

Б-955

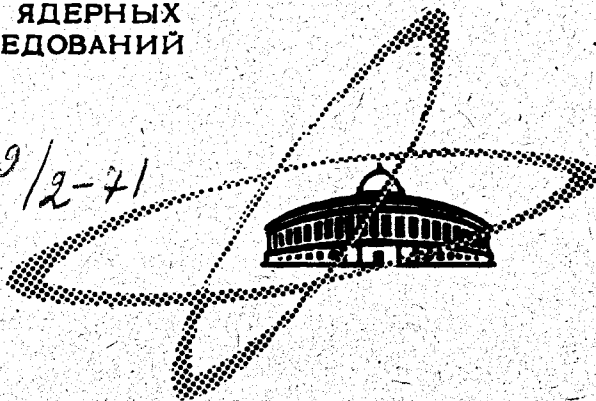
22/11

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 5534

529/2-71



В.М.Быстрицкий, В.П.Джелепов, П.Ф.Ермолов,
К.О.Оганесян, М.Н.Омельяненко, С.Ю.Пороховой,
В.В.Фильченков

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

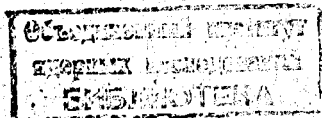
МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА
РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ
НА ЛИНИИ С ЭВМ

1971

В.М.Быстрицкий, В.П.Джелепов, П.Ф.Ермолов,
К.О.Оганесян, М.Н.Омельяненко, С.Ю.Пороховой,
В.В.Фильченков

**МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА
РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ
НА ЛИНИИ С ЭВМ**

Направлено в ПТЭ



Использование в эксперименте ЭВМ при несомненном преимуществе оперативного получения информации о состоянии аппаратуры и о ходе опыта позволяет в то же время упростить электронную логику экспериментальной установки, передав часть ее функций ЭВМ. В этом случае обычно появляется возможность улучшения параметров и повышения надежности аппаратуры.

На рис. 1 изображена блок-схема многоканальной системы регистрации нейтронов, предназначенной для опытов по изучению захвата мюонов в ядре водорода и других ядрах. Основными требованиями, предъявляемыми к такой системе, являются высокая эффективность регистрации нейтронов в диапазоне энергий (1-10) Мэв и надежная дискриминация релятивистских частиц (γ -квантов и электронов). Нейтроны, образующиеся в результате взаимодействия мюонов внутри объема газовой мишени, регистрируются сцинтилляционными счетчиками с кристаллами стибена. Размеры сцинтиллятора: b 70 ммx30мм; тип фотоумножителя 58 AVP. С целью наиболее полного использования телесного угла выбрано максимально возможное в геометрии опыта число детекторов - девять.

Импульсы с выхода каждого нейтронного детектора поступают на входы двух блоков - блока выделения компонент и блока выработки сигналов управления и "номер детектора". В блоке выделения компонент

формируются два импульса напряжения, амплитуды которых пропорциональны соответственно "быстрой" части светового импульса (≈ 40 нсек) в сцинтилляторе (сигнал "быстрая компонента") и полной площади светового импульса (сигнал "общий заряд"). Поскольку для ряда сцинтилляторов, и в частности для стильбена, отношения "быстрой" части светового импульса к полной площади различны ^{/1/} для релятивистских и нерелятивистских частиц, использование таких двух импульсов позволяет осуществить дискриминацию γ -квантов и электронов. С помощью амплитудного анализатора АИ-4096 и ЭВМ можно получить двухмерное распределение исследуемых событий в плоскости координат "быстрая компонента" и "общий заряд". События, связанные с регистрацией релятивистских и нерелятивистских частиц, будут распределены в этой плоскости в виде двух изолированных областей и могут с помощью ЭВМ обрабатываться отдельно. Таким образом, дискриминация γ -квантов и электронов осуществляется при минимальном использовании "индивидуальной" для данного опыта электроники.

Принципиальная схема блока выделения компонент представлена на рис. 2. Вход схемы аналогичен описанному в работе ^{/2/}, изменены лишь некоторые токи в канале общего заряда из-за необходимости суммирования на входе импульсов от девяти счетчиков.

При суммировании сигналов "быстрая компонента" и "общий заряд" для всех нейтронных детекторов происходит ухудшение характеристик системы (разрешение, степень дискриминации γ -квантов и др.). Это обстоятельство связано с тем, что параметры каждого канала, такие, например, как форма импульса счетчика, коэффициент усиления ФЭУ и времена интегрирования в блоке выделения компонент, несколько различны. Практически не удается настроить все каналы таким образом, чтобы, например, степень дискриминации для всех девяти каналов была бы достаточно близка к степени дискриминации одного канала. С целью со-

хранения в многоканальной системе характеристик, достигнутых для одного канала, используется сигнал "номер детектора", который формируется в специальном блоке.

Блок выработки сигналов управления и "номер детектора" состоит из девяти входных усилителей, девяти одновибраторов и двух сумматоров. Импульсы от каждого детектора усиливаются входным усилителем и запускают одновибратор. С выходов одновибраторов импульсы поступают на два различных сумматора. Сумматор с постоянным по всем входам коэффициентом суммирования используется для формирования сигнала управления, который синхронизируется с помощью электронной логики с сигналом остановки мюона в мишени и поступает на вход управления амплитудного анализатора.

Для выработки сигнала "номер детектора" служит сумматор с коэффициентом суммирования, разным для каждого канала, так что на входе этого сумматора получается импульс с амплитудой, зависящей от того, каким детектором зарегистрировано событие. Использование амплитуды этого сигнала в качестве третьего параметра в многомерном амплитудном анализе позволяет проводить обработку экспериментальных данных отдельно для каждого детектора. Это обстоятельство играет важную роль с точки зрения улучшения характеристик системы и дает возможность более детально контролировать состояние аппаратуры в ходе эксперимента. На рис. 3 представлено полученное с помощью ЭВМ распределение по амплитуде сигналов "номер детектора" для 7 счетчиков.

Многомерный амплитудный анализ событий, зарегистрированных нейтронными детекторами, осуществляется с помощью устройства /3/, созданного на основе анализатора АИ-4096. Сигналы "быстрая компонента", "общий заряд", "номер детектора" и другие (например, с выхода запускаемого импульсом "остановки мюона" время-амплитудного преобразователя) поступают на входы амплитудных кодировщиков БАП-5.

Числа (коды), характеризующие амплитуды этих сигналов, последовательно по мере поступления событий заполняют память АИ-4096. Используемая обычно в эксперименте мерность анализа, 4 или 5, позволяет выбирать число каналов по каждому датчику до 512.

После заполнения 4096 ячеек памяти анализатора (или при желании раньше этого) числовой массив передается^{/4/} на ЭВМ "Минск-22". С помощью ЭВМ происходит запись числового материала на магнитную ленту и его обработка. Обработка заключается в разделении событий по сорту частиц отдельно для каждого детектора и в построении и анализе отдельно для каждого сорта частиц и совместно для всех детекторов временных и энергетических распределений. На рис. 4 приведены двумерные распределения "быстрая компонента" - "общий заряд", измеренные для одного детектора с источником $Po-Be$. Все распределения измерены в одних и тех же условиях при числе каналов 512. То, что на одно распределение приводится четыре рисунка, объясняется желанием иметь большое число интервалов при ограниченном числе позиций (128) печатающего устройства ЭВМ. Диапазоны энергий протонов отдачи для рис. 4а, 4б, 4в и 4г составляют соответственно (1-4) Мэв, (4-6,5) Мэв, (6,5-8,5) Мэв и (8,5-10,1) Мэв. На рис. 5 изображены измеренные в тех же условиях распределения для γ -источника ^{88}Y . Заметим, что возможен и другой принцип разделения нейтронов и гамма-квантов путем построения распределения "быстрая компонента" - "медленная компонента"^{/5/}. Он связан с другим методом выделения компонент.

Для настройки аппаратуры и проверки характеристики разделения нейтронов и γ -квантов без применения ЭВМ можно использовать анализатор АИ-4096 в обычном двумерном режиме, когда на входы подаются сигналы "быстрой компоненты" и "общего заряда" (соответственно датчик 1 и датчик 2). При этом величины каналов, кодировщиков ограни-

чены числом ячеек памяти (4096) и могут составлять, например, 32x128, 64x64 и т.д. В случае 64x64 в память последовательно записывается 64 одномерных спектра по амплитуде одного датчика при 64 последовательных значениях другого датчика, т.е. весь энергетический диапазон делится на 64 канала. На рис.6 приведено несколько (из 64) таких распределений для одного детектора, полученных с помощью источников $Po - Be$. Характеристики системы разделения могут быть найдены путем обработки таких распределений. Каждое распределение хорошо аппроксимируется в виде двух гауссианов.

Если определить степень дискриминации электронов как долю "электронных" событий в области "нейтронного" пика по отношению ко всем "электронным" событиям, а за границу разделения двух пиков принять середину расстояния между центрами тяжести обоих пиков, то из анализа спектров, представленных на рис.6, следует, что степень дискриминации составляет 10^{-3} для диапазона амплитуд 6 и не хуже, чем 10^{-2} для диапазона 10. Из того факта, что разделение не ухудшается при самых больших амплитудах для распределения рис.6 следует, что амплитудный диапазон, для которого реализуется дискриминация γ -квантов на уровне 10^{-3} , в действительности больше. Из данных других измерений следует, что такой диапазон (для оптимальных значений напряжения питания ФЭУ) составляет $\approx (10-20)$.

Калибровочная линия для спектров разделения рис.6, измеренная с источниками ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{88}Y и $Po - Be$, представлена на рис.7. Из результатов калибровки следует, что дискриминация на уровне 10^{-3} реализуется для значений энергий электронов $\geq 0,6$ Мэв (2,6 Мэв для протонов). При работе в области меньших энергий следует повышать напряжение на ФЭУ. Данные такого рода измерений свидетельствуют о том, что при увеличении коэффициента усиления ФЭУ вдвое степень дискриминации и амплитудный диапазон сохраняются. Отметим, что в

этом случае "пороговое" значение энергии составит 0,3 Мэв для электронов (1,65 Мэв для протонов), а максимальное значение энергии ≥ 3 Мэв (7,5 Мэв для протонов).

При увеличении коэффициента усиления ФЭУ более чем в 2 раза (по сравнению с оптимальным) величина амплитудного диапазона уменьшается и степень дискриминации становится хуже. Это, по-видимому, связано с искажением формы импульса с ФЭУ при повышенных напряжениях.

Авторы благодарны В.Г.Зинову, С.В.Медведю и Е.Б.Озерову за полезные дискуссии.

Литература

1. Ю.А.Егоров. Сцинтилляционный метод спектрометрии гамма-излучения и быстрых нейтронов. Атомиздат, 1963.
2. А.А.Омельяненко. ПТЭ, 1, 80 (1970).
3. А.Н.Синаев, А.А.Стахин, Н.А.Чистов. Сообщение ОИЯИ, 13-4835, Дубна, 1969.
4. С.В.Медведь, В.В.Моисеева, А.Н.Синаев, Г.-Ю.Пахер, Н.А.Чистов. ПТЭ, №4, 169 (1970).
5. A. Bertin, A. Vitale, A. Placci. Nucl.Instr. & Meth., 68, 24 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел

23 декабря 1970 года.

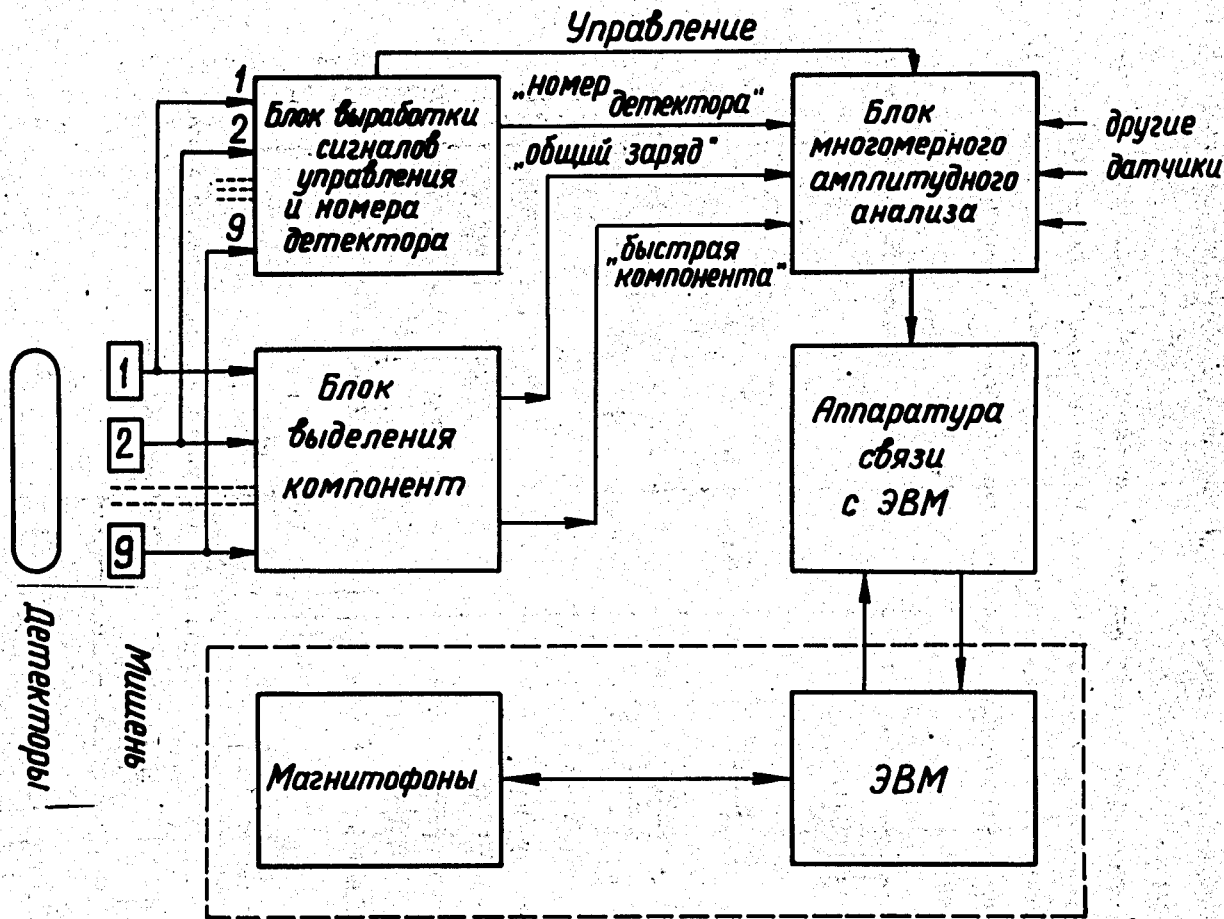


Рис.1. Блок-схема многоканальной системы регистрации нейтронов.

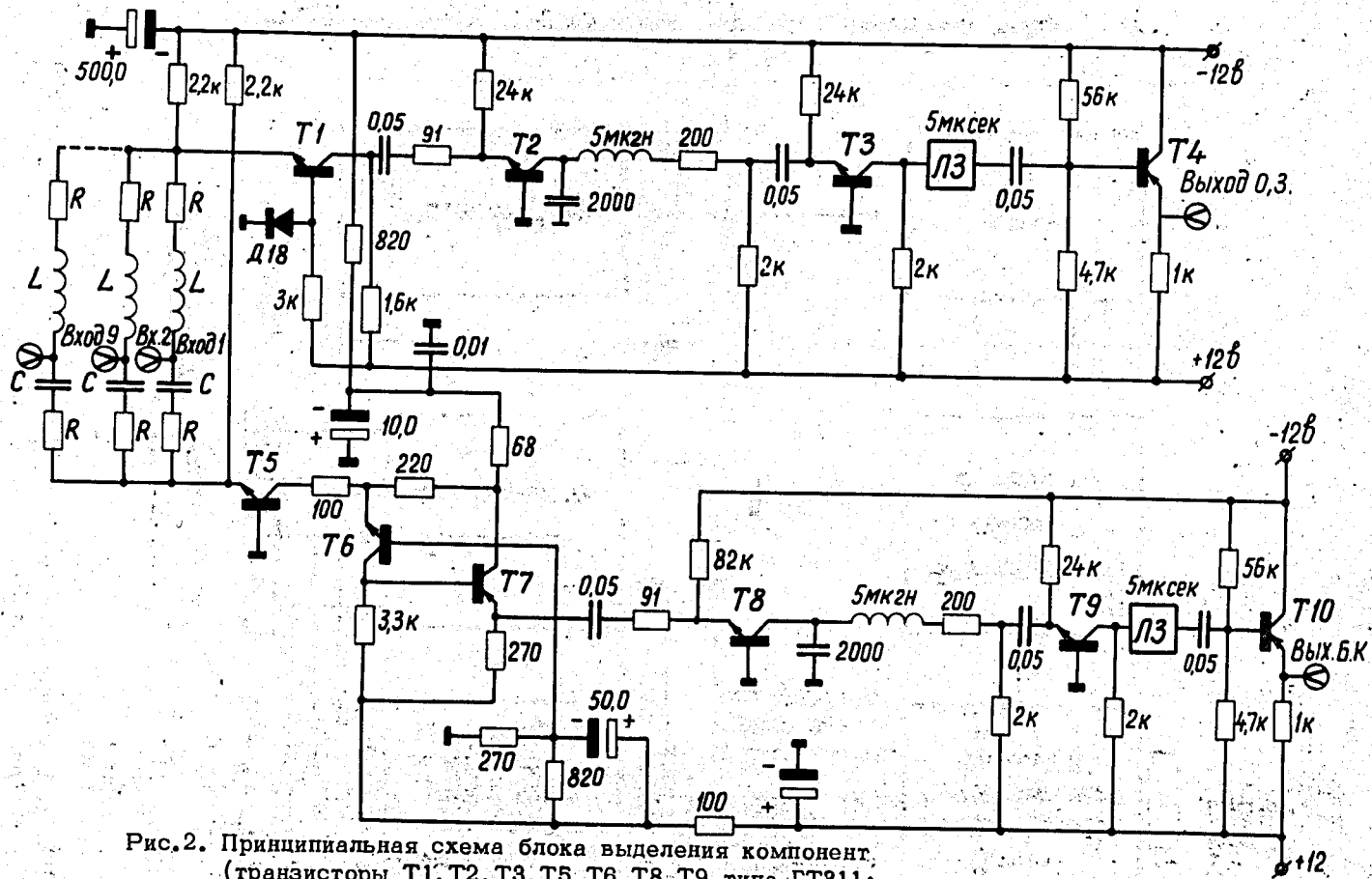


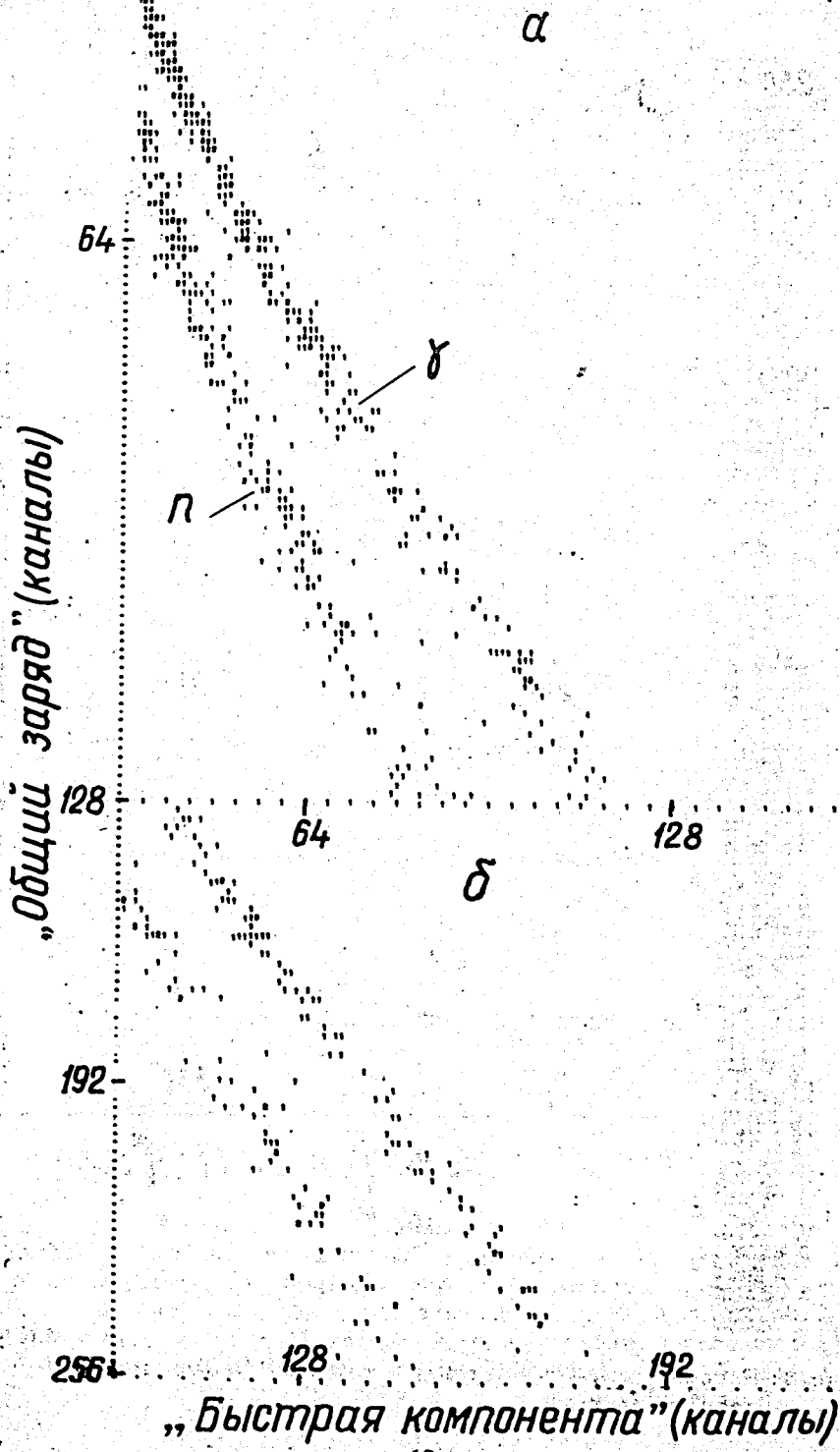
Рис. 2. Принципиальная схема блока выделения компонент.
 (транзисторы T1, T2, T3, T5, T6, T8, T9 типа ГТ311;
 T4, T7, T10 - ГТ 308).

```

* * * * *
1  * * * * *
2  * * * * *
3  * * * * *
4  * * * * *
5  * * * * *
6  * * * * *
7  * * * * *
8  * * * * *
9  * * * * *
10 * * * * *
11 * * * * *
12 * * * * *
13 * * * * *
14 * * * * *
15 * * * * *
16 * * * * *
17 * * * * *
18 * * * * *
19 * * * * *
20 * * * * *
21 * * * * *
22 * * * * *
23 * * * * *
24 * * * * *
25 * * * * *
26 * * * * *
27 * * * * *
28 * * * * *
29 * * * * *
30 * * * * *
31 * * * * *
32 * * * * *
33 * * * * *
34 * * * * *
35 * * * * *
36 * * * * *
37 * * * * *
38 * * * * *
39 * * * * *
40 * * * * *
41 * * * * *
42 * * * * *
43 * * * * *
44 * * * * *
45 * * * * *
46 * * * * *
47 * * * * *
48 * * * * *
49 * * * * *
50 * * * * *
51 * * * * *
52 * * * * *
53 * * * * *
54 * * * * *
55 * * * * *
56 * * * * *
57 * * * * *
58 * * * * *
59 * * * * *
60 * * * * *
61 * * * * *
62 * * * * *
63 * * * * *
64 * * * * *
65 * * * * *
66 * * * * *
67 * * * * *
68 * * * * *
69 * * * * *
70 * * * * *
71 * * * * *
72 * * * * *
73 * * * * *
74 * * * * *
75 * * * * *
76 * * * * *
77 * * * * *
78 * * * * *
79 * * * * *
80 * * * * *
81 * * * * *
82 * * * * *
83 * * * * *
84 * * * * *
85 * * * * *
86 * * * * *
87 * * * * *
88 * * * * *
89 * * * * *
90 * * * * *
91 * * * * *
92 * * * * *
93 * * * * *
94 * * * * *
95 * * * * *
96 * * * * *
97 * * * * *
98 * * * * *
99 * * * * *
100 * * * * *
101 * * * * *
102 * * * * *
103 * * * * *
104 * * * * *
105 * * * * *
106 * * * * *
107 * * * * *
108 * * * * *
109 * * * * *
110 * * * * *
111 * * * * *
112 * * * * *
113 * * * * *
114 * * * * *
115 * * * * *
116 * * * * *
117 * * * * *
118 * * * * *
119 * * * * *
120 * * * * *
121 * * * * *
122 * * * * *
123 * * * * *
124 * * * * *
125 * * * * *
126 * * * * *
127 * * * * *
128 * * * * *
129 * * * * *
130 * * * * *
131 * * * * *
132 * * * * *
133 * * * * *
134 * * * * *
135 * * * * *
136 * * * * *
137 * * * * *
138 * * * * *
139 * * * * *
140 * * * * *
141 * * * * *
142 * * * * *
143 * * * * *
144 * * * * *
145 * * * * *
146 * * * * *
147 * * * * *
148 * * * * *
149 * * * * *
150 * * * * *
151 * * * * *
152 * * * * *
153 * * * * *
154 * * * * *
155 * * * * *
156 * * * * *
157 * * * * *
158 * * * * *
159 * * * * *
160 * * * * *
161 * * * * *
162 * * * * *
163 * * * * *
164 * * * * *
165 * * * * *
166 * * * * *
167 * * * * *
168 * * * * *
169 * * * * *
170 * * * * *
171 * * * * *
172 * * * * *
173 * * * * *
174 * * * * *
175 * * * * *
176 * * * * *
177 * * * * *
178 * * * * *
179 * * * * *
180 * * * * *
181 * * * * *
182 * * * * *
183 * * * * *
184 * * * * *
185 * * * * *
186 * * * * *
187 * * * * *
188 * * * * *
189 * * * * *
190 * * * * *
191 * * * * *
192 * * * * *
193 * * * * *
194 * * * * *
195 * * * * *
196 * * * * *
197 * * * * *
198 * * * * *
199 * * * * *
200 * * * * *

```

Рис.3. Распределение по амплитуде сигнала "номер детектора" для 7 счётчиков.



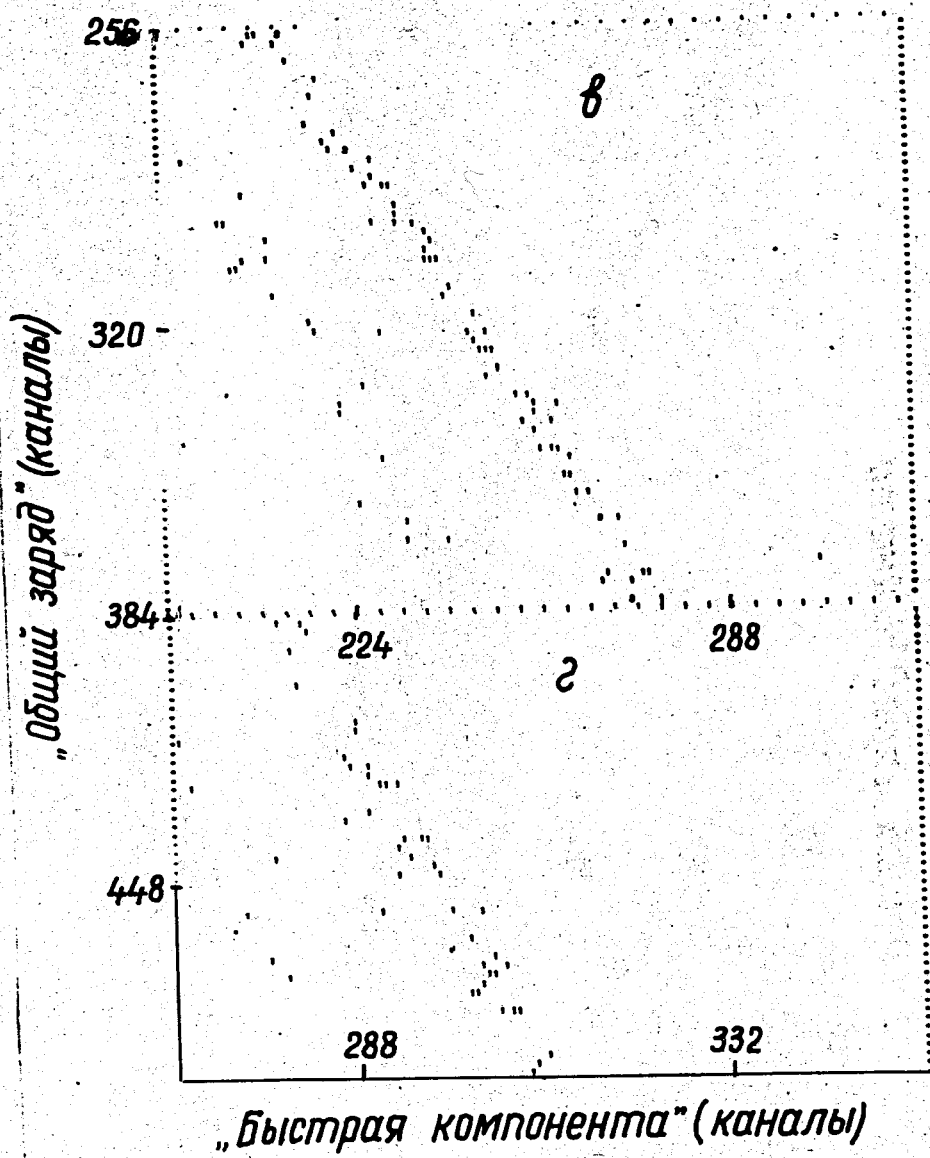


Рис. 4. Двухмерные распределения "быстрая компонента" - "общий заряд" для одного детектора, измеренные в режиме многомерного амплитудного анализа с источником $P\alpha - Be$. Диапазоны энергий протонов отдачи для рис. 4а - (1 + 4 Мэв), для 4б - (4 + 6,5) Мэв, для 4в - (6,5 + 8,5) Мэв и для 4г - (8,5 + 10,1) Мэв.

„Общий заряд” (каналы)

64

α

128

64

128

δ

192

128

192

„Быстрая компонента” (каналы)

Рис. 5. Двухмерное распределение „быстрая компонента” - „общий заряд”, измеренное с γ -источником ^{88}Y .

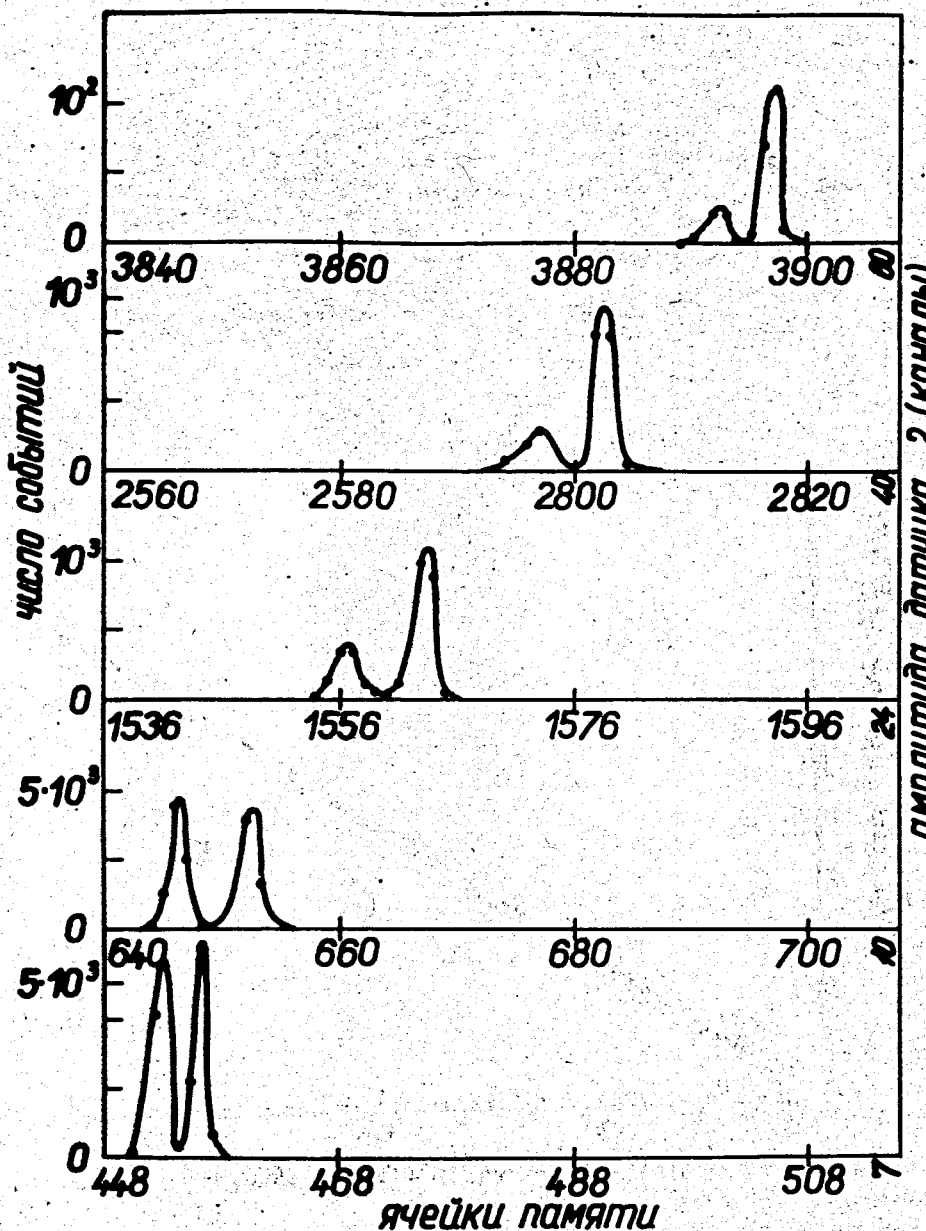


Рис. 6. Спектры разделения нейтронов и γ -квантов, измеренные для одного детектора с источником Po-Be в двухмерном режиме работы АИ-4096.

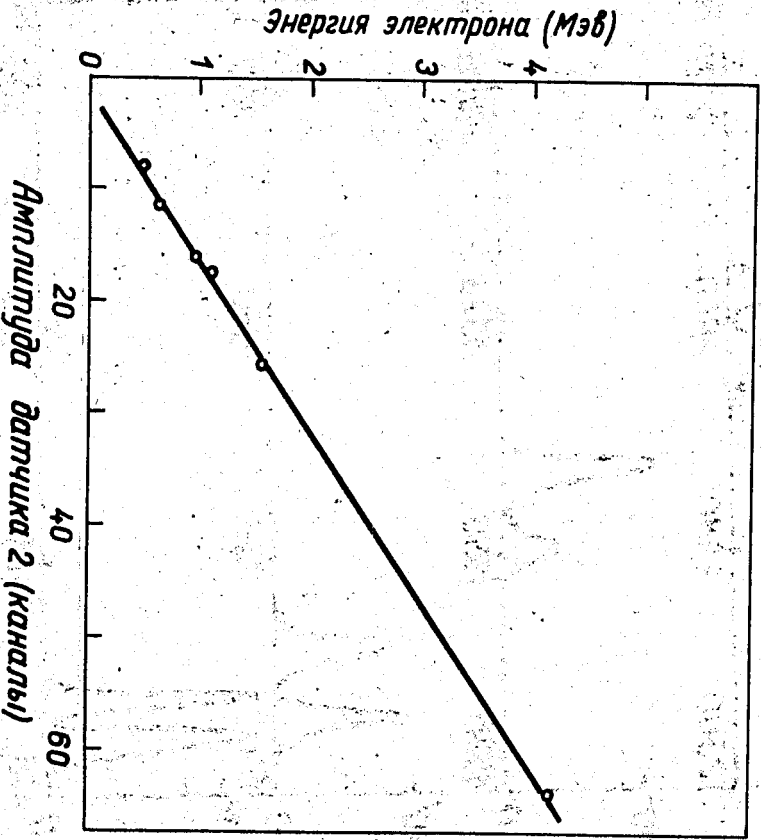


Рис. 7. Калибровочная линия для спектров рис. 6.