

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗ41.16

X-121

13/III-74

P10 - 7614

969/2-74

В.Хабенихт, Б.Хан, Г.Элер, П.М.Гопыч, Г.Винель,  
Л.А.Вылова

ЭКСПРЕССНАЯ ОБРАБОТКА ГАММА-СПЕКТРОВ  
НА БАЗЕ МАЛОЙ ЭВМ

**1973**

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

P10 - 7614

В.Хабенихт, Б.Хан, Г.Элер, П.М.Гопыч\*, Г.Винель,  
Л.А.Вылова

ЭКСПРЕССНАЯ ОБРАБОТКА ГАММА-СПЕКТРОВ  
НА БАЗЕ МАЛОЙ ЭВМ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

---

\* Харьковский государственный университет.

### *Введение*

В последнее время наблюдается значительное увеличение количества экспериментов в режиме ON-LINE с малой ЭВМ /1/. Эффективное использование малой ЭВМ предполагает разработку быстродействующих программ, автоматизирующих обработку информации. С помощью описанной в данной работе системы программ достигается автоматизация предварительной обработки гамма-спектров в измерительном центре Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ при изучении распада короткоживущих изотопов, полученных на пучке синхроциклотрона. Комплекс физической аппаратуры и устройств накопления информации этого измерительного центра, работающий на линии с ЭВМ "Хьюлетт-Паккард 2116С", описан в /2/. Программы обработки спектров написаны на языке ФОРТРАН и используются в стандартной управляющей системе машины. Они могут быть также применены для обработки спектров на любой малой ЭВМ, имеющей транслятор с ФОРТРАНа или ассемблер, близкий к ассемблеру ЭВМ "Хьюлетт-Паккард".

Все программы обработки хранятся на магнитном диске, большие программы сегментированы. На этот же диск возможна запись во время эксперимента до восьмидесяти спектров. Для длительного хранения спектры записываются на магнитную ленту. Диалог пользователя с ЭВМ происходит при помощи экранного пульта.

## Экспрессная обработка гамма-спектров

Основной программой обработки на "Хьюлетт-Паккард" является вариант экспресс-программы обработки спектров ЭПОС /3,4/, написанный с учетом особенностей данной ЭВМ. Система программ ЭПОС наряду с автоматизацией обработки позволяет по сравнению с другими существующими программами увеличить скорость обработки на один-два порядка. Простота применяемого математического метода не требует большого объема памяти машины, а получаемая точность вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым экспериментаторами при обработке спектров. Эти качества программы делают особенно эффективным ее применение на малых или средних ЭВМ.

ЭПОС-1. Обработка спектров заключается в определении параметров пиков /положений максимумов, площадей под пиками, полуширин/. Первая часть программы ЭПОС-1 /3/ автоматически находит положения пиков, амплитуды пиков, определяет коэффициенты полинома, аппроксимирующего фон, автоматически для калибровочных спектров устанавливает соответствие между калибровочными энергиями и пиками в спектре /внутренняя калибровка/ и вычисляет коэффициенты калибровочной кривой. ЭПОС-1 может обрабатывать спектры как с симметричными, так и асимметричными пиками. Для проверки работы программы обработки служит программа SPECT, с помощью которой можно конструировать спектры с фоном, задаваемым полиномом третьей степени, и пиками, форма которых описывается симметричным гауссианом:

$$N_i = BG_i + \sum_{j=1}^K A_j \times \exp(-2.77 \times (i-x_j) / B)^2). \quad (I)$$

Здесь  $N_i$  - число импульсов в  $i$ -ом канале,  $BG_i$  - фон в  $i$ -ом канале,  $A_j$  - амплитуда  $j$ -го пика с положением  $x_j$  и с полушириной  $B$ ,  $K$  - число пиков в спектре.

ЭПОС-1 разделена на сегменты, порядок и назначение которых следующие:

а/ идентификация и определение положений пиков,

б/ нахождение средней полуширины пиков и разделение спектра на интервалы,

в/ определение фоновой кривой и вычисление амплитуд пиков,

г/ автоматическое установление соответствия между калибровочными энергиями и пиками в спектре, выдача результатов.

Все сегменты имеют приблизительно одинаковую длину, т.к. они сменяют друг друга в оперативной памяти машины. При работе с программой возможны два режима энергетической калибровки - внутренний и внешний. Предполагаемая зависимость энергии  $E$  от номера канала  $i$  линейная:

$$E_i = A_0 + A_1 \times i. \quad (II)$$

Коэффициенты  $A_0$  и  $A_1$ , найденные при внутренней калибровке, при проведении внешней калибровки задаются в качестве исходных данных. Результатами работы ЭПОС-1 являются положения, амплитуды и энергии пиков /вычисление соответствующих ошибок не производится/.

Программа требует, чтобы обрабатываемый спектр находился на рабочей дорожке диска. Из-за ограниченного объема памяти процессора поиск пиков в спектре производится по отрезкам длиной 1029 каналов, область перекрытия соседних отрезков равна пяти каналам. Максимально допустимое число пиков в спектре - 300. Пики, найденные сверх этого числа, игнорируются. Если число заданных калибровочных энергий близко к числу найденных пиков, то автоматическое установление соответствия между ними происходит достаточно быстро, в противном случае необходимое время счета существенно увеличивается. На рис. 2 показана часть спектра короткоживущего изотопа  $^{77}\text{Rb}$  /  $T_{1/2} = 3,9$  мин/, полученного по методике, описанной в работе /5/. Спектр обработан с помощью ЭПОС-1. Стрелками отмечены найденные пики.

ЭПОС-2. Вариант программы ЭПОС-2 для HP2116C является дополнением к ЭПОС-1. Это сокращенный вариант программы, описанной в /3/, позволяющий провести подгонку изолированных и слабоперекрывающихся пиков, найденных ЭПОС-1 по методу, который был приведен

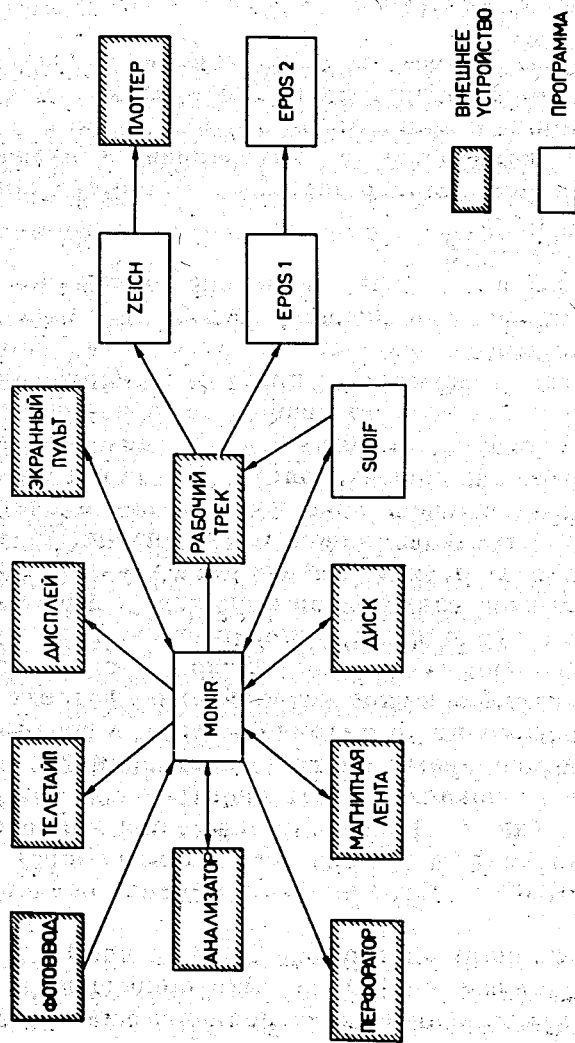


Рис. 1. Схема оборудования и программ системы ЭПОС на ЭВМ HP2116С.

в /4/. Экспериментальные значения подгоняются с помощью кривой вида /I/. Критерием качества подгонки является значение

$$\chi^2 = 1/K \times \sum_{i=1}^K ((TEO_i - N_i) / \sqrt{N_i + 1})^2, \quad (III)$$

где  $K$  - число каналов в рассматриваемом интервале,  $TEO_i$  - теоретическое значение /I/ в  $i$ -м канале,  $N_i$  - экспериментальное значение спектра в том же канале. Существует сегмент PARLI, в котором для каждого свободного параметра /положение, амплитуда, полуширина пика и параметры фона/ определяются исходные данные для подгонки.

ЭПОС-2 работает в два этапа. На первом этапе обрабатываются интервалы, содержащие один пик. Перед подгонкой с помощью формулы

$$B = \sqrt{(4 \times \ln(2)) / \pi} \times F / A = 0,938 F / A \quad (IV)$$

из площади  $F$  под пиком с амплитудой  $A$  вычисляется первоначальное значение полуширины пика  $B$ , которая затем является свободным параметром гауссовой кривой. После подгонки всех одиночных пиков с помощью найденных полуширин по методу наименьших квадратов определяется зависимость полуширины от номера канала в виде

$$B(i) = \sqrt{B_1 + B_2 \times i}. \quad (V)$$

Здесь  $B(i)$  - полуширина в  $i$ -ом канале,  $B_1$ ,  $B_2$  - найденные коэффициенты функции  $B(i)$ . На втором этапе обрабатываются все интервалы, содержащие больше одного пика. При этом вычисляется полуширина по формуле (V) и при подгонке не меняется. Теперь положения пиков известны более точно, поэтому в случае внутренней калибровки в ЭПОС-2 по методу наименьших квадратов проводится более точная энергетическая калибровка с помощью полинома второй степени.

В табл. 1 приведены интенсивности линий калибровочного спектра  $^{26}\text{Ra}$ , полученные с помощью ЭПОС-1 и ЭПОС-2. Для сравнения здесь же приведены данные работы /6/. Спектр был измерен с помощью  $\text{Ge}(\text{Li})$  по-

Таблица 1

$E_{\gamma}$ (КэВ)/6/	$I_{\gamma}(\%)$ /6/	$I_{\gamma}$ ЭПОС-I	$I_{\gamma}$ ЭПОС-2
185.7	9.9	10.7	9.6
351.99	87.2	93.5	84.0
609.37	100.0	100.0	100.0
934.8	6.3	6.1	6.4
1120.4	31.9	28.3	32.4
1238.3	12.8	11.5	12.5

лупроводникового детектора в течение пяти минут. Полуширина около пяти каналов.

### Вспомогательные программы

Для организации обмена данными между всеми внешними накопителями и всеми устройствами ввода - вывода ЭВМ была написана служебная программа MONIR /см. рис. 1/. Эта программа специализирована на конкретное оборудование измерительного центра и для простоты всегда оперирует массивами по 4096 чисел. Диалог

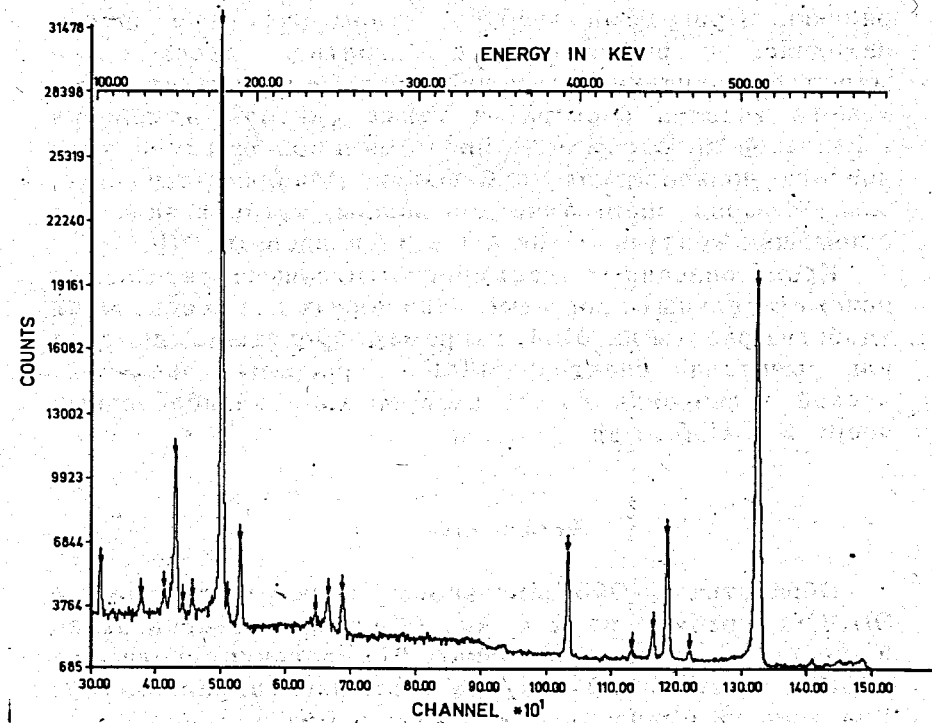


Рис. 2. Пример вывода спектра на плоттер с помощью программы ZEICH. Стрелками отмечены пики, найденные ЭПОС-1.

оператора с машиной при использовании MONIR происходит следующим образом:

- а/ вызов программы оператором,
- б/ выдача программой на экран осциллографа всех возможных путей передачи данных,
- в/ выбор пути передачи и ввод через пульт величин, характеризующих эту передачу.

С помощью программы ZEICH можно рисовать спектры или их участки на плоттере /см. рис. 2/. Она автоматически выбирает масштаб и размечает оси. Возможны три вида масштабов по оси Y: линейный, логарифмический и типа квадратного корня. В заранее выбранных участках спектра масштаб по обеим осям можно растягивать или сжимать. Фактор, на который изменяется масштаб по оси Y, записывается в верхней части рисунка. Программа требует, чтобы рисуемый спектр находился на рабочем треке магнитного диска, а вид масштаба, начальный и конечный номера каналов выводимого участка спектра, а также факторы изменения масштабов по обеим осям вводятся в программу по ходу диалога пользователя с машиной. Дополнительно возможен вывод энергетической шкалы, которая задается с помощью коэффициентов AO и AI, найденных ЭПОС-1.

Кроме описанных здесь программ, существует еще ряд вспомогательных программ, написанных для обеспечения удобства работы на ЭВМ, например, программа сложения или вычитания спектров SUDIF, программа энергетической калибровки путем интерполяции калибровочных энергий CALIB и др.

#### Заключение

Обработка 4096-канального спектра с помощью ЭПОС-1 требует от 2-х мин /внешняя калибровка/ до 6 мин /внутренняя калибровка/. Для подгонки одного пика в ЭПОС-2 нужно 10 сек /при числе циклов, равном 10/. Графический вывод спектра длится 6 мин.

Опыт работы с описанными программами в режиме ON-LINE дал удовлетворительные результаты. Легко

доступное каждому пользователю управление ЭВМ с помощью диалога позволяет легко накапливать данные, обрабатывать их и получать результаты обработки во время эксперимента.

#### Литература

1. David L. House. *Computer*, Sept/Oct., 6, 1973.
2. S.V. Medved, A.N. Sinaev. *Intern. Conf. on High Energy Physics, Frascati*, p. 516, 1973.
3. Г. Элер, П. М. Гопыч, Г. В. Винель, В. Хабенихт, Л. А. Вылова. *ПТЭ*, 5, 253 /1973/.
4. Г. Элер, П. М. Гопыч, Г. В. Винель, В. Хабенихт, Л. А. Вылова. *Препринт ОИЯИ, Р10-7366, Дубна, 1973.*
5. R. Arlt, V. Bystrov, W. Habenicht, E. Herrmann, V. J. Raiko, H. Strusny. *Nucl. Instr. and Meth.*, 102, 253 (1972).
6. C. M. Lederer, J. M. Hollander, J. Perlman. *Table of Isotopes*. John Wiley and Sons, New-York-London-Sydney, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 декабря 1973 года.