборудование и приборы микропроцессорной техники. Сегодня в мире насчитываются многие десятки тысяч объектов автоматизации — от станков с ЧПУ, роботов, автомобилей, комбайнов до бытовой радиотехники, стиральных машин, электроплит и т. п.

В области микропроцессорной техники осуществляется широкое сотрудничество стран — членов СЭВ. В соответствии с Генеральным соглашением о многостороннем сотрудничестве по развитию и широкому применению в народном хозяйстве стран — членов СЭВ микропроцессорной техники и программой сотрудничества в этой области, подписанных в июне 1982 г., разрабатывается 75 автоматизированных технологических комплексов, машин и приборов.

Применение микропроцессоров за рубежом, особенно в США и Японии, получило широкое развитие. На разработке микропроцессорных систем сконцентрированы значительные финансовые и трудовые ресурсы. В 1984 г. общий объем продажи микропроцессорных систем составил в США 800 млн. долларов — в два раза больше, чем в 1981 г. Ожидается, что объем продаж систем прикладных программ для микропроцессоров к 1990 г. составит 2 млрд. долларов [12]. В последние годы происходит переход от 16-битовых к 32-битовым микропроцессорам [13], объем потребления в 1987 году ожидается на уровне 2000 млн. долларов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЦСУ СССР. Народное хозяйство СССР в 1985 г. Статистический ежегодник. — М.: Финансы и статистика, 1986, — С. 38, 62.

2. Технический прогресс в СССР. Статистический сборник. — М.: ЦСУ СССР, 1986. — С. 264.

3. Микро-ЭВМ и их применение. Перспективный аналитический обзор ВИНТИ. — 1986.

4. Бюллетень иностранной коммерческой информации (БИКИ)// 1982. — 21 декабря.

5. Каталог Международной специализированной выставки «Автоматизация-83»: Внешторгиздат; Каталог САПР Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления.

6. Общеотраслевые методические материалы по определению экономической эффективности использования систем автоматизированного проектирования в проектных, проектно-конструкторских и технологических организациях, в основном производстве и капитальном строительстве. Утверждены постановлением ГКНТ, Госплана СССР, президиума АН СССР и Госстроя СССР от 17 апреля 1985 г.

7. Фокс Дж. Программное обеспечение и его разработка. — М.: Мир, 1985. — С. 25.

8. Беневоленский В. Б. Перспективы гибкой автоматизации производства // США: экономика, политика, идеология. — 1986. — № 1. — С. 95—104.

9. Некоторые тенденции разработки и применения гибких автоматизированных производственных систем в машиностроении капиталистических стран (БИКИ). 1983.

10. Iron Age, 1985, 228, № 16, 31, 33—34, 36, 39—40, 45—48, 50, 55. — Экономика промышленности, инф. сообщения, ВИНТИ, № 175, с. 15—18.

11. Plastics world, 1985, 43, № 6.

12. New Technology (Великобритания), 1984, 8, № 39. А также Новости науки и техники, 1985, № 8.

13. БИКИ. 22 ноября 1984, 24 марта 1987.

**В. И. Анисимов,
Г. Д. Дмитриевич,
К. Б. Скобельцин,
Ю. Н. Стрельников**

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭА НА МИНИ-ЭВМ

САПР

Автоматизация проектирования в радиоэлектронике — новая и быстро развивающаяся область прикладной науки. Она призвана преодолеть все углубляющееся принципиальное противоречие между стремительно растущей сложностью современной РЭА и необходимостью ее производства в сжатые сроки. Повышение технического уровня и качества проектируемых объектов, сокращение сроков их производства существенно зависят от внедрения в инженерную практику САПР, в частности, диалоговых систем на мини-ЭВМ. С появлением 32-разрядных супермини-ЭВМ типа СМ-1700 и «Электроника-82» вычислительные комплексы на их основе становятся базовым техническим обеспечением САПР. К ведущей тенденции развития САПР в последние годы относится значительное увеличение количества систем, создаваемых на базе персональных ЭВМ. Такие системы характеризуются невысокой стоимостью и широкими функциональными возможностями. Специалисты фирмы IBM утверждают, что системы с ПЭВМ реализуют 80% функциональных возможностей больших систем при стоимости, составляющей всего 20%. К концу 1986 г. в Великобритании установлено более 6 тыс. САПР на базе персональных ЭВМ. В США к концу 1985 г. было установлено около 100 тыс. САПР на базе персональных ЭВМ, что составляет более 30% всего количества САПР, внедренных в этой стране.

Основу комплексов технических средств большинства САПР зарубежных фирм составляют персональные ЭВМ IBM PC XT или IBM PC AT с емкостью памяти 512—640 Кбайт. В состав технических средств САПР

входят также алфавитно-цифровые дисплеи, печатающие устройства, цветные графические дисплеи для отображения плоских и объемных тел и фигур, кодирующие графической информации для ввода в память ЭВМ описаний сложных графических и текстовых объектов.

Другим важным шагом в эволюционном развитии САПР стало создание сетевых конфигураций технических средств. Одной из таких современных разработок является сеть САПР DOMAIN, имеющая кольцевую структуру (рис. 1). Эта сеть предназначена для широкого применения в машиностроительной, электронной, электротехнической промышленности. В составе сети функционируют локальные системы, реализованные на базе 32-разрядной супермини-ЭВМ, оснащенной памятью емкостью 1...3 Мбайт и виртуальной памятью до 16 Мбайт. Кроме того, в состав САПР входят быстродействующее печатающее устройство, накопители на магнитных лентах и дисках, цветной графический дисплей с сенсорным экраном и возможностью выделения «окон» и широким набором сервисных устройств, включая управление курсором типа «мышь», расширенная библиотека программ на базе пакета CASE. САПР функционирует под управлением операционной системы AEGIS, обеспечивающей прямой доступ к информации любого устройства в составе сети. Эта операционная система совместима с программами, составленными на языках ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ, ЛИСП, С, графическое ядро SIGGRAPH. В составе сети DOMAIN может функционировать до 24 устройств, удаленных друг от друга на расстояние в пределах одного километра. Скорость передачи данных в сети составляет 12 Мбит/с. В качестве линии связи используется коаксиальный кабель.

Таким образом, вопросы обеспечения многопользовательского режима САПР на мини-ЭВМ (включая диалоговое обеспечение широкого круга пользователей различной квалификации) приобретают первостепенное значение для дальнейшего успешного внедрения САПР в повседневную практику разработчиков РЭА.

Эволюция САПР. Процесс проектирования РЭА, как известно [1], представляет собой ряд этапов, на каждом из которых решается конкретная проектная задача.

Первый — структурно-функциональный этап — обеспечивает выбор структурной схемы устройства, определение основных характеристик отдельных узлов в соот-

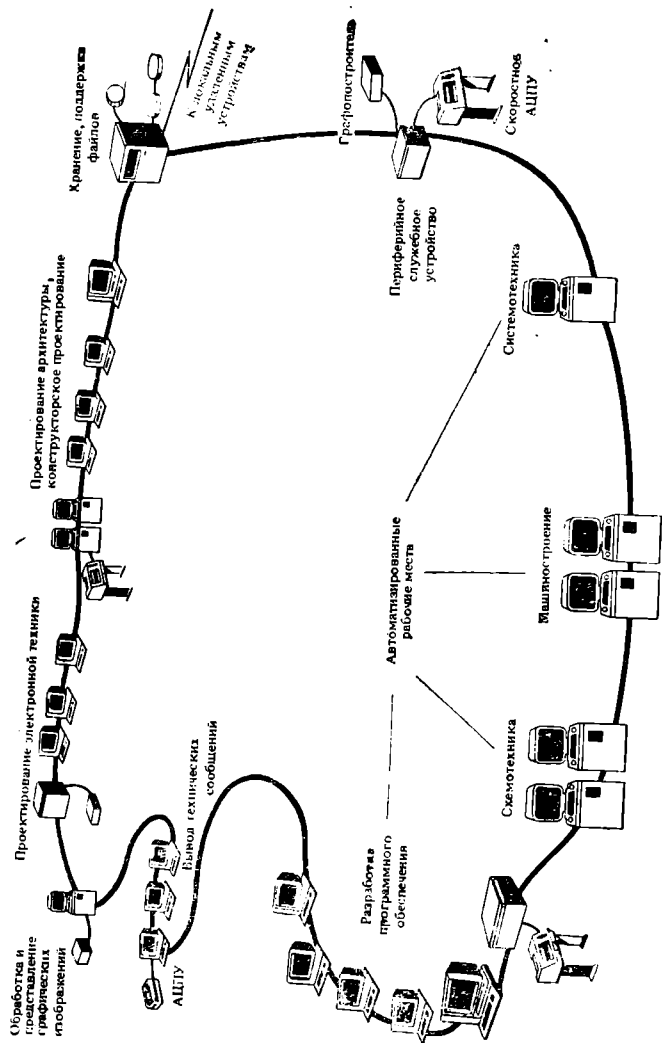


Рис. 1

ветствии с техническим заданием (ТЗ), разработку частных требований ТЗ на каждый выделенный узел.

Второй этап — логическое проектирование — предназначен для построения логических схем устройства и разработки тестов для проверки правильности функционирования устройства в процессе изготовления и его эксплуатации.

Третий — схмотехническое проектирование — обеспечивает выбор элементной базы для реализации электронного устройства, рассчитывает и оптимизирует электрические режимы его работы, проводит разработку правил построения принципиальных электрических и монтажных схем соединений. На четвертом этапе (конструкторское проектирование) производится решение задач физической реализации принципиальных электрических схем устройства, создаются узлы определенной конструктивно-технологической природы (модули, микросхемы, платы с проводным, печатным или тонкопленочным монтажом). Наконец, на пятом этапе — этапе технологического проектирования — обеспечивается изготовление отдельных узлов конструкции, их сборка и контрольно-наладочные работы.

Современные САПР, называемые сквозными или интегрированными, обеспечивают тесную функциональную и информационную связь всех этапов. Исходными данными для каждого последующего этапа являются результаты предыдущего. Например, между схмотехническим и конструкторским этапами основную информацию несет описание принципиальной электрической схемы. Поскольку эти междуэтапные описания объекта не претерпевают смысловых изменений, в интегрированных САПР повышается надежность и эффективность проектирования.

Рассмотрим взаимосвязь этапов автоматизированного проектирования с целью исследования возможности адаптации САПР к объектам проектирования. Проанализируем распределение функций между человеком и ЭВМ в ходе разработки проекта. Будем исходить из традиционных для САПР РЭА функциональных этапов проектирования.

В простейшей модели процесса проектирования (рис. 2) входная информация F представлена в виде набора исходных данных N_F , а результат функционирования САПР — набором выходных данных N_A . Целью

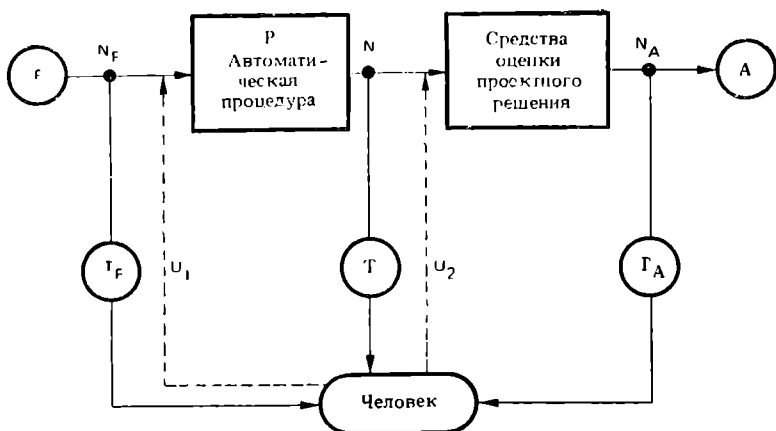


Рис. 2

процесса является преобразование набора входных данных в выходные. Отметим слабые информационные и управляющие связи между выделенными подпроцессами из-за отсутствия критериев проектирования изделий РЭА, непосредственно влияющих на конечный результат. Поэтому выходные данные процесса могут не полностью удовлетворять требованиям и ограничениям ТЗ и их следует постоянно контролировать. Контроль осуществляется с помощью процедур оценки, результат выполнения которых представляет собой таблицу соответствия выходных данных процесса заданным ограничениям. Оценивая набор данных, можно рассматривать его как окончательное или промежуточное проектное описание, подлежащее дальнейшему уточнению, если в нем выделены какие-либо недостатки.

Принятие решений о цели уточнения и выбор необходимых для этого средств осуществляет человек, опыт и интуиция которого позволяют компенсировать несовершенство автоматических процедур. Пользователь принимает решение об улучшении проектного решения на основании анализа данных N_F , N и N_A . На основании полученной информации пользователь выполняет управляющие действия, например, изменяя положение некоторых корпусов, трасс соединений и т. д.

В ранних САПР РЭА конца 60-х начала 70-х годов для автоматизации отдельных проектных процедур применялись автономные программы, что приводило к

значительной программной, информационной и алгоритмической избыточности, поскольку эти программы включали одинаковые части алгоритмов или целые подпрограммы. В 70-х годах стали появляться программные системы [2], содержащие монитор для управления процессом вычислений, транслятор входного языка и набор подпрограмм, выполняющих решение проектных задач. Отличительная особенность программных систем — возможность расширения проблемной их ориентации без доработки системной части (монитора, транслятора) на языке программирования.

В настоящее время возросли требования к программному, лингвистическому и информационному обеспечению. Программное обеспечение (ПО) диалоговых САПР на мини-ЭВМ должно обладать жизнеспособностью в условиях жесткого усложнения задач, подлежащих решению, и ужесточения требований к срокам разработки ПО. Поскольку системная часть многих САПР выполняет примерно одни и те же функции, возникла идея выделения ее в инвариантное ядро [3], способное настраиваться на определенные проектные задачи.

Таким образом, длительность жизненного цикла современных диалоговых САПР на мини-ЭВМ обеспечивается на основе реализации принципа адаптации. Инвариантное ядро САПР позволяет создавать системы с различной проблемной ориентацией, совместимые с уже имеющимися диалоговыми системами и программами. Проблемная программа, подключаемая к ядру, получает связь с другими программами, ей становятся доступными данные, записываемые на проблемно-ориентированном языке высокого уровня.

Адаптация к новым объектам проектирования и к новым проектным задачам затрагивает практически все виды обеспечения САПР, главным образом программное, лингвистическое и информационное. Изменение программного и лингвистического обеспечений может выполняться, как правило, лишь разработчиками (авторами) соответствующих средств и требует значительных затрат труда. В то же время изменение информационного обеспечения (содержимого баз данных) может выполняться администратором системы или пользователем непосредственно в проектной организации.

Целесообразность разработки диалоговых САПР, имеющих инвариантное ядро, способное настраиваться

на конкретные условия с помощью средств, заложенных в систему, отмечается в ряде работ. Среди основных (помимо уже названных) причин, обуславливающих необходимость такого ядра, можно указать следующие [5]: 1) недостаточно высокая алгоритмическая надежность программ; 2) несоответствие функциональных возможностей программы задачам пользователя (отсутствие в системах нужных пользователю видов расчета, анализа, оптимизации, синтеза); 3) недостаточное информационное обеспечение САПР; 4) низкая мобильность САПР, т. е. возможность их широкого использования на различных вычислительных системах; 5) узкая предметная ориентация; 6) низкий уровень сервиса.

Многотерминальные системы диалогового проектирования. В настоящее время в нашей стране разработан и успешно эксплуатируется ряд диалоговых систем автоматизированного проектирования [4—6], ориентированных на ЭВМ серий СМ и «Электроника» и работающих в однотерминальном режиме. Опыт построения таких систем позволяет реализовать в САПР идею инвариантного ядра и решить проблему создания многотерминальных диалоговых САПР на базе старших моделей этих ЭВМ (СМ-1420, СМ-1700, «Электроника-79», «Электроника-82»). Среди известных САПР следует выделить многотерминальную систему ДИСП [7], получившую к декабрю 1986 г. применение более чем в 50 вузах и организациях разных отраслей.

Программное обеспечение системы ДИСП (рис. 3) представлено в форме проблемно-ориентированной программной системы, включающей ряд диалоговых прикладных пакетов (ДПП) и инвариантную обслуживающую подсистему (ОП). Совместное функционирование ДПП и ОП обеспечивается управляющей программой системы (УПС). Проблемную ориентацию системы выполняют диалоговые пакеты прикладных программ, каждый из которых является автономной программной единицей и ориентирован на решение определенной проектной задачи. В программное обеспечение системы ДИСП включена очень сложная многофункциональная сервисная обслуживающая подсистема.

Система ДИСП ориентирована на любые ЭВМ типа СМ, автоматизированное рабочее место разработчика АРМ-Р на базе СМ ЭВМ (ЭВМ СМ-3, СМ-4, СМ-1420, «Электроника-100/25», «Электроника-79»,

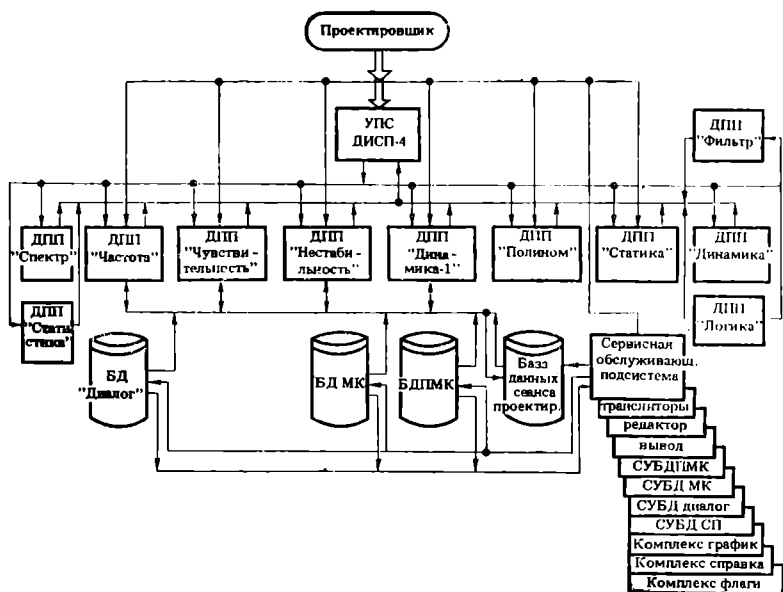


Рис. 3 Сервисная обслуживающая подсистема представляет собой сложную программную систему, основными компонентами которой являются: трансляторы с входных языков; редактор диалогового типа, позволяющий оперативно изменять параметры схемных компонентов, а также топологию схемы; программа вывода описания схемы на внешние устройства; система управления базой данных параметров моделей компонентов; программный комплекс «Диалог», предназначенный для хранения и модификации текстов диалоговых сообщений и запросов; система управления базой данных сеанса проектирования; программный комплекс «Справка» для выдачи справочной информации о программах или пакетах; программный комплекс «Флаги» — для организации оперативного управления процессом решения задач в диалоговом режиме; комплекс «График», позволяющий вводить результаты расчетов в виде графических зависимостей на дисплей или АЦПУ

ИЗОТ-1016С и т. д.). Операционная система — ОС РВ 3.2, RSX-11M, V.4.1. С целью обеспечения проведения проектных работ на мини-ЭВМ различных конфигураций в системе предусмотрено несколько версий, отличающихся различными требованиями к ресурсам ЭВМ. Максимальная сложность проектируемых на ЭВМ SM-4 схем ограничивается 50 узлами в многотерминальном режиме.

Автоинтерактивные САПР. Основные тенденции развития диалоговых САПР определяются задачами автоматизации проектирования в целом. Первое, уже рассмотренное, направление развития современных диалоговых систем связано с задачами адаптации в САПР. Второе направление предусматривает усиление творческого участия человека в процессе автоматизированного проектирования РЭА с целью улучшения их технико-экономических, эргономических и функциональных характеристик. Оно включает поиск новых методов, стратегий и приемов автоматизированного проектирования, связанных с гибким сочетанием автоматизированных и интерактивных процедур и с возложением на ЭВМ все большей доли интеллектуальной деятельности человека.

Одной из таких организационных форм явилось совмещение в едином процессе автоматических операций формирования проектных решений и интерактивных операций оценки, редактирования сформированного проекта. Этот метод, названный интерактивно-алгоритмическим [8], обеспечивает следующие возможности проектирования:

- оперативный выбор одной из широкого набора автоматических или интерактивных процедур и операций в зависимости от сложившейся проектной ситуации;

- отображение на экране графического дисплея текущих проектных решений в форме, удобной для их оценки, и обновление их с интервалами времени, которые необходимы для выполнения заданной операции.

Результаты эксплуатации автоинтерактивных САПР таких фирм, как Computervision, Racal-Redac и др., подтвердили их высокую эффективность, гибкость, снижение доли нетворческой работы проектировщиков, простоту обучения пользователей и вместе с тем выдвинули проблему выбора оптимальной глубины интерактивного взаимодействия человека с системой.

Практически каждый уровень иерархической структуры процесса может быть охвачен контролирующими и регулируемыми действиями пользователя, вкладывая в понятие подпроцесса без потери общности рассуждения смысл процесса, процедуры или операции. Однако охват контролем больших этапов процесса, таких, как проектные процедуры компоновки, размещения, транс-

сировки и т. д., обладает недостатком, заключающимся в высокой вероятности появления неудачных решений на ранних стадиях выполнения этих этапов. При такой организации диалога человек не имеет возможности выявить эти решения, а устранение их после выполнения всей процедуры становится чрезвычайно трудоемкой задачей.

С другой стороны, спускаясь по иерархической структуре процесса автоматизированного проектирования, можно контролирующими действиями проектировщика охватить очень мелкие этапы процесса, например, элементарные проектные операции типа перебора возможных позиций для размещения элемента с целью определения оптимальной, расчет варианта схемных характеристик и т. п.

Однако в этом случае резко возрастает доля времени работы процессора, необходимого для обновления на экране графического изображения, что снижает эффективность работы автоматических процедур. Кроме того, частота обновления этого изображения может нарушить эргономические и психологические нормы диалогового взаимодействия — человек физически не сможет в полной мере оценивать совокупность свойств создаваемого объекта.

Рассмотрим эту проблему с другой стороны.

Охват контролирующими и регулирующими действиями логически завершенных шагов работы алгоритмов является наиболее естественным и понятным для пользователей всех групп, однако выдвигает специальные требования к математическому обеспечению САПР, а именно высокое быстродействие, достаточное для поддержания темпа диалогового взаимодействия, и малый объем требуемой оперативной памяти ЭВМ. Эти ограничения не являются определяющими для современной САПР.

Удобство работы пользователей диктуется степенью удовлетворения их потребностей в обеспечении минимально возможного времени реакции на их запросы и сокращением времени их подготовки к работе с системой. Первая из упомянутых характеристик определяется организацией программного обеспечения диалоговых компонентов САПР. Вторая может быть существенно уменьшена за счет введения специальных сервисных средств подсказки пользователю и оперативной оценки

текущих проектных решений. Эти средства исключают необходимость тщательного предварительного изучения ТЗ. Однако в существующих САПР этот важный резерв повышения эффективности человеко-машинного взаимодействия используется крайне мало.

Таким образом, в результате поиска новых организационных форм взаимодействия человека и ЭВМ создан и успешно эксплуатируется класс автоинтерактивных САПР. Проведенный выше анализ характеристик человеко-машинного взаимодействия с САПР указывает на важный резерв повышения эффективности диалоговых систем, заключающийся в создании средств оперативной оценки текущих проектных описаний.

Идеи объединения алгоритмизированных проектов процедур с автоматизированной оценкой свойств промежуточных проектных решений, формального построения знаний для адаптивного управления процессом проектирования и активного обучения пользователей являются основой создания экспертных САПР РЭА. Реализация этих идей ведет к наделению экспертных систем способностью понимать, знать и предвидеть процесс проектирования. Системы, не обладающие этими свойствами, в ближайшее время не будут способны проектировать современные изделия РЭА в заданные сроки.

Понятие «экспертная САПР» означает класс систем обработки информации, содержащих наряду с проектирующими подсистемами программные средства, в которых для поиска решений в слабоструктурированных задачах используются инженерные знания в виде эвристических правил, приемов работы и фактов в данной предметной области. Характеристики систем этого класса заключаются в способности формировать и пояснять свои действия и сообщения, работать с нечеткой информацией, обобщать свойства проектных решений и делать из этого обобщения и выводы о том, какие действия целесообразно выполнять дальше, расширяться путем добавления новых порций знаний и использовать описательное представление знаний, которое легко взаимодействует с естественным языком.

Основное назначение интеллектуальных компонентов САПР, реализующих аппарат инженерных знаний, состоит в создании для пользователя дополнительного источника информации в виде рекомендаций, являющихся основой для принятия решений о направлении

проектирования. Эти компоненты представляют собой программную подстройку к существующим САПР, выполняемую с использованием типовых и оригинальных методов и средств экспертных систем, специализированных и универсальных языков программирования OPS, KAS, ЛИСП, ПРОЛОГ, ПАСКАЛЬ, БЕЙСИК, ФОРТРАН и др.

Экспертные САПР РЭА. В практике автоматизированного проектирования уже существует ряд САПР изделий радиоэлектроники и других технических объектов, имеющих в своем составе компоненты искусственного интеллекта. Такими примерами являются зарубежные разработки, в том числе система знаний для автоматического синтеза топологии ячеек интегральных схем TALIB, системы конфигурирования вычислительных комплексов VAX-11 R1 и XSEL, система проектирования цифровых логических схем с автоматизированным механизмом пояснений, который описывает пользователю действия системы на естественном языке CADHELP, система интеллектуальной помощи для проектирования цифровых схем REDESIGN и некоторые другие.

Например, система TALIB обеспечивает помощь в синтезе топологии ячеек интегральных схем. Основу знаний системы составляют эвристические правила проектирования, обеспечивающие свободный доступ к знаниям в любой момент.

В системе CADHELP реализована попытка объединения естественного языка и графических средств проектирования в архитектуре САПР цифровых логических систем. Система содержит, помимо проектирующих подсистем, механизм пояснения, который может описывать действия средств проектирования пользователю на различных уровнях детализации. Поясняющий механизм, использующий знания, указывает, например, как работают графические средства, возможные наиболее распространенные ошибки и способы их устранения.

Система REDESIGN, основанная на инженерных знаниях, обеспечивает помощь проектировщику: фокусируется его внимание на определенных несложных фрагментах схем, классифицируются как возможные или допустимые изменения в схеме, выявляются нежелательные последствия перепроектирования. Эта помощь строится на комбинировании двух разновидностей рас-

суждений о схеме: причинно-следственные рассуждения, включающие анализ функционирования схемы, и рассуждения о назначении и роли отдельных ее компонентов.

Анализируя экспертные системы, важно отметить особенность экспертных САПР, которая заключается в необходимости синхронизации основного процесса автоматической обработки проектной информации и процесса логического вывода. Иначе ценность рекомендаций ЭВМ будет невелика.

Требование обработки информации в реальном масштабе времени создает предпосылки для организации параллельной обработки проектной и сервисной информации по обоим каналам, ведущим к пользователю. Поэтому в настоящее время речь должна идти об организации экспертных САПР на базе многопроцессорных вычислительных комплексов или на локальных сетях ЭВМ, в которых для проектирующих подсистем и для экспертной надстройки выделены самостоятельные процессоры. Такая архитектура реализована, например, в системе CADHELP на двух сопряженных процессорах.

Практика показывает, что малые экспертные системы класса интеллектуальных рабочих станций автоматизированного проектирования содержат несколько сотен фактов и правил проектирования. Действительно, это достаточный объем знаний проектировщиков, которыми они пользуются в зависимости от их квалификации и опыта в предметной области проектирования радиоэлектронной аппаратуры. Указанные программные компоненты могут успешно функционировать на современных мини- и микро-ЭВМ.

Использование инженерных знаний в автоматизированном проектировании радиоэлектронной аппаратуры открывает новые возможности построения систем и организации процесса. Одной из них является обеспечение высокой степени адаптации средств проектирования к особенностям промежуточных проектных описаний за счёт формальной оценки их свойств с последующим опосредованным через пользователя или непосредственным управлением процессом проектирования.

На базе экспертных САПР удобно создавать тренажеры, реализуя в них методы активного обучения пользователей. В обучающем диалоге пользователь одновременно получает проектную информацию в форме факто-

графических данных, как это делается в автоинтерактивных САПР, и поясняющие, обучающие сведения в форме советов ЭВМ, как это делал бы опытный специалист, комментируя процесс автоматизированного проектирования. Эффективность обучения во многом определяется границами предметной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике: Справочник (Е. В. Авдеев, А. Т. Еремин, И. П. Норенков, М. И. Песков / Под ред. И. П. Норенкова. — М.: Радио и связь, 1986. — 368 с.; ил.
2. Фатеев А. Е., Ройтман А. И. Фатеева Т. П. Прикладные программы в системе математического обеспечения ЭВМ. — М.: Статистика, 1976. — 184 с.
3. Анисимов В. И., Перков Н. К., Соколова В. В. Некоторые проблемы развития систем автоматизированного проектирования электронных схем. — Л.: Изв. ЛЭТИ, 1977. — Вып. 224. — С. 3—11.
4. Баталов Б. В., Русаков С. Г., Фролов В. В. и др. Комплекс программ автоматизированного расчета электрических характеристик интегральных схем на мини-ЭВМ (мини-АРИС) // Микроэлектроника и полупроводниковые приборы. — 1984. — Вып. 9. — С. 157—174.
5. Унифицированные интерактивные средства проектирования изделий электронной техники / Б. Л. Толстых, И. Л. Талов, В. Н. Харин и др. — М.: Радио и связь, 1984. — 136 с.
6. Автоматизация схемотехнического проектирования на мини-ЭВМ. Учеб. пособие / В. И. Анисимов, Г. Д. Дмитриевич, К. Б. Скобельцын и др. / Под ред. В. И. Анисимова. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. — 200 с.
7. Многотерминальная система автоматизированного проектирования / В. И. Анисимов, Г. Д. Дмитриевич, А. И. Ларистов и др. — Л.: ЛЭТИ, 1985. — 80 с.
8. Стрельников Ю. Н., Польщикова И. В., Дмитриевич Г. Д. Методические проблемы конструирования печатных плат в диалоговых САПР // Автоматизация конструкторского проектирования вычислительной техники. — Вильнюс, 1985. — С. 18—26. — (Автоматизация конструкторского проектирования в радиоэлектронике и вычислительной технике. — Т. 5).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АСНИ

В настоящее время мы являемся свидетелями интенсивного развития и внедрения в практику научных исследований, и прежде всего в экспериментальные исследования, принципиально нового класса «инструментов» — автоматизированных систем научных исследований (АСНИ). Этот класс «инструментов» позволяет вооружить ученых мощными средствами интенсификации научных исследований. Применение АСНИ в различных предметных областях, и в первую очередь в определяющих фундаментальных направлениях, позволяет успешно разрешить насущные задачи науки, решение которых традиционными методами и средствами невозможно. Появилась возможность сократить сроки проведения исследований, повысить их эффективность и в конечном итоге внести весомый вклад в ускорение научно-технического прогресса.

В настоящей статье авторы ставят своей целью познакомить читателя со спецификой АСНИ как автоматизированной системы, дать краткий экскурс в историю развития вопроса, проанализировать современное состояние и нерешенные проблемы автоматизации научных исследований, наметить основные направления работ в этой области.

Необходимость автоматизации научных исследований. Зачем автоматизировать научные исследования? Не дань ли это моде и стремлению (зачастую необоснованному) автоматизировать «все и вся»? Не является ли желание автоматизировать исследования субъективным мнением ученого, стремящегося заполучить в форме АСНИ «затейливую игрушку» и «большую пишущую машинку»? Эти вопросы не праздны, и ответы на них дать однозначно зачастую непросто. Ведь любая автоматизация, в том числе и в области научных исследований, помимо положительных моментов, всегда приводит к дополнительным материальным и трудовым затратам. Чтобы обоснованно ответить в каждом конкретном случае на поставленные вопросы, необходимо тщательно проанализировать

все «за» и «против» автоматизации и оценить тот эффект, который прогнозируется от внедрения АСНН. Однако независимо от конкретной научной области можно указать ряд причин, которые обосновывают необходимость автоматизации научных исследований.

Во-первых, это повышение сложности объектов исследований. Сложность здесь понимается как синтетическое свойство, которое включает сложность и изменчивость структуры, стохастичность, трудность формализованного описания, плохую прогнозируемость поведения и другие свойства. Это приводит к необходимости проведения многофакторных экспериментов и решения многомерных задач, сбора и обработки значительных объемов экспериментальных данных, увеличения времени их анализа и интерпретации. Например, при проведении космических исследований в сутки регистрируется от 10^7 до 10^9 бит данных. За полный цикл исследований накапливаются огромные объемы информации, которая требует длительной обработки даже с применением ЭВМ. Возникает также проблема ее хранения на магнитных носителях.

Во-вторых, необходимо выполнять исследования, осуществление которых практически невозможно традиционными методами. К ним относятся исследования быстротекущих процессов, исследования во вредных, опасных и недоступных для человека средах.

В-третьих, рост требований к глубине проникновения в сущность исследуемых процессов и явлений вызывает необходимость проведения «тонких» экспериментов на грани предельных возможностей современных технических средств. Реализация специальных алгоритмов обработки экспериментальных данных на ЭВМ позволяет расширить эти возможности.

В-четвертых, усложняются технологические установки для проведения экспериментальных исследований, что приводит к необходимости решения задач управления этими сложными техническими объектами в соответствии с планом проведения эксперимента. Как следствие высокой стоимости технологической установки проявляется требование интенсивного и по возможности многоцелевого ее применения.

В-пятых, растут масштабы научных исследований, проводимых в организациях и учреждениях АН СССР и союзных республик, научно-исследовательских инсти-

туда и на предприятиях различных отраслей народного хозяйства. Решение этой проблемы в условиях ограниченных материальных и трудовых ресурсов, которые общество может выделить на науку, возможно только за счет повышения производительности труда ученых.

И наконец, в-шестых, сложность или даже невозможность в целом ряде случаев осуществить эксперимент с реальным физическим объектом. Тогда проводят машинный (имитационный) эксперимент.

Первым на этом перечислении факторов. Их уже достаточно для того, чтобы сделать однозначный вывод: необходимость автоматизации научных исследований вызвана объективными законами развития науки, ее движением вглубь и вширь и объективно существующими ресурсными ограничениями. Все это определяет чрезвычайную важность решения проблемы широкого внедрения АСНИ в различных предметных областях. Поэтому не случайно то огромное внимание, которое уделяется на протяжении ряда лет вопросам автоматизации научных исследований.

Что же такое АСНИ? Для того чтобы рассмотреть специфику АСНИ как автоматизированной системы, нам необходимо предварительно, хотя бы очень кратко, остановиться на структуре научного исследования. При этом уделим особое внимание моделям, с которыми приходится оперировать ученому в процессе исследований, и моделированию как методу исследования свойств объекта на моделях.

Исходным пунктом любого научного исследования, толчком к его проведению становится возникновение проблемной ситуации. Научная проблема возникает тогда, когда имеющиеся знания обнаруживают свою недостаточность, например, в плане объяснения новых научных факторов (экспериментальных результатов) или необходимости решения поставленной народнохозяйственной задачи. Таким образом, налицо ситуация, когда имеющаяся модель объекта исследований уже не устраивает исследователя. Эту модель назовем априорной, т. е. исходной, и обозначим M_A . На основании имеющейся информации об объекте исследований и некоторых гипотетических предположений о нем формируется концептуальная модель M_K — совокупность представлений об объекте исследований, его внешней

среде и их взаимодействии. Концептуальная модель определяет план проведения экспериментальной части исследований и последующую обработку экспериментальных данных. Результат обработки — апостериорная модель (или просто модель) объекта исследований М. Если проверка адекватности этой модели дает положительные результаты, то она принимается в качестве окончательной (по крайней мере на данной стадии исследований). Если же модель не адекватна, то проводится следующий цикл исследований, начиная с обоснования новой концептуальной модели. Этот процесс может итерационно продолжаться.

А теперь представим себе некоторую гипотетическую полноценную АСНИ, которая реализует все указанные выше этапы исследований. Отметим наиболее существенные черты такой АСНИ.

Целевым назначением АСНИ является получение новой истинной информации об объекте исследования, которая представляется в форме апостериорной модели. Таким образом, АСНИ представляет собой информационную систему и ее основная функция — информационная. Вспомогательные функции АСНИ могут носить иной характер, например, быть управляющими. Это отличает АСНИ от других классов автоматизированных систем (автоматизированных систем управления предприятиями и технологическими процессами), у которых основная функция управляющая.

Поскольку исследование носит в общем случае итерационный характер, то алгоритм функционирования АСНИ может существенно изменяться от одного цикла исследования к другому. Таким образом, АСНИ — эволюционирующая, развивающаяся система. Это является вторым существенным отличием АСНИ от других классов автоматизированных систем.

Каждое научное исследование, по определению, является оригинальным, что приводит нас к следующему заключению: каждая АСНИ — уникальная система.

Необходимые скорости сбора информации о состоянии объекта исследования, технологической установки и технологической среды для проведения эксперимента и выдачи управляющих воздействий на объект исследования и технологическую установку определяются в основном собственными свойствами этих объектов. АСНИ должна успевать реализовывать необходимые

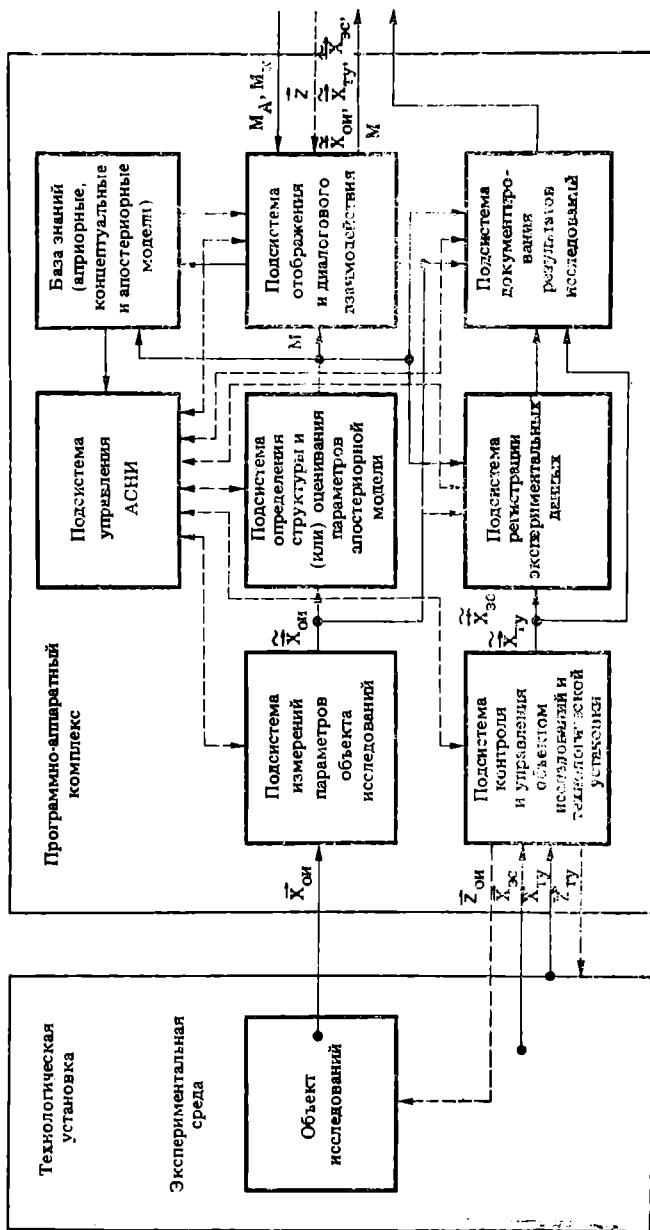


Рис. 1. Здесь: x_{oi} , x_{ac} , x_{tu} — измеряемые параметры объекта исследований и их оценки; z_{oi} , z_{ac} , z_{tu} — измеряемые, контролируемые параметры экспериментальной среды и технологической установки и их оценки; z — управляющее воздействие на АСНИ; z_{oi} , z_{ac} , z_{tu} — управляющие воздействия на объект исследований и на технологическую установку; \rightarrow — информационные связи; \dashrightarrow — управляющие связи

процессы, т. е. функционировать в реальном масштабе времени. Это обеспечивается привлечением для реализации АСНИ программно-аппаратных средств достаточной производительности, что достигается, например, распределенной параллельной обработкой информации.

Функции АСНИ могут выполняться в автоматическом и автоматизированном режимах. Однозначных рекомендаций по их разделению дать невозможно. Однако потенциально автоматически, с применением только программно-аппаратных средств могут выполняться все формализуемые функции. Функции же неформализуемые, требующие участия человеческого интеллекта, выполнимы лишь в автоматизированном режиме с помощью средств диалогового взаимодействия исследователя и АСНИ. При этом исследователь играет активную роль в управлении ходом исследований (выбор направлений исследований, обоснование концептуальной модели, принятие решений и т. д.).

И необходимо сделать еще очень важное замечание. Оно касается исследовательских испытаний созданных человеком технических объектов. Такие объекты в целом в ряде случаев являются также весьма сложными, как и естественнонаучные. Это в особенности справедливо для объектов новой техники, к которым относятся, например, космические аппараты, ракеты-носители, атомные реакторы, вычислительные системы и сети и многие другие. Цель исследовательских испытаний — построение математической модели функционирования объекта. Следовательно, никакого принципиального различия между научными исследованиями и исследовательскими испытаниями с этой точки зрения нет. А это позволяет дать следующее расширенное определение АСНИ, которое учитывает то, что в качестве объектов исследований наряду с естественнонаучными и абстрактными (математическими моделями) могут быть и технические объекты.

Автоматизированная система научных исследований — это человеко-машинная система, построенная на базе средств вычислительной техники и предназначенная для построения математических моделей исследуемых объектов.

В состав АСНИ входят системы (рис. 1), назначение которых в основном ясно из их названий. Отметим только особую роль подсистемы управления АСНИ, ко-

торая осуществляет управление другими функциональными подсистемами в соответствии с алгоритмом функционирования, реализующим в том числе требуемый план проведения эксперимента.

Здесь мы рассмотрели, конечно, несколько идеализированную картину, когда АСНИ осуществляет если не глобальную, то близкую к этому автоматизацию. В реальных условиях задачи автоматизации могут решать гораздо скромнее. И критерий целесообразности при решении вопроса о степени автоматизации один — получаемый в результате ее применения эффект.

Немного истории. Можно сказать, что автоматизация научных исследований зародилась в то время, когда появились ЭВМ. Уже первые ЭВМ, разработанные в США в 1945 г. (ENIAC) и СССР в 1951 г. (МЭСМ), широко использовались для выполнения расчетов в научных исследованиях. Однако численный расчет на моделях (а именно это выполнялось на заре применения ЭВМ в научных исследованиях) хотя и является важным этапом, но представляет лишь фрагмент научного исследования, и часто не самый трудоемкий. Так, если взять научный эксперимент, то в нем значительное время тратится на сбор и обработку экспериментальных результатов. Это и представляет собой наиболее узкое место во всем процессе исследований. Поэтому в начале 60-х годов внимание ученых сконцентрировалось на автоматизации эксперимента. Тогда, собственно, появился и стал распространяться и сам термин «Автоматизация научных исследований», в значительной степени обязанный организации в 1967 г. Совета по автоматизации научных исследований при Президиуме АН СССР.

Первые АСНИ были разработаны в ядерной физике на базе отечественных (серий БЭСМ, «Минск») и зарубежных (CDC, PDP, HP) ЭВМ для обработки камерных снимков, спектрометрической и пленочной информации. Затем автоматизация распространилась на другие области: общую физику, геофизику, биологию, химию, сложные технические системы, социальные науки.

Для ввода в ЭВМ экспериментальной информации приходилось разрабатывать нестандартные устройства. Поставляемое с ЭВМ системное программное обеспечение не было ориентировано на работу в реальном масштабе времени. Поэтому решение всего комплекса воп-

росов создания АСНИ было лишь под силу организациям, обладающим достаточным научно-техническим потенциалом в области разработки средств автоматизации и соответствующим ресурсным обеспечением. Но все же, несмотря на сравнительно небольшие масштабы внедрения АСНИ, этот этап нужно было пройти, и он несомненно сыграл положительную роль — начал формироваться процесс понимания задач автоматизации, был накоплен практический опыт создания АСНИ в целом ряде организаций. Разработанные АСНИ и их практическое применение доказало целесообразность и необходимость развертывания в стране работ по автоматизации.

В процессе создания уже первых АСНИ стало проявляться несколько проблемных моментов, которые существенно препятствовали дальнейшему расширению работ по автоматизации научных исследований. Прежде всего это отсутствие разработок, определяющих методологию построения АСНИ (целесообразность и необходимая степень автоматизации, разделение функций между человеком и машиной, алгоритмизация процессов проведения эксперимента и др.). Такая ситуация была обусловлена не только и не столько начальным этапом развития нового научно-технического направления, а тем, что АСНИ были системами принципиально нового класса.

Проблемы разработки. При разработке АСНИ пришлось решать непростые технические вопросы связи уникальных приборов, экспериментальных средств.

Несмотря на оригинальность каждой системы, при разработке различных, в общем-то, АСНИ приходится сталкиваться с необходимостью решения многих сходных задач и реализации однотипных функций: измерения, обработки, оценивания, отображения, управления и т. д. Стало совершенно очевидно, что экономически нецелесообразно каждый раз начинать «с нуля», необходимо аккумулировать и распространять накопленный опыт.

Следующий момент определяется также экономическими факторами и состоит в том, что приобретение для разработки АСНИ дорогостоящих ЭВМ, выпускаемых вдобавок небольшими партиями, может позволить себе далеко не каждый.

Ну и, наконец, как было отмечено, АСНИ — эволю-

ционирующая система. В процессе ее развития она требует реконфигурации программных и аппаратных средств. А это уже технически не просто, если не предпринять специальных мер, и требует дополнительных материальных затрат.

Пробиться через эти проблемы можно было только путем принятия принципиальных решений. И они были найдены.

Была принята ориентация на использование стандартных интерфейсов для устройств сопряжения с объектами автоматизации (УСО). В нашей стране в сфере автоматизации научных исследований наибольшее распространение получил интерфейс САМАС. Стандарт САМАС предложен Европейским комитетом стандартов в области ядерной электроники.

Вторым распространенным интерфейсом является МЭК, разработанный Международной электротехнической комиссией, который в основном ориентирован на подключение к ЭВМ измерительных приборов.

В конце 70-х годов начались разработка и серийный выпуск новых средств автоматизации — измерительно-вычислительных комплексов (ИВК). ИВК призваны разрешать в какой-то мере противоречия между множеством задач автоматизации научных исследований и экономической нецелесообразностью промышленного производства отдельных АСНИ. Основная идея при этом состоит в том, что ИВК представляет собой довольно универсальное для некоторой предметной области исследований программно-аппаратное ядро, которое при необходимости может быть легко дополнено потребителем требуемыми техническими и программными средствами.

Концепция, аналогичная заложенной в ИВК, реализована в комплексах САМАС Micronalab (фирма Nuclear Enterprises, Англия), Микро-КАМАК-лаб (Институт автоматики и электроники СО АН СССР) и базовых комплексах КАМАК для автоматизации радиофизических исследований БК-К-Э-60 (Институт радиотехники и электроники АН СССР). Их отличие от ИВК состоит в том, что пользователю предоставляется большая возможность (и это немаловажно) влиять на состав конкретно поставляемого ему комплекта.

Если теперь проанализировать предпринятые в сфере автоматизации действия, то можно сказать, что все они

были направлены на широкое внедрение в практику разработки АСНИ следующих принципов: агрегатно-модульного построения, базовых проектных решений и проблемной ориентации. Этим можно охарактеризовать второе поколение АСНИ.

Проблемы и перспективы автоматизации. В настоящее время масштабы работ по автоматизации научных исследований огромны. Достаточно сказать, что только в организациях АН СССР сейчас функционирует более тысячи АСНИ, в состав которых входит несколько тысяч автоматизированных рабочих мест (АРМ) исследователей. Капитальные вложения в сферу автоматизации исчисляются десятками миллионов рублей в год.

Сначала рассмотрим проблему автоматизации с точки зрения конечного пользователя АСНИ (научного работника, инженера-исследователя). Его прагматический взгляд на проблему сводится, как правило, к тому, что он хочет заполучить в форме АСНИ интеллектуального напарника, помощника в проведении научных исследований. При этом он не хочет (а зачастую и просто не может) разрабатывать саму АСНИ, а желает ее только использовать. Такая позиция понятна. Ведь, внедряясь в процесс разработки АСНИ, исследователь отрывается от решения непосредственно своих задач, которые отодвигаются на второй план из-за возникающего снежного кома реализационных проблем. Это положение в ближайшие годы может существенно усугубиться в связи с прогнозом роста АРМ в составе АСНИ по крайней мере на порядок за счет появления персональных ЭВМ. Если принять во внимание, что поставка персональных ЭВМ будет осуществляться по крайней мере в первое время только с общесистемным программным обеспечением, то возникает вопрос, кто будет разрабатывать прикладное и, возможно, недостающее системное программное обеспечение, позволяющее конечному пользователю самостоятельно проводить исследования и решать задачи в диалоге с ЭВМ. Простые программы, может быть, и будет писать сам пользователь. Но вот относительно сложных программ, требующих для разработки достаточно высокой квалификации и значительных ресурсов для отладки, — не будет (да и, наоборот, не должен). Поэтому, получив в свое распоряжение АРМ, пользователь будет стремиться заполнить своего профессионального программиста.

До тех пор пока количество АРМ было мало, удельный вес таких программистов-посредников был невелик. Но сейчас положение резко изменяется. Увеличение количества АРМ не может сопровождаться пропорциональным возрастанием числа программистов, поскольку в условиях ограниченных трудовых ресурсов это приведет к увеличению численности сотрудников, обслуживающих научные исследования, за счет сокращения научных работников, занятых непосредственно исследовательской деятельностью. Может быть и другой исход этого процесса: значительная часть АРМ будет использоваться неэффективно или вообще простаивать.

Где же выход? Он может и должен быть найден. Нужно, чтобы взаимодействие ученого с АРМ осуществлялось не на языке ЭВМ (алгоритмическом языке высокого и тем более низкого уровня), а на уровне концептуальных представлений, когда используется стилизованный естественный язык и ряд формализмов, соответствующих характеру предметной области. Таким образом, выход видится в развитии новой технологии автоматизированных исследований, ориентированной на разработку и поставку средств вычислительной техники, которые позволили бы пользователю работать с АСНИ на языке предметной области. Такие «интеллектуальные» инструментальные средства должны интенсифицировать и качественно изменить труд ученого, которому уже не нужно посредничество программиста, решающего его частную задачу. Но такой подход предъявляет высокие требования к качеству базовых средств вычислительной техники и особенно к квалификации специалистов-разработчиков инструментальных комплексов, ориентированных на группы конечных пользователей. Иными словами, предварительные экономические соображения приводят к необходимости организации и разработки нового поколения программно-аппаратных средств на базе вычислительной (и прежде всего микропроцессорной) техники как самостоятельного направления работ в области автоматизации научных исследований. Объективная необходимость состоит в том, что автоматизация научных исследований нуждается в своем собственном «интеллектуальном» инструментарии. Разумеется, этот вопрос требует всестороннего, тщательного изучения с привлечением специа-

листов по искусственному интеллекту, психологов, экономистов.

Если проанализировать основные направления работ по автоматизации научных исследований, то в основном они были направлены на создание АСНИ, предназначенных для автоматизации натуральных экспериментов. В то же время современное состояние информатики, вычислительной техники и автоматизации позволяет поставить на повестку дня вопрос об автоматизации исследований на компьютерных моделях и соответственно развивать новое направление — **компьютерную технологию познания**. При традиционной технологии применения ЭВМ в рамках математического моделирования многократный переход от одного языка к другому может привести к потере адекватности моделей, а подчас выхолостить суть решаемой задачи. Кроме того, он связан с непроизводительными затратами труда исследователя, который тратит время на освоение численных методов и программирования, и затратами, зачастую существенными, машинного времени.

Можно предложить другой подход, другую технологию использования ЭВМ, а именно: после того как задача сформулирована на понятном «концептуальном» уровне и введена в ЭВМ, компьютер с помощью специальной программы-планировщика сам конструирует модель объекта на основе базы знаний о предметной области. Иными словами, реализуется принцип концептуального моделирования, позволяющий исследователю всесторонне изучать объект — модель, гибко изменяя в режиме диалога его структуру, параметры и характеристики. Такая компьютерная технология исследования предполагает обязательное применение ЭВМ. Без компьютера она не может быть реализована в принципе. Причем эта новая технология является не отрицанием, а дополнением традиционной технологии, позволяющей осуществлять «сборку» или «синтез» сложных моделей из простых. Для ее реализации также необходимо создание соответствующих программно-аппаратных средств универсального назначения.

В конечном счете поднятые вопросы являются социально-экономическими. Дальнейший путь экстенсивного развития автоматизации научных исследований неприемлем. Нужно искать новые подходы к решению проблем автоматизации. Поэтому перейдем теперь к их

анализу «изнутри», с точки зрения специалистов, непосредственно занятых разработкой АСНИ.

Трудности, возникающие при создании АСНИ, имеют объективные причины.

Первая из них состоит в том, что проблема автоматизации научных исследований — многоплановая. Успех ее разрешения во многом зависит от достигнутых результатов в целом ряде областей: вычислительной и измерительной технике, программировании, математике, системотехнике, экономике и др.

Вторая причина обусловлена тем, что сами АСНИ являются сложными системами. Этим, в частности, объясняется существующее положение в области теории автоматизации научных исследований и управляемого эксперимента, методологии и технологии проектирования АСНИ.

Очень сложными представляются вопросы проектирования АСНИ. Процесс их создания носит итерационный характер, нетривиален и неоднозначен. Разработчики при выборе тех или иных проектных решений в основном руководствуются собственным опытом и интуицией. Рассчитывать на успех при таком подходе, который можно сравнить с блужданием впотьмах, в общем случае трудно. Естественное стремление снизить долю волюнтаризма наталкивается на существенные трудности, связанные с отсутствием адекватных математических моделей АСНИ как объекта проектирования, необходимых языковых средств описания информационно-вычислительных процессов, методов формализованного анализа и синтеза.

Особо следует остановиться на проблеме обеспечения точности и достоверности информации в АСНИ.

Иногда можно слышать, что затраты на ее решение не являются оправданными или по крайней мере при разработке АСНИ эта проблема относится к второстепенным. На самом деле это не так. Усложнение АСНИ и увеличение стоимости автоматизированных исследований постепенно выдвигает ее на передний план, поскольку одновременно возрастает и цепа потерь, которые влечет за собой недостоверная информация. Ведь исследователя интересует получение не произвольной, а только объективной информации об изучаемом объекте.

При решении относительно простых задач, когда АСНИ реализует только функции измерения с помощью

одного или нескольких измерительных приборов, имеющих нормированные метрологические характеристики, определить требуемые характеристики довольно легко. В другом случае, когда АСНИ представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс, задача становится нетривиальной. Для ее решения традиционные методы неприменимы. Здесь необходимы принципиально новые подходы. Работы в этом направлении проводятся, но полученные результаты пока еще не удовлетворяют потребностям практики.

Перспективным представляется направление, связанное с совместным использованием теоретического и экспериментального подходов. Его суть состоит в расчете точностных характеристик по обоснованной концептуальной модели АСНИ и полученного с помощью автономных или встроенных в АСНИ специализированных программно-аппаратных средств (измерительных мониторов) «портрета» ее функционирования.

К серьезной проблеме также относится оценка экономической эффективности создания и внедрения АСНИ. Имеющиеся в настоящее время отдельные фрагментарные разработки в этом направлении не решают ее. Причина, по-видимому, состоит в том, что оценивается эффект от автоматизации собственно научных исследований (были неавтоматизированные — стали автоматизированные). Это узкий взгляд на проблему.

Существенное значение, конечно, как ранее, будет играть «материя» — техническая база автоматизации. В области технических средств ближайшая перспектива характеризуется следующими основными направлениями:

широким использованием микропроцессоров, особенно на нижнем иерархическом уровне АСНИ, с целью повышения «интеллектуальности» функциональных и управляющих модулей и отдельной реализации функций в режиме жесткого реального времени;

массовом внедрении персональных компьютеров в составе АРМ;

дальнейшим развитием магистрально-модульного принципа организации АСНИ на уровнях функциональных модулей (магистралей микропроцессоров), интерфейсов УСО (интерфейсы FASTBUS, COMPEX, EURO-BUS), мультипроцессорных вычислительных систем (интерфейсы VME, MULTIBUS);

применением в АСНИ специализированных процессоров, обеспечивающих более эффективное решение часто встречающихся задач обработки научной информации с быстроедействием в десятки миллионов арифметических операций в секунду (спецпроцессоры Фурье, матричных, морфологических, линейных преобразований, теоретико-множественных операций);

дальнейшим распространением АСНИ коллективного пользования на базе вычислительных сетей СМ ЭВМ, ЕС ЭВМ, персональных ЭВМ;

разработкой программно-управляемых научных приборов, в том числе со встроенными микропроцессорами, для проведения предварительной обработки информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой сравнительно небольшой статье мы коснулись, конечно, только небольшой части вопросов многогранной проблемы автоматизации научных исследований. Некоторые высказанные в ней положения могут показаться читателю спорными. Это вполне естественно. Авторам трудно претендовать на категоричность своих суждений, поскольку они отдают себе отчет в сложности обсуждаемых проблем. Вместе с тем они будут считать свою задачу выполненной, если читатель получил новую информацию и у него хоть немного пробудился интерес к процессам автоматизации научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

ЭВМ в экспериментальной физике. — Дубна: ОИЯИ, 1970. — 324 с.

Петров Б. Н., Куклин Г. Н. Программа развития работ в области автоматизации научных исследований. — В сб.: Вопросы кибернетики. Автоматизация экспериментальных исследований. — М.: АН СССР, 1979, — с. 5—12.

Нестерихин Ю. Е., Золотухин Ю. Н., Лившиц З. А. Автоматизация: итоги десятилетия // Автометрия. — 1984. — № 4. — С. 3—14.

Велихов Е. П., Выставкин А. Н. Проблемы развития работ по автоматизации научных исследований // Управляющие системы и машины. — 1984. — № 4. — С. 3—12.

Виттих В. А., Петров О. М., Сабило В. П., Томников Г. Н. Автоматизация научных исследований и обучения. — Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1986. — 156 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

АСОТ

Рассматриваются проблемы построения больших автоматизированных систем обработки информации, эволюционный путь их развития. Обсуждены вопросы пакетной обработки; сетевой телеобработки; различные методы построения систем телеобработки с использованием малых ЭВМ типа СМ-4 в качестве связующих; использование связанных процессоров телеобработки; применение пакетов прикладных программ (ППП) для проектирования, а также для эксплуатации разработанных систем; отношение к использованию различных систем управления базами данных (СУБД) и проблемы, которые связаны с их заменой; вопросы перестройки технологии работы ВЦ под новые технические средства и режимы обработки данных; место мини- и микро-ЭВМ, персональных ЭВМ (ПЭВМ) в системах обработки данных.

Так как все перечисленные вопросы весьма сложны и объемны, изложение ведется как некоторый опыт проектирования и развития системы на перспективу на примере АСУ-ПРИБОР.

Те рассуждения, которые вызовут у читателя противоположное представление об изложенном, следует считать как частное мнение автора. Тем не менее большинство изложенного подтверждено на практике, что является хорошим аргументом в их пользу.

Выскажем несколько самых общих суждений по особенностям развития отечественных и зарубежных вычислительных систем.

1. Многообразие вариантов развития ЭВМ, операционных систем (ОС), языков программирования, СУБД, ППП в развитых странах определено лидирующими позициями, которые они занимают в этих областях в условиях острой конкурентной борьбы. Нам, имея определенное отставание в области развития указанных выше средств, не всегда правильно следовать их пути развития и создавать у себя такое же многообразие типов ЭВМ, ОС, языков программирования, СУБД и ППП. Скорее всего, необходимо ориентироваться на средства лидирующей фирмы в этой области, какой является фирма IBM в США. Это будет экономически выгодно,

так как многочисленные людские ресурсы в области обработки данных будут направлены на освоение, эксплуатацию меньшего разнообразия типов названных приборов и систем.

А поэтому не оправдано производство различных по архитектуре мини- и микро-ЭВМ:

СМ1 и СМ2 разработаны в архитектуре HEWLETT-PACKARD;

СМ3, СМ4, СМ1700 — в архитектуре фирмы DEC;

СМ1800 — в архитектуре фирмы INTEL;

ИСКРА-256 — в архитектуре фирмы WANG.

Близкие по производительности машины ЕС ЭВМ ЕС-1045 и ЕС-1060 выполнены по различной технической документации, что увеличивает эксплуатационные расходы.

Даже самые поздние разработки ПЭВМ выполнены в различных архитектурах: ЕС-1840 и ИСКРА-1030 разработаны в архитектуре РС/XT фирмы IBM. Электроника-85 разработана в архитектуре ПЭВМ фирмы DEC. Одинаковые по архитектуре и функциональным характеристикам ПЭВМ ЕС-1840 и ИСКРА 1030 имеют различные конструктивные решения и техническую документацию, что значительно усложняет их эксплуатацию.

В стране на вычислительных центрах используются различные типы СУБД: ОКА/ВС, ДИСОД, СЕТЬ, РИС, СЕТОР, ИНЕС и др., а также различные типы монотипов телеобработки: КАМА/ВС, СРД, ПДО, ПРИМУС и т. д.

2. Капиталистический строй способствует созданию наряду с крупными фирмами мелких фирм, каждая из которых хранит в тайне свои коммерческие дела. Это способствует развитию мини- и микро-ЭВМ, ПЭВМ и большой децентрализации обработки информации. Социалистический строй с плановым ведением хозяйства, напротив, более предрасполагает к централизации обработки информации.

Использование мини-, микро-ЭВМ и ПЭВМ практически во всех областях производственной и научной деятельности без соответствующей технической проработки не всегда будет правильным. Необходимо также развивать крупные центры обработки информации с классическими режимами телеобработки и сетевой обработки.

3. Техническая политика в области обработки данных в большой степени влияет на экономические показатели применения ЭВМ в народном хозяйстве страны. В условиях планового социалистического хозяйствования каждая организация свою внутреннюю техническую политику должна подчинить государственной политике развития средств вычислительной техники. В условиях капиталистического мира каждая фирма развивается в области обработки данных так, как ей выгодно.

4. Конкурентная борьба на передовых позициях развития техники и программирования в капиталистических странах привела к гармоничному развитию таких показателей вычислительных систем, как производительность, надежность, стоимость, ремонтнопригодность. Понятное стремление любых разработчиков догнать передовые фирмы приводит к неравномерному развитию отдельных свойств вычислительных систем, например, уменьшению надежности работы отдельных устройств.

Вопросы стыковки технических и программных средств разной архитектуры в капиталистических странах решаются через рыночные отношения между производителями и покупателями.

Каждая фирма-разработчик технических и программных средств, для того чтобы найти более широкий рынок сбыта, вынуждена разрабатывать дополнительную аппаратуру стыковки, адаптеры, эмуляционные программы еще на стадии разработки, до серийного производства. Чаще всего адаптация осуществляется по отношению к технике фирмы IBM. Поэтому у пользователя, применяющего даже разнородную по архитектуре технику, практически нет проблем по их стыковке в системах обработки данных.

Производители разнородной по архитектуре техники и программных средств в нашей стране не заинтересованы в производстве аналогичной стыковочной аппаратуры и программных средств из-за их незначительной стоимости. Поэтому все системные проблемы стыковки и построения сложных систем обработки данных ложатся на не совсем подготовленного к решению этих проблем пользователя.

В связи с этим простое копирование опыта капиталистических фирм не всегда приводит к должным ре-

зультатам. Например, из-за пониженной надежности работы внешней памяти на магнитных дисках в некоторых случаях неэффективно использование операционной системы ВМ. Перечисленные выше особенности не позволяют однозначно применить опыт использования вычислительных систем капиталистических стран.

В одиннадцатой пятилетке для совершенствования АСУ-ПРИБОР необходимо было, по существу, перейти из монопольного режима использования ЭВМ в пакетный режим телеобработки и технически подготовиться для сетевой обработки информации. Для этого нужно было заменить парк ЭВМ на более современные, более надежные в эксплуатации (это требуется для режима телеобработки). Выбрать более надежное системное математическое обеспечение и более перспективное, позволяющее эволюционный переход в режим сетевой телеобработки. Требовалось добиться того, чтобы пользовательские наработки не ощутили в дальнейшем этого перехода. Необходимо было попытаться отойти от традиционного программирования на языках типа КОБОЛ, ПЛ-1 и перейти на использование языковых средств более высокого уровня, на языки, приближенные к естественным. Одновременно необходимо было подобрать функционально полный набор ППП, пригодных как для выполнения ряда функций при проектировании системы, так и при эксплуатации.

Например, необходимы были ППП для ввода данных, редактирования, запуска заданий в обработку, вывода данных в пакетном режиме и вывода данных в режиме телеобработки, многовариантной обработки экономической информации с изменением параметров и поиском «А что, если?» и т. д. Осуществить перестройку работы вычислительного центра (ВЦ) под новые режимы обработки информации и под новые технические средства и их возможности. Технические средства выбирались с учетом повышения надежности даже в ущерб производительности.

Так, из ЭВМ была выбрана ЕС-1055 М. В качестве связанных процессоров и станций телеобработки выбрали систему ЕС 8371.01 производства ПНР. Но вначале в качестве связанного процессора была использована ЭВМ СМ-4. Однако стало ясно, что для разработки монитора телеобработки с функциями, подобными монитору КАМА/ВС, потребуются годы, в результате будет по-

лучена уникальная собственная разработка с плохой надежностью работы программного обеспечения и тупиковым будущим. Поэтому ЭВМ СМ-4 была демонтирована, а вместо нее был поставлен связной процессор ЕС 8371.01. Для работы с телеграфными каналами была использована аппаратура ВНР — магнитные диски 100 МГбит отечественного производства, обладающие помимо других достоинств повышенной надежностью. В качестве операционной системы выбрали OS/VSI — сравнительно раннюю разработку фирмы IBM, широко распространенную в организациях нашей страны, Болгарии, ПНР и других странах социалистического лагеря. Это далеко не самая современная операционная система, но она обладает интересными для нас свойствами:

имеет виртуальную операционную систему;

отработана на многих пользователях, а потому обладает повышенной надежностью;

создает умеренную нагрузку на магнитные диски, не обладающие повышенной надежностью;

операционная система позволяет создавать сети ЭВМ в ЕС-структуре.

Переход на OS/VSI на порядок улучшил надежность работы системы по ее «зависанию».

В качестве монитора телеобработки была использована КАМА/ВС, обладающая повышенными сервисными возможностями по сравнению с обычной системой КАМА. На базе этой системы были созданы программные средства сбора информации по каналам связи. Монитор КАМА/ВС выбран был еще с той целью, что на его основе странами СЭВ разрабатывалось в то время (а сейчас уже создано) сетевое системное математическое обеспечение, о чем будет изложено ниже.

Таким образом, выбрав операционную систему OS/VSI (аналогом является ОС 351 производства НРБ) и монитор телеобработки КАМА/ВС, мы тем самым создали необходимые условия для построения сетей ЭВМ в ЕС-архитектуре.

Выработав техническую политику в области проектирования и развития систем обработки данных, в течение 1982—1986 гг. необходимо было решить целый ряд технических вопросов по стыковке аппаратных и программных средств, разрабатываемых разными ведомствами нашей страны и стран социалистического лагеря.

Для этих целей были проведены функциональные испытания аппаратных и программных средств на пользовательских приложениях. В результате испытаний был обнаружен целый ряд недоработок аппаратуры и программных средств. Выявлены были недостающие адаптеры, вызывные устройства, эмуляционные программы.

За этот период разработчики аппаратных и программных средств произвели устранение нестыковок и разработали недостающие адаптеры, вызывные устройства и эмуляционные программы. Одновременно были решены вопросы построения надежного конфигулятора для телеобработки и топологии размещения оборудования ВЦ с учетом эволюционного развития вычислительных ресурсов.

Далее необходимо было создать технологическую среду для разработки систем и их дальнейшей эксплуатации. Для этого понадобился ППП для редактирования текстов программ, исправления ошибок и запуска заданий в обработку. Такой ППП предназначался как для отладки программ при проектировании систем, так и для исправления ошибок в данных и запуска заданий в обработку при их эксплуатации на ВЦ. Из всех ППП был выбран РИТМ, работающий под монитором КАМА/ВС, хорошо зарекомендовавший себя на практике в течение последних 5 лет работы.

Для набора данных (ввода) в большую ЭВМ использован ППП ЭКРАН, обладающий целым рядом полезных свойств. Во-первых, такому пакету достаточно минимальных ресурсов ЭВМ для своей работы. На каждое рабочее место оператора расходуется порядка 2К виртуальной оперативной памяти. Набор данных с 30 рабочих мест в ЭВМ ЕС-1055 практически не сказывается на ее работе.

Во-вторых, обладает хорошими свойствами наблюдения за работой операторов по набору данных: ведет протокол работы, защищает данные одного оператора от других, ведет статистический учет по скорости работы оператора и т. д.

В-третьих, легко описываются формы для ввода данных с возможной защитой полей от ошибок, допускаемых операторами.

И наконец, в-четвертых, пастранивается на любое (ог-

раниченное) число работающих операторов и подготавливаемых файлов.

Разработчики подсистем учитывали в дальнейшем возможность ввода данных с помощью ППП ЭКРАН наряду с другими традиционными способами ввода информации.

Использование ППП ЭКРАН для ввода данных имеет очень важное технологическое свойство. Построив технологию ввода данных операторами сразу в большую машину, легко осуществить ввод данных с рабочих мест пользователей. Практически это было осуществлено в АСУ-ПРИБОР на примере подсистемы АСУ-Заявление, когда набор данных осуществляется с рабочего места работника министерства.

Для быстрого получения отчетов в интерактивном режиме был использован ППП ТЕЛЕСПРАВКА, который обладает свойствами естественного языка запросов, и это на практике ощутимо сказалось на скорости разработок. Так, не сложные по форме запросы на готовой базе данных подготавливались в течение 15 мин. Для генерации выходных форм сложной структуры в пакетном режиме используется ППП КОМИС.

Для решения экономических задач в интерактивном режиме был использован ППП ПРОПЛАН, с помощью которого можно строить модели и, изменяя отдельные параметры, проигрывать ситуации «А что, если?».

В поисковых подсистемах был использован ППП ПОИСК.

Операционная система OS/VSI вместе с монитором телеобработки КАМА/ВС с перечисленными выше ППП образует так называемую операционную среду, которая эксплуатируется на ГВЦ АСУ-Прибор в течение последних 4 лет и нашла широкое распространение среди многих пользователей других организаций нашей страны.

В АСУ-Прибор используется СУБД ОКА/ВС совместно с монитором телеобработки КАМА/ВС. Использование СУБД ОКА/ВС сложилось исторически в процессе совершенствования технических и программных средств.

СУБД ОКА/ВС была официально объявлена к применению в нашей стране и за ней стояли солидные разработчики вычислительных систем, такие, как ИК АН УССР и НИЦЭВТ. К этому времени не была достигну-

та та степень интеграции информации в АСУ-Прибор, на которой бы сказалось основное свойство применения СУБД, а поэтому использовать или не использовать СУБД в разработках было не определяющим. Для ряда приложений в качестве СУБД была использована ОКА/ВС, связанная по интерфейсу с монитором КА-МА/ВС. Проектирование запросов к базе данных в пакетном режиме осуществляется с помощью ППП КО-МИС, а в интерактивном режиме с помощью ППП ТЕЛЕСПРАВКА.

В концептуальном техническом задании на двенадцатую пятилетку были сформулированы три направления интеграции информации в АСУ-Прибор: ПРОИЗВОДСТВО; АНАЛИЗ; РАЗВИТИЕ. И в этой связи использование СУБД в разработках стало необходимым. Пришлось сохранить СУБД ОКА/ВС, так как технические средства к этому времени изменились и изменился состав используемых пользователями вычислительных средств: если в одиннадцатой пятилетке основным инструментом, с помощью которого пользователь решал свои задачи, был дисплей, то в двенадцатой пятилетке основным инструментом для оконечного пользователя должна стать ПЭВМ. Средства большой ЭВМ в интерактивном режиме стали менее необходимы, и ему безразлично, какое СУБД там применяется.

Таким образом, несмотря на то что в двенадцатой пятилетке произошла определенная интеграция информации и использование СУБД на большой ЭВМ было оправдано, оконечному пользователю из-за изменившейся ситуации с появлением ПЭВМ оно стало менее необходимо. В настоящее время во ВНИПИ ОАСУ ведутся работы по созданию автоматизированного программного комплекса, инструктивно-методических материалов по администрированию баз данных на ВЦ. Одновременно проводится работа по подключению естественного языка запросов ДИОД и словаря данных СУБД СИОД к СУБД ОКА/ВС. Этими разработками будут улучшены возможности существующей СУБД ОКА/ВС, и переход на другие СУБД тем самым отпадает.

Назовем некоторые проблемы, которые возникают в организации при переходе с одной СУБД на другую. Во-первых, чем шире использовано СУБД в разработках, тем больше проблем. Те организации легко пере-

ходят с одной СУБД на другую, которые практически мало ее использовали в своих разработках. При переходе меняется состав специалистов на 50—80 %. Приверженцы заменяемой СУБД уходят, и необходимо создать коллектив специалистов вновь внедряемой СУБД. На это потребуется 2—3 года. Во-вторых, необходимо заменить базы данных, эксплуатируемые на ВЦ, и подготовить обслуживающий персонал к новым процедурам ведения баз данных, обучить пользователей новым возможностям СУБД. Имеются организации, которые осуществляли переход с одной СУБД на другую неоднократно, и, как правило, это было вызвано не производственной необходимостью, а тем, что с такой же частотой в этих организациях менялись ведущие специалисты, приверженцы различных СУБД. В этой связи можно расширить высказанную мысль о влиянии ведущих специалистов в области обработки данных на техническую политику организации. Как правило, в каждой организации имеются группировки специалистов, приверженцев различных типов ЭВМ, операционных систем, ППП, мониторов телеобработки, СУБД и т. д. Между этими группировками специалистов существует непрерывная борьба за внедрение в практику своих средств. Внедрившие свои средства специалисты торжествуют, не внедрившие вынуждены покинуть организацию.

Это наносит колоссальные экономические убытки народному хозяйству и относится к недостаткам в организации работ в области обработки данных. Те организации, в которых руководители сами определяют техническую политику и не идут на поводу у специалистов, достигли хороших результатов.

Теперь под новые технические средства и режимы обработки данных необходимо было перестроить технологию работы ГВЦ АСУ-Прибор. Для этого была освоена технология позадачного подхода (фактически режим монопольного использования ЭВМ). Имелись уникальные группы специалистов по решению комплексов задач. Таких комплексов было несколько, несколько было и групп специалистов. При таком положении с увеличением количества комплексов необходимо было увеличивать количество групп специалистов (уникальных!). Иначе нельзя было с позадачным подходом перейти на современные режимы обработки: пакетный и телеоб-

работку. Также нельзя было эффективно использовать преимущество мультипрограммной обработки.

Была разработана и внедрена функциональная технология обработки данных на ГВЦ АСУ-Прибор, при которой одни и те же специалисты, поделенные на группы и выполняющие определенные функции, решают все задачи АСУ-Прибор. Например, они решают функции администрирования баз данных и файлов для всех задач, функции по приему информации линейными операторами, функции операторов управления удаленными терминалами телеобработки и т. д.

С вводом функциональной технологии были устранены недостатки позадачного подхода. Одновременно улучшилась организация работ на ГВЦ, так как за каждой ситуацией сбоя в работе стояла определенная группа функционеров, ответственных за этот участок. Руководство ГВЦ лучше стало владеть ситуациями в работе служб центра и более оперативно воздействовало на процесс управления ВЦ. В результате проведенных мероприятий в области технической политики и организации работы ГВЦ АСУ-Прибор удалось значительно улучшить эксплуатационные возможности системы: уменьшить расходы на эксплуатацию, увеличить надежность работы системы, добиться свойств эволюционного развития системы без ущерба пользовательским разработкам.

Какова техническая политика в АСУ-Прибор с учетом появления микро-, мини-ЭВМ и ПЭВМ? По-прежнему ресурсно развивается централизованная обработка на больших ЭВМ ГВЦ АСУ-Прибор. Для этого процессоры ЕС 1055 предполагается заменить на ЕС 1057. Предполагается также увеличить количество магнитных дисков.

Таким образом, наряду с обычной телеобработкой, включающей в свой состав сотни абонентов по коммутируемой телеграфной сети, выделенных телефонных каналах, коммутируемых телефонных каналах, локального подключения к ЭВМ, в двенадцатой пятилетке предполагается построить первую промышленную сеть на выделенных и коммутируемых телефонных каналах. Особенность построения сети на промышленной основе заключается в том, что техническая политика в одиннадцатой пятилетке (операционные системы и КАМА/ВС как необходимые условия построения сети ЭВМ) пре-

допределила ее быструю реализацию. После освоения математического обеспечения сети ее генерация и настройка займут несколько недель. Основным терминалом (в смысле количества установок) в двенадцатой пятилетке мы ориентируемся на телеграфный аппарат Т-63. Уже сейчас подключено к системе и работает по коммутируемым телеграфным каналам микро-ЭВМ ТАП-34 (ЕС 8534) производства ВНР. Однако техническое перевооружение абонентов отрасли в двенадцатой пятилетке и на тринадцатую пятилетку предполагается вести на базе ПЭВМ ЕС 1840, ЕС 1841, ИСКРА-1030 и их дальнейшего развития. Здесь тоже предполагается сохранить последовательность в технической политике, взяв за основу архитектуру ПЭВМ фирмы ИВМ. В министерстве для автоматизации административно-управленческой деятельности, автоматизации планово-экономических и бухгалтерских расчетов и т. д. предполагается создать локальную сеть министерства на базе ПЭВМ. Создание локальной сети министерства требует решения целого ряда организационных вопросов.

Несколько слов об особенностях применения ПЭВМ. Наличие персонального достаточно мощного ресурса в виде современной ПЭВМ толкает специалистов в области обработки данных на их использование традиционным способом: применяют язык Бейсик или СИ и программирование ведется, как это было на больших ЭВМ, на Ассемблере или языке Кобол. В этом случае ПЭВМ из персональной и рассчитанной на непрофессионала превращается в персонально профессиональную ЭВМ, рассчитанную на высокую подготовку специалистов по их использованию. Такой подход к использованию ПЭВМ ничего существенного не принесет для пользователя. Ведь основное назначение ПЭВМ состоит в том, чтобы научить непрограммирующего пользователя работе на ней и реализовать максимальную выгоду симбиоза вычислительной мощности и профессионала в какой-то конкретной области человеческой деятельности.

Разработки приложений с привлечением программистов необходимо вести в среде какого-либо ППП универсального назначения типа FRAMEWORK или KNOWLEDGEMAN. Конечно, лучше бы разработки приложений вести без привлечения программистов, а силами самих пользователей, но велики пока трудности обучения пользователей.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА В ГПС: УПРАВЛЕНИЕ, ИЗМЕРЕНИЕ, ДИАГНОСТИКА

ГПС Задачи управления в ГПС. Сегодня уже определены наиболее важные задачи в области создания гибких производственных систем (ГПС) на базе прогрессивных технологий и комплексно-автоматизированных производств с широким использованием самых современных средств вычислительной техники. Концепция ГПС начала формироваться в конце 60-х годов, когда эффективность комплексной автоматизации уже не вызывала сомнений, а прогресс вычислительной техники и средств автоматизации технологических процессов достиг такого уровня, что вполне реальной стала задача крупномасштабной автоматизации.

В настоящее время в мире создано более 300 гибких автоматизированных производств, из них в СССР внедрено более 60 [1]. Наибольшее распространение ГПС получили в механообработке, труднее осваиваются они в сборочных производствах. Проанализируем, в чем заключаются причины такого положения и какие задачи должна решать система управления. В ГПС механообработки центральным устройством является обрабатывающий центр, длительность технологического цикла которого наибольшая в сравнении с остальными устройствами ГПС, такими, как транспортные средства, накопители, переукладчики, и другими, имеющими значительно более короткий цикл работы. Следовательно, гибкость механообрабатывающего производства будет определяться главным образом возможностями об-

рабатывающих центров, их быстродействием, измеряемым длительностью цикла, и оснащенностью инструментом.

В сборочном производстве основные функции ГПС возлагаются на промышленные роботы (ПР). Роботы выполняют не только сборочные операции, такие, как установка и ориентация элементов, сочленение их в определенной позиции, но и операции укладки сочлененных деталей, перемещения их на последующие позиции и т. п. Таким образом, в сборочной ГПС именно на ПР возлагаются как основные, так и вспомогательные функции, и именно они обеспечивают гибкость производства. Длительность цикла сборочных операций значительно короче цикла обрабатывающих, а разнообразие объектов сборки чрезвычайно велико. При этом необходимо строгое соблюдение допусков и податливое взаимодействие ПР с деталями. Понятно, что создание ГПС сборки представляет сложную задачу, для решения которой требуются управляемые от ЭВМ высокоманевренные ПР, оснащенные развитой системой чувствительных датчиков (сенсорикой) и высоким уровнем машинного интеллекта.

Таким образом, развитие ГПС потребовало интеграции в одной системе различных производственных и технологических функций, а также полной автоматизации их выполнения. Реализовать такие требования возможно только при условии широкого использования новейших достижений технологии микроэлектроники и средств вычислительной техники.

ГПС в зависимости от концентрации и взаимодействия оборудования представляет собой ячейку, модуль, участок или линию. Гибкое автоматизированное производство (ГАП) — это уже цех или завод. В составе ячейки ГПС содержатся одна или несколько единиц технологического оборудования (ТО), один-два ПР, различные сервисные устройства автоматизации: загрузчики, бункеры, накопители и т. п. Управление ГПС осуществляется от ЭВМ. ГПС-линия объединяет в конвейерной системе несколько единиц различного ТО: роботы-загрузчики, накопители и др. В составе сложных ГПС обычно работает большое количество датчиков, контрольно-измерительных приборов и другой аппаратуры. Для управления ею используют несколько ЭВМ, объединенных в единую систему. Очевидно, что слож-

ность и многообразии задач управления ГПС отражаются в развитии многочисленных систем управления (СУ).

В качестве первого и общего для всех ГПС принципа организации СУ следует отметить их иерархическую структуру. Рассмотрим, каким образом выполняется разделение задач управления по уровням иерархии, ограничившись тремя уровнями. В иерархической, многоуровневой СУ ГПС (рис. 1) на нижнем уровне всегда решаются задачи управления отдельными технологическими операциями.

На более высоком втором уровне СУ ГПС решаются задачи логического управления последовательностью технологических операций (процессом), характерных для каждой фазы производства: подготовительной, обрабатывающей (основной), сборочной, контрольно-измерительной и испытательной. Для обеспечения последовательности операций необходимо строгое согласование взаимодействия в ГПС всех единиц оборудования. Например, на этом уровне формируются задания движений ПР, моменты смены инструмента, прерывания работы ТО, ввод-вывод новых программ и данных и др.

На последнем третьем уровне СУ ГПС решаются задачи управления материальными потоками. К числу таких задач относятся: оперативное планирование, оперативный контроль и корректировка планов с учетом производственных мощностей и ресурсов, «узких мест» на разных стадиях производства, изменения номенклатуры изделий и профилактического обслуживания.

Роботы-компоненты ГПС. Особое место в структуре ГПС и ГАП занимают промышленные роботы. Необходимо отметить, что именно появление ПР, управляемых от микро-ЭВМ, позволило перейти к комплексной автоматизации и создать действительно гибкое производство. Рассматривая робот как объект управления, следует отметить принципиальное его отличие от станков, машин и другого оборудования. Это объясняется тем, что на СУ ПР возлагается решение большого количества разнообразных, специфических и сложных задач. Например, расчет положений и скоростей звеньев, контроль движения, опрос и обработка сигналов с датчиков очувствления и адаптации, управление и координация работы и оборудования, связь с операто-

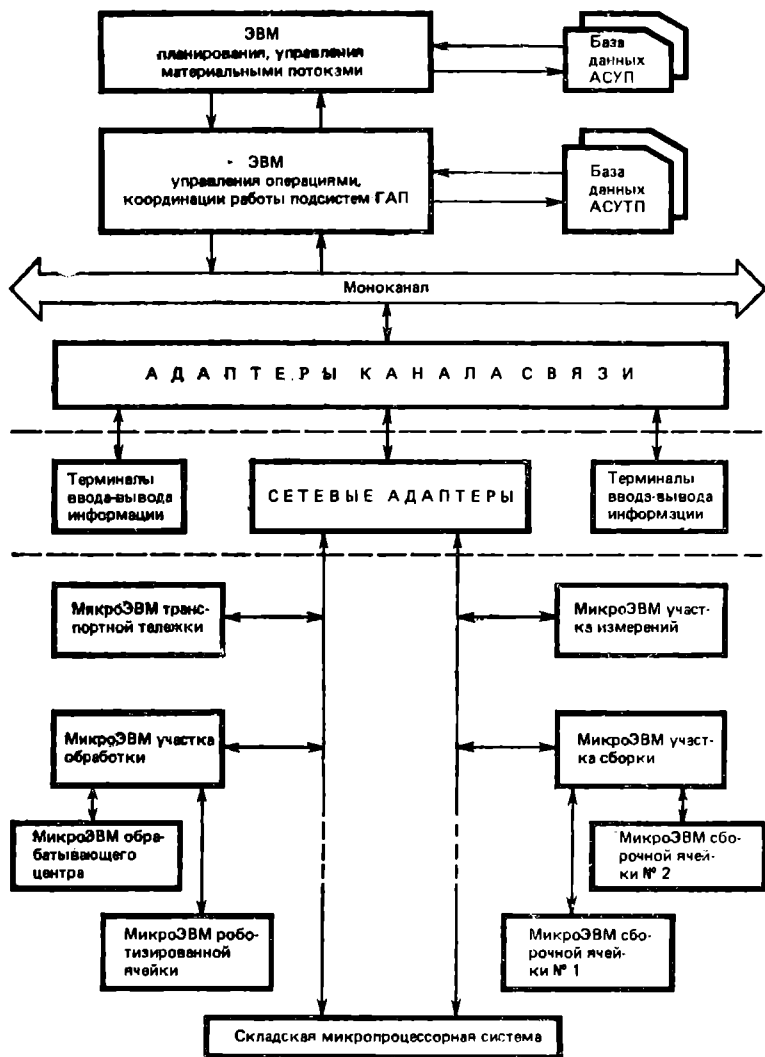


Рис. 1. Структурная схема системы управления гибкого автоматизированного производства

ром и др. Естественно, что структура такой СУ, в свою очередь, характеризуется иерархичностью и содержит несколько уровней (рис. 2) [2]. На нижнем уровне иерархической СУ ПР организуется управление динамикой работы всех исполнительных механизмов. На среднем рассчитываются алгоритмы движения, а верхний уровень координирует взаимодействие робота с другими роботами, оборудованием, а также осуществляет «общение» с оператором при выполнении роботом макрокоманд.

Развитие робототехники, естественно, идет по пути перехода от простых роботов первого поколения (с двумя—четырьмя степенями подвижности и простой СУ) к сложным многошарнирным роботам, работающим в сферических и угловых полярных системах координат. Задание и расчет координат точек позиционирования таких роботов превратилось в сложную задачу, требующую использования специального вычислителя. Возрастают требования и к скорости движения звеньев робота, и к точности позиционирования захвата, особенно на операциях сборки. В результате усложнения кинематической структуры роботов ожидается, что к 1990 г. каж-

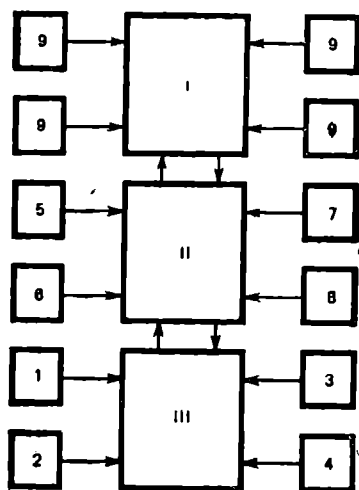


Рис. 2. Иерархическая структура системы управления промышленного робота.

I, II, III — командный, алгоритмический и динамический уровни управления: 1 — управление циклом; 2 — обучение; 3 — программное управление перемещениями звеньев робота; 4 — обработка информации от датчиков сервоприводов; 5 — формирование алгоритмов управления; 6 — расчет траекторий движения; 7 — расчет скоростей и ускорения; 8 — обработка информации, поступающей к роботу извне; 9 — математические модели описания внешней среды, процессов, робота, «сцены»

дый пятый ПР должен будет иметь две «руки» и более, а каждая рука будет обладать шестью-семью степенями подвижности. Все это усложняет задачи СУ.

Значительные изменения ожидаются и в информационной системе роботов, в том числе в совершенствовании систем технического зрения (СТЗ). Управление СТЗ уже сейчас осуществляется специальным процессором, удовлетворяющим высоким требованиям к быстрой реакции, обеспечивающим обработку зрительной информации за короткие интервалы реального времени. Судите сами, если на обработку видеoinформации будет затрачиваться хотя бы 1—2 мин, то на это время робот должен прекращать работу, ожидая команду на движение. Чтобы работа стала непрерывной, необходимо обработку зрительной информации производить за очень короткие интервалы времени. А это потребует параллельного выполнения нескольких алгоритмов в СУ.

Для управления «зрячими» ПР потребуются мощные средства вычислительной техники и соответствующее программное обеспечение (ПО). По оценкам многих специалистов, затраты на разработку, внедрение и сопровождение ПО роботов к 1990 г. достигнут 80% стоимости самих вычислительных средств, основу которых составят 16- и 32-разрядные микро-ЭВМ [2].

Аппаратные средства систем управления ГПС. СУ ГПС оснащаются новейшими средствами вычислительной техники, созданными на основе последних достижений микроэлектроники. Основной и простейший компонент таких средств — микропроцессор (МП).

В 1985—1986 гг. появились микро-ЭВМ со встроенными аналого-цифровыми преобразователями (АЦП). Это позволило решить сразу несколько проблем, и в том числе увеличить надежность и снизить стоимость комплекса ЭВМ-АЦП. Расширение функциональных возможностей наиболее отчетливо проявляется в увеличении емкости памяти. Например, емкость оперативной памяти (ОЗУ) увеличивается до 64—256 байт, а постоянной (ПЗУ) до 4 Кбайт.

Основной тенденцией настоящего времени является широкое применение 16-разрядных микро-ЭВМ и создание специализированных микропроцессорных средств. Один из примеров функциональной организации СУ ПР на базе 16-разрядной микро-ЭВМ приведен на рис. 3.

По такой схеме реализуются системы управления роботами, созданные ведущими фирмами TEXAS INSTRUMENT (США) на основе МП серии 9000, MOTOROLA (США) с МП 68000, INTEL (США) с МП 8086, SIEMENS (ФРГ) и др. В нашей стране разработан универсальный привод ПР на базе отечественных микропроцессорных наборов серии К584 и К589. При этом СУ ПР выполняются такие задачи, как обработка сигналов с датчиков обратной связи; расчет производных; цифровая фильтрация и сглаживание при реализации заданных алгоритмов управления отдельными степенями подвижности роботов, координации работы микропроцессорных средств; преобразование кодов в сигналы управления. Предусмотрены и выполняются обработка телевизионной информации, подавление оптимальных помех, управление фокусировкой, угловыми перемещениями телекамеры и др.

Системы управления ГПС. Рассмотрим функциональную организацию системы управления роботизированной технологической ячейкой (РТЯ) сборки. Такая ячейка содержит робот, магазины деталей и инструментов, а также другое вспомогательное оборудование. СУ

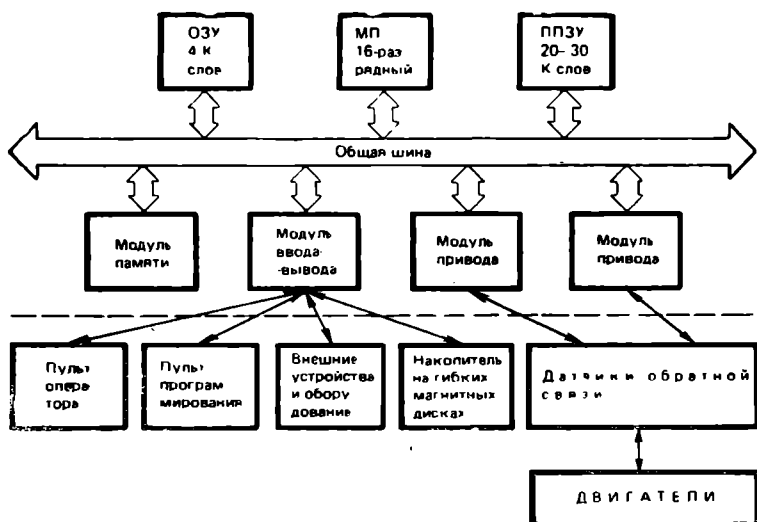


Рис. 3. Устройство управления ПР на базе 16-разрядной микро-ЭВМ

РТЯ подобно многим другим имеет четырехуровневую иерархическую структуру.

Попытаемся представить организацию одного рабочего места (позиции) ГПС, при которой робот выполняет технологическую операцию такого вида, как сварка, окраска, нанесение герметика или подобные им.

Рабочее место в этом случае практически не претерпевает структурных изменений при замене оператора роботом, у которого в качестве рабочего органа используется необходимый инструмент. Если организовать подачу изделий к роботу так, чтобы они следовали строго одно за другим в пошаговом или непрерывном ритме и приходили на рабочую позицию робота в запрограммированное время, то достаточно использовать робота с 4—6 степенями подвижности, а рабочую позицию оснастить датчиком положения детали в исходной позиции, конечным выключателем для подачи сигнала о выходе изделий из зоны обработки и устройством ближней локации, оповещающим о приближении детали. В этом случае СУ ПР обеспечивает заранее запрограммированное перемещение рабочего инструмента в пространстве. При этом общая проблема управления движением робота, подачей деталей к роботу и от него решается лишь частично, за счет использования других технических средств.

Все значительно усложнится, если потребуется автоматизировать операцию замены инструмента (например, замена цвета красителя или размера электрода) или организовать подачу деталей разных типов, но мало отличающихся по внешнему виду (например, резисторы, диоды, транзисторы и т. п.). Такие изменения, конечно, должны быть запрограммированы. Но при этом потребуются некоторые изменения в организации рабочего места и, безусловно, возрастет сложность СУ.

Микропроцессорные системы и локальные сети в управлении ГПС. Для управления сборочными ГПС типа линии или участка обычно используются МПС. Но главное не в достоинствах микропроцессорной техники, а в том, что их использование изменило основные принципы построения автоматических и автоматизированных СУ различными объектами.

Попытаемся раскрыть специфику этих принципов построения СУ. Первый — иерархическая структура МПС позволяет оптимально решать различные задачи

управления, распределяя их по уровням иерархии. Например нижний, — уровень, характеризующийся ростом «интеллектуальных» возможностей устройств ввода-вывода и устройств связи с объектом управления, обеспечивает задачи тестирования, управления в реальном времени и контроля датчиков. Обмен сенсорной информацией возможен на различной частоте, и поэтому структура нижнего уровня может содержать несколько специальных процессоров. Система технического зрения имеет свои МП для анализа сцен. Если «просмотр» простых сцен возможен с периодом 20 мс, то анализ более сложных требует 300—800 мс. Разное время от 8 до 32 мс необходимо для обмена информацией на верхних уровнях иерархии, где выполняются задачи преобразования координат, а диагностика и управление двигателями обычно выполняются за период 1—2 мс и т. п. Из перечисления ясно, что нецелесообразно задачи, требующие различного быстродействия, решать на базе общих управляющих средств.

Другой принцип — децентрализация. Этот принцип позволяет рационально распределить не только функции между компонентами МПС, но и задачи управления во времени. Например, центральный процессор может выполнить задачи общего управления всей ГПС и внешними связями. Специальный процессор обеспечит вычисление различных функций, требуемых для преобразования координат или определения траекторий движения робота. Процессоры отдельных приводов возьмут на себя управление движением каждой степени подвижности робота по соответствующему закону, а программируемый контроллер согласует и обеспечит заданный временной режим работы технологического оборудования, обслуживаемого данным роботом.

Третий принцип — высокая гибкость. СУ ГПС, реализованная на МПС, позволяет перестраивать структуру под конкретную технологическую операцию, кинематику роботов и специфику организации производства.

Четвертый принцип — функциональная и аппаратная модульность. Этот принцип построения обеспечивает стабильность структуры при расширении возможностей, универсальность (подключение различных датчиков), программирование на языках высокого уровня, надежность и безопасность.

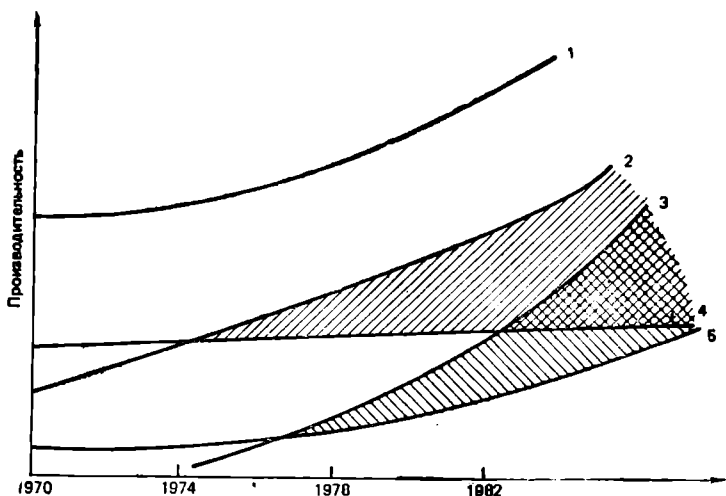


Рис. 4. Изменение производительности микро-ЭВМ по сравнению с другими ЭВМ: 1 — наиболее мощные из больших ЭВМ; 2 — наиболее мощные мини-ЭВМ; 3 — наиболее мощные микро-ЭВМ; 4 — наименее мощные из больших ЭВМ; 5 — наименее мощные мини-ЭВМ

В случае если объем задач управления значительно возрастает и требования к их выполнению ужесточаются так, что быстродействия МПС уже недостаточно для управления в реальном времени, используют системы еще более высокого уровня интеграции — локальные сети. Ожидается, например, что в 1988 г. в США будет создано 450 000 ЛС, объединяющих более 3,1 млн. компьютеров.

Итак, рассмотрены задачи, принципы организации и аппаратной реализации систем управления различными ГПС. Возникает резонный вопрос: какова дальнейшая перспектива развития и совершенствования аппаратных средств СУ ГПС?

Перспективы развития микропроцессорных средств для систем управления. Прежде чем рассмотреть перспективы дальнейшего совершенствования систем управления ГПС на базе микропроцессорной техники, отметим характер изменения производительности микро-ЭВМ по сравнению с мини-ЭВМ и большими ЭВМ (рис. 4). Из представленных графиков видно, что имеется область (и она постоянно возрастает), в которой

возможности различных устройств перекрываются. Поэтому даже вместо больших ЭВМ в ряде случаев можно использовать микро-ЭВМ. Основная причина применения микро-ЭВМ состоит не в замене мини- и больших ЭВМ, а в замене устройств на жесткой логике. В этом случае МП эквивалентен десяткам и сотням корпусов интегральных схем малой и средней степени интеграции. Уменьшение числа корпусов, а следовательно, и числа соединений между ними увеличивает надежность, а использование программного обеспечения расширяет возможности и увеличивает гибкость систем управления.

Применение микропроцессорной техники в ГПС, безусловно, упрощает функциональную и аппаратную их реализацию, но при этом возрастает время разработки программного обеспечения (ПО). Поэтому для эффективности этого процесса создаются проблемно-ориентированные языки, используется диалоговый режим работы человека с ЭВМ и совершенствуются средства автоматизации программирования. Реализация ПО также основывается на модульном принципе, что позволяет оперативно заменять и разрабатывать отдельные модули.

Уже сегодня в нашей стране и за рубежом действуют роботизированные цехи, полностью автоматизированные заводские склады, транспортные системы и небольшие заводы. Поэтому разработки в области микропроцессорной техники являются надежной гарантией создания автоматизированных заводов и гибких производств будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. — В 9-ти кн.: Кн. 1. Макаров И. М. Системные принципы создания гибких автоматизированных производств. Учеб. пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1986. — 175 с.
2. Промышленные роботы для миниатюрных изделий / Р. Ю. Бансявичюс, А. А. Иванов, Н. И. Камышный и др. / Под ред. В. Ф. Шаньгина. — М.: Машиностроение, 1985. — 264 с. — (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы).
3. Юревич Е. И. Промышленная робототехника в реализации регионально-отраслевой программы «Интенсификация-90» // Промышленные роботы и их применение: Материалы краткосрочн. семинара. 19—20 сент. / ЛДНТП. — Л., 1985. — С. 3—6.
4. Microprocessors//Electronic Engineering. — 1981. — Vol. 53. — № 656. — P. 60—79.

ТЕМА следующего выпуска

СУПЕР ЭВМ

Под редакцией члена-корреспондента АН СССР
Г. Г. РЯБОВА

ЭВМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

Библиотечка «Вычислительная техника и ее применение»

Выпуск 9

Гл. отраслевой редактор *Л. А. Ерлыкин*
Редактор *Б. М. Васильев*
Мл. редактор *Н. А. Васильева*
Художник *И. А. Емельянова*
Худож. редактор *П. Л. Храмцов*
Техн. редактор *О. А. Найденова*
Корректор *В. И. Гуляева*

Сдано в набор 10.08.87. Подписано к печати 25.11.87. Т21917. Формат бумаги 84×108^{1/32}. Бумага для глуб. печати. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр-отг. 3,78. Уч.-изд. л. 8,68. Тираж 25000 экз. Заказ 1725. Цена 20 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 874822.

170000, г. Калинин, Студенческий пер., 28. Областная типография.

20 коп.

БИБЛИОТЕЧКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ



ВЫПУСК 9

Авторы выпуска

ГУЛЯЕВ Юрий Васильевич — академик АН СССР, лауреат Государственных премий и премии Европейского физического общества. Заместитель директора Института радиотехники и электроники АН СССР.

КАРПОВ Иван Иванович — кандидат физико-математических наук. Работает в Госплане СССР.

АНИСИМОВ Владимир Иванович — доктор технических наук, профессор Ленинградского электротехнического института.

ДМИТРЕВИЧ Геннадий Данилович — кандидат технических наук, доцент Ленинградского электротехнического института.

СКОБЕЛЬЦЫН Кирилл Борисович — кандидат технических наук, доцент Ленинградского электротехнического института.

СТРЕЛЬНИКОВ Юрий Нико-

лаевич — кандидат технических наук, доцент Ленинградского электротехнического института.

ВИТТИХ Владимир Андреевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Куйбышевского авиационного института.

ОРИЩЕНКО Владимир Ильич — кандидат технических наук, доцент Куйбышевского авиационного института.

КАЗАК Алексей Степанович — кандидат технических наук, заместитель директора ВНИИ ОАСУ.

ШАНЬГИН Владимир Федорович — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР.

НИКОЛЬСКАЯ Татьяна Глебовна — кандидат технических наук, преподает в Московском институте электронной техники.

ЭВМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ