

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

13-81-757

НГУЕН
Хак Тхи

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
АВТОНОМНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
НА БАЗЕ МИКРО-ЭВМ
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ПОИСКУ
СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДЕ
И РЕНТГЕНО-ФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика
(технические науки)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Хак Тхи

Дубна 1981

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций Объединенного
института ядерных исследований

Научный руководитель -

кандидат технических наук
старший научный сотрудник

Б.В.ФЕФИЛОВ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук
профессор

Р.Г.ОФЕНГЕНДЕН

кандидат технических наук
старший научный сотрудник

Г.П.ДУКОВ

Ведущая организация:

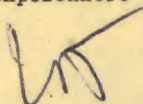
Ленинградский институт ядерной физики
имени Б.П.Константинова АН СССР

Защита состоится "8" января 1982 года в "17" часов на
заседании Специализированного совета д.047.01.05 при Лаборатории ней-
тронной физики и Лаборатории ядерных реакций Объединенного института
ядерных исследований, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "8" декабря 1981 года.

Ученый секретарь Специализированного
совета



Ю.В.ТАРАН

нена в Лаборатории ядерных реакций Объединенного
исследований

ель -

ических наук
ный сотрудник

Б.В.ФЕФИЛОВ

енты:

ических наук

Р.Г.ОФЕНГЕНДЕН

ических наук

ный сотрудник

Г.П.ЖУКОВ

ия:

й институт ядерной физики

нстантинова АН СССР

ится " 8 " января 1982 года в " 17 " часов на
изированного совета Д.047.01.05 при Лаборатории ней-
Лаборатории ядерных реакций Объединенного института
ний, г.Дубна, Московской области.

ей можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

разослан " 8 " декабря 1981 года.

кретарь Специализированного
совета

Ю.В.ТАРАН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Бурные темпы развития микроэлектроники за последние 5-10 лет привели к широкому использованию микропроцессоров и микро-ЭВМ в автоматизированных системах управления технологическими процессами, в измерительной технике и в ряде других областей промышленности, существенно увеличив надежность и эффективность оборудования. Внедрение микро-ЭВМ в практику физического эксперимента позволяет не только повысить надежность и эффективность аппаратуры, но и значительно снизить общую стоимость комплекса автоматизированных измерительных и управляющих систем, являющихся составной частью сложных экспериментальных установок, и облегчить работу пользователя за счет более простого проблемно-ориентированного программного обеспечения.

Цель настоящей работы состояла в исследовании и разработке сравнительно простых автономных автоматизированных измерительных систем на базе микро-ЭВМ и микропроцессорной техники, способных обеспечить работу специализированных экспериментальных установок Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ в режимах программируемого одномерного или многомерного (многопараметрического) анализа, применении их для автоматизации измерений при изучении свойств долгоживущих продуктов реакций, полученных на пучках тяжелых ионов, в рентгено-флуоресцентном анализе и в установках по поиску сверхтяжелых элементов в природе. Работа велась в Лаборатории ядерных реакций с 1975 года.

Научная новизна и основные положения, защищаемые в диссертации

1. Впервые в СССР и других странах-участницах ОИЯИ разработаны и внедрены в практику физического эксперимента:

а) многомерный анализатор на базе микропроцессорной техники и аппаратуры КАМАК;

б) автономные измерительные модули для рентгено-флуоресцентного анализа на базе микро-ЭВМ МЕРА-60 и аппаратуры КАМАК.

2. Разработаны простые адаптеры для сопряжения стандартных промышленных контроллеров КАМАК с ЭВМ (PDP 11) с микро-ЭВМ Электроника-60.

3. Разработан специализированный многомерный дисплей для представления экспериментальных данных с драйвером в стандарте КАМАК.

4. Разработано простое и удобное для пользователя программное обеспечение для созданных автономных автоматизированных систем с интерактивным языком общения между экспериментатором и микро-ЭВМ.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Практическая значимость диссертации заключается в том, что с помощью разработанных автором дополнительных блоков и проблемно-ориентированного программного обеспечения при использовании промышленных блоков КАМАК и минимального периферийного оборудования и комплектации внедрены в физические исследования Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ автономные автоматизированные измерительные системы на базе микро-ЭВМ, способные решать широкий круг задач.

ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация содержит 138 страниц машинописного текста, в том числе 42 рисунка, 8 таблиц, и состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографии, содержащей 124 наименования и приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована ее цель.

Первая глава начинается с рассмотрения характеристики физических экспериментов, проводимых в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, совокупность которых можно разделить на две категории. Одна категория экспериментов связана с исследованиями на пучках ускоренных тяжелых ионов. Для таких экспериментов создаются сложные, порой уникальные, физические установки: двухплечевой электромагнитный спектрометр, установка для сепарации продуктов ядерных реакций, высокочувствительный масс-спектрометр и целый ряд других. Программа этих экспериментов связана с проведением достаточно сложных многомерных или многопараметрических измерений с использованием телескопов на полупроводниковых детекторах и многозонитных счетчиках, время-пролетной методики, масс-сепараторов. Для автоматизации сбора, накопления и обработки данных, полученных в таких экспериментах, используются многомашинные комплексы.

Вторая категория экспериментов связана с изучением свойств долгоживущих активностей, выделением радиоактивных изотопов из мишеней, поиском сверхтяжелых элементов в природе, активационным анализом и др. В таких экспериментах в основном используется режим одномерного амплитудного анализа и, реже, двумерный амплитудный анализ (гамма-гамма, осколок-осколок совпадения). Требуемое число каналов от 256 до 4096, загрузки обычно не превышают

$1-5 \cdot 10^3$ событий в секунду. До последнего времени такие измерения проводились на промышленных многоканальных анализаторах, работающих по жесткой (встроенной) программе, а обработка спектров осуществлялась через перфоленку или по специальному каналу связи на базовой ЭВМ Лаборатории.

Основными недостатками измерительных систем на базе промышленных анализаторов являются невозможность даже простейшей обработки накопленных данных и сравнительное малое число каналов регистрации при многомерных измерениях, что приводит к значительным потерям информации. С другой стороны, применение специальных анализаторов неинтегрирующего типа с последующей сортировкой на ЭВМ для таких измерений является неэффективным.

Далее, проанализирована структура микропроцессорных измерительных систем. Краткий обзор примеров применений таких систем в ядерных исследованиях показал, что они способны решить широкий круг задач ядерной физики, в частности, задач одномерного и многомерного анализа. На основе проделанного анализа различных вариантов сопряжения микро-ЭВМ с аппаратурой КАМАК сформулированы рекомендации по такому сопряжению при создании автономных автоматизированных систем сбора, обработки и представления спектрометрических данных. В частности, если не требуется высокое быстродействие, то следует выбрать конфигурацию с программной организацией передачи данных между аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и оперативной памятью (ОЗУ) ЭВМ, так как это обеспечивает минимальную стоимость системы.

Вторая глава посвящена разработанной при непосредственном участии автора автономной автоматизированной системе для многомерных измерений на базе микро-ЭВМ КАМАК^{1/}. К системе предъявлялись требования: обеспечить проведение многомерных, многопараметрических экспериментов с возможностью выполнения простейших операций обработки и вывода результатов на различные устройства вывода данных, в частности на экран дисплея с тем, чтобы экспериментатор мог контролировать ход эксперимента и при необходимости вмешаться в работу системы. Одна из важных подзадач при разработке автономной системы состояла в обеспечении средств визуального представления экспериментальных данных. Для этого был разработан специализированный многомерный дисплей с драйвером в стандарте КАМАК^{2/}. Поскольку выбранный процессор имеет ограниченное быст-

родействие, было решено встроить в драйвер автономную память, выполненную на элементах динамического типа, циклы регенерации которой совмещены с циклами вывода данных на экран дисплея. Благодаря этому созданный многомерный дисплей позволяет существенно разгрузить микро-ЭВМ от задач непрерывного вывода спектрометрических данных на дисплей. С его помощью представляются двумерные спектры в различных режимах: в виде точечного раstra на экране дисплея, ортогональной и изометрической проекции с возможностью модуляции яркости точек по содержанию каналов спектра. В главе приводится подробное описание работы драйвера.

Автономная автоматизированная система многомерных измерений построена на базе микро-ЭВМ МАКАМАК, в состав последней входят контроллер с процессором ИНТЕЛ 8080 типа I52I и три модуля расширенной памяти типа I522 фирмы БОРЕР, Швейцария. Емкость ОЗУ системы составляет 48 К байт. Кроме микро-ЭВМ МАКАМАК и драйвера дисплея в состав автономной системы входят: аналого-цифровые преобразователи АЦПИ-4096, блок организации совпадений БОС, интерфейс фотосчитывателя КИ-013^X, драйвер перфоратора и некоторые другие блоки. На рис. I приведена блок-схема варианта автономной автоматизированной многопараметрической системы для поиска сверхтяжелых элементов в природе. Суть измерений сводится к обнаружению спонтанного деления сверхтяжелого природного элемента с регистрацией энергий осколков деления. Факт спонтанного деления регистрируется большой двойной ионизационной камерой; импульсы с которой формируются предусилителями ПУ и усиливаются спектрометрическими усилителями У и затем поступают на кодировщики АЦПИ-4096. Двухмерный интегральный анализ осколков деления организуется блоком БОС. В случае совпадения сигналов E1 и E2 БОС выдает команду на регистрацию. Контроллер I52I считывает информацию с АЦПИ-4096 в блоки памяти I522. Кроме энергий E1 и E2 для определения углов вылета осколков анализируются и сигналы G1 и G2. Информация после обработки выводится на двумерный дисплей RG-96 и перфоратор через соответствующие драйверы.

Разработанное программное обеспечение^{/3/} позволяет провести на созданной системе широкий круг задач одномерных и многомерных экспериментов. Можно выделить два основных режима накопления и обработки данных:

- режим интегрального анализа (одномерного и двумерного).

При каждом событии программа преобразует код (коды) АЦП в адрес

^XАнтяхов В.А. и др. ОИЯИ, IO-80-650, Дубна, 1980.

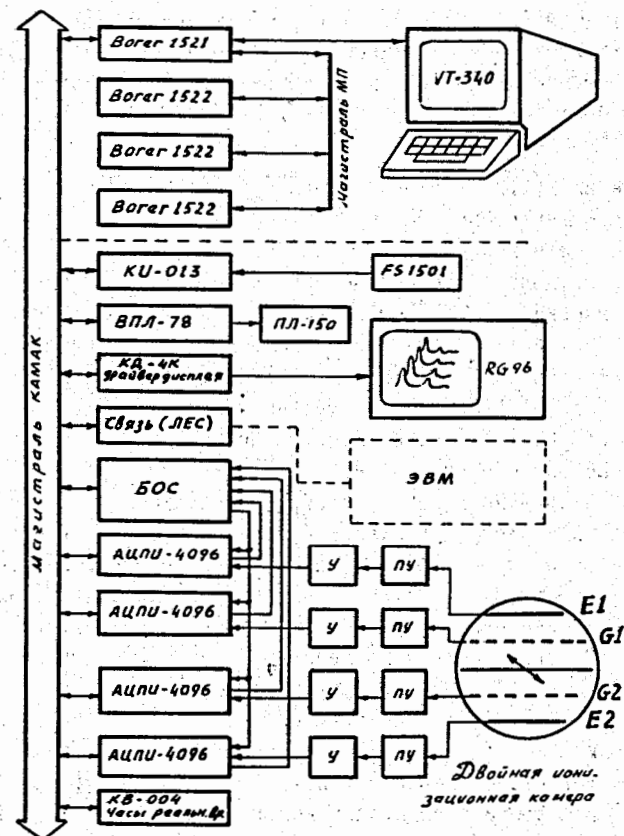


Рис. I. Блок-схема автономной автоматизированной системы для поиска сверхтяжелых элементов в природе на базе аппаратуры МАКАМАК

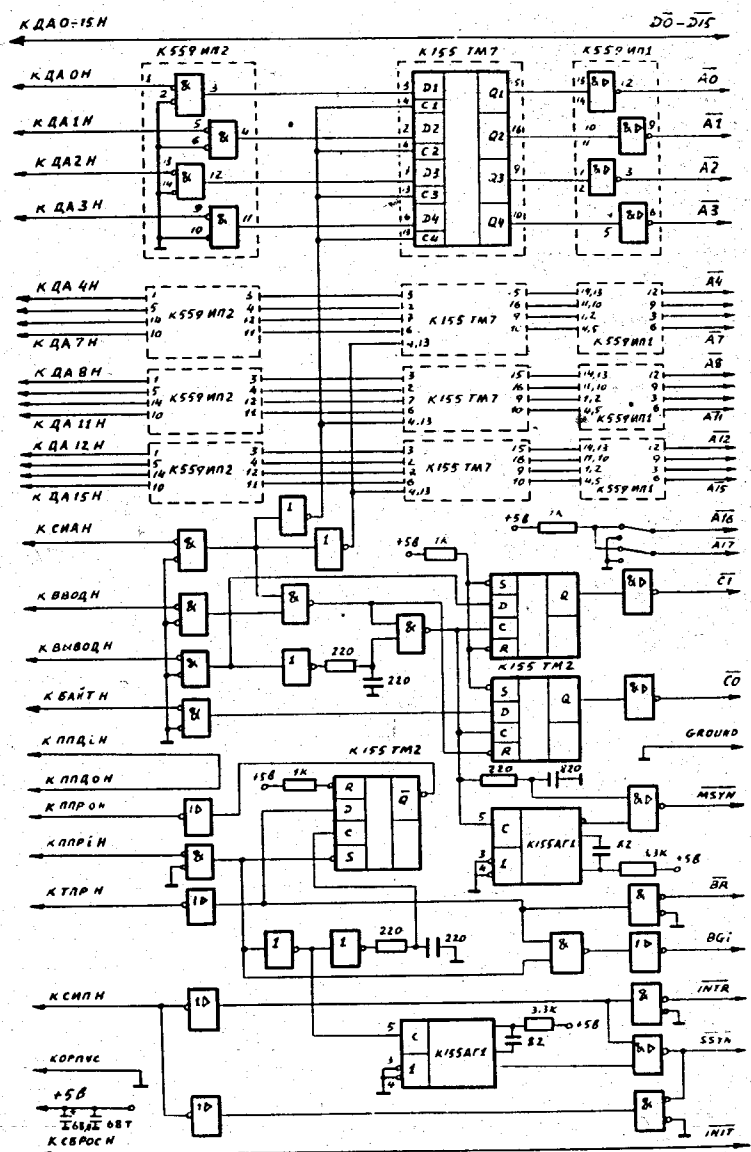


Рис. 2. Принципиальная схема адаптера шин КИ-01-Н /5/ микро-ЭВМ "Электроника-60"

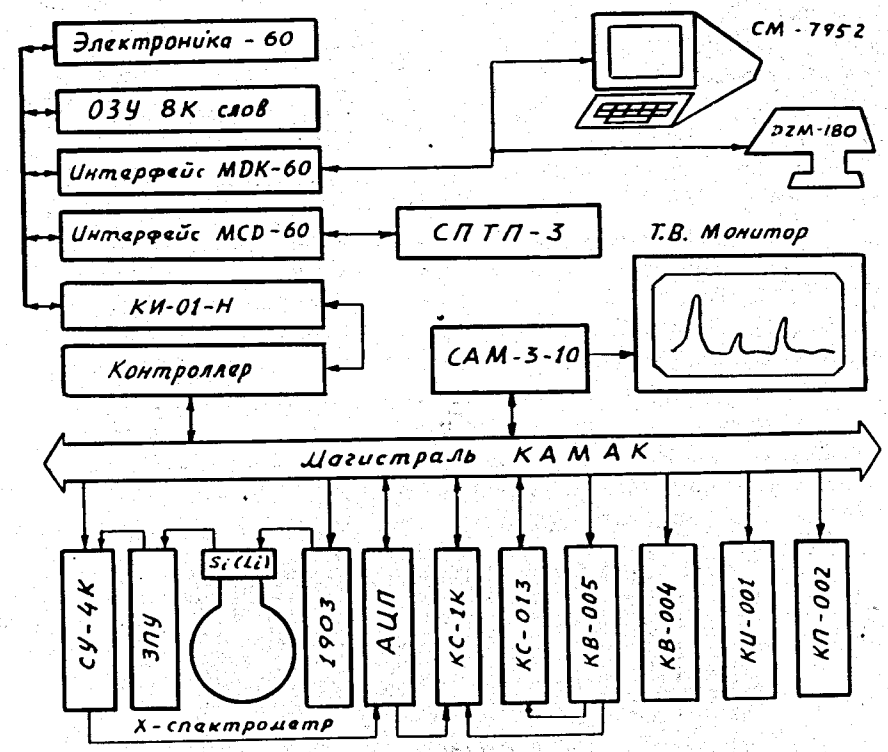


Рис. 3

Блок-схема автономной автоматизированной системы сбора и обработки спектрометрических данных на базе микро-ЭВМ МВРА-60.
 1. Контроллер: а) I533A BOBER для нейтронно-активационного анализа (НАА), б) DC 011 ORTEC для рентгено-флуоресцентного анализа (РФА).
 2. КИ-01-Н - адаптер шин. 3. ЗПУ - зарядово-чувствительный преусилитель. 4. СУ-4к - спектрометрический усилитель. 5. I903 - источник высоковольтного питания. 6. АЦП: а) АЦПИ-4096 - для НАА, б) САМ.4-04-1 - для РФА. 7. KC-1K - счетчик живого времени. 8. KC-013 - установочный счетчик. 9. KB-005 - генератор. 10. KB-004 - часы реального времени. 11. КУ-001 - индикатор магистрали. 12. KP-002 - контроль напряжений. 13. САМ.3-10 - драйвер ТВ монитора. СПТП-3 - станция ввода-вывода на перфоленту. 15. СМ-7952 - алфавитно-цифровой дисплей. 16. DZM 180 - матричная печать.

такие системы, имеющие незначительные различия аппаратного состава и программного обеспечения (в связи с использованием разных контроллеров: I533A фирмы БОРЕР и *Doc 011* фирмы ОРТЕК и разных АЦП: АЦПИ-4096 ЛЯР и САМ. 4-04-1 ЦИФИ, ВНР). Одна из них предназначена для активационного анализа на микротроне, другая - для рентгено-флуоресцентного анализа.

Созданные автономные системы имеют ограниченные аппаратные возможности (например, объем ОЗУ составляет только 8К слов, отсутствует канал прямого доступа к памяти ЭВМ), в связи с этим от автора потребовалось разработать проблемно-ориентированное программное обеспечение, учитывающее эти особенности и создающее дополнительные возможности и удобства их эксплуатации^{16/}. В частности, реализован режим программируемого одномерного анализа, созданы программные средства выделения интересующих нас зон спектров в виде вертикальных меток на экране дисплея (см. рис. 4), обеспечены простейшие виды обработки данных, такие, как энергетическая калибровка спектров, вычисление площадей пиков, различные виды вывода результатов обработки в удобной для пользователя форме. Реализованный режим автоматической обработки,

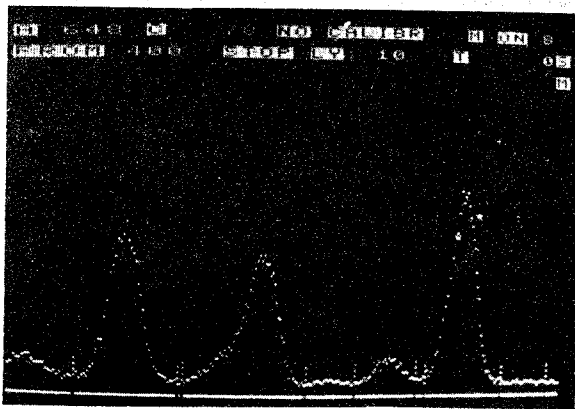


Рис. 4. Изображение спектра, снятое с экрана дисплея. Спектр не калиброван (*NO CALIBR.*), набор данных остановлен (*STOP*) индицируется сектор спектра (256 каналов) начиная с адреса 400 (*FROM 400*), масштаб по вертикали 10 (*LY: 10*), т.е. каждой градации соответствует 4 события (максимум 256 градаций), введено 8 неподвижных маркеров (*MON 8*), время измерения исчерпано (*TOS*), подвижный маркер (см. символ "M") установлен в положение канала 648 (A 648) с содержимым 78 (C 78).

позволяющий задавать наперед последовательность приказов (включая определение времени измерения, автоматический запуск и останов накопления, различные виды обработки данных), облегчает труд экспериментатора. Управление накоплением и обработкой данных осуществляется при помощи простого языка интерактивных интерпретирующих терминальных приказов, которые приведены в таблице 2.

В четвертой главе обсуждаются технические аспекты создания программного обеспечения для рассматриваемых автономных автоматизированных измерительных систем. Обоснован выбор языка АССЕМБЛЕР для разработки программ исходя из требований обеспечения максимального быстродействия при ограниченных аппаратных возможностях, упомянутых выше. Только при помощи языка АССЕМБЛЕР можно реализовать обслуживающие АЦП программы с максимальной скоростью обработки событий. Одновременно, благодаря применению этого языка, достигается экономное и эффективное использование ОЗУ ЭВМ для хранения программ и данных, имеющее немаловажное значение для систем с ограниченным объемом памяти.

Для автономной автоматизированной системы многомерных измерений на базе микро-ЭВМ МАКАМАК необходимо было создать большое число (19) обслуживающих АЦП программ при различных видах анализа. Кроме того, для удобства видоизменения системы при задании таких видов анализа необходимо было обеспечить свободный выбор любого (или любых) среди 6 возможных АЦП в качестве рабочего (рабочих). Построение отдельной обслуживающей программы (ОП) для каждого вида анализа обеспечивает максимальную скорость обслуживания, но требует сравнительно большого объема памяти для их хранения. Некоторое сокращение такого объема памяти достигается при вводе программных флажков, указывающих различные заданные виды анализа, но при этом анализ этих флажков в ОП и связанные с ним программные переходы (скачки, ветвления) приводят к уменьшению скорости обслуживания АЦП. Для разрешения такой проблемы автором был предложен метод динамического построения ОП. Сущность этого метода заключается в том, что ОП создается в ходе диалога. Она строится из оптимальных кусков, реализующих при запуске определенные шаги требуемого обслуживания и после уточнения всех деталей данного режима анализа ее окончательный вариант записывается в определенную фиксированную область ОЗУ. Благодаря этому скорость обслуживания остается максимальной, в то же время удается значительно сэкономить память.

Приказы без аргументов		Приказы с аргументами	
Мнемоника	Действия	Мнемоника	Действия
SA	Start Analysis	LY	Scale of Y
HA	Halt Analysis	DS	Display Sector
CT	Clear Total	DFA	Display From Address
OM	Output Markers	IMI	Input Marker i at
OS	Output Sum	CMi	Clear Marker i
OG	Output Graphic	C5	Clear Sector
OZ	Output of Zone	MT	Measurement Time
SM	SMoothing	LL	Line Length of
OP	Output to Paper	LB	Length of Back-ground zone
IP	Input from Paper tape	AP	Automatic Processing
C	Clear		
STR/C	Exit to Interpreter		
RSA	Restart Automatic processing		

Диалоговые приказы	
Мнемоника	Действия
MM	Moving Marker
MH	Moving Histogram
EC	Energy Calibration
TA	Time Astronomic

Одной из важных задач при разработке программного обеспечения автономных автоматизированных систем является обеспечение доступа экспериментатора к системе с тем, чтобы он мог управлять сбором данных, определять состав используемой аппаратуры, выполнить определенный набор операций по обработке данных. В современных автоматизированных системах на базе ЭВМ такой доступ осуществляется через клавиатуру терминала, и язык общения часто реализуется в виде терминальных приказов (ТП).

Некоторые проблемы возникают здесь в связи с выбором способа выражения таких приказов, а также введением в них диалогового содержания. Выражение ТП с помощью предложений или словосочетаний естественного языка позволяет легко освоить язык общения, но это требует большого объема памяти для запоминания ТП и также большого времени набора их символов. С другой стороны, использование односимвольных ТП, хотя и позволяет сэкономить память и время набора символов, утрачивает при этом ясность смысла этих приказов. Применение специальной клавиатуры (ввод специальных клавиш кроме обычно используемых) обеспечивает экономию памяти и времени, но требует, однако, сложной электронной разработки. В связи с вышеизложенным в пакетах программ НЕПТУН и АКТАН-60^{3,6} ТП выражаются с помощью комбинаций из двух-трех латинских символов (выбор последних вызван чисто техническими соображениями), представляющих начальные буквы соответствующих смысловых сочетаний. При этом не требуется большого объема памяти для запоминания ТП, а ясность их смысла сохраняется. Совокупность реализованных в указанных пакетах программ ТП можно разделить на три группы. К первой из них относятся ТП без аргументов, в которых буквенные комбинации (например, SA от START ANALYSIS) полностью определяют требуемые действия. Аргументы в ТП второй группы представляют собой дополнительную информацию при проведении соответствующих операций. Введение диалога в третью группу приказов имеет целью облегчение пользователю при задании режимов анализа, определении составе аппаратуры и т.п. Таким образом, создан достаточно простой язык общения экспериментатора с микро-ЭВМ, в таблицах 1 и 2 приведен полный набор реализованных ТП.

В Приложении приведены некоторые примеры программы, на основе их анализа сформулированы рекомендации по повышению эффективности использования памяти для запоминания программ и данных.

Заключение

Основные результаты работ, выполненных автором или при его непосредственном участии и вошедших в диссертацию, состоят в следующем:

1. Сформулированы основные требования к автономным автоматизированным измерительным системам на базе микро-ЭВМ и аппаратуры КАМАК для проведения спектрометрических измерений в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

2. Проведен анализ структур микропроцессорных измерительных систем и методов сопряжения микро-ЭВМ с аппаратурой КАМАК.

3. На основе разработанного драйвера со встроенной памятью в стандарте КАМАК создан дисплей для визуального представления многомерных спектров, позволяющий существенно разгрузить микро-ЭВМ от задач вывода спектрометрических данных на экран ЭЛТ.

4. На основе микропроцессорной техники (системы МАКАМАК) и аппаратуры КАМАК впервые в СССР и странах-участницах ОИЯИ разработан и внедрен в практику физического эксперимента многомерный анализатор, позволяющий автоматизировать процесс сбора, обработки и визуального представления многопараметрических данных. С помощью этой системы выполнен цикл исследований по поиску сверхтяжелых элементов в природе.

5. Разработан адаптер для связи микро-ЭВМ МЕРА-60 (Электроника-60) с крейтом КАМАК, позволяющий использовать промышленные контроллеры ЭВМ PDP-II и CM-4.

6. На основе разработанного адаптера, аппаратуры КАМАК и микро-ЭВМ МЕРА-60 впервые созданы и внедрены автономные автоматизированные системы сбора, накопления, обработки и визуального представления спектрометрических данных для нейтронно-активационного и рентгено-флуоресцентного анализа.

7. Предложен метод динамического построения обслуживающих программ, позволяющий существенно сократить объем памяти. Реализованы программы обслуживания амплитудно-цифровых преобразователей с учетом требований максимального быстродействия и минимальной оперативной памяти.

8. Разработано простое и удобное для пользователей программное обеспечение для созданных автономных автоматизированных систем с интерактивным языком общения между экспериментатором и микро-ЭВМ.

Основные материалы, составившие диссертацию, изложены в работах /1-6/ и доложены на X Международном симпозиуме по ядерной электронике в Дрездене (1980) и на семинарах Отдела новых электронных разработок ЛЯР ОИЯИ.

Л и т е р а т у р а

1. Нгуен Хак Тхи, Нефедьев О.К., Фефилов Б.В. Многомерный анализатор на базе системы МАКАМАК. ОИЯИ, 13-12782, Дубна, 1979. X International Symposium on Nuclear Electronics Proceedings. ZfK-433. Volume 1, p. 180-183, Dresden, 1981.
2. Нгуен Хак Тхи, Нефедьев О.К., Фефилов Б.В. Драйвер многомерного дисплея в стандарте КАМАК. ОИЯИ, 13-12883, Дубна, 1979.
3. Нгуен Хак Тхи, Нефедьев О.К., Фефилов Б.В. Программное обеспечение многомерного анализатора на базе системы МАКАМАК. ОИЯИ 10-80-327, Дубна, 1980.
4. Фефилов Б.В., Нгуен Хак Тхи. Многоканальный амплитудный анализатор на базе микро-ЭВМ МЕРА-60. ОИЯИ, 13-81-11, Дубна, 1981.
5. Нгуен Хак Тхи. Адаптер микро-ЭВМ "Электроника-60" для подключения аппаратуры КАМАК. ОИЯИ, 13-80-307, Дубна, 1980.
6. Нгуен Хак Тхи. "АКТАН-60" - программный пакет для автономного анализаторного модуля на базе системы МЕРА-60. ОИЯИ, 10-80-680, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 ноября 1981 года.