

СЗУЧ.Зс  
Н-581

24/11

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



4626/2-73

13 - 7288

О.К.Нефедьев, В.Шульце

ДВУХПАРАМЕТРОВЫЙ АНАЛИЗАТОР  
С ЦИФРОВЫМИ ОКНАМИ НА ЛИНИИ  
С МАЛОЙ ЭВМ ТРА-1001

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

13 - 7288

О.К.Нефедьев, В.Шульце

ДВУХПАРАМЕТРОВЫЙ АНАЛИЗАТОР  
С ЦИФРОВЫМИ ОКНАМИ НА ЛИНИИ  
С МАЛОЙ ЭВМ ТРА-1001

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Нефедьев О.К., Шульце В.

13 - 7288

Двухпараметровый анализатор с цифровыми окнами на линии с малой ЭВМ ТРА-1001

Описывается система многопараметровых измерений для ядерно-спектроскопических исследований на пучке ускорителя тяжелых ионов У-300.

Система состоит из измерительной аппаратуры для исследования  $\gamma\gamma$ -совпадений и времен жизни ядерных уровней, а также регистрирующей аппаратуры, в состав которой входит двухмерный анализатор с цифровыми окнами, работающий на линии с малой ЭВМ ТРА по каналу прямого доступа в оперативную память машины.

Часть памяти ЭВМ используется для программ контроля, визуального представления данных, вывода и предварительной обработки результатов измерения в ходе эксперимента.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований  
Дубна, 1973

## 1. Введение

Характерной чертой современной экспериментальной ядерной физики является проведение комплексных многопараметровых исследований ядерных процессов и явлений. Многопараметровые измерения не только позволяют более эффективно выполнять эксперименты на современных ускорителях но также открывают новые возможности для изучения сложных или очень слабых процессов, которые происходят с образованием нескольких частиц и квантов.

Часто только с помощью определенных энергетических, временных, пространственных или других корреляций возможно отделить слабые явления от большого фона более сильных процессов. Для этих целей необходима специальная многопараметровая измерительная аппаратура. В измерительном комплексе малые вычислительные машины занимают важное место и используются для приема данных от физической установки, их регистрации и предварительной обработки.

В настоящей работе описана измерительная и регистрирующая аппаратура для двухмерных измерений  $\gamma\gamma$ -совпадений и двухмерных временно-амплитудных измерений, которые проводятся на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300 Лаборатории ядерных реакций. Для этих экспериментов характерны большие плотности изучаемых событий и необходимость значительного числа каналов для регистрации  $\gamma\gamma$ -спектров, измеренных с помощью германиевых детекторов, имеющих высокое энергетическое разрешение.

В этих условиях, например для определения полного спектра  $\gamma\gamma$ -совпадений в области энергии 0-1000 кэв, требуется объем памяти регистрирующего устройства порядка  $1024 \times 1024$ , т.е.  $\approx 10^6$  каналов.

Ввиду отсутствия такого запоминающего устройства выбран метод регистрации, при котором осуществляется предварительный отбор поступающих событий по определенным, заранее установленным значениям одного из параметров. Такой отбор возможен для ряда экспериментов, в которых исследуемые события локализируются не по всему диапазону изменения параметров, а лишь в определенных его областях /окнах/. В связи с этим, незначительно уменьшая полноту информации, регистрируется не весь спектр совпадения, а только выбранные заранее экспериментатором области в нем.

Измерение, анализ, отбор и сжатие экспериментальной информации осуществляются двухпараметровым анализатором с цифровыми окнами на линии с малой ЭВМ ТРА-1001, оперативная память которой используется для накопления и поканальной сортировки отобранной информации в ходе эксперимента.

Включение ЭВМ в измерительный тракт позволило экспериментатору осуществлять предварительную обработку данных в ходе эксперимента, представлять данные на экране осциллографа в удобном для него виде, оценивать ход эксперимента, оперативно в него вмешиваться, меняя условия и давая новые указания операционной системе /1/.

Данная аппаратура работает в Лаборатории ядерных реакций с 1972 года. Она вошла составной частью в комплекс измерительных систем накопления и обработки данных, первые из которых функционируют в лаборатории с 1969 года /2/.

## 2. Измерительная аппаратура для исследования $\gamma\gamma$ -совпадений и времен жизни ядерных уровней на пучке ускорителя У-300

Блок-схема измерительной аппаратуры для исследования  $\gamma\gamma$ -совпадений с помощью двух германиевых детекторов представлена на рис. 1.

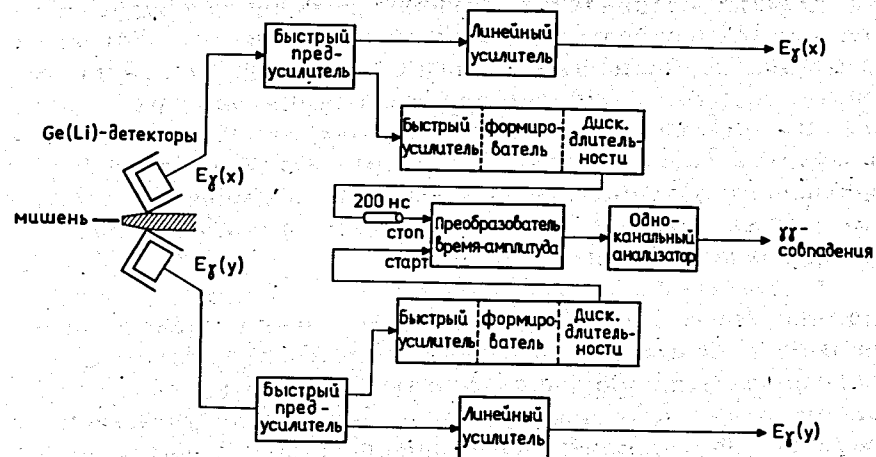


Рис. 1. Блок-схема измерительной аппаратуры для исследования  $\gamma\gamma$ -совпадений на пучке ускорителя тяжелых ионов.

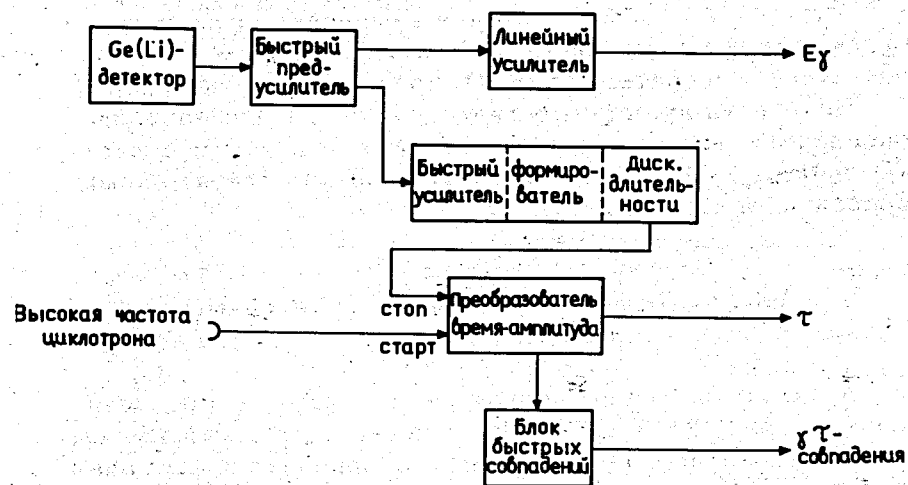


Рис. 2. Блок-схема измерительной аппаратуры для исследования времен жизни ядерных уровней на пучке ускорителя тяжелых ионов У-300.

Спектрометрические сигналы с каждого предусилителя -/3/ поступают на линейные усилители, которые работают в условиях больших и быстро меняющихся нагрузок, что характерно для экспериментов на работающих в импульсном режиме ускорителях. Быстрые сигналы с предусилителей подаются для предварительного отбора совпадающих событий на быстрый временной тракт, состоящий из быстрого усилителя, формирователя и дискриминатора длительности /4/.

С помощью время-амплитудного конвертора и одноканального анализатора из временного спектра выделяются совпадающие или задержанные события. Выходной сигнал одноканального анализатора используется затем в качестве логического сигнала для управления работой двухпараметрового анализатора с цифровыми окнами. При помощи этой аппаратуры с двумя германиевыми детекторами с объемом больше  $30 \text{ см}^3$  в эксперименте на пучке ускорителя для всего спектра  $\gamma$ -квантов с энергией больше  $50 \text{ кэВ}$  /при загрузках порядка  $10^4 \text{ сек}^{-1}$  / было получено временное разрешение лучше чем  $20 \text{ нсек}$ .

Блок-схема аппаратуры для измерения времен жизни возбужденных состояний ядер в наносекундном диапазоне на пучке ускорителя У-300 представлена на рис. 2.

Используя временную структуру пучка, она позволяет определить времена жизни ядерных уровней в области  $10 \text{ нсек} \leq \tau_{112} \leq 300 \text{ нсек}$ . Это улучшенный вариант схемы, описанной в работе /6/.

### 3. Регистрирующая аппаратура и ее основные параметры

Блок-схема регистрирующей аппаратуры представлена на рис. 3. В ее состав входит двухпараметровый анализатор с цифровыми окнами, отобранная информация с которого через коммутатор формата, промежуточный регистр поступает в устройство сопряжения /интерфейс/ анализатора и затем по каналу прямого доступа /автономный канал передачи данных/ - в оперативную память

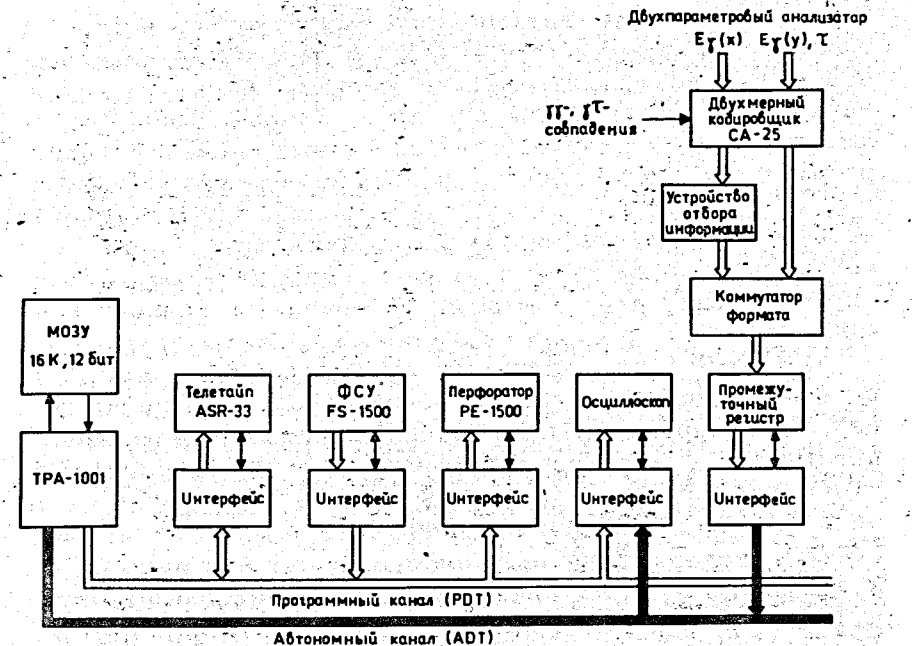


Рис. 3. Блок-схема регистрирующей аппаратуры для двух-мерного анализа спектров  $\gamma\gamma$ -совпадений и времен жизни ядерных уровней.

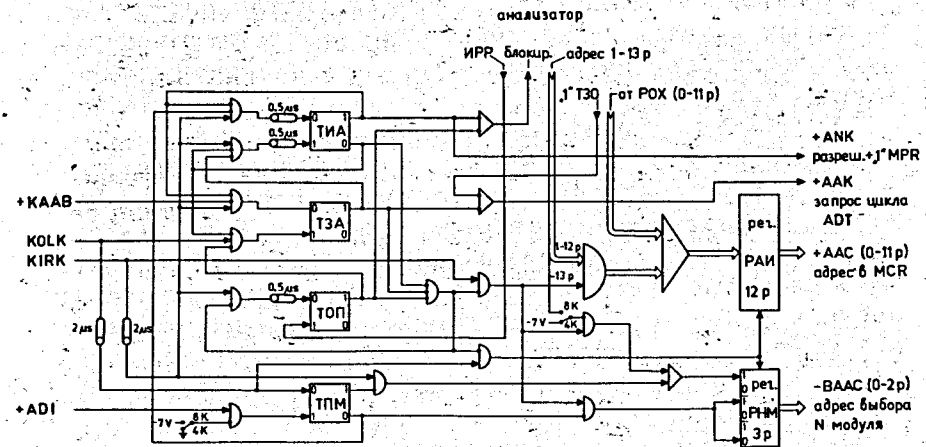


Рис. 4. Блок-схема интерфейса для связи двухпараметрового анализатора с ЭВМ ТРА-1001.

машины. На входы двухмерного амплитудного кодировщика СА-25 фирмы "INTERTEKNIK"/Франция/ анализатора подаются спектрометрические сигналы  $E_x(x)$ ,  $E_y(y)$  и управляющий логический сигнал  $r$ . В кодировщиках осуществляется преобразование аналоговых сигналов в цифровые коды  $X$  и  $Y$ . Время преобразования кодировщиков  $T_{пр} = /11 \pm 0,25 N /$  мксек, где  $N$  - число каналов, соответствующих регистрируемым амплитудам. Число используемых каналов для каждого параметра задается заранее. Так, при измерении спектров  $\gamma\gamma$ -совпадений можно работать с числом каналов до  $1024 \times 1024$ .

Цифровой код одного из параметров, например  $X$ , с кодировщика поступает в устройство отбора информации. Здесь происходит ограничение диапазона изменения параметра  $X$  заранее выбранными сечениями /окнами/ этого параметра. В устройстве можно установить от 1 до 8 сечений. Исходными данными для задания интересующих экспериментатора областей /сечений/ параметра  $X$ , значений их границ является однопараметровый интегральный спектр, накопленный в течение короткого интервала времени непосредственно перед началом эксперимента. С помощью операционной системы по командным приказам телетайпа на экране осциллоскопа обеспечивается представление спектра или статистически распределенных изучаемых величин, и по световым маркерам экспериментатор определяет значения границ в интересующих его сечениях.

Устройство отбора информации состоит из двух дискриминаторов верхних и нижних границ для 8 цифровых окон, диодной матрицы для установки кодов границ сечений, 8-разрядного регистра сдвига и 3-разрядного счетного регистра номера окна. В устройстве используются цифровые схемы отбора - цифровые дискриминаторы, поскольку для  $Ge(Li)$  детекторов, чтобы использовать их хорошее разрешение, окна должны быть довольно узки и стабильны, а это требование трудно выполнить, применяя аналоговые схемы.

В дискриминаторе нижних границ сравнивается входящий от кодировщика код  $X$  с заранее установленным кодом нижней границы окна -  $A$ , а в дискриминаторе

верхних границ сравнивается код  $X$  с установленным кодом верхней границы окна -  $B$ . Схемы сравнения кодов выработывают логический сигнал "1" /регистрация/, если

$$A \leq X \leq B.$$

Это свидетельствует о том, что зарегистрированная кодировщиком амплитуда находится внутри цифрового окна. Значения верхних и нижних границ для каждого из 8 цифровых окон устанавливаются на 16 горизонтальных шинах диодной матрицы с помощью штеккеров. 8-разрядный регистр сдвига управляет последовательным опросом значений  $A_i$  и  $B_i$  для  $i$ -го окна и их сравнением с кодом  $X$ . Опрос осуществляется каждые 5 мксек через вертикальные шины матрицы, т.е. время опроса всех 8 цифровых окон равно 40 мксек. Каждый импульс опроса увеличивает значение 3-разрядного счетного регистра номера окна на 1. При выполнении условия  $A_i \leq X \leq B_i$  /цифровой код  $X$  "попал" в  $i$ -окно/ код со счетного регистра и цифровой код с кодировщика  $Y$  выдаются через коммутатор формата на промежуточный регистр, а оттуда трансформированный цифровой код поступает в интерфейс анализатора. Одновременно выдается сигнал разрешения регистрации /ИРР/ события в оперативной памяти ЭВМ.

Блок-схема интерфейса анализатора представлена на рис. 4. Он осуществляет режим интегрального анализа в течение одного-двух автономных циклов работы ТРА-1001 в зависимости от требуемой емкости канала  $/2^{12} - 1/$  или  $/2^{24} - 1/$ . Во время 10-микросекундного автономного цикла осуществляется выбор адреса номера канала в памяти, добавление "1" к содержимому выбранного канала и запись нового значения содержимого по этому же адресу.

На время автономного цикла программное управление работой ЭВМ приостанавливается без нарушения состояния основных программных регистров машины. Такой режим работы позволяет выполнять одновременно с регистрацией событий обработку, наблюдение и вывод данных, получаемых в ходе эксперимента.

Как указывалось выше, инициатором автономного

цикла является сигнал разрешения регистрации, выдаваемый с устройства отбора информации. Он осуществляет установку в "1" триггера окончания преобразования ТОП. С приходом в интерфейс из ЭВМ очередного импульса чтения "KOLK" устанавливается в "1" триггер записи /ТЗА/ и в машину посылается потенциал запроса автономного цикла +ААК. Задержанный на 2 мксек импульс чтения "KOLK" устанавливает в "0" регистр адреса интерфейса /РАИ/, а по импульсу записи "KIRK" трансформированный адрес номера канала с промежуточного регистра передается в РАИ. Одновременно на регистр номера модуля памяти /РНМ/ заносится код "2". Задержанный на 2 мксек импульс записи "KOLK" устанавливает в "1" триггер интегрального анализа /ТИА/, и в машину посылается потенциал запроса интегрального анализа +АНК. В течение автономного цикла адрес из РАИ и РНМ передается в адресный регистр памяти MCR и выбирается 2-й модуль. В буферный регистр памяти (MPR) из ОЗУ считывается содержимое переданного адреса 2-го модуля, добавляется "1", и новое значение содержимого записывается по этому же адресу.

При емкости канала  $/2^{24} - 1/$  накопление содержимого его 12 старших разрядов осуществляется в модуле "3" в течение второго автономного цикла. Это происходит тогда, когда имеется переполнение содержимого 12 младших разрядов выбранного канала, т.е. число событий  $n = 2^{12}$ . Из ЭВМ в течение первого автономного цикла в интерфейс выдается импульс переполнения +АДИ, по которому устанавливается в "1" триггер переполнения младших разрядов /ТПМ/. Очередным импульсом записи "KIRK" меняется номер модуля памяти со 2-го на 3-й /в регистре РНМ/, но не меняется значение адреса регистра РАИ. Во время второго автономного цикла в модуле 3 осуществляется интегральный анализ для старших разрядов канала.

Для поканальной сортировки спектра совпадения в ТРА-1001 отведено 8К ячеек ОЗУ. Это дает возможность регистрировать спектры с общим числом каналов, равным 4К при емкости канала  $/2^{24} - 1/$ , либо 8К при емкости канала  $/2^{12} - 1/$ . Оставшаяся часть оперативной

памяти ЭВМ емкостью 8К ячеек используется для программ визуального представления спектров, контроля, вывода и предварительной обработки данных в ходе эксперимента.

Время обработки легко вычислить при работе аппаратуры с ускорителем У-300, если определить максимальную загрузку ЭВМ при интегральном анализе. Примем среднее мертвое время кодировщика СА-25  $T_k$  равным 140 мксек, мертвое время устройства отбора информации для 8 окон  $T_0 = 40$  мксек, время регистрации события в ТРА при емкости канала  $/2^{24} - 1/$   $T_p = 20$  мксек. Таким образом,  $T_{\Sigma} = T_k + T_0 + T_p = 200$  мксек. Если регистрация событий происходит в течение  $T_y = 3000$  мксек при периоде манипуляции 4000 мксек, то число событий, зарегистрированных за 1 период, равно:  $n = T_y / T_{\Sigma} = 15$ . Собственное время регистрации в ЭВМ событий  $T_{pn} = \tau_p \cdot n = 20$  мксек  $\cdot 15 = 300$  мксек, т.е.  $\frac{300 \cdot 100}{4000} = 7,5\%$  машинного времени. Оставшиеся 92,5%

используются для выполнения программ предварительной обработки, вывода, контроля и визуального представления данных.

#### 4. Испытание аппаратуры в физическом эксперименте

Для испытания аппаратуры были измерены спектры  $\gamma\gamma$ -совпадения, которые образуются при радиоактивном распаде ядра иттербия  $^{169}\text{Yb}$ . Схема распада представлена на рис. 5.

Регистрация  $\gamma\gamma$ -спектров осуществлялась двухпараметровым анализатором в режиме  $8 \times 512$  каналов. Результаты эксперимента представлены на рис. 6. В верхней части этого рисунка приведен для сравнения также одномерный спектр  $\gamma$ -лучей ядра  $^{169}\text{Yb}$ . В соответствии со схемой распада  $^{169}\text{Yb}$  в спектрах  $\gamma\gamma$ -совпадений выделяются все те переходы, которые по времени жизни уровней должны давать спектры соответствующих  $\gamma$ -линий, например, сильные каскадные переходы 109,78 - 197,97 кэв и 130,7 - 177,24 кэв или слабые каскадные переходы 109,78 - 261 кэв.

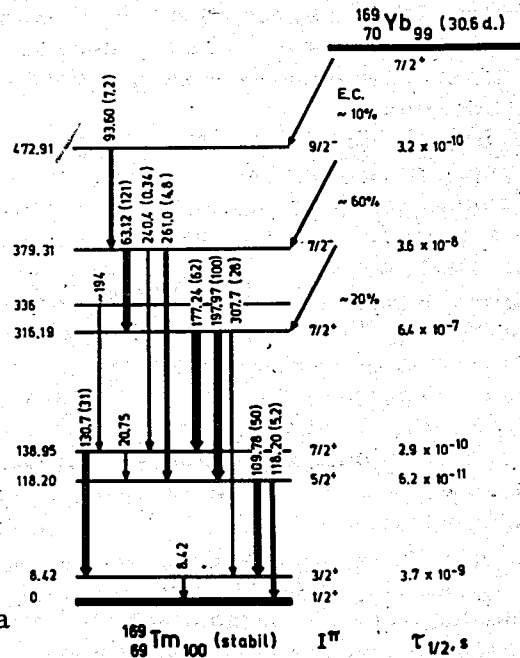


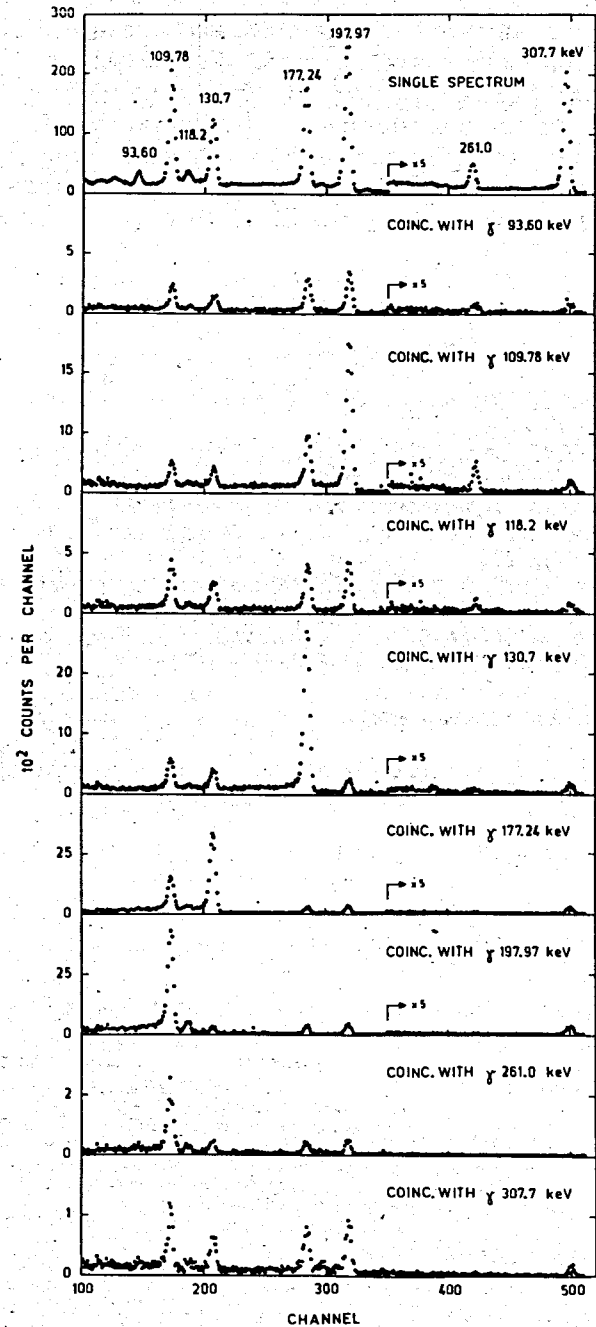
Рис. 5. Схема распада ядра  $^{169}\text{Yb}$  /7/.

Временное разрешение составляло в этих измерениях около 20 нсек, что позволило при большой загрузке детекторов /около  $10^4$  сек $^{-1}$  событий/ иметь относительно небольшое число случайных совпадений.

### 5. Заключение

Разработанная аппаратура может быть использована без каких-либо существенных изменений для проведения многопараметровых экспериментов типа измерений  $\frac{\Delta E}{\Delta X} \times E$ ,  $A \times T$  и т.д. Эксплуатация аппаратуры в течение года показала устойчивую и надежную ее работу.

Рис. 6. Двухмерный спектр  $\gamma\gamma$ -совпадений, измеренный при радиоактивном распаде ядра  $^{169}\text{Yb}$ .





Авторы выражают благодарность академику Г.Н.Фле-  
рову за поддержку этой работы, К.Г.Кауну и Ф.Стари  
за постановку задачи.

Авторы очень благодарны А.И.Калинину, К.Андерту  
и Ф.Габриелю за своевременное изготовление и нала-  
живание используемых в данной работе прецизионных,  
спектрометрических усилителей и быстрых временных  
трактов.

### Литература

1. И.Ланг, О.К.Нефедьев, Б.В.Фефилов. Сообщение ОИЯИ, 10-5536, Дубна, 1970.
2. И.Ланг, О.К.Нефедьев, Б.В.Фефилов. Сообщение ОИЯИ, 10-5296, Дубна, 1970.
3. А.И.Калинин. Препринт ОИЯИ, P13-6944, Дубна, 1973.
4. Yu.K.Akimov, K.Andert, A.I.Kalinin, H-G.Ortlepp. Nucl.Instr. & Meth., 104, p. 581 (1972).
5. К.Андерт, Ф.Габриель, А.И.Калинин. Препринт ОИЯИ, P13-7125, Дубна, 1973.
6. У.Хаземанн, В.Нойберт, Ф.Стари, В.Шульце. Сооб-  
щение ОИЯИ, P13-5801, Дубна, 1971.
7. C.M.Lederer, J.M.Hollander and I.Perlman. Table of Isotopes,  
New York, London, Sydney, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 июля 1973 года.