

1/11 71

M-801

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

604/а-71

P13 - 5485



**В.А. Морозов, В.И. Разов, В.И. Фоминых,  
В.М. Цупко-Ситников**

**ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ**

**ДВУМЕРНЫЙ АНАЛИЗАТОР  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕН ЖИЗНИ  
ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР  
МЕТОДОМ ЗАДЕРЖАННЫХ ГАММА-ГАММА  
СОВПАДЕНИЙ НА БАЗЕ ЭВМ "МИНСК-2"**

**1970**

P13 - 5485

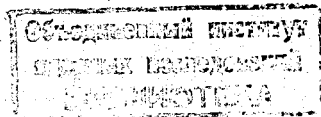
В.А. Морозов, В.И. Разов,\* В.И. Фоминых,  
В.М. Цупко-Ситников

**ДВУМЕРНЫЙ АНАЛИЗАТОР  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕН ЖИЗНИ  
ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР  
МЕТОДОМ ЗАДЕРЖАННЫХ ГАММА-ГАММА  
СОВПАДЕНИЙ НА БАЗЕ ЭВМ "МИНСК-2"**

Направлено в ПТЭ

---

\* Дальневосточный государственный университет



На базе ЭВМ "Минск-2" создана установка для двумерных измерений периодов полураспада возбужденных состояний ядер в наносекундном диапазоне. В установке использовались фотоумножители типа XP-1020 со сцинтилляторами NaJ(Tl) .

### Введение

Высокая эффективность регистрации гамма-лучей и временное разрешение NaJ(Tl) сцинтилляторов позволяют проводить в ряде случаев временные измерения в наносекундном диапазоне. Использование в ходе эксперимента вычислительной машины расширяет технические возможности установки, позволяет проводить двумерный временной анализ.

В данной работе описывается сцинтилляционная установка, основанная на методе гамма-гамма-совпадений, с помощью которой получено временное разрешение:

$$2\tau_0 = 1,89 \cdot 10^{-9} \text{ сек (1,17 + 1,33 Мэв) на источнике } {}^{60}\text{Co}$$

$$2\tau_0 = 2,56 \cdot 10^{-9} \text{ сек (515 + 511 кэв)}$$

$$2\tau = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ сек (100 + 511 кэв) на источнике } {}^{22}\text{Na}$$

а также проведены измерения периодов полураспада возбужденных состояний  ${}^{156}\text{Gd}$  .

## Аппаратура

### 1. Блок-схема установки

В установке применялись фотоумножители типа XP-1020 со спинтляторами NaJ (TI) размерами  $\phi$  40 x 40 мм. Блок-схема установки показана на рис. 1.

Сигналы для временного анализа снимались с анодов фотоумножителей и после формирования по длительности, осуществляемого с помощью ограничителей ( $\text{огр}_1, \text{огр}_2$ ) и формирователей ( $\Phi_1, \Phi_2$ ), поступали на время-амплитудный преобразователь (конв.  $t \rightarrow A$ ), после чего через эмиттерный повторитель ( $\text{ЭП}_3$ ) подавались на амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП-512) - "тракт" - А". Для выбора оптимальных условий измерений и калибровки конвертора в один из каналов введен магазин задержек (ЛЗ).

Сигналы для амплитудного анализа снимались с 9-го диода фотоумножителя и через эмиттерный повторитель ( $\text{ЭП}_1$ ), линейный усилитель ( $\text{ЛУ}_1$ ) и ( $\text{ЭП}_1$ ) поступали на амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП-4096) - "тракт Б". Дифференциальный дискриминатор осуществлял выбор энергетического "окна" в спектре "Б" либо работал как интегральный дискриминатор. В тракте "С" амплитудный сигнал с 9-го диода фотоумножителя через  $\text{ЭП}_2$   $\text{ЛУ}_2$   $\text{ЛИ}_2$  поступал на  $\text{ДД}_2$ , где происходила энергетическая выборка гамма-излучения, сопровождающего разрядку возбужденного ядерного состояния, период полураспада которого измерялся. Сигналы с выходов  $\text{ДД}_1$   $\text{ДД}_2$  и управляющего выхода конвертора подавались на медленную схему совпадений (МСС), которая осуществляла временное согласование сигналов от трактов "А", "Б", "С". После МСС сигнал совпадений, как сигнал управления, поступал на блок логического управления (БЛУ) двумерным анализом. Регистрация событий осуществлялась ЭВМ "Минск-2", в режиме двумерного анализатора с "цифровыми" окнами<sup>1/</sup>. В комплекс устройств входит

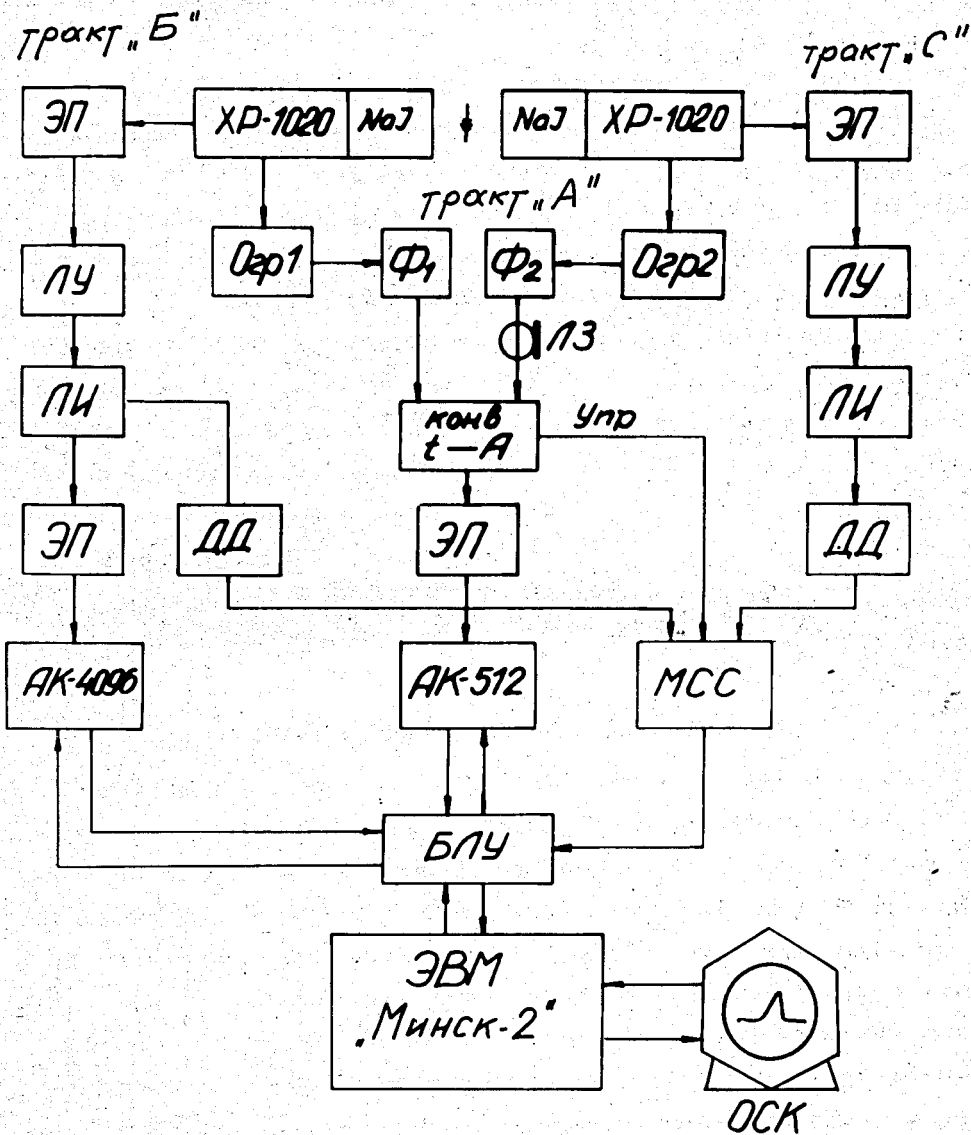


Рис. 1. Блок-схема двумерного анализатора.

осциллограф со световым карандашом (ОСК), позволяющий производить выбор цифровых окон и наблюдение регистрируемых спектров в процессе набора информации.

Двумерный временной анализ происходит следующим образом: в спектре "С"  $DD_2$  выбираются гамма-лучи, соответствующие переходам из исследуемых ядерных состояний. Спектр "Б" набирается в память ЭВМ и с помощью ОСК производится разметка цифровых окон, которые соответствуют гамма-лучам, идущим в каскаде с гамма-лучами в выбранном "окне" спектра "С". Всего можно разметить до 32 цифровых окон. После разметки окон начинается двумерный временной анализ, т.е. происходит набор  $n \leq 32$  временных спектров, каждый из которых определяется совпадением гамма-лучей, попадающих в "окно" спектра "С" и гамма-лучей  $n_1$  -цифрового окна, выбранного на спектре "Б". По окончании анализа информация записывается на магнитную ленту, сортируется и выводится на цифropечать. Подробно режим работы ЭВМ "Минск-2" как двумерного анализатора описан в работах <sup>/1,2/</sup>.

#### Характеристики отдельных узлов установки

Делитель фотоумножителя XP-1020, а также схемы ограничителей и эмиттерных повторителей приведены на рис. 2. В качестве формирователей  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  применены два последовательно включенных формирователя на туннельных диодах, что позволяет получить выходной сигнал с амплитудой, не зависящей от амплитуды входного сигнала <sup>/3/</sup>. Импульсы с формирователей амплитудой 1 вольт, длительностью 10 нсек через кабели задержки поступают на вход время-амплитудного преобразователя, работающего по "старт-стопному" принципу. Преобразователь собран по схеме, разработанной в Лаборатории ядерных проблем <sup>/4/</sup>. Применявшийся нами преобразователь имел диапазоны измерений ( 30,130,



350) нсек и 6,5 мсек. Электрическое разрешающее время преобразователя  $2\tau_{эл} = 12 \cdot 10^{-12}$  сек. Дифференциальная нелинейность конвертора в диапазонах 30, 130, 350 нсек  $\delta \leq 1\%$  в диапазоне 6,5 нсек  $\delta = 2,5\%$ . Измерение порогов срабатывания ограничителей, проведенное с помощью источников  $^{59}\text{Co} + ^{241}\text{Am}$ , показало, что  $U_{пор} \leq 30$  кэв. Одиночные спектры и спектры совпадений, полученные при управлении от ограничителей, приведены на рис. 3. Амплитудные тракты "Б" и "С" состоят из эмиттерных повторителей, линейных усилителей и инверторов, дифференциальных дискриминаторов. В качестве ЛУ<sub>1</sub> (тракт "Б") использовался УСТ-1, разработанный в Лаборатории ядерных проблем<sup>/5/</sup>. Схемы линейных инверторов и дифференциальных дискриминаторов собраны по схемам, разработанным в Лаборатории нейтронной физики для диапазона амплитуд от 0 до 10 вольт. Линейный усилитель ЛУ<sub>2</sub> (тракт "С") собран нами по схеме, представленной на рис. 4. Первый каскад (Т<sub>1</sub> - Т<sub>3</sub>) - инвертирующий с коэффициентом усиления 3; второй каскад Т<sub>4</sub> - Т<sub>7</sub> - каскад с постоянной базовой нагрузкой, усиление которого определяется сопротивлением в цепи коллектора и базовым потенциалом транзистора Т<sub>4</sub>. Применение такого каскада позволило улучшить линейность для сигналов большой амплитуды. Коэффициент усиления каскада - 10; полярность сигнала отрицательна, максимальная выходная амплитуда - 10 в. Для данного анализатора была разработана медленная схема совпадений, рис. 5. Она позволяет производить отбор двойных и тройных совпадений, получать сигнал управления по каждому каналу в отдельности и осуществлять плавную задержку сигнала в каналах от 0 до 10 нсек. Входные сигналы - отрицательной полярности, амплитудой  $\geq 0,5$  в, выходные импульсы - положительной и отрицательной полярности амплитудой 27 и 12 вольт, соответственно, длительность сигналов 5 мсек. Разрешающее время МСС в режиме двойных и тройных совпадений 2 мсек и 1,4 мсек, соответственно. Быстродействие каналов отбора проверялось от генератора двоек импульсов. Мертвое время не превышает 4 мсек.



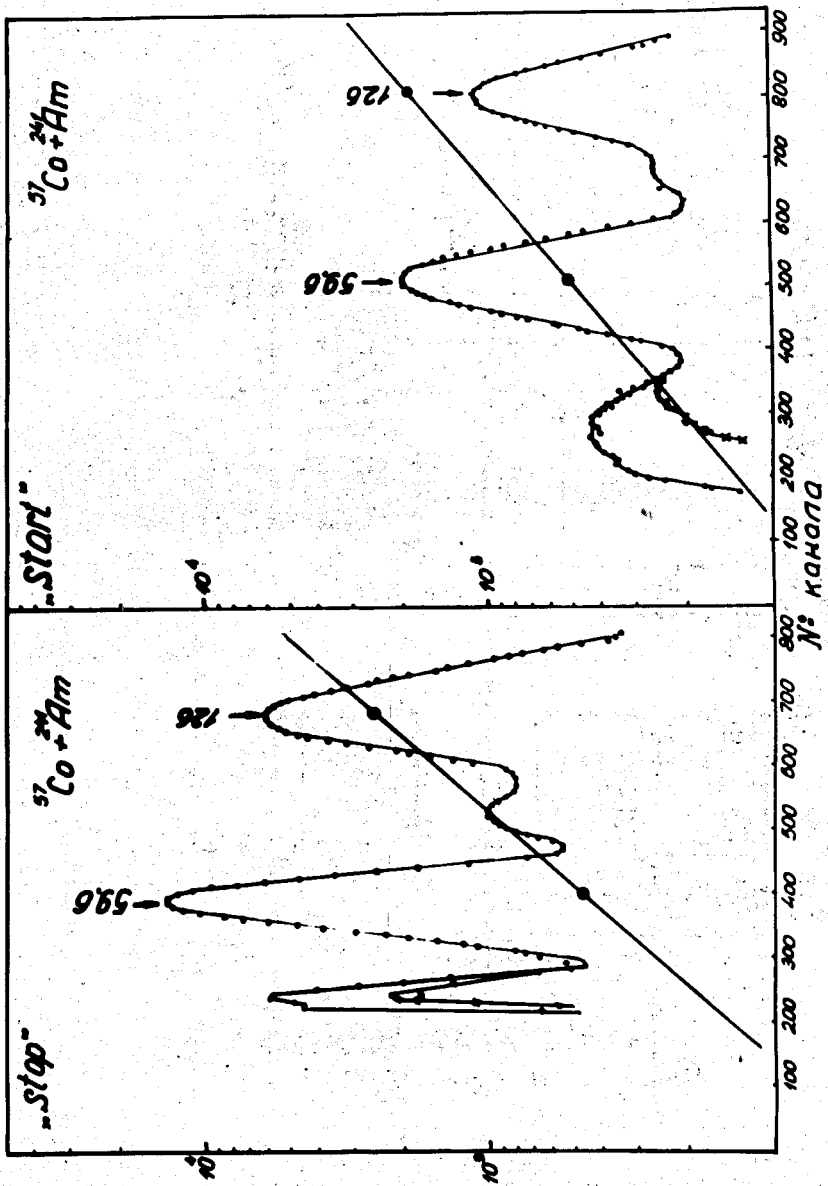


Рис. 3. Одночные спектры совпадений, полученные при управлении ворг анализатора сигналами ограничителей (источники  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ).

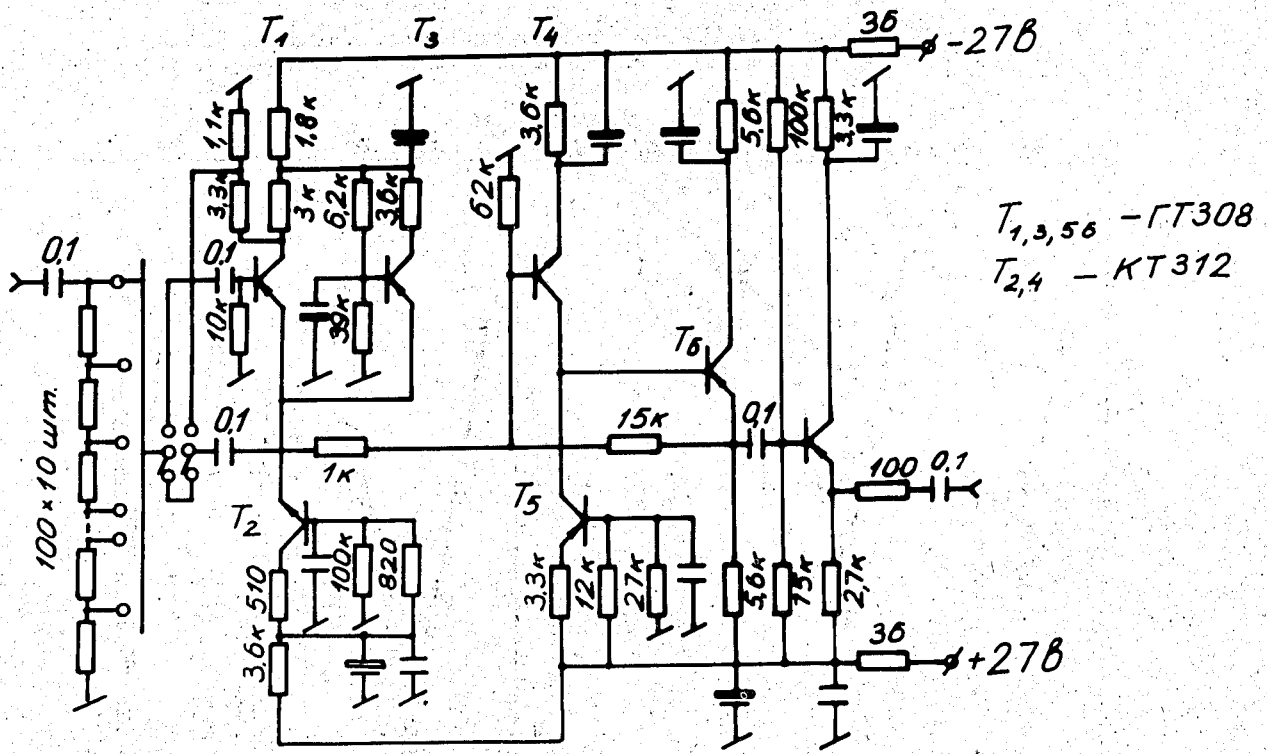
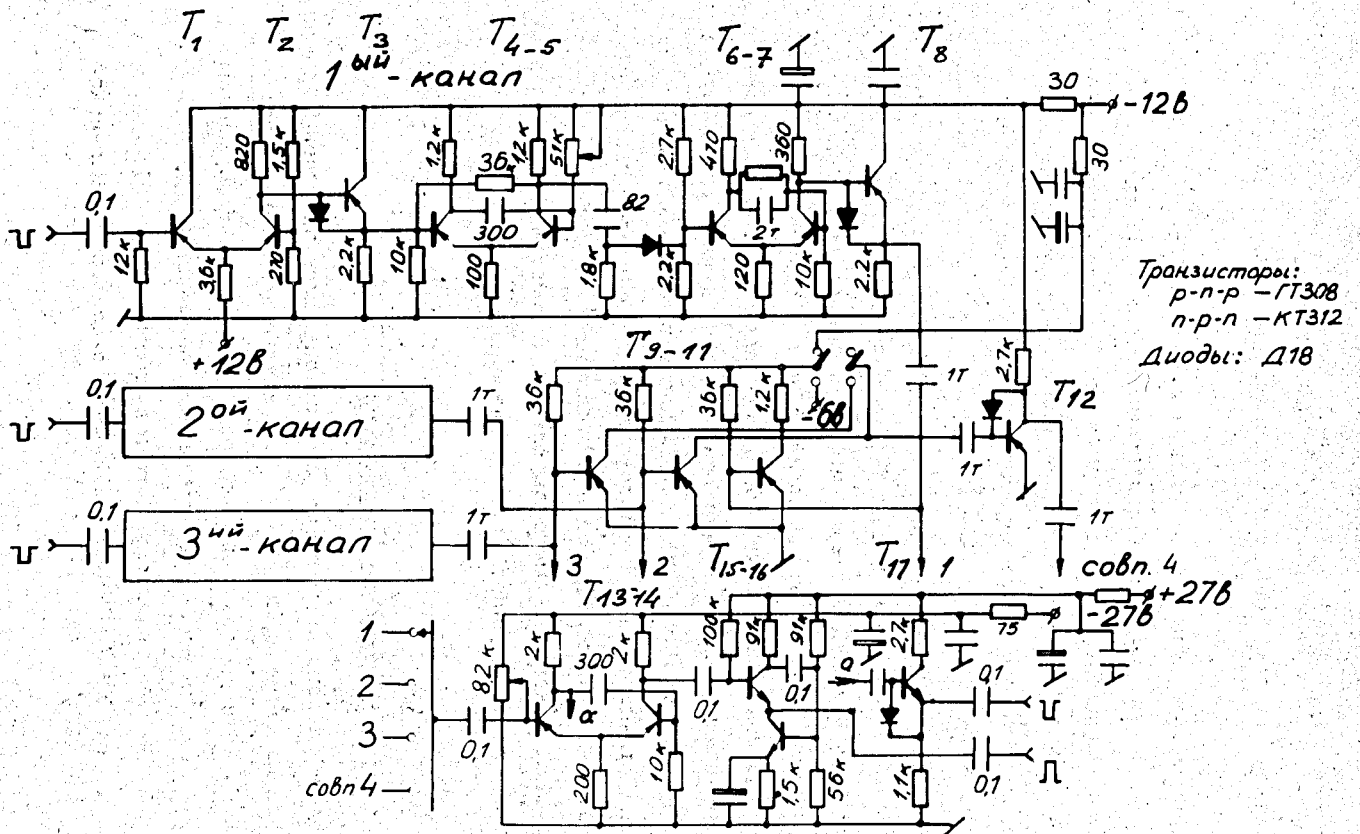


Рис. 4. Принципиальная схема линейного усилителя.



Для временного и амплитудного отбора фотоумножителей нами был разработан и собран генератор наносекундных импульсов, схема которого приведена на рис. 6.

В основу работы генератора положен известный принцип формирования сигнала: разомкнутый коаксиальный кабель, заряженный до определенного напряжения  $U_0$ , разряжается переключателем на ртутном реле через волновое сопротивление кабеля, при этом формируется электрический импульс с длительностью, определяемой электрической длиной кабеля и амплитудой  $\frac{U_0}{2}$ .

Генератор изготовлен в четырехканальном варианте, что позволило применять его не только при отборе ФЭУ и настройке быстрой логики установки, но и применять его как источник временных реперных сигналов, используемых при контроле аппаратурных и температурных сдвигов в опытах по измерению периодов полураспада возбужденных состояний ядер. Амплитуда выходных сигналов в каждом канале регулируется плавно и ступенями от 0,5 до 40 в. Полярность выходных сигналов положительная или отрицательная. Частота повторения сигналов плавно регулируется от 40 до 70 гц. Длительность фронта  $\tau_\phi = 0,5$  нсек; спада  $\tau_0 < 1$  нсек. Генератор имеет выходы синхроимпульсов отрицательной полярности с амплитудой 8 вольт и длительностью 2 мксек.

### Обсуждение результатов

С помощью данного двумерного анализатора были проведены временные измерения на источниках  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{60}\text{Co}$  как на источниках мгновенных совпадений, а также измерены периоды полураспада возбужденных состояний  $^{155}\text{Gd}$ . На рис. 7 приведены временные спектры, полученные при совпадении аннигиляционных гамма-квантов  $E_\gamma = 511$  кэв с энергетическими окнами (1-18), выбранными на спектре гамма-лучей



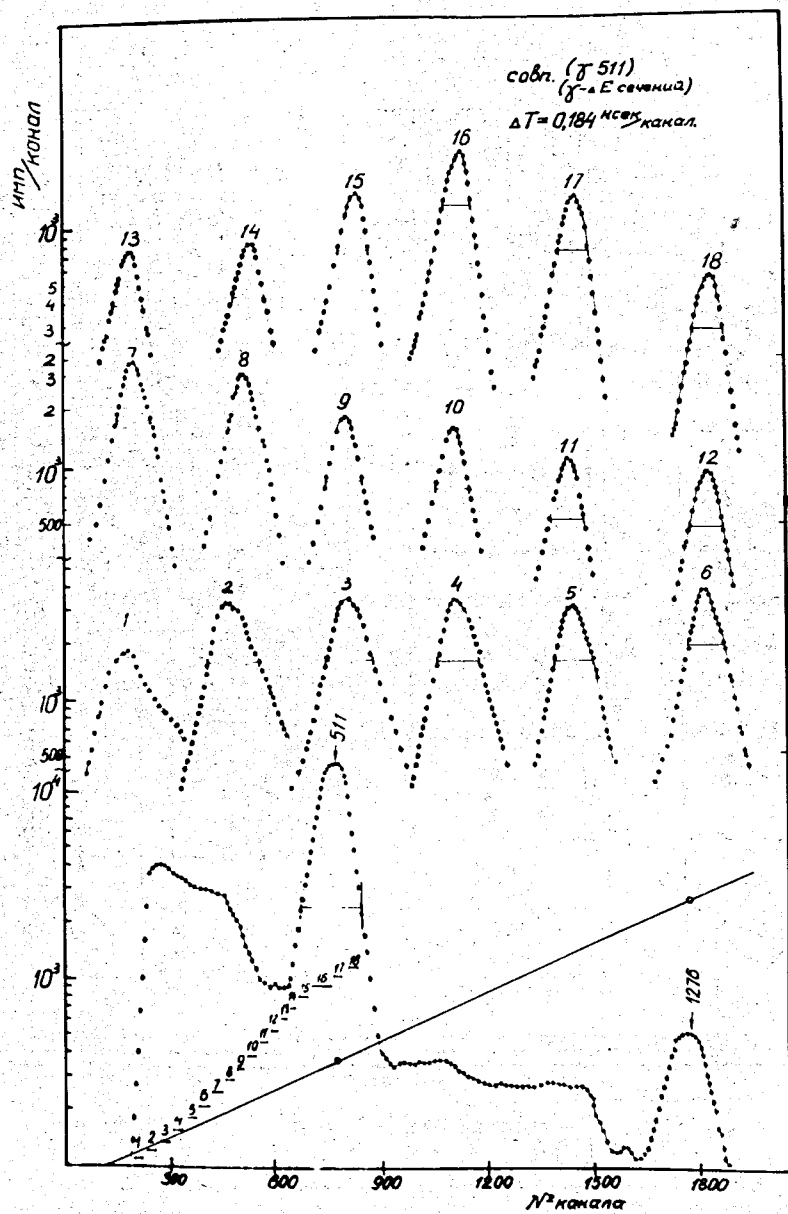


Рис. 7. Временные спектры, полученные при совпадении  $E_{\gamma} = 511 - E_{\gamma}^1$ .

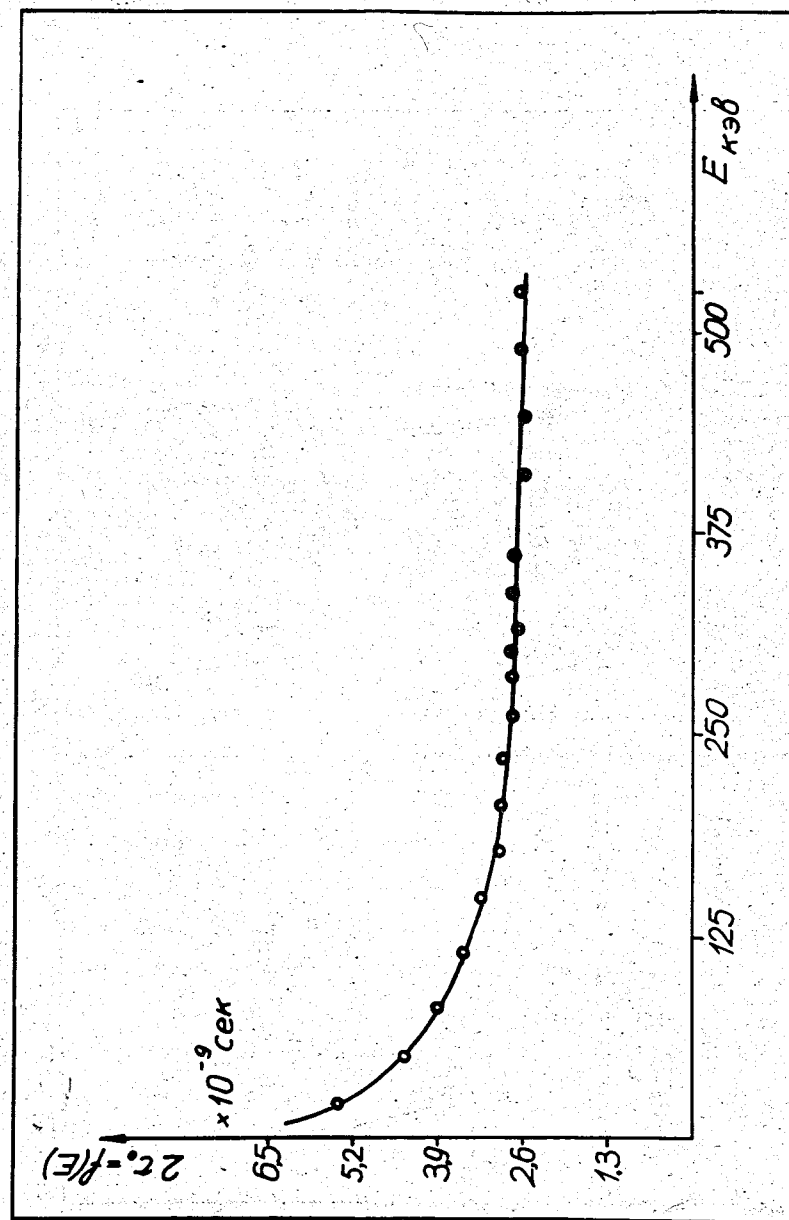


Рис. 8. Энергетическая зависимость разрешающего времени анализатора  $2\tau = 2\tau(E)$ .

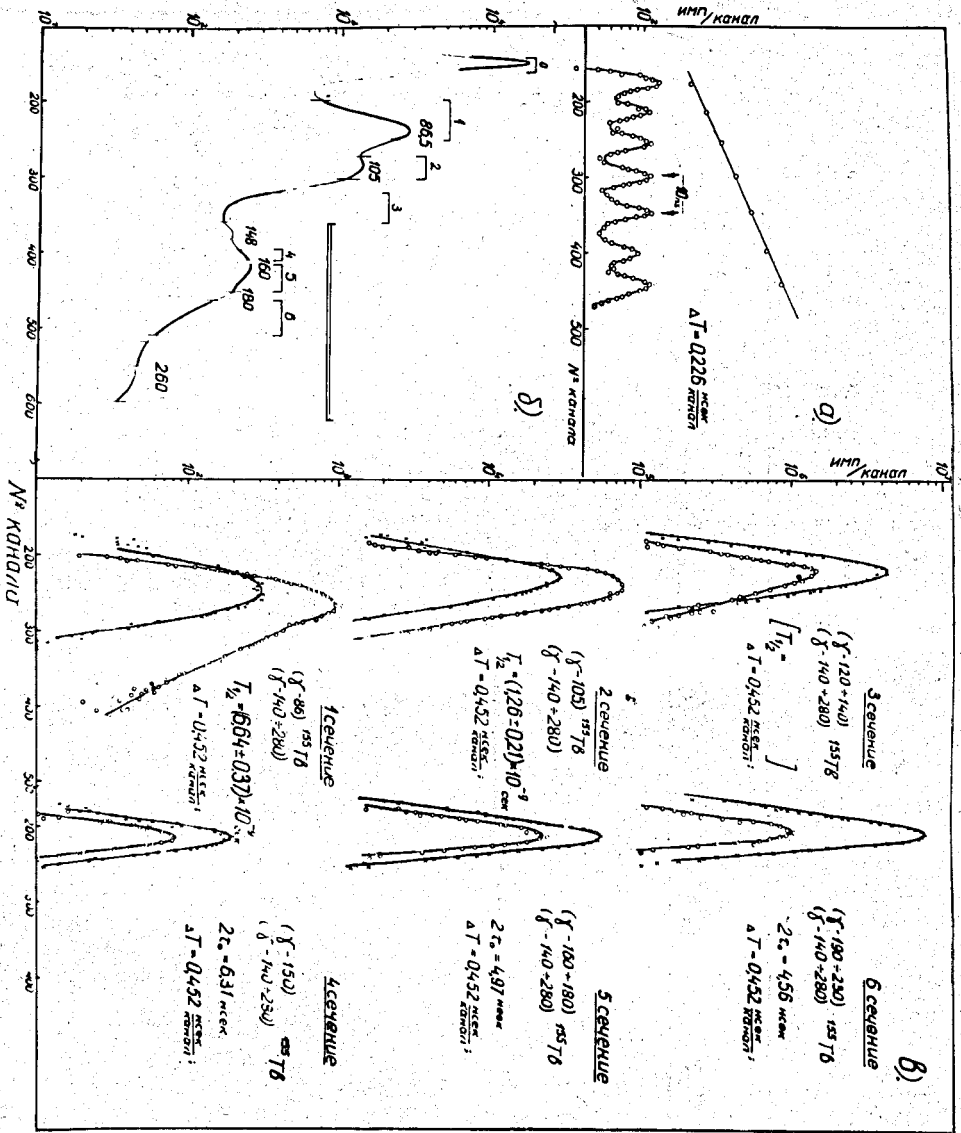


Рис. 9. Спектр гамма-лучей  $^{152}\text{Tb}$ , канбровка 1 → А конвертора и временные спектры, полученные на источнике  $^{152}\text{Tb}$  (0) и  $^{22}\text{Na}$  (х).

источника  $^{22}\text{Na}$ . На рис. 8 приведена энергетическая зависимость разрешающего времени  $2\tau_0$  анализатора. Обработка кривых совпадений дала следующие значения  $2\tau_0$  для источника  $^{22}\text{Na}$

$$2\tau_0 = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ сек ( } E_\gamma = 100 \text{ кэв } \quad E_\gamma = 511 \text{ кэв)}$$

$$2\tau_0 = 2,57 \cdot 10^{-9} \text{ сек ( } E_\gamma = 511 \text{ кэв } \quad E_\gamma = 511 \text{ кэв)}$$

для источника

$$2\tau_0 = 1,89 \cdot 10^{-9} \text{ сек ( } E_\gamma = 1170 \text{ кэв } \quad E_\gamma = 1170 \text{ кэв).}$$

На рис. 9 приведены спектр гамма-лучей  $^{155}\text{Tb}$ , калибровка  $t \rightarrow A$  конвертора и временные спектры, полученные при совпадении гамма-квантов с энергией 140-280 кэв и энергиями 86,5; 105; для источника  $^{155}\text{Tb}$  (0) и  $^{22}\text{Na}$  (X). Обработка временных кривых по методу наименьших квадратов и по методу сдвига центров тяжести дала следующие результаты периодов полураспада

для состояния 86,5 кэв  $^{155}\text{Gd}$

$$T_{1/2} = (6,64 \pm 0,37) \cdot 10^{-9} \text{ сек}$$

для состояния 105 кэв  $^{155}\text{Gd}$

$$T_{1/2} = (1,26 \pm 0,21) \cdot 10^{-9} \text{ сек.}$$

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами работ /6,7/.

Измерения, проведенные на анализаторе, показали, что эффективность опыта значительно повышается и получаемый объем информации намного превышает объем информации, набранной при одномерных измерениях. Все это особенно важно при проведении временных измерений с короткоживущими изотопами.

В заключение авторы выражают благодарность К.Я. Громову за интерес к работе, а также М.И. Фоминых, А.В. Ревенко и В.И. Стегайлову за помощь при измерениях и отладке режима двумерного временного анализа.

## Л и т е р а т у р а

1. Ф. Дуда, О.И. Елизаров, Г.П. Жуков, И. Звольски, З.В. Лысенко, В.И. Приходько, В.Г. Тишин, В.И. Фоминых, М.И. Фоминых, Е.М. Цупко-Ситников. Препринт ОИЯИ 10-4236, Дубна 1969.
2. В.С. Александров, Ф. Дуда, О.И. Елизаров, Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин, З. Зайдлер, И. Звольски, Е.Т. Кондрат, В.И. Приходько, З.В. Лысенко, В.Г. Тишин, В.И. Фоминых, М.И. Фоминых, В.М. Цупко-Ситников. Препринт ОИЯИ 13-4273, Дубна 1969.
3. В.С. Надеждин. Препринт ОИЯИ 13-3379, Дубна 1967.
4. Ю.Г. Будяшов, В.Г. Зинов. Материалы симпозиума по наносекундной ядерной электронике, стр. 339, Дубна, 1967.
5. В.Г. Субботин, В.В. Фефилов. Препринт ОИЯИ 13-3111, Дубна 1967.
6. K.E.G. Löbner, S.G. Malmskog. Nucl.Phys., Y80 505, 1966.
7. E. Bozek, A.Z. Hrynkevich, S. Ogaza, J. Styczen. Phys.Lett., 11, 63, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел

30 ноября 1970 года.