

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



7061

Эл. чит. зала  
Р10 - 7061

Л. Вылова, М. Потемпа, В.И. Фоминых,  
М.И. Фоминых, В.М. Цупко-Ситников

ПРОГРАММЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ  
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

НА ЭВМ "МИНСК-2"

С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСПЛЕЯ

**1973**

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

P10 - 7061

Л. Вылова, М. Потемпа, В.И. Фоминых,  
М.И. Фоминых, В.М. Цупко-Ситников

ПРОГРАММЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ  
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
НА ЭВМ "МИНСК-2"  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСПЛЕЯ

**Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ**

## В в е д е н и е

Большой объем спектрометрических данных, получаемых при проведении физических исследований в отделе ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП в режиме одномерных и многомерных измерений /1,2/, общность подхода к обработке значительной части информации обусловили необходимость создания специального программного обеспечения, целью которого является автоматизация процесса обработки спектрометрической информации под контролем экспериментатора. Разработанные применительно к ЭВМ "Минск-2" программы позволили в значительной степени решить поставленную задачу. Часть этих материалов опубликована в работах /3,4/.

В данной статье дается описание основных рабочих программ, краткая характеристика которых приведена в таблице I.

Программы, использующие дисплей /5/, состоят из набора подпрограмм, переход к которым осуществляется с помощью светового карандаша после пометки соответствующего символа. Подпрограммы, обеспечивающие формирование изображения, являются обязательными для всех дисплейных программ.

Для изображения спектра на экране дисплея в виде графика исходные данные преобразуются в координатную систему. При этом за координату "у" берется число событий в канале, а координата "х"

Таблица I

Наименование программы	Назначение	Количество ячеек МОЗУ, занимаемых программой	Использов. осциллогр. совмещ. дисплея	Возможн. совмещ. с аналоговым режимом	Затраты машинного времени
1	Предварительная обработка гамма-спектров	Мц.г. $E_i, I_n, I_p$ ; ж) и т.д.	1300	с ОД	Имени на 10 пиков
2	Разметка сложных участков спектра	Задавание границ интервала, приложенных положений пиков и запись на НМД	500	" "	1 мин на 1 сложн. участок
3	Вывод информации на графикопроектор	Подготовка информации к рисованию и рисование	400	" "	40 мин на 4000 кан.
4	Разметка цифровых окон для двумерного анализа	Задавание границ цифровых окон, вывод на перфоратор	1000	" "	нет
5	Сортировка спектров гамма-гамма-совпадений и печать	Приведение информации к виду, удобному для просмотра и обработки	600	нет	" "
6	Обработка гамма-гамма спектров совпадений	Вычисление $M_c, T.$ $I_{\text{совп.}}$	1300	ОД	" "
7	Программа фотометрирования	Сортировка информации и приведение ее к виду, удобному для обработки	500	нет	" "

ж) М ц.г. - положение центра тяжести контура

$E_i$  - энергия гамма-перехода

$I_n, I_p$  - интенсивности пика и фона

формируется программным путем. В одном машинном слове располагается информация об одном канале спектра. Участок памяти с преобразованной исходной информацией и набором символов представляет собой формат, который выводится на осциллограф. Символы - это константы, сформированные программистом и определяющие начало какой-либо подпрограммы.

#### I. Программа предварительной обработки гамма-спектров с применением дисплея

Программа предназначена для экспресс-обработки амплитудных спектров длиной до 4096 каналов, предварительно записанных на магнитную ленту (спектры могут быть получены на самой ЭВМ или переданы на нее через каналы связи от внешних спектрометрических установок /6, 7/).

Результаты обработки выдаются на печать или перфоратор для дальнейшего анализа. На рис. I приводится блок-схема программы, в которой предусмотрены следующие возможности:

1. Считывание исходного спектра с узкой магнитной ленты /7/ в МОЗУ, сортировка информации для приведения к нормальному виду в ячейках памяти, запись на широкую магнитную ленту, образование формата-I для вывода этого спектра на экран дисплея.

2. Сложение спектров, хранящихся на магнитной ленте, образование формата-I для вывода суммарного спектра на экран и его изображение. В программе предусмотрена возможность сдвига слагаемых относительно друг друга.

3. Вычитание спектров, хранящихся на магнитной ленте, образование формата-I для вывода на экран.

4. Считывание спектра с широкой магнитной ленты, образование формата -I и вывод на экран.

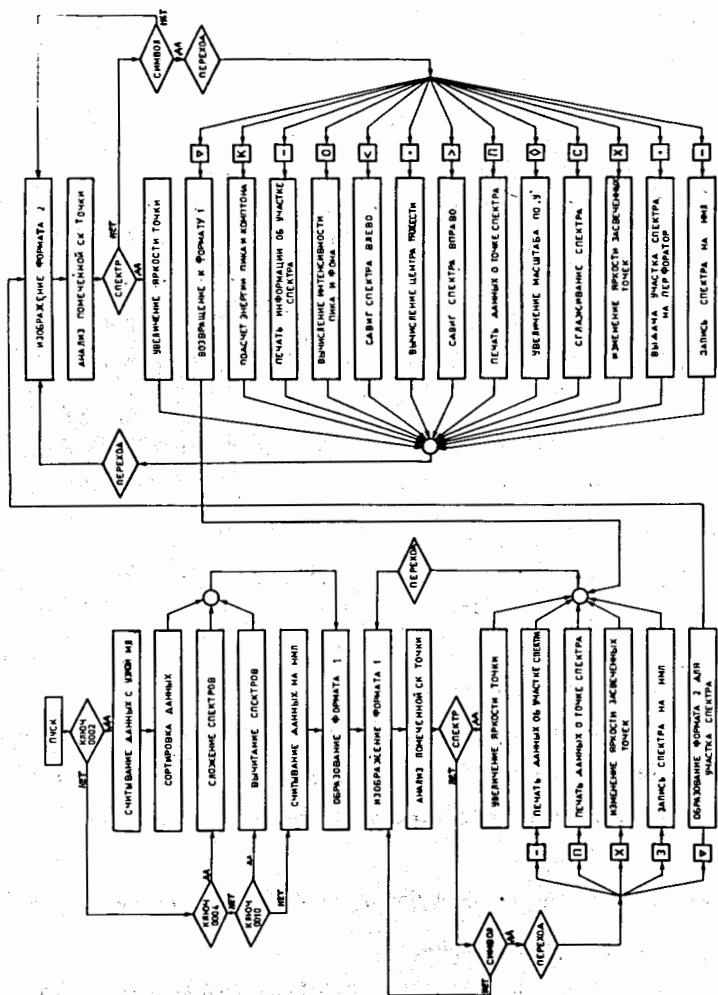


Рис.1. Блок-схема программы обработки гамма-спектров с применением дисплея.

В любом случае работа ЭВМ в режиме изображения продолжается до момента пометки световым карандашом (СК) точки спектра или символа. Указанная точка анализируется. При этом:

а) если указана точка спектра, то происходит увеличение яркости этой точки,

б) если указан символ, происходит переход к подпрограммам.

Символы, введенные в формат 1, позволяют выполнять следующие операции:

1. Покапальная печать указанного СК интервала (символ - ).
2. Печать информации об указанной СК точке (П).
3. Изменение яркости засвеченных точек (X).
4. Запись спектра на магнитную ленту (З).
5. Образование формата 2 для вывода на экран дисплея участка спектра с набором других символов и маркировочной линией с делениями через 10 каналов (V).

Длина участка задается экспериментатором на пульте ЭВМ; если она не задана, то автоматически выводится участок 128 каналов.

Символы, выведенные на экран вместе с участком спектра (формат 2), позволяют переходить к выполнению следующих операций:

1. Возвращение к первоначальному формату 1 (V).
2. Определение энергии пика и энергии начальной грани соответствующего этому фотопику комптоновского распределения по калибровочным данным, введенным с перфоленки заранее (К). На печать при этом выдается:

$N_{ч.т.}$  - номер канала центра тяжести пика

$E_{п}$  - энергия пика (для канала  $N_{ч.т.}$ )

$N_{к}$  - номер канала начала комптоновского распределения

$E_{к}$  - энергия начала комптоновского распределения.

3. Выдача на печать номеров каналов и числа событий в них на участке, отмеченном СК (-).
4. Вычисление площади пика и фона и выдача на печать полученных результатов (0).
5. Просмотр спектра путем сдвига его влево или вправо от указанной СК точки (< ; > ).
6. Нахождение в заданном интервале центра тяжести, подсчет площади контура и выдача результатов на печать (·).
7. Выдача на печать информации об указанной СК точке спектра (П).
8. Изменение масштаба по оси "у" в заданном интервале "х" до максимально возможного (от маркировочной линии до символов) (◇).
9. Сглаживание спектра в заданном интервале по правилу:
 
$$z_i = \frac{z_{i-1}}{4} + \frac{z_i}{2} + \frac{z_{i+1}}{4} \quad (C)$$
 Предусмотрена возможность исправления выпавших точек спектра, помеченных СК, по правилу:  $z_i = \frac{z_{i-1} + z_{i+1}}{2}$ .
10. Перфорация указанного СК интервала (·).
11. Запись спектра на магнитную ленту (-).
12. Уменьшение яркости засвеченных точек до первоначального значения (X).

2. Программа разметки участков спектра для последующей обработки на ЭВМ "Минск-2" и "БЭСМ-6"

Программа предназначена для подготовки с помощью дисплея исходных данных к программам разложения сложных линий ("Каток"<sup>/3/</sup> на ЭВМ "Минск-2", СПЕКТ<sup>/4/</sup> на ЭВМ "БЭСМ-6" и др.). Программа написана для совмещенного режима<sup>/8/</sup>, когда одновременно с разметкой ранее накопленного спектра происходит накопление двумерного спектра в памяти машины. Цифровые окна при этом вводятся перед пуском программ.

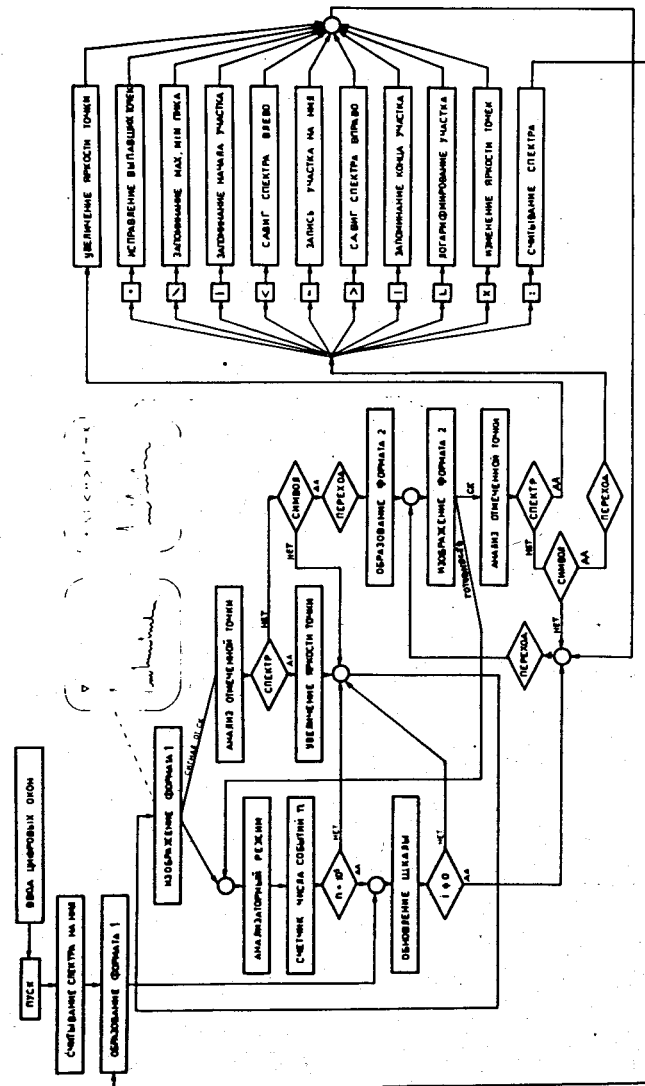


Рис. 2. Блок-схема программы "Разметка сложных участков спектра".

Блок-схема программы представлена на рис.2. С помощью программы часть спектра длиной 512 каналов считывается с магнитной ленты в МОЗУ, затем образуется формат I с признаком  $l=0$  и происходит изображение этого формата. Работа ЭВМ в режиме изображения продолжается до момента поступления сигнала от амплитудно-цифрового преобразователя (АЦП) или от светового карандаша.

Если приходит сигнал от АЦП, то происходит регистрация события, добавление единицы в счетчик числа событий и при количестве событий  $n \approx 10^5$  происходит обновление шкалы с цифровыми окнами, после чего изображение возобновляется.

Если сигнал приходит от СК, то анализируется помеченная точка и, в случае указания СК на символ, происходит образование формата 2 с признаком  $l \neq 0$  для вывода на экран осциллографа участка спектра длиной 128 каналов, затем осуществляется переход к изображению второго формата. Набор символов на формате 2 позволяет переходить к следующим подпрограммам:

1. Исправление выпавших точек, указанных СК (•).
2. Вывод в логарифмическом масштабе отмеченного СК участка. Порядок пометки начала и конца участка безразличен (L).
3. Сдвиг спектра влево от указанной точки (<).
4. Сдвиг спектра вправо от указанной точки (>).
5. Запоминание начала сложного участка. Печать начала (I).
6. Запоминание конца сложного участка. Печать конца (I).
7. Запоминание отмеченных СК максимумов и минимумов пиков в сложном участке. Печать максимумов (\).
8. Запись сложного участка на НМЛ с данными разметки (••).
9. Считывание следующих 512 каналов с НМЛ (:).
10. Уменьшение яркости засвеченных точек до нормальной величины (x).

В программе предусмотрены различные ситуации, возможные при эксплуатации программы. Например, при отметке участка длиной в I канал (две точки засвечены рядом) происходит автоматическое снятие подсветки отмеченных точек. В этом случае разметку участка надо повторить. Или: весь спектр уже размечен. Тогда при обращении к символу 9 происходит протяжка бумаги на печати (печать пробела); или: сложный пик находится на стыке двух частей спектра. В этом случае при включении ключа 0040 и указании на символ 9 считывается с НМЛ необходимый участок.

Для обработки серии спектров одного изотопа в экспериментах по определению периода полураспада сделан специальный вариант программы разметки сложных участков, в котором используются все программы кроме записи размеченных участков на НМЛ. Работа по этому варианту программы ведется в два приема. Сначала размечается один из спектров и данные о размеченных участках выводятся на перфоратор, затем по этим данным происходит автоматическая разметка программным путем остальных спектров из этой партии.

Еще один вариант разметки позволяет выводить все размеченные участки на перфоленду. Перфоленда с размеченными участками может быть использована на других ЭВМ для обработки сложных линий.

### 3. Вывод спектров на графикопроектор

Программа предназначена для вычерчивания на графикопроекторе спектров, подготовленных с помощью дисплея. Она написана для совмещенного режима.

Блок-схема программы приведена на рис.3.

После пуска ЭВМ по этой программе спектр длиной 1024 канала считывается в МОЗУ, образуется формат из этого спектра и символов,



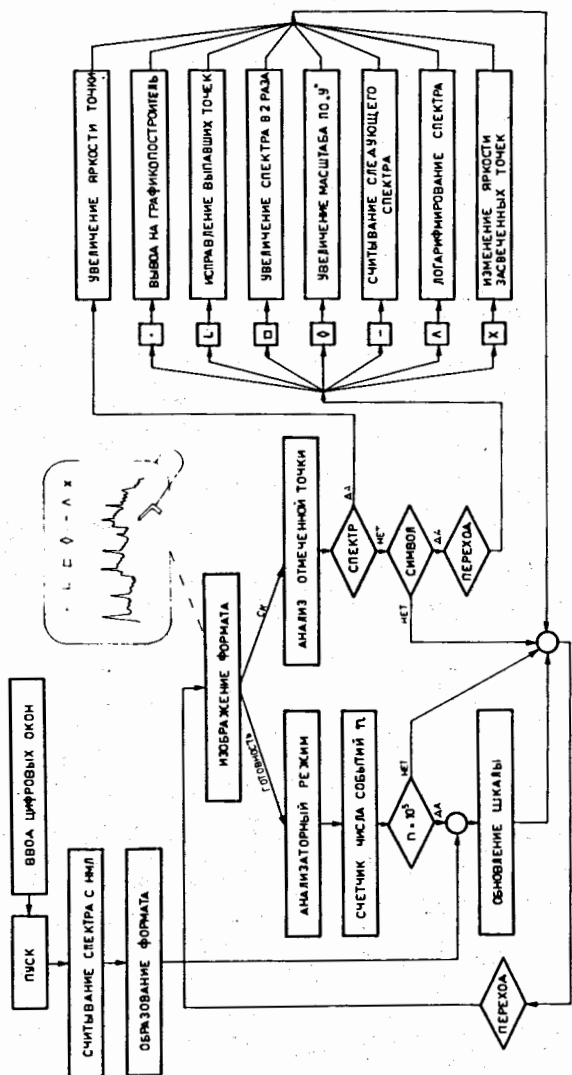


Рис. 3. Блок-схема программы "Вывод спектра на графопостроитель".

после чего происходит образование шкалы для двухмерного анализа и вывод формата на экран.

В программе задействованы следующие подпрограммы:

1. Увеличение яркости помеченных СК точек спектра.
2. Вывод на графопостроитель участка, помеченного СК (·).
3. Исправление выпавших точек, помеченных СК (L).
4. Увеличение масштаба спектра в два раза с точки, помеченной СК (◇).
5. Увеличение масштаба по "у" предварительно помеченного участка спектра до максимально возможного (□).
6. Считывание следующего участка спектра с магнитной ленты (—).
7. Уменьшение яркости засвеченных точек (×).
8. Логарифмирование спектра (Λ) при включении ключа 0100.

#### 4. Программы для обслуживания двухмерного анализа на ЭВМ "Минск-2"

Двухмерный анализатор на базе "Минск-2" осуществляет отбор полезной информации методом цифровых окон /2,9,10/. Задание цифровых окон производится перед опытом по одиночному спектру с помощью специальной программы "Разметка цифровых окон". Все необходимые при этом операции осуществляются с помощью дисплея. Информация для каждого конкретного опыта: длина интегрального спектра, длина спектров совпадений, количество этапов, на которые будет делиться МОЗУ в проводимом эксперименте, — задается с помощью устройства связи /6/ и АЦП перед началом разметки.

##### А. Программа "Разметки цифровых окон"

Эта программа обеспечивает выполнение следующих операций:

- I. Изображение на экране дисплея, накопленного во втором ку-



бе МОЗУ одиночного спектра, по которому будут размечены цифровые окна.

2. Изменение яркости помеченной СК точки спектра.
3. Изображение на экране дисплея участка спектра длиной 128 каналов с маркировочной линией и набором символов.
4. Вывод на печать и запоминание в памяти машины предварительно размеченных СК границ цифрового окна.
5. Стирание из памяти неправильно помеченных данных последнего цифрового окна.
6. Формирование шкалы с отмеченными цифровыми окнами и вывод на печать информации о шкале.
7. Перфорация программы обновления шкалы с цифровыми окнами для данного опыта. Эта перфолента необходима для каждого опыта на случай искажений в шкале при длительных экспериментах. Она позволяет сформировать шкалу с цифровыми окнами снова, сохранив при этом накопленную информацию.
8. Подготовка ЭВМ к началу опыта.

#### Б. Программа сортировки спектров совпадений

После накопления двумерных спектров в памяти машины вся информация из обоих кубов МОЗУ записывается на магнитную ленту. Далее по программе производится сортировка накопленной в несколько этапов информации, печать и запись на магнитную ленту в удобном для последующей обработки виде.

#### В. Программа обработки спектров гамма-гамма-совпадений

Программа предназначена для определения интенсивностей гамма-переходов, сопровождающих исследуемые каскады. Полученные результаты используются в дальнейшем для составления, подтверждения или корректировки схем распада исследуемых изотопов.

В основу алгоритма программы положен метод обработки спектров совпадений, описанный в /II/.

Определение относительных интенсивностей гамма-гамма-совпадений ( $I_{\gamma_i \gamma_j}$ ) производится на основе интенсивности  $i$ -пика в интегральном гамма-спектре совпадений и интенсивности  $j$ -пика в гамма-спектре совпадений с  $i$ -пиком с учетом эффективности регистрации гамма-излучения каждым  $Ge(Li)$ -детектором:

$$I_{\gamma_i \gamma_j} = \frac{N_{Cij}}{\sigma_i \sigma_j}, \quad (1)$$

где  $N_{Cij}$  - число  $\gamma_i - \gamma_j$  совпадений,

$\sigma_i$  - эффективность регистрации первого детектора гамма-излучения с энергией  $E_i$ ,

$\sigma_j$  - эффективность регистрации второго детектора гамма-излучения с энергией  $E_j$ .

В общем случае

$$N_{Cij} = N_{Cij}^n - K_{\Phi_i} N_{Cij}^p, \quad (2)$$

где  $N_{Cij}^n$  - число событий в  $j$ -пике, определяемое из спектра совпадений с  $i$ -пиком,

$N_{Cij}^p$  - число событий в  $j$ -пике, определяемое из спектра совпадений с фоновым участком для  $i$ -пика,

$K_{\Phi_i}$  - коэффициент, учитывающий уровень комптоновского распределения под исследуемым пиком и под участком спектра, взятым в качестве фона этого пика.

Блок-схема программы приведена на рис.4.

С помощью программы выполняются следующие операции:

1. Считывание интегрального спектра совпадений и шкалы с цифровыми окнами с НМД в МОЗУ.
2. Подготовка формата и вывод на изображение участка спектра длиной 128 каналов, шкалы и символов на экран дисплея.
3. Вычисление и печать значений  $K_{\Phi_i}$  на основании предвари -

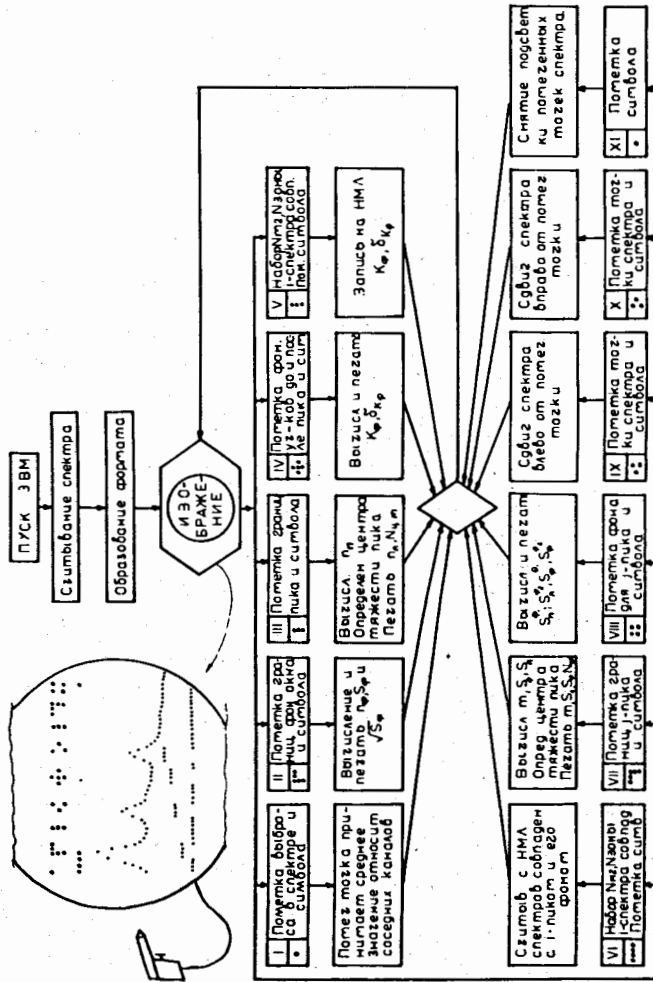


Рис. 4. Блок-схема программы обработки спектров совпадений с помощью ЗВМ и ОСК.

тельно помеченных СК границ  $i$ -пика и участка спектра, являющегося его фоном (символы  $\Gamma$ ,  $l$ ,  $+$ ).

4. Запись значений  $K_{\Phi i}$  на НМЛ к спектру совпадений с  $i$ -пиком ( $l$ ).

5. Считывание с НМЛ спектра совпадений с  $i$ -пиком и спектра совпадений с фоном  $i$ -пика. Образование формата для изображения ( $—$ ). Сдвиг вправо или влево ( $> i <$ ).

6. Определение значений  $N_{cij}$  в соответствии с (2) на основании помеченных СК границ  $j$ -пика ( $\Gamma$ ,  $\square$ ).

7. Устранение выбросов в спектре ( $\cdot$ ).

8. Уменьшение яркости помеченных точек спектра ( $\cdot$ ).

5. Программа фотометрирования

Программа, блок-схема которой приведена на рис.5, обслуживает работу автоматического микрофотометра, непосредственно связанного с ЗВМ /I2, I3/, и осуществляет предварительную обработку спектров, полученных в величинах оптической плотности, то есть переход от плотности почернения к плотности частиц излучения, создавших данное почернение. При работе в данном режиме дисплей используется только как средство визуального контроля на этапах фотометрирования.

Первая часть программы - собственно фотометрирование - осуществляет последовательную запись кодов с выхода микрофотометра в МОЗУ, контроль правильности работы аппаратуры путем подсчета числа каналов в спектре между специальными реперными метками на спектрограмме и запись спектра на магнитную ленту с номера канала, соответствующего реперу в начале спектрограммы. Этим достигается точное совмещение спектров от сканирований по разным дорожкам при усреднении.

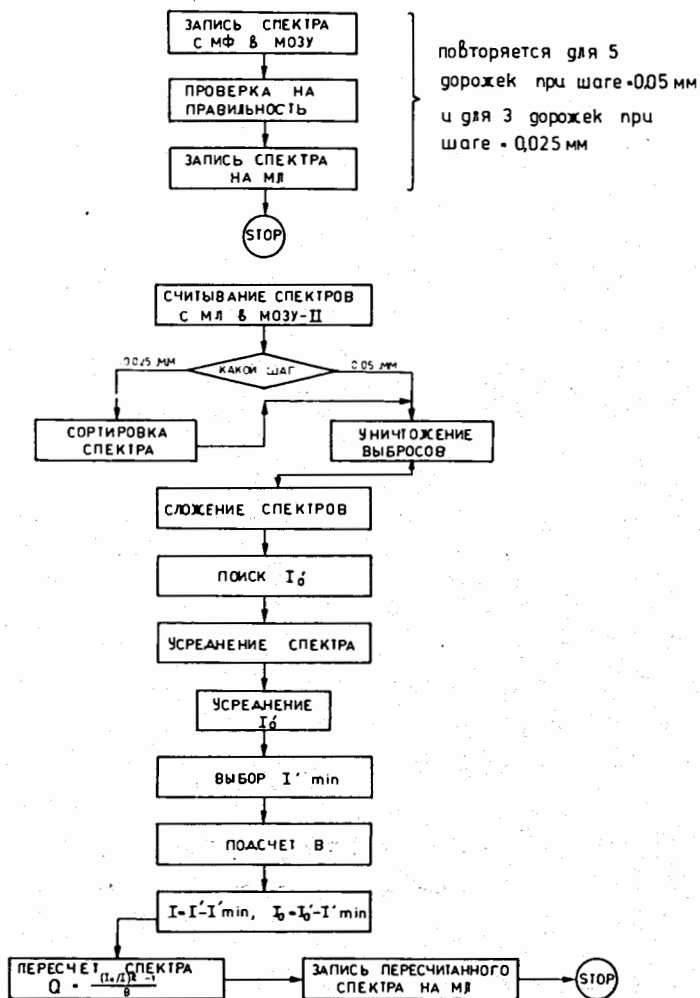


Рис. 5. Блок-схема программы фотометрирования.

Вторая часть программы осуществляет переход от оптической плотности к плотности частиц, согласно выражению /12,13/:

$$Q = \frac{(I_0/I)^A - 1}{B}, \quad (3)$$

где  $Q$  - искомая плотность частиц,

$I_0$  - величина, пропорциональная минимальной плотности спектрограммы,

$I$  - величина, пропорциональная текущей плотности,

$A$  и  $B$  - константы, связанные со свойствами фотоэмульсии и регистрируемого излучения.

После считывания спектра в МОЗУ, сортировки (в случае двухэтажной записи), уничтожения возможных выбросов, то есть значений, превышающих возможный диапазон изменения регистрируемых величин, спектры суммируются, усредняются, находится значение  $I'_0$ , отличающееся от  $I_0$  на постоянную величину, так как все величины  $I$  регистрируются на некотором постоянном уровне  $I'_{min}$ . Последнее значение выбирается на усредненном спектре как уровень насыщения спектрограммы в точках репера, перекрывающего световой поток. Далее находятся истинные значения  $I_0$  и  $I$ , определяется  $Q$  и полученный спектр переписывается на ленту. Константа  $B$  задается заранее или находится из условия удобства представления величины:

$$Q_{min} \geq 1 \text{ для } I = I_0 - 1, \quad (4)$$

что позволяет выводить информацию из ЭВМ на ОСК и работать с полученными спектрами как с обычными анализаторными, для которых рассчитаны все программы дальнейшей обработки, описанные ранее.

### Заключение

Применение прецизионных спектрометров ядерного излучения многоканальных анализирующих и регистрирующих систем, установок многомерного анализа при проведении физических исследований распадных свойств ядер изотопов - обусловили создание в 1968 г. измеритель-

но-вычислительного комплекса отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП на базе ЭВМ "Минск-2" /1,2,6,7,14/.

Большой объем получаемой спектрометрической информации, необходимость достаточно быстрой её обработки при сохранении возможности участия экспериментатора на определенных этапах обработки - потребовали развития вопросов, связанных с разработкой программ, предусматривающих широкое использование осциллографического дисплея.

Физические исследования, проводимые в отделе ЯС и РХ ЛЯП в течение последних лет, показали достаточно высокую эффективность использования всего комплекса.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность И.Звольски, И.Томьку, В.Р.Трубинкову, В.И.Приходько за участие на этапе постановки задач программного обеспечения, В.В.Кузнецову, З.Стахура, Н.А.Головкову за постоянное внимание к данной работе.

#### Литература:

1. Г.И.Забякин и др. Изв.АН СССР, сер.физ.1967, т.31,№10, с.1601.
2. В.С.Александров и др. Изв.АН СССР,сер.физ.1970, т.34, №1, с.69.
3. В.Гаджоков. ПТЭ № 5, 1970, с.82.
4. Э.Рууп. ОИЯИ, IO-6614, Дубна, 1972.
5. Ф.Дуда и др. ОИЯИ, IO-4977, Дубна, 1970.
6. В.А.Владимиров и др. ОИЯИ, IO-4630, Дубна, 1969.
7. С.В.Медведь и др. ОИЯИ, IO-3836, Дубна, 1968.
8. З.Зайдлер и др. ОИЯИ, I3-5044, Дубна, 1970.
9. В.А.Морозов и др. ПТЭ №5, 1971, с.83.
10. Я.Ваврышук и др. ОИЯИ, I3-5500, Дубна, 1970.
11. P.Galan et al. Czechoslovak Journal of Physics. Vol. 19, p. 232 (1969).
12. Л.А.Вылова и др. ОИЯИ, P10-6751, Дубна, 1972.
13. L. Silberstein. Phil.Mag. 44, 257,1922,145,1062,1923.
14. В.И.Фоминных. ОИЯИ, I3-6354, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 апреля 1973 года.