

Л-221

13/x-69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.



P10 - 4587

И.Ланг, В.И.Вакатов, Я. Эре

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ
МЕТОДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОДОВ
С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ
В РЕЖИМЕ "НА ЛИНИИ"

P10 - 4587

И.Ланг, В.И.Вакатов, Я. Эре

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ
МЕТОДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОДОВ
С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ
В РЕЖИМЕ "НА ЛИНИИ"

Направлено в "Mérés és automatika"

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

8000/2 чр.

I.

В некоторых случаях многопараметрических измерений в ядерной спектроскопии нужная информация находится в разбросанном виде. При интегральном накоплении метод ассоциативного анализа обеспечивает хорошее использование объема памяти и хорошую разрешающую способность /1-3/.

В других случаях многопараметрических измерений необходимые информационные данные расположены на непрерывных поверхностях. Если проекция этих поверхностей на координатной плоскости близка к прямоугольнику, то можно с успехом использовать известный метод цифровых фильтров и окон.

Если проекция информационной поверхности в значительной степени отличается от прямоугольника, то весьма эффективным является ассоциативное накопление типа "гибрид" /4/.

Ассоциативный метод приводит, однако, к некоторому ограничению объема накапливаемой информации даже в том случае, если использованные анализаторы (например, АИ-2048, АИ-4096, АИ-16000) работают с защитой программой /5/.

В данной работе описывается метод, который позволяет в некоторых случаях распределения информации типа непрерывных поверхностей

применять окна для более полного использования объема памяти и без потери запоминающих мест, служащих для хранения дескрипторов или ассоциативных листов.

II .

В основу метода положено преобразование кода с помощью некоторых арифметических операций. После преобразования необходимая информация приобретает такой вид, что ее можно экономично обрабатывать с помощью метода окон.

Такого рода распределениями являются:

A.1. Информация линейного расположения

а) Поверхность информации пересекает горизонтальную ось в точке x_0 под углом 45° (например, в случаях идентификаций трех частиц - см. рис. 1). Необходимое преобразование:

$$X = x + y - x_0; \quad Y = y \quad (1)$$

б) В общем случае

$$X = x + ky - x_0; \quad Y = y; \quad k = \frac{x_0}{y_0} = \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

в) Когда информация расположена в виде лучей, например, двухдвекторная идентификация частиц (см. рис. 2)

$$X = \frac{y-b}{x-a} K; \quad Y = y; \quad (3)$$

где K - константа.

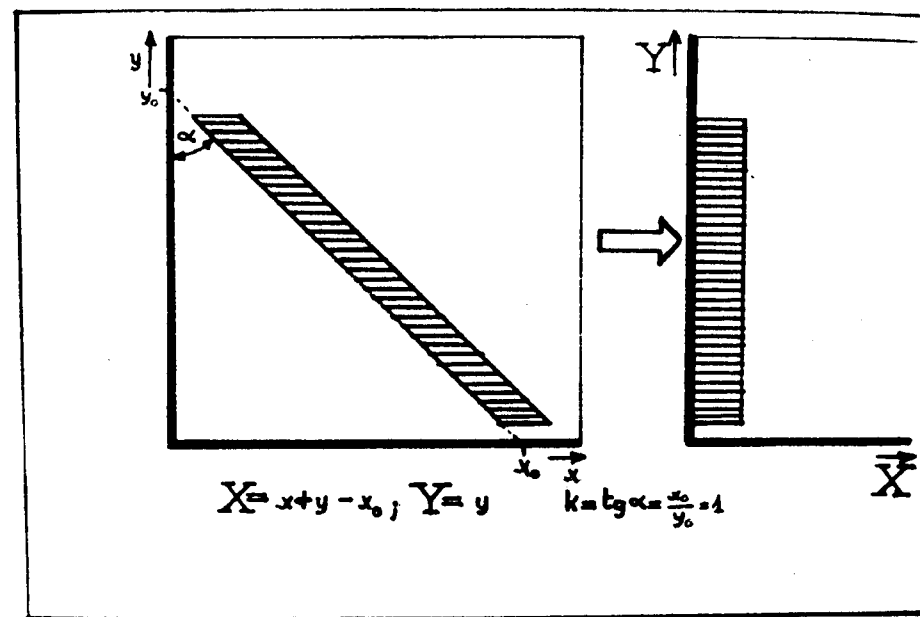


Рис. 1.

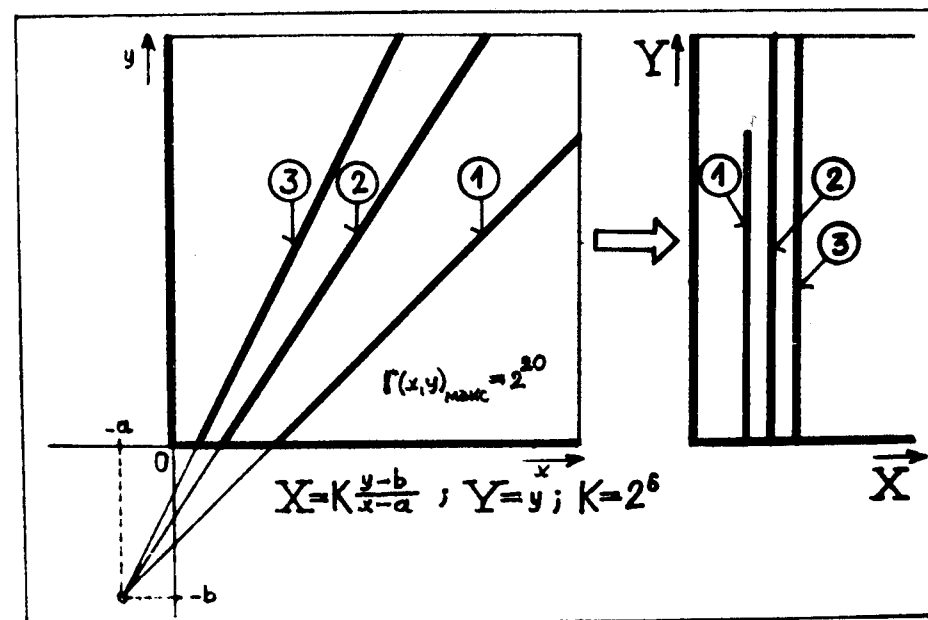


Рис. 2.

А.2. Гиперболические расположения

а) Информация расположена в виде $xy = \text{константа}$ (некоторые случаи идентификации частиц с помощью телескопов) - см. рис. 3.

Имеем

$$X = \frac{xy}{K}; \quad Y = y; \quad (4)$$

где K - константа.

б) Искаженные гиперболические расположения (общий случай идентификации частиц с помощью телескопов), см. раздел III

$$X = \frac{x-D}{\frac{1}{Y} + C}; \quad Y = y + Lx; \quad (5)$$

где D, L, C - константы.

А.3. Кольцеобразные расположения

При наличии кольцеобразных расположений информации (некоторые случаи идентификации трех частиц - см. рис. 4) можно использовать вместо поляр-координатного преобразования более простое преобразование. Например, если координаты центра кольца x_0, y_0 , внутренний радиус ρ_0 , толщина $\Delta\rho \ll \rho_0$, то используемое преобразование для одной четверти кольца можно записать в виде:

$$X = \rho_M - \rho_M \frac{x_0 - x}{y_0 - y}; \quad Y = \frac{1}{2} \left(\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}{\rho_0} - \rho_0 \right); \quad (6)$$

где внешний радиус $\rho_M = \rho_0 + \Delta\rho$. После линейризации полезно использовать различные типы цифровых окон, например:

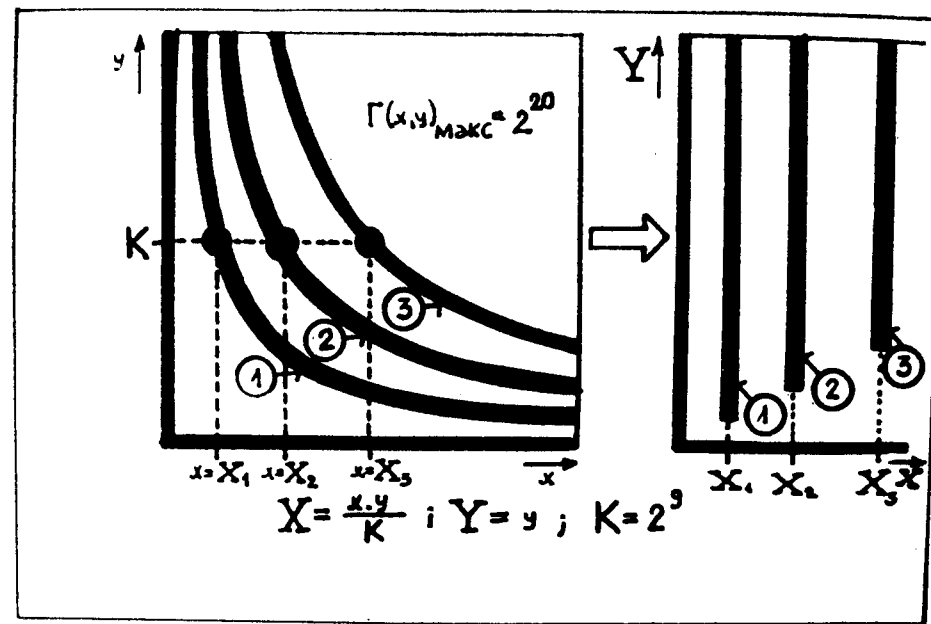


Рис. 3.

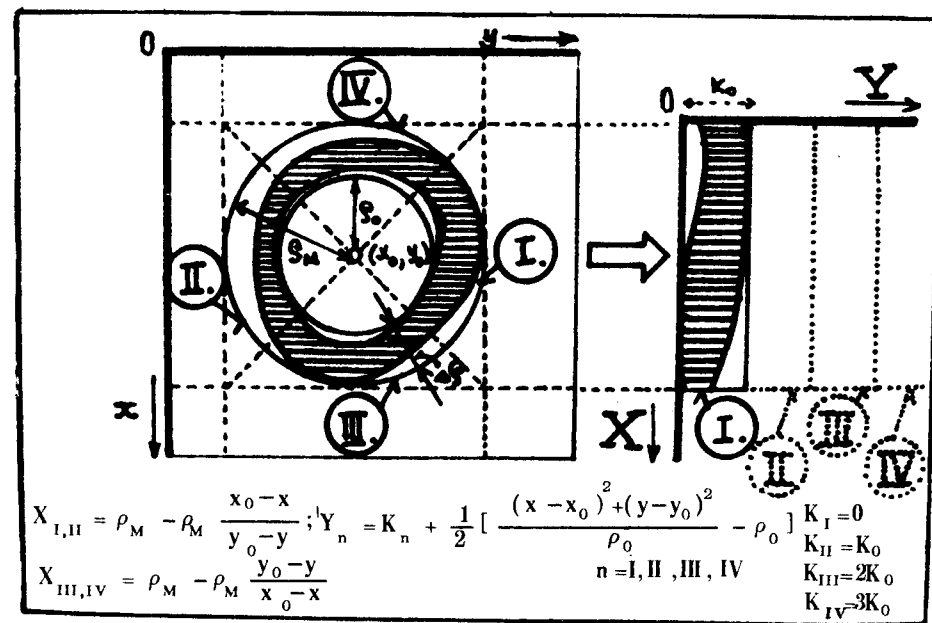


Рис. 4.

В.1. Обычное цифровое окно

а) Окно без сжатия.

В этом случае (см. рис. 5а) преобразование следующее:

$$I = X - A ; \quad A \leq X < A + \Delta A ; \quad (7)$$

$$J = Y - B ; \quad B \leq Y < B + \Delta B . \quad (8)$$

б) Окно с пропорциональным сжатием.

Используемое преобразование:

$$I = \frac{X - A}{Q} ; \quad A \leq X < A + \Delta A ;$$

$$J = \frac{Y - B}{Q} ; \quad B \leq Y < B + \Delta B ;$$

где Q - общий фактор сжатия.

В.2. "Эластичное" цифровое окно

В некоторых задачах необходимо линейно сжимать информацию с разными факторами сжатия вдоль осей; использование таких "эластичных" окон весьма полезно в случае телескопической идентификации частиц (см. рис. 5б и раздел III). Используемое преобразование:

$$I = \frac{X - A}{\xi} ; \quad A \leq X < A + \Delta A ; \quad (9)$$

$$J = \frac{Y - B}{\eta} ; \quad B \leq Y < B + \Delta B ; \quad (10)$$

где ξ и η - факторы сжатия вдоль осей.

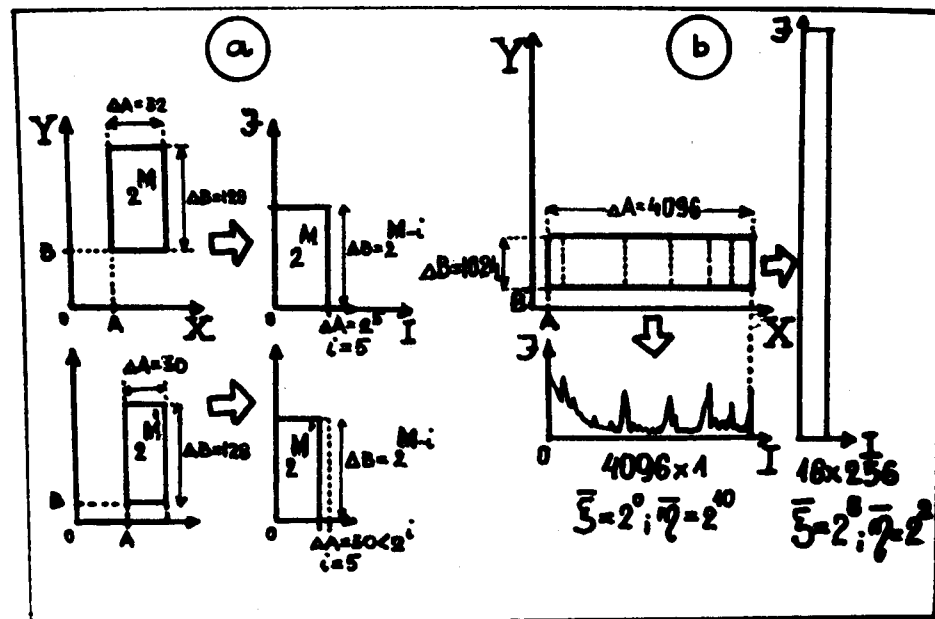


Рис. 5.

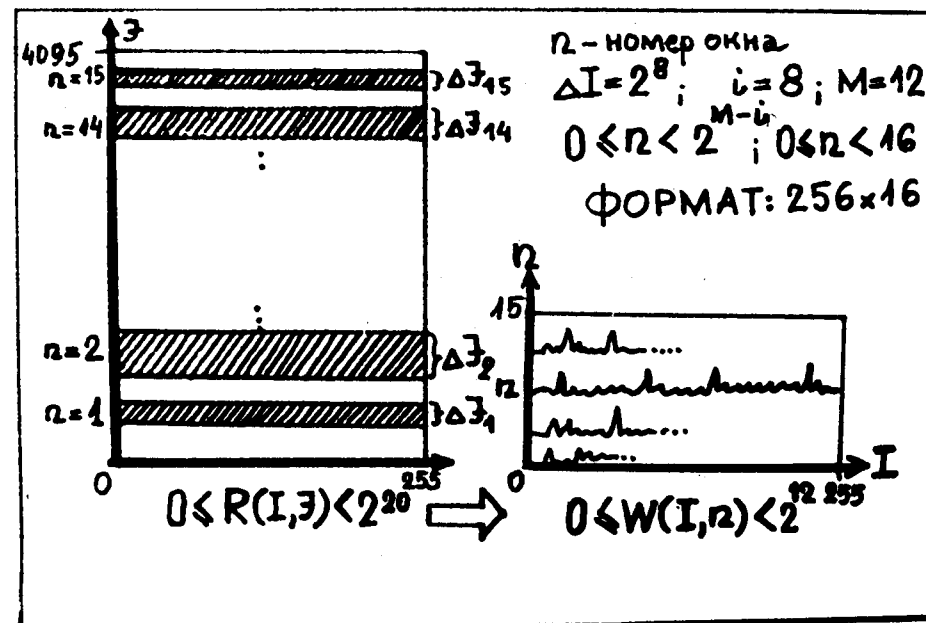


Рис. 6.

Окончательный адрес прямого интегрального анализа

$$W(I, J) = \langle J \rangle 2^i + \langle I \rangle, \quad \text{где} \quad (11)$$

$$\langle J \rangle = \text{entier}(J); \langle I \rangle = \text{entier}(I),$$

i - число бинарного формата.

В.3. Одновременное использование нескольких "эластичных" окон

а) Если требуется одновременно несколько окон с различными факторами сжатия, то в общем случае используется преобразование такого типа:

$$W_n(I_n, J_n) = S_n + J_n \Delta I_n + I_n < 2^M, \quad (12)$$

где 2^M - количество каналов памяти, n - номер окна; ($n = 0, 1, 2, \dots$)

$$I_n = \left\langle \frac{X_n - A_n}{\xi_n} \right\rangle; \quad \text{если } A_n \leq X_n < A_n + \Delta A_n;$$

$$J_n = \left\langle \frac{Y_n - B_n}{\eta_n} \right\rangle; \quad \text{если } B_n \leq Y_n < B_n + \Delta B_n;$$

$$\Delta I_n = \left\langle \frac{\Delta A_n}{\xi_n} \right\rangle;$$

$$\Delta J_n = \left\langle \frac{\Delta B_n}{\eta_n} \right\rangle;$$

$$S_n = \begin{cases} 0; & \text{если } n = 0; \\ \sum_{k=0}^{n-1} \Delta I_k \Delta J_k; & \text{если } n \neq 0. \end{cases}$$

б) В большинстве случаев требования более простые. Например, в случае $y-y$ совпадений, если необходимо вдоль нескольких пиков (окон) оси J получить энергетическое распределение параметра I всех совпадающих частиц (см. рис. 6), то можно применить следующее преобразование:

$$W_n(I_n, p) = n2^i + I, \quad \text{если } B_n \leq J_n < B_n + \Delta B_n \quad \text{и} \quad 0 \leq I_n < 2^i. \quad (13)$$

Если количество каналов памяти 2^M , то максимальное число окон 2^{M-1} и номер окна n меняется: $0 \leq n < 2^{M-1}$.

С незначительной потерей запоминающих мест можно реализовать такое преобразование и на анализаторах АИ-2048, АИ-4096, АИ-16000 при помощи относительно простой программы, состоящей из 60 зашитых тактов. Эта программа обеспечивает и то, что при достижении данного числа в каналах производится автоматически вывод накопленных данных и после очистки ОЗУ снова продолжается режим измерения. Мертвое время анализа $T_M = 128$ мксек, но для отбора нежелательных дескрипторов $R(I, J)$ необходимо только $T_{M_0} = 28$ мксек. Выбор окон производится со световым карандашом. В знаковый разряд пишется "1", а в остальные старшие разряды - номер окна. Младшие разряды работают в режиме счетчика в интегральном анализе.

Если длина "счетчика" мала, то можно использовать метод косвенной адресации. В этом случае у помеченных каналов младшие разряды содержат окончательный адрес места прямого анализа.

В.4. Нелинейное сжатие

Если необходимо сжатие информации, то в большинстве случаев можно использовать следующее простое преобразование:

$$X = K_1 = \frac{K_3}{K_2 + x}, \quad (14)$$

где K_1, K_2, K_3 - константы. Здесь, как видно, необходима только одна "длинная" операция (деление). На рис. 7 показан характер преобразования в случае $K_3 = K_1 K_2$.

Для выполнения используемых выше арифметических действий можно использовать распространенные в ОИЯИ многомерные анализаторы АИ-2048, АИ-4096, АИ-16000 благодаря их многообразным возможностям /6,7,8/.

III.

Для ознакомления с конкретным использованием метода линейного преобразования кода представим в виде короткого обзора эксперимент, произведенный в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сущностью эксперимента являлась идентификация частиц тяжелых ионов телескопом. Основная зависимость, используемая в эксперименте

$$\Delta E \cdot E = K(E) \cdot M \cdot Z^2, \quad (15)$$

где E - энергия частицы, падающей в телескоп, ΔE - потеря энергии в первом детекторе телескопа D_1 , M - масса частицы, падающей в телескоп, Z - атомное число той же частицы, $K(E)$ - фактор, слабо зависящий от энергии; его величина в основном определяется материалом и толщиной детектора D_1 .

В случае обычного прямого двумерного интегрального анализа измеряются совпадающие величины ΔE и $E' = E - \Delta E$, получаемые от детекторов D_1 и D_2 . Так как фактор $K(E)$ в первом приближении считается не зависящим от энергии, то точки, соответствующие различным ионам, расположены вдоль разных гипербол в координатной системе $(\Delta E, E)$.

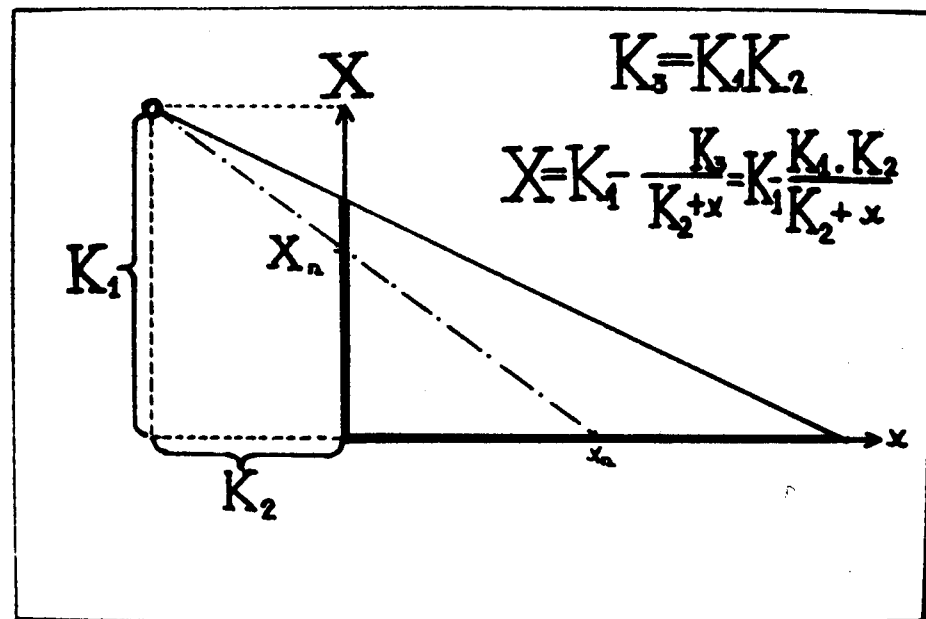


Рис. 7.

Данные кривые имеют гиперболический характер и в координатной системе $(\Delta E, E')$, где $E' \approx k \frac{1}{\Delta E} - \Delta E$.

В реакции тяжелых ионов частицы имеют большую массу и энергию, поэтому разрешающая способность системы приблизительно 10^{-3} .

Исходя из основных факторов: ограниченного количества каналов и гиперболического характера полученной картины (где непосредственное использование обычного прямоугольника окна не экономично), авторы применяли цифровое окно после предварительной линеаризации в режиме "на линии".

С целью определения необходимого преобразования были проведены расчеты на основании результата Northcliffe, полученного для пробегов тяжелых ионов [9], и было создано следующее полезное для разработки приближение

$$S_0 = \frac{\Delta E - d}{\frac{1}{E} + c}, \quad (16)$$

где S_0 - число идентификации (характерная постоянная по каждому изотопу при данном детекторе D_1); d и c - постоянные, которые в основном определяются материалом и толщиной детектора D_1 . При правильном выборе постоянных d и c отклонение от идеальных вертикальных линий является всегда дробной частью расстояния, находящегося между линиями соседних изотопов.

Блок-схема измерения, использующего метод преобразования кодов в режиме "на линии" анализатора АИ-4096-3, показана на рис. 8.

Импульсы детекторов через усилители Y_x и Y_y и линии задержки ЛЗ_x и ЛЗ_y поступают на вход преобразователей, работающих в режиме совпадения. Выходы усилителей одновременно соединены и со входами дифференциальных дискриминаторов ДД_x и ДД_y. Блок запрета, состоящий из ДД_x, ДД_y и схемы совпадения СС₁, запрещает преобразо-

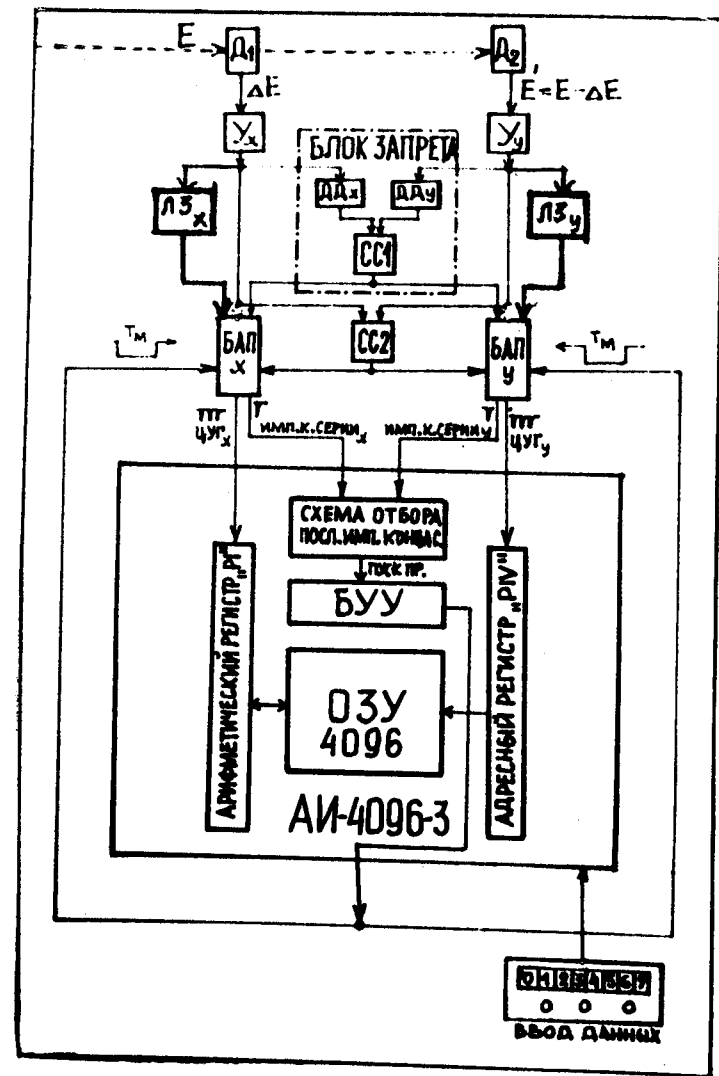


Рис. 8.

вание в выбранном диапазоне измеряемого поля и, таким образом, исключает большую нагрузку, происходящую от упругого пика.

Блок 1024-канального амплитудного преобразователя БАП_х передает свой код (в форме последовательного цуга импульсов) на счетный вход арифметического регистра РI, а 1024-канальный преобразователь БАП_у - на счетный вход адресного регистра РIV. Последний импульс конца серии, полученный при помощи схемы отбора, обеспечивает пуск программы, защитой в программной матрице АИ-4096-3. При помощи импульса мертвого времени Т_м анализатор сам запрещает преобразование во время выполнения программы.

В случае использования идеальных преобразователей число импульсов цуга

$$x' = a_x \Delta E; \quad (17)$$

$$y' = a_y (E - \Delta E); \quad (18)$$

где a_x и a_y - факторы преобразования, $\left[\frac{\text{число импульсов}}{\text{мэВ}} \right]$; E и ΔE - энергии, [мэВ] .

Из выражений (17) и (18) получаем:

$$E = \frac{1}{a_y} (y' + \frac{a_y}{a_x} x') = \frac{1}{a_y} (y' + Lx'); \quad (19)$$

$$\text{где } L = \frac{a_y}{a_x} \quad (20)$$

- фактор отношения преобразований. Из выражений (16), (17), (18), (19)

$$S_0 = \frac{\frac{x'}{a_x} - d}{\frac{a_y}{y' + Lx'} + c}. \quad (21)$$

Целесообразно использовать вместо параметров E и S_0 параметры Y и X по следующим формулам:

$$Y = a_y E = y' + Lx' \quad (22)$$

$$X = \frac{a_x \cdot a_y}{2^z} S_0 = \frac{x' - D}{\frac{2^z}{Y} + C}; \quad (23)$$

где

$$D = a_x \cdot d; \quad (24)$$

$$C = \frac{2^z}{a_y} \cdot c; \quad (25)$$

z - фактор нормализации. Так как действительные преобразователи БАП_х и БАП_у могут иметь определенный пьедестал a и b (место их "нулевого" импульса не обязательно совпадает с нулевой энергией), то получаем:

$$x = x' - a = a_x \Delta E - a;$$

$$y = y' - b = a_y (E - \Delta E) - b;$$

и в окончательной форме:

$$Y = y + b + L(x + a); \quad (26)$$

$$X = \frac{x + a - D}{\frac{2^z}{Y} + C}. \quad (27)$$

В результате преобразований (26) и (27) поле гиперболических дескрипторов $\Gamma(x, y)$ переходит в поле ортогональных дескрипторов $R(X, Y)$, где параметр Y - линейно пропорциональный с энергией E , и X - линейно пропорциональный с числом идентификации S_0 , значение которого характеризует разные изотопы.

Можно доказать, что при условиях:

$$D > -2^9;$$

$$0 < L < 1 - 2^{-17};$$

$$0 < C < 2^{-4};$$

$$35 \leq y' = y + b \leq 1200;$$

$$x' = x + a \leq 1200;$$

с выбором $z = 5$ можно выполнять нужные арифметические действия не только фиксирующей запятой, но и без всякого контроля переполнения регистров анализатора АИ-4096-3 и без контроля выполнения условия деления (это имеет значение с точки зрения простоты программы).

Объем поля линейных дескрипторов $R(X, Y)$ очень большой. Например, в случае $z = 5$, $C = 7,36 \cdot 10^{-3}$, $D = 8$, $L = \frac{1}{3}$; $x'_{\text{макс}} = y'_{\text{макс}} = 2^{10}$;

$$Y_{\text{макс}} = (y + b)_{\text{макс}} + L(x + a)_{\text{макс}} = 2^{10} + \frac{2^{10}}{3} \approx 1365;$$

$$X_{\text{макс}} = \frac{(x + a)_{\text{макс}} - D}{\frac{2^z}{Y_{\text{макс}}} + C} = \frac{2^{10} - 8}{\frac{32}{1375} + 7,36 \cdot 10^{-3}} \approx 33 \cdot 10^3.$$

Объем поля $R(X, Y)_{\text{макс}} = Y_{\text{макс}} \cdot X_{\text{макс}} = 1365 \cdot 33 \cdot 10^3 \approx 45 \cdot 10^6$ каналов. Как видно, для регистрации поля линейных дескрипторов $R(X, Y)$ был бы необходим мегаканальный анализатор. Но это поле уже содер-

жит информацию вертикального расположения, поэтому можно использовать метод цифрового окна. Использование "эластичного" цифрового окна (см. зависимости (9), (10), (11)) разрешает не только определение окна с точностью одного канала, но и получение результата в любых форматах, т.е. в условиях использования различных факторов сжатия вдоль оси X и вдоль оси Y .

В том случае, если окно определяется в координатной системе (X, Y) целыми числами $A, B, \Delta A, \Delta B$, желаемый формат $2^i \times 2^{M-1}$ (в случае 4096-канального анализатора $M=12$) и с целью упрощения программы используются бинарные факторы сжатия ($\bar{\xi} = 2^{\xi}$; $\bar{\eta} = 2^{\eta}$), то действительным адресом интегрального анализа служит

$$W(I, J) = J \cdot 2^i + I < 4080; \quad (28)$$

где

$$0 \leq I = \left\langle \frac{X - A}{2^{\xi}} \right\rangle < \left\langle \frac{\Delta A}{2^{\xi}} \right\rangle; \quad (29)$$

$$0 \leq J = \left\langle \frac{Y - B}{2^{\eta}} \right\rangle < \left\langle \frac{\Delta B}{2^{\eta}} \right\rangle; \quad (30)$$

$$\xi = \langle \log_2(2 \Delta A - 1) \rangle - i; \quad (31)$$

$$\eta = \langle \log_2(2 \Delta B - 1) \rangle - (12 - i); \quad (32)$$

и обозначение символа: $\langle f \rangle$ - entier(f). Как видно из зависимости (28), распределение памяти такое, что 4080 каналов служат для интегрального анализа и только последние 16 каналов заняты константами и промежуточными результатами. Программа контролирует результат

действия $x+a-D$ с целью выбора любого положительного значения константы D . Если этот результат является отрицательным, то прекращается дальнейшая обработка. Таким же образом переходит программа в стартовую точку в том случае, когда полученный дескриптор $R(X, Y)$ не входит в рамку окна или окончательный адрес $W(I, J) \geq 4080$. Запись изменения и контроль констант осуществляются при помощи простого пишущего аппарата /10/.

Используемая в ОИЯИ программа содержит меньше двухсот защитных тактов. Заметим, что некоторым расширением программы можно уменьшать время отбора нежелательных информации до 100 мксек, и организовать возможности для многообразного контроля анализатора в режиме выполнения программы. На рис.9 показана такая расширенная форма программы, выполнение которой требует ≈ 3 мсек при частоте тактового генератора $f = 250$ кгц. На рисунке видно и расположение констант в составе одного простого контрольного режима (контроль 1), когда в течение ≈ 15 сек программа выполняется 4 тысяч раз так, что у каждого выполнения оба деления выполняются различными комбинациями. После окончания контрольного режима программа автоматически останавливается, и полученная картина непосредственно показывает или нормальную работу анализатора, или те комбинации из выполненных 8000 разных делений, где ошибочно работал анализатор. Для реализации вышеописанной программы авторы использовали только две новых микрокоманды. Для сброса построена специальная программа, состоящая из 10 тактов, которая при нажатии кнопки "сброс" очищает только первые 4080 каналов ОЗУ. У расширенной программы очищаются первые 4079 каналов, а потом программа отмечает (при помощи признаков) зоны дескрипторов, падающих внутри кода. На рис. 10 можно видеть результат одного измерения, произведенного при помощи этой программы, методом преобразования кодов в режиме "на линии", а раз-

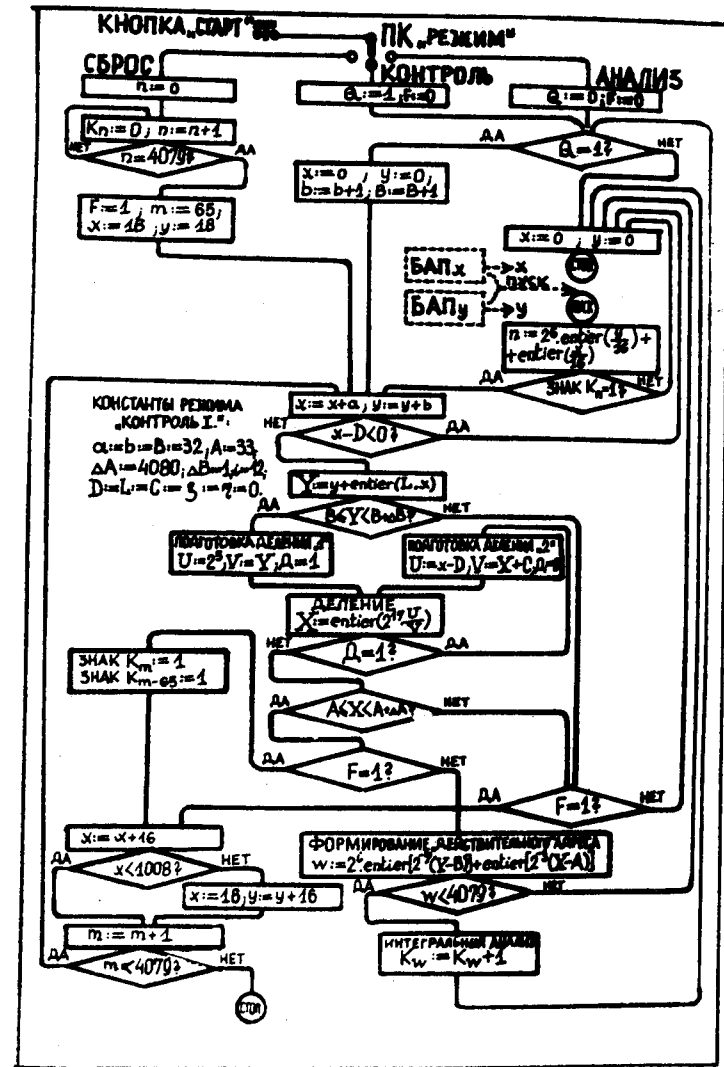


Рис.9.

решающая способность экспериментального оборудования $\approx 7\%$. Рис.11 покажет результат имитирующего измерения, где вместо телескопа использовались импульсные генераторы.

Л и т е р а т у р а

1. G.C. Best. Associative Storage with a Small Computer. IEEE. TNS. June 1966, p. 566-570.
2. V. Souček, R.J. Spinrad. Megachannel Analyzers. IEEE. TNS. February 1966, p. 183-191.
3. Ю.Д. Федоров, А.М. Шиманский. Автоматизация физических измерений на ЦВМ БЭСМ-3М. Препринт НИИАР П-14, Мелекесс, 1968.
4. V. Souček. List Retrieval for Computer-Associative Analyzers. IEEE. TNS. June 1966, p. 571-577.
5. И. Ланг, Ф.Тере, Л.Сани, Б.В. Фефилов, Л.П. Челноков. Ассоциативный режим анализа на АИ-4096 с использованием внешней памяти. Препринт ОИЯИ 10-3632, Дубна, 1967.
6. Техническое описание системы АИ-16000 и АИ-4096.
7. А.Ф. Белов и др. Цифровая система накопления и обработки информации (АИ-2048). Атомиздат, Москва, 1963.
8. С.С. Курочкин. Многомерные статистические анализаторы. Атомиздат, Москва, 1968.
9. L.C. Northcliffe. Energy Loss and Effective Charge of Heavy Ions in Aluminium. Phys.Rev., 120, 1960, p. 1744-1757.
10. В.И. Вакатов, И. Ланг, Ф.Тере. Устройство для индикационного контроля данных и ввода их в анализатор АИ-4096-3. Сообщение ОИЯИ 11-4342, Дубна 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июля 1969 года.

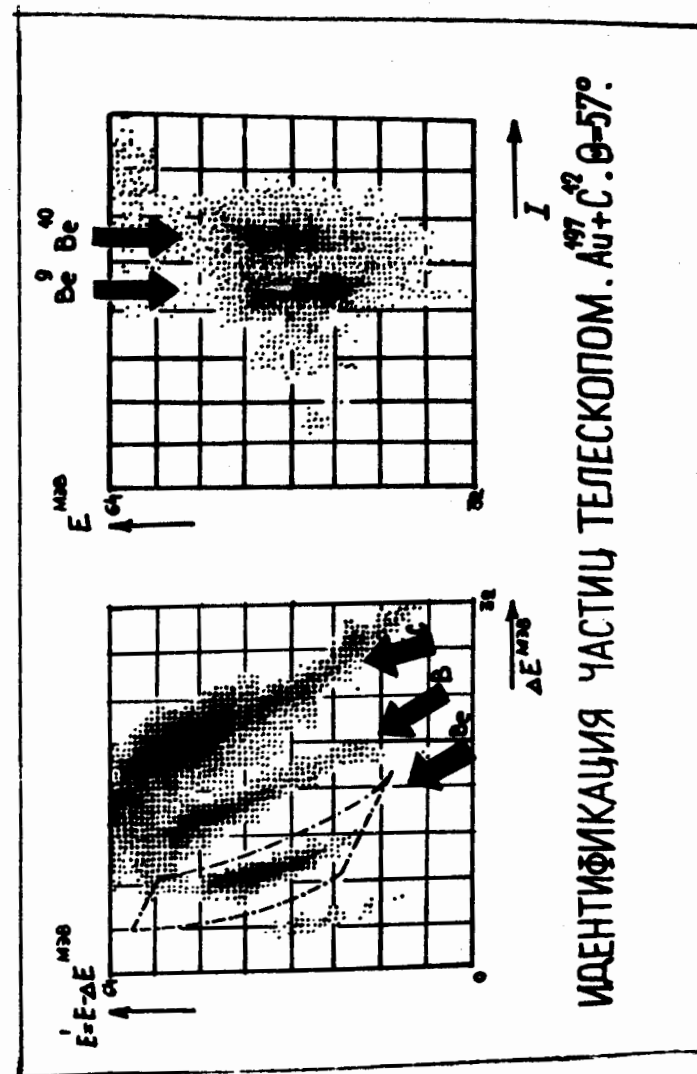


Рис. 10.



Рис. 11.