

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

А 93

P13-88-160

Э.Аугустыняк, В.В.Кузнецов, В.И.Фоминых,
М.И.Фоминых

**АППАРАТУРНОЕ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОН-ЛАЙН ЭКСПЕРИМЕНТОВ
ДЛЯ ЯДЕРНО-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
НА УСТАНОВКЕ ЭЛГА**

Направлено в Оргкомитет 38 совещания
"Ядерная спектроскопия и структура атомного
ядра", Баку, апрель 1988 г.

1988

ВВЕДЕНИЕ

В работе дается описание созданной нами аппаратуры и программного обеспечения для проведения экспериментов на установке ЭЛГА^{1-3/}. Установка предназначена для исследований свойств короткоживущих нуклидов, удаленных от полосы бета-стабильности в линию с масс-сепаратором по программе ЯСНАПП^{4/}. С целью получения физической информации о разности масс нуклидов Q_α и Q_β , схемах распада, мультипольностях переходов, временах жизни возбужденных состояний и периодах полураспада нуклидов предлагаются различные режимы измерений спектров альфа- и бета-излучений, K_x -, гамма-излучений, спектров ЭВК, гамма-гамма-совпадений при помощи спектрометров с полупроводниковыми детекторами и спектрометра типа "мини-апельсин" с использованием лентопротяжного устройства.

1. СОСТАВ И ОПИСАНИЕ АППАРАТУРЫ

На рис.1 приведена функциональная схема установки, включающая следующие устройства:

- персональную ЭВМ "Правец-16"^{5/} /ПЭВМ/;
- интеллектуальный контроллер КАМАК^{6/} на базе микропроцессора INTEL-8080, включающий блоки КМ-001, КК-006, КЛ-007^{6/} /ИК/;
- интерфейсы и блоки в стандарте КАМАК^{7-9/};
- блок контроля экспериментом /БК-ЭЛГА/^{3/};
- измерительная камера с набором детекторов, соединенная с ионопроводом масс-сепаратора^{4/};
- лентопротяжный механизм для перемещения ленты с радиоактивностью;
- устройство отклонения ионного пучка;
- спектрометрические тракты с предусилителями, линейными усилителями и амплитудно-цифровыми преобразователями /АЦП/^{8/};
- накопитель на магнитной ленте /НМЛ/;
- принтер, плоттер, цветной дисплей.

Задание начальных условий эксперимента, диагностика, управление и контроль, коррекции в ходе измерений осуществляются через клавиатуру и дисплейный монитор ПЭВМ. Последовательный

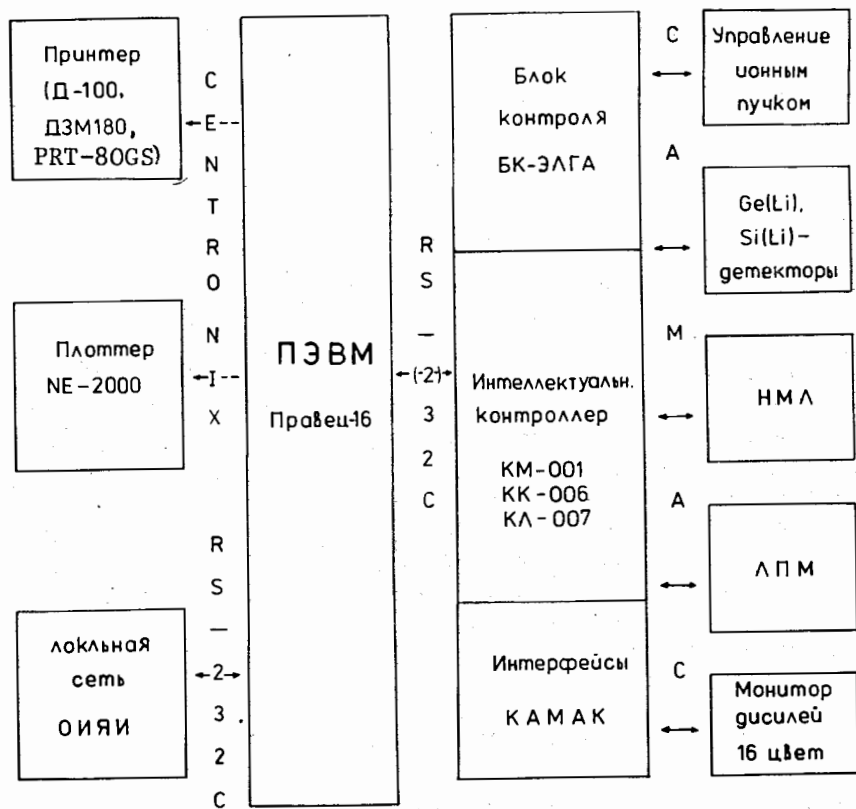


Рис.1. Функциональная схема установки ЭЛГА.

канал RS-232C обеспечивает двунаправленный обмен числовыми и текстовыми данными между ПЭВМ и ИК; последний, в свою очередь, координирует совместную работу БК-ЭЛГА, АЦП и интерфейсов КАМАК.

2. РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЙ НА УСТАНОВКЕ ЭЛГА

2.1. Режим измерения одиночных спектров излучений с анализом на период полураспада

Для аппаратной реализации режима /рис.2б/ используются блоки КАМАК: КА-007, КЛ-021, КЛ-006 /2 шт./, КИ-029, КМ-001, КК-006, КЛ-007 /2 шт./, КИ-038, КЛ-018, КЛ-025 и БК-ЭЛГА.

Программа эксперимента, составленная на ассемблере процессора INTEL-8080, хранится на НГД ПЭВМ и вводится в ОЗУ ИК пе-

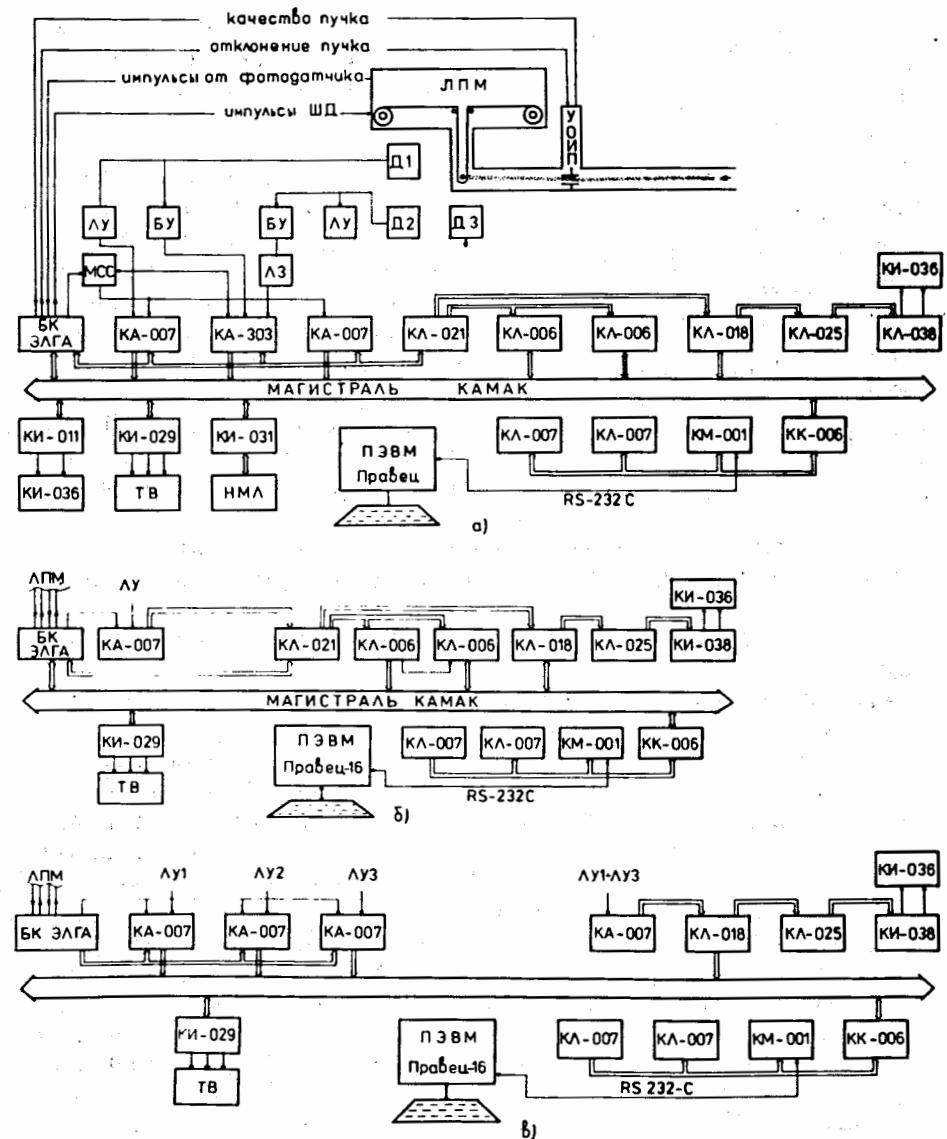


Рис.2. Блок-схемы режимов измерений: а/ спектров А-А-Т совпадений с анализом на период полураспада; б/ спектра излучений с анализом на период полураспада; в/ трех спектров излучений с анализом на период полураспада.

ред началом измерений с помощью программы КМ-РС /см.3.1/. На рис.3 показано распределение ОЗУ ИК.

| | | |
|-------|-------------------------------------|--|
| 4000H | Программа эксперимента | |
| 5000H | | |
| 6000H | | |
| 7000H | | |
| 8000H | | |
| 9000H | 1/4 T _m × N _c | 4 × 4096 8 × 2048 16 × 1024 Спектры с анализом на период полураспада |
| A000H | 2/4 T _m × N _c | |
| B000H | 3/4 T _m × N _c | |
| C000H | 4/4 T _m × N _c | |
| D000H | | |
| E000H | | |
| F000H | | |
| FFFFH | | |

Рис.3. Распределение ОЗУ КМ-001 в режиме измерения одиночных спектров излучений.

Управление экспериментом осуществляется с помощью ПЭВМ. Начальные условия эксперимента, которые необходимо задавать: N_c - количество циклов, каждый из которых включает одно накопление активности, выдержку и измерение; N_s - количество спектров, которые необходимо сформировать для определения периодов полураспада;

T_a - время накопления активности на ленте-носителе;
T_s - время выдержки для распада сверхкороткоживущих изотопов;
T_m - время измерения спектров излучений исследуемых изотопов;
L_t - длина ленты-носителя, на которую перемещается измеренная активность.

Блок контроля, управляя ионным пучком масс-сепаратора, обеспечивает накопление активности на подложке ленты-носителя и после выдержки включает АЦП на время T_m. Запись кодов АЦП ведется в буферные накопители КЛ-006. При этом каждое событие представляется двумя байтами: 12 бит - код АЦП и 4 бита - текущее время измерения в пределах цикла. Этим обеспечивается возможность разбиения интервала T_m на 16 равных промежутков.

После заполнения одного буфера /1024 байта/ производится переключение накопления информации в другой буфер, а содержимое предыдущего переносится в ОЗУ ИК с выполнением операций инкрементирования и формирования или 4 спектров по 4096 каналов, или 8 по 2048, или 16 спектров по 1024 канала в соответствии с начальными условиями. В двух последних случаях содержание каждого канала определяется суммой 2 или 4 соседних каналов АЦП.

В ходе эксперимента сформированные спектры из ОЗУ ИК в периоды времени /L_t+T_a+T_s/переносятся в память интерфейса КИ-029, который выводит их на экран цветного дисплея.

По окончании эксперимента накопленные спектры передаются в ПЭВМ, записываются на НГД и могут обрабатываться с помощью программы SPRINT /см.3.2/.

2.2. Режим параллельного измерения трех спектров излучений с анализом на период полураспада

Для аппаратурной реализации /рис.2в/ используются блоки КАМАК: КА-007 /3 шт./, КИ-029, КМ-001, КК-006, КЛ-007 /2 шт./, КЛ-018, КИ-038, КЛ-025 и БК-ЭЛГА.

| | | |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 4000H | Программа эксперимента | |
| 5000H | | |
| 6000H | | |
| 7000H | 1/4 T _m × N _c | 4×1024 каналов спектры 1-го АЦП |
| 8000H | 2/4 T _m × N _c | |
| 9000H | 3/4 T _m × N _c | |
| A000H | 4/4 T _m × N _c | |
| B000H | 1/4 T _m × N _c | 4×2048 каналов Спектры 2-го АЦП |
| C000H | 2/4 T _m × N _c | |
| D000H | 3/4 T _m × N _c | |
| E000H | 4/4 T _m × N _c | |
| F000H | 1/4 T _m × N _c | 4×2048 каналов Спектры 3-го АЦП |
| FFFFH | 2/4 T _m × N _c | |
| | 3/4 T _m × N _c | |
| | 4/4 T _m × N _c | |

Отличие от предыдущего режима состоит в том, что длина спектров ограничена 1024 и 2048 каналами, а количество интервалов для анализа на период полураспада установлено равным 4. Распределение ОЗУ ИК для этого режима показано на рис.4.

Рис.4. Распределение ОЗУ КМ-001 в режиме измерений трех спектров излучений.

2.3. Режим измерений спектров совпадений типа А-А-Т с анализом на период полураспада

Для реализации режима /рис.2а/ используются блоки КАМАК: КА-007 /2 шт./, КА-303, КЛ-021, КЛ-006 /2 шт./, КИ-029, КИ-031, КМ-001, КК-006, КЛ-007 /2 шт./ КЛ-018, КИ-038, КЛ-025, БК-ЭЛГА.

Программа эксперимента составлена на ассемблере процессора INTEL-8080 и хранится в ПЗУ ИК. При задании начальных условий дополнительно на одном из интегральных спектров совпадений указываются два цифровых "окна" для формирования контрольных спектров.

Функции диспетчера эксперимента выполняет БК-ЭЛГА. Каждое событие представляется 6 байтами: в первых 4 байтах содержатся коды двух АЦП /по 12 бит от каждого/, в 5 и 6 байтах записываются код время-амплитудного преобразователя КА-303 /11 бит/ и код текущего значения времени измерения T_m /4 бита/, обеспечивая возможность анализа периодов полураспада.

Эти данные последовательно записываются в один из буферных накопителей КЛ-006. После заполнения одного производится пере-

ключение на другой буфер, а содержимое предыдущего переносится в ОЗУ ИК, где формируется массив длиной 8Кбайт, который в виде файла записывается на НМЛ типа ИЗОТ-5003. Имя каждого файла содержит информацию о порядковом номере записи на НМЛ, номера текущих циклов измерений, текущее время от начала эксперимента.

В ходе измерений накапливаются два спектра совпадений с заданными цифровыми окнами, которые выводятся на экран цветного дисплея посредством интерфейса КИ-029.

Окончательные спектры совпадений могут быть получены только после сортировки информации, записанной на НМЛ, с помощью программы SORT /см.3.3/.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА УСТАНОВКЕ ЭЛГА

Для обслуживания экспериментов разработаны программы:

- KM-PC - программа обмена данными между ИК и ПЭВМ;
- SPRINT - программа предварительной обработки спектров;
- EXPS1 - программа измерения спектров с анализом на период полураспада /см.2.1/;
- EXPS3 - программа измерения трех спектров с анализом на период полураспада /см.2.2/;
- EXPC - программа измерения спектров совпадений /см.2.3/;
- DIAGN - тест-программы диагностики блоков КАМАК;
- SORT - программа для сортировки и формирования спектров совпадений.

3.1. KM-PC - программа двунаправленного обмена данными между ПЭВМ и ИК

Существует несколько программ обслуживания каналов связи в стандарте RS-232C /например, CROSSTALK, PC-TALK/. Основное назначение этих программ - обмен информацией и обслуживание модемов в локальных сетях - в нашем случае приводит к существенному снижению эффективности совместной работы с ИК из-за невозможности или сложности передачи файлов с нетекстовой информацией.

Разработанная программа KM-PC лишена указанных недостатков. Структура программы:

Программа составлена на языке Бейсик и скомпилирована с параметром /с:32767. В состав пакета входят:

- KM-PC.EXE - исполняющий модуль;
- KM-PC.CON - конфигурационный файл;
- KM-PC.KEY - определение функциональных клавиш;

- KM-PC.HLP - инструкция пользователей;
- KM-PC.TIT - заголовок программы.

После запуска - программа KM-PC.EXE производит поиск файла KM-PC.CON и создает конфигурацию канала связи с параметрами:

| Команда | Определение | Параметры | |
|---------|-------------------------------|-----------|--------------|
| | | возможные | по умолч. |
| TITLE | Заголовок, версия | YES, NO | YES |
| HELP | Вывод инструкции | YES, NO | YES |
| KEYS | Стандартное назначение клавиш | YES, NO | YES |
| CALL | Установление связи | YES, NO | YES (Ctrl-B) |

При этом в нижней строке экрана появляются определения значений функциональных клавиш. В нашем случае F1-F6 используются для часто применяемых команд монитора ИК, F7 и F8 служат для обмена данными между ИК и ПЭВМ в прямом и обратном направлении, F9 обеспечивает вывод данных на принтер и F10 - запись содержимого экрана на НГД ПЭВМ. Выход в ДОС обеспечивается нажатием клавиши ESC.

Файлы KM-PC.CON и KM-PC.KEY можно изменять любым редактором текста или непосредственно, используя команду Alt - F2. Знаки, вводимые с клавиатуры ПЭВМ, поступают сначала в командный буфер и далее, после нажатия ENTER - в ОЗУ ИК. Для повторения последней команды достаточно нажать клавишу INS. Непосредственная посылка символов в ИК достигается одновременным нажатием клавиш Alt + символ; контрольные коды поступают непосредственно /Z, C, I/.

Обмен информацией между ПЭВМ и ИК может происходить на двух независимых "страницах", которые активизируются клавишами PgUp и PgDn.

Значения других клавиш:

- курсор вверх - просмотр ячеек ОЗУ ИК "вверх";
- курсор вниз - просмотр ячеек ОЗУ ИК "вниз";
- END - выход из редактора ассемблера ИК;
- HOME - перемотка ленты НМЛ в начало;
- TAB - расширение действий клавиш F9, F10 с возможностью вывода информации на принтер или НГД;
- Alt+F1 - вывод на экран текста инструкции для работы с программой.

Обмен блоками данных:

Передача блока данных происходит в два этапа. Сначала в ОЗУ ИК заносится вспомогательная программа ввода-вывода с адреса

3800H, к которой происходит обращение в процессе совместной работы. Если расширением имени передаваемого файла является .TXT /текст программы/, то чтение или запись начинаются с адреса 6000H, а длина файла выводится на экран. Файлы с расширением .COD - автоматически обращаются к ячейкам с адреса 4000H. При других расширениях надо задавать начальный адрес и длину передаваемого массива.

| | |
|---|--|
| <pre> Драйвер записи блока данных из ИК LXI B,START LXI D,LENGTH X: IN 01 RAR JNC X LDAX B OUT 00 INX B DCX D MOV A,D ORA E JNZ X Y: JMP Y </pre> | <pre> Драйвер записи блока данных в ИК LXI B,START LXI D,LENGTH DI X: IN 01 RAR RAR JNC X IN 00 STAX B INX B DCX D MOV A,D ORA E JNZ X EI RST </pre> |
|---|--|

Для коммуникационной программы очень важно, чтобы скорость освобождения буфера и скорость переноса кодов на экран или на НГД существенно не отличались от скорости передачи данных по линии связи. Это достигается тем, что переменные должны быть целыми числами.

При этом анализ информации, поступающей из ИК с целью исключения лишних байтов LF, должен выполняться достаточно быстро. Ниже приведена подпрограмма ввода-вывода на экран ответов ИК:

```

510   B$=INKEY$: IF B$="" THEN 550 ELSE 800
      'прием знака с клавиатуры, 800 - начало подпрограммы
      формирования коммуникационного буфера и вывода на дис-
      плей
530   IF EOF(1) THEN 510
      'если буфер пустой; 1 - номер коммуникационного файла
540   A=LOC(1)
      'количество байтов в буфере

```

```

542   IF EF=0 THEN A$=INPUT$ (1, #1)
      'прием одного знака вводимой команды; чтобы она не выво-
      дилась повторно - ее надо обойти
544   IF ASC(A$)< > 13 AND ASC(A$)< > 10 THEN 542 ELSE
      EF=1: A=LOC(1): PRINT A$;
      'принять все знаки команды
550   IF A> 255 THEN A$=INPUT$ (255, # 1): DL=255 ELSE IF A > 1
      THEN A$=INPUT$ (A, #1): DL=A ELSE 510
560   K=INSTR(1,A$, CHR$(10))
      'поиск лишних байтов
564   IF K=0 THEN 570 ELSE PRINT LEFT$(A$, K-1);
      A$=RIGHT (A$, DL-K): DL=LEN(A$): GOTO 560
      'устранение байтов LF из кодов, посылаемых на экран
570   PRINT A$; A=A-255: GOTO 550

```

Для открытия коммуникационного файла с помощью скомпилированной программы необходимо вначале определить содержимое регистра модема асинхронного интерфейса. Это делается следующим образом:

```

140 OUT 1010,61:OUT 1016,58:OUT 1020,10:OUT 1021,96
150 OUT 1022,13:OUT 1024,23:OUT 1025,49:OUT 1041,123
160 OPEN "CON1: 4800, N, 8, 2, rs, cs, ds, cd" AS#1

```

3.2. SPRINT - программа предварительного анализа и обработки экспериментальных спектров

Программа SPRINT предназначена для предварительной экспрессной обработки измеренных спектров. Программа может считывать с НГД ПЭВМ спектры длиной не более 4096 каналов, записанных в формате 2 или 3 байта на канал. Допускается идентификатор в начале записанного спектра /в этом случае количество байтов идентификатора игнорируется/. Содержимое любого канала не должно превышать 10^6-1 /в противном случае истинное значение заменяется на это максимальное значение/.

Структура программы:

Программа написана на Бейсике и скомпилирована. Полный пакет занимает 43Кбайт и включает модули:

- SPRINT.EXE - исполняющий модуль
- SPRINT.MEN - текст меню программы
- SPRINT.HLP - инструкция пользователей
- SPRINT.SPE - заголовок программы
- SPRINT.CAL - введенная калибровка по энергии.

После запуска файла SPRINT.EXE программа входит в главное меню, где указываются имя файла обрабатываемого спектра, формат записи и длина идентификатора. Программа имеет 2 режима работы - текстовый и графический. Текстовый режим позволяет вывести на экран или принтер "распечатку" спектра по каналам. Графический режим - предназначен для визуального представления спектральных распределений и обработки до 100 пиков. Вертикальный масштаб выбирается автоматически по максимальному отсчету в выбранном участке, горизонтальный масштаб задается оператором в диапазоне от 128 до 4096 каналов.

Помимо спектра на экран выводится служебная информация:

- номера левого и правого каналов выбранного участка;
- максимальный отсчет в данном участке;
- позиция и содержимое канала, помеченного маркером;
- коэффициенты для калибровки по энергии.

Распределение может быть представлено в линейном, логарифмическом и \sqrt{N} масштабах.

Для обработки пика достаточно пометить маркером его границы, после чего пик раскрашивается, а в нижней части экрана выводятся номера граничных каналов, площади пика и фона со статистическими ошибками, центр тяжести, ширина на полувысоте в каналах и в энергетических единицах.

Режим вывода на плоттер типа NE-2000 обеспечивает рисование спектра или его участка в том виде, как он наблюдался на экране. Рисунок может дополняться информацией: разметкой по оси Y (COUNTS/CHANNEL), по оси X (ENERGY (keV), CHANNEL), а также именем файла спектра.

На рис.5 показан фрагмент гамма-спектра смеси изотопов с массой $A = 150$, полученного при помощи масс-сепаратора, измеренного на установке ЭЛГА в течение 3 минут и выведенного с помощью описанных программ.

3.3. DIAGN-программа обеспечивает проверку готовности аппаратуры к работе путем подачи команд КАМАК на все блоки системы. Критерием исправности блока является получение ответных сигналов Q, X. В противном случае на экран выводится сообщение о позиции, типе неисправного блока. Программа DIAGN включает подпрограмму CAMTEST, с помощью которой можно организовать циклическую проверку любого блока КАМАК с учетом его особенностей, используемых команд и функций.

3.4. SORT-программа предназначена для сортировки информации о спектрах совпадений типа А-А-Т, составлена на Бейсике и скомпилирована. Нерассортированная, первичная информация /или часть ее/, находящаяся на НМЛ, должна быть перезаписана с помощью программы KM-PC во внешнюю память ПЭВМ. Поэтому эф-

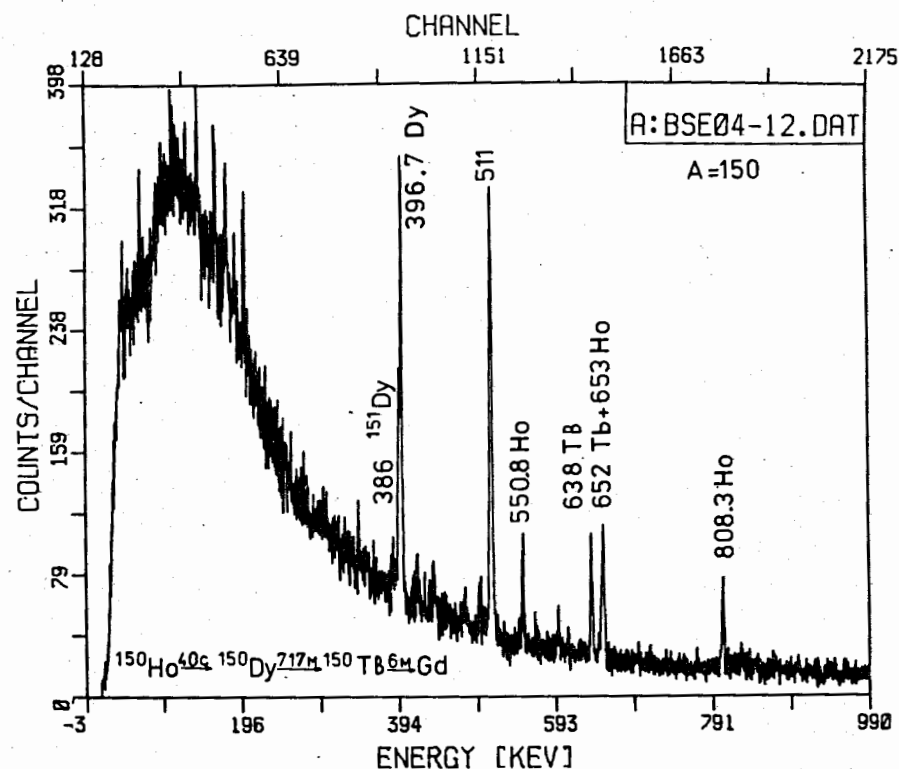


Рис.5. Гамма-спектр изобарного источника с $A = 150$.

фективность последующей работы будет удовлетворительной лишь при наличии твердого диска с ресурсом памяти 15 ± 20 Мбайт.

Программа SORT работает в диалоговом режиме. Она позволяет прежде всего сформировать 3 интегральных спектра совпадений /два амплитудных и один временной/ и записать их на НГД ПЭВМ.

Последующая работа предполагает ввод критериев отбора. Во-первых, это цифровые окна на одном из амплитудных спектров /эта процедура выполняется с помощью программы SPRINT с записью на НГД данных о выбранных окнах, максимальное число которых не более 100/. Во-вторых, необходимо задать интервал времени совпадений исходя из третьего, временного, интегрального спектра совпадений. Наконец, в случае необходимости, можно задать критерии отбора для анализа или определения периодов полураспада. В этом случае результаты измерений в пределах каждого цикла можно разбивать на 4, 8 или 16 временных интервалов.

Полученные после сортировки дифференциальные спектры совпадений записываются на НГД ПЭВМ и обрабатываются обычными способами.

Совокупность созданного аппаратного и программного обеспечения установки ЭЛГА позволяет организовать различные виды экспериментов и анализ результатов в процессе измерений.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить К.Я.Громова, Ц.Вылова, В.Г.Калинникова, Т.Фенеша за постоянное внимание и помощь, А.Ясинского, А.К.Беляева, Я.А.Сайдимова за участие на отдельных этапах работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арваи З. и др. ОИЯИ, 13-84-610, Дубна, 1984.
2. Арваи З. и др. ОИЯИ, P13-85-774, Дубна, 1985.
3. Луцински Р., Малахов Н.А., Фоминых В.И. ОИЯИ, 13-85-947, Дубна, 1985.
4. Горомова И.И. и др. ОИЯИ, P13-11363, Дубна, 1978.
5. Правец-16. Техническое описание. Комбинат микропроцессорной техники, Правец, НРБ, 1986.
6. Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чуринов И.Н. ОИЯИ, P10-12481, Дубна, 1979.
7. Сидоров В.Т. ОИЯИ, 10-83-552, Дубна, 1983.
8. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-80-650, Дубна, 1980.
9. Васильев Д. и др. ОИЯИ, P10-84-860, Дубна, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 марта 1988 года.

Аугустыняк Э. и др.

P13-88-160

Аппаратурное и программное обеспечение он-лайн экспериментов для ядерно-спектрометрических исследований на установке ЭЛГА

Дано описание аппаратуры и программного обеспечения для проведения экспериментов на установке ЭЛГА. Установка предназначена для исследований свойств короткоживущих нуклидов, удаленных от полосы бета-стабильности в линию с масс-сепаратором по программе ЯСНАПП. Рассматриваются и предлагаются различные режимы измерений спектров α -, β -излучений, K_{α} -, γ -излучений, спектров ЭВК, K_{α} - γ -совпадений при помощи спектрометров с полупроводниковыми детекторами и спектрометра типа "мини-апельсин" с использованием лентопротяжного устройства.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.
Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Augustyniak E. et al.

P13-88-160

Hardware and Software for On-Line Experiments in Nuclear Spectroscopy on ELGA Device

ELGA experimental device and the set of computer programs are described. The aim of on-line experiments with a mass-spectrometer is the investigation of short-lived nuclides far from the beta-stability line according to JASNAAPP research program. In order to obtain physical information about mass differences Q_{α} and Q_{β} , decay schemes, multiple momenta, lifetimes of excited states and periods of half-decay of nuclides various regimes of measurement of alpha-, beta-, gamma-, K_{α} -, electron conversion-, gamma-gamma coincidence spectra are proposed. Spectrometers with semiconductor detectors, "mini-orange" spectrometer and tape-transport station are used.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988