

1870

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

1870



К.Г.Родионов, Ван Най Янь, Хен Еен Гынь,  
Яо Чи Чуань

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

ПРИМЕНЕНИЕ В НЕЙТРОННОМ ДЕТЕКТОРЕ  
БЫСТРОЙ СХЕМЫ СОВПАДЕНИЙ  
ДЛЯ МЕДЛЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ

1964

1870

К.Г.Родяонов, Ван Най Янь, Хен Еен Гынь,  
Яо Чи Чуань

ПРИМЕНЕНИЕ В НЕЙТРОННОМ ДЕТЕКТОРЕ  
БЫСТРОЙ СХЕМЫ СОВПАДЕНИЙ  
ДЛЯ МЕДЛЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ

Направлено в ПТЭ

При разработке детектора для измерения полных эффективных сечений взаимодействия нейтронов с ядрами методом пропускания возник ряд задач, связанных с отбором нейтронных импульсов радиотехническим методом. Сложность задачи состояла в том, что световой выход используемого жидкого сцинтиллятора для частиц из реакции  $B^{10}(n, \alpha)Li^7$  мал, следовательно, мала и амплитуда импульсов с анода фотоумножителя. Кроме того, значительный уровень шумов ФЭУ с амплитудой того же порядка затрудняет анализ. Жесткое излучение, имеющее место в условиях эксперимента, создает на выходе фотоумножителей импульсы большой амплитуды, которые могут перегружать электронные схемы.

Блок-схема детектора приведена на рис. 1.

Импульсы с анодов 4-х фотоумножителей через предусилители (ПУ) поступают на линейные сумматоры ( $\Sigma_1 - \Sigma_3$ ). С сумматоров ( $\Sigma_2 - \Sigma_3$ ) и усилителей У4 импульсы подаются на схему совпадений (СС), выходной сигнал которой открывает линейную схему пропускания (СП). Анализируемые импульсы с сумматора  $\Sigma_1$  проходят через дискриминатор с выбранным окном  $\Delta E$ , на 1024-канальный временной анализатор.

Одним из основных элементов блок-схемы устройства является схема совпадений. При больших шумах фотоумножителей уменьшение случайных совпадений зависит от разрешающего времени схемы совпадений. Оценка шумов показала необходимость использовать схему с разрешающим временем, равным  $\tau_p = 10^{-9} - 10^{-8}$  сек. Для входных импульсов с амплитудой в несколько милливольт эту задачу можно решить либо применением низкопороговых быстрых схем совпадений, либо использовать для усиления импульсов широкополосные усилители с временем нарастания  $t_n \approx \tau_p$ , при большом коэффициенте усиления ( $10^4 - 10^3$ ). Очевидно, что разработка неперегружающего усилителя с такими параметрами представляется довольно сложной.

Другой путь - использование для усиления импульсов стандартных лабораторных усилителей без особых требований к собственному времени нарастания их (0,1 - 0,4) мксек. В этом случае на схему совпадений накладывается условие: эффективность схемы не должна меняться в большом диапазоне входных импульсов. Такая схема совпадений с разрешающим временем 15 нсек была применена в детекторе нейтронов.

Принцип работы схемы состоит в следующем. Если на вход формирующего устройства схемы совпадений поступают импульсы с большим передним фронтом, то момент

срабатывания устройства при любом пороге зависит от амплитуды этих импульсов (рис. 2). Даже при высокой чувствительности схемы временной разброс лежит в пределах переднего фронта импульсов. Отсюда видно, что разрешающее время схемы совпадений для 100% эффективности находится в прямой зависимости с временем нарастания импульса. Этот временной разброс может быть скомпенсирован, если использовать схему формирующего устройства, порог срабатывания которой изменяется пропорционально входной амплитуде<sup>4/</sup>.

Пусть для минимального входного импульса  $U_{\text{мин}}$  порог срабатывания формирующей схемы равен  $U_{\text{ср}}$  (рис. 2). Легко показать, что компенсация временного разброса для импульса с амплитудой  $U$  может быть достигнута при пороге срабатывания схемы для этого импульса равном  $U'_{\text{ср}}$ .

$$U'_{\text{ср}} = U_{\text{ср}} + U_{\text{к}}$$

$$U_{\text{к}} = \frac{U_{\text{ср}}}{U_{\text{мин}}} \times U - U_{\text{ср}}$$

Блок-схема и принципиальная схема показаны на рис. 3 и 4. Входной импульс с амплитудой  $U$  через катодный повторитель КП ( $L_1$ ) подается на сетку лампы  $L_2$  порогового усилителя ПУ и одновременно через компенсированный делитель  $D$  и смешивающие диоды  $D_1 D_2$  - на формирователь пьедестала ФП (емкость  $C$ ). Амплитуда импульса на сетке  $L_{11}$  имеет величину  $U = kU - U_{\text{ср}}$  (рис. 2), где  $k$  - определяется делителем  $D$ , а  $U_{\text{ср}}$  - диодами  $D_1$  и  $D_2$ . Эта величина напряжения запоминается на емкости и образованный таким образом "пьедестал" подается на сетку лампы ( $L_3$ ). Добавленный к постоянному порогу  $U_{\text{ср}}$  "пьедестал" обеспечивает момент срабатывания ( $t_1$ ) порогового устройства не зависящий от амплитуды входного импульса. Пороговый усилитель ПУ собран на лампах 6Ж9П и 6Ж11П и имеет малое время нарастания при резком пороговом эффекте. Индуктивность и емкость в анодах ламп уменьшает переходные процессы усилителя. Положительный импульс с амплитудой 2,8 в поступает на быстрый триггер Шмитта ТШ, импульс с которого открывает лампу  $L_{12}$ . Емкость  $C$  быстро разряжается. Этим достигается быстродействие схемы. Сформированный импульс с анода ТШ имеет амплитуду 3,2 в и  $t_{\text{н}} = 15 \cdot 10^{-9}$  сек.

Элемент отбора (ЭО) совпадений выполнен на модифицированной схеме России с формирующим кабелем типа РК-50 ( $Z_0 = 150$  ом). На лампу  $L_9$  ЭО поступает импульс с аналогичной формирующей цепи второго канала совпадений. Каскад на лампе с вторичной эмиссией ( $L_{10}$ ) служит стабильным дискриминатором совпадающих импульсов и одновременно усилителем. Использование лампы 6В1П, имеющей большую крутизну в рабочей точке и малую проходную емкость, позволяет значительно улучшить дискриминацию несовпадающих импульсов. Установка порога дискриминации производится потенциометром в цепи первой сетки лампы.

Настройка и проверка схемы проводилась от импульсов наносекундного генератора и фотоумножителей типа ФЭУ-44 с использованием лабораторных усилителей с временем нарастания  $t_n = 0,3$  мксек. Диапазон входных амплитуд схемы совпадений - 0-120 в. При пороге срабатывания в 3,5 в схема обеспечивает компенсацию временного сдвига момента срабатывания для амплитуд в диапазоне 6-115 в. Зависимость сдвига переднего фронта выходного импульса триггера Шмитта от амплитуды показана на рис. 5. Временная задержка импульсов  $T_3$  в трактах каналов формирования оценивалась по кривым задержанных совпадений при измерении от импульсов с генератора в диапазоне амплитуд 10-100 в (рис. 6).  $T_3$  не превышает 15 нсек при одинаковых амплитудах входа в обоих каналах, и не более 10 нсек при  $U_{вх1} = 50$  в и изменении импульсов  $U_{вх2}$  от 10 до 100 в.

Кривая разрешающего времени снимались от 2-х и 4-х фотоумножителей типа ФЭУ-44, при жидкостном сцинтилляторе и  $\gamma$ -источнике  $Zn^{65}$  (верхняя часть схемы на рис. 7). Полученные кривые разрешения схемы совпадения при различной длине формирующего кабеля в элементе отбора показаны на рис. 8, 9. Загрузка одного канала с/с от дополнительного источника с интенсивностью  $N = 1,7 \times 10^5$  1/сек не изменила разрешающее время (кривая II рис. 9). Загрузочная характеристика схемы приведена на рис. 10.

Описанная схема совпадений использовалась в детекторе нейтронов.

Контейнер с жидкостным сцинтиллятором, обладающий высокой эффективностью регистрации нейтронов, имел площадь  $1500 \text{ см}^2$  и толщину  $20 \text{ мм}^{1/1}$ . На торце контейнера установлены 4 фотоумножителя типа ФЭУ-44 с диаметром фотокатода 150 мм. В качестве усилителей импульсов ФЭУ взяты лабораторные усилители типа У-4<sup>2/2</sup>. Идентичность характеристик фотоумножителей подбиралась экспериментально по комптоновскому спектру  $Zn^{65}$ . Суммарный спектр от 4-х ФЭУ, включенных через  $\Sigma_1$ , показан на рис. 11.

Амплитудный спектр импульсов от тепловых нейтронов приведен на рис. 12. Источником тепловых нейтронов служил ( $Po + Be$ ) источник, помещенный в парафиновый куб со свинцовой защитой толщиной 5 см. Пику тепловых нейтронов соответствует суммарная амплитуда импульса фотоумножителей равная 37,5 мв. Шумы фотоумножителей, измеренные на уровне порога срабатывания схемы совпадений (что соответствует уровню по  $\gamma$ -квантам  $Zn^{65}$  4,3 кэв) приведены в таблице ниже.

ФЭУ № 1	$1,14 \times 10^5$	1/30 (сек)
ФЭУ № 2	$2,10 \times 10^5$	1/30 (сек)
ФЭУ № 3	$6,27 \times 10^4$	1/30 (сек)
ФЭУ № 4	$1,33 \times 10^5$	1/30 (сек)

Подсчитанное по формуле  $n = 2r_p N' N''$  число случайных совпадений при  $2r_p = 57 \times 10^{-6}$  сек равно  $(4,3 \pm 0,4)$  имп/сек, что соответствует экспериментальным результатам, когда в один из каналов включена линия задержки  $T = 0,7$  мксек ( $n_{\text{э}} = 4,8 \pm 0,1$  н/сек). Используя в качестве источника нейтронов импульсный реактор быстрых нейтронов ОИЯИ<sup>/5/</sup>, мы сняли кривую пропускания серебра при пролетной базе нейтронов 1000 метров (рис. 13).

В заключение авторы благодарят Ю.С. Язвичского и Г.И. Забиякина за ценные замечания при обсуждении работы.

#### Л и т е р а т у р а

1. И. Визи, Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин и др. "Nuclear Electronics" 1962 International atomic energy, Vienna, v.I, 27
2. Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин и др. Лабораторные блоки регистрирующих установок. Препринт ОИЯИ № 602, Дубна, 1960.
3. В. Johnsson. "NI", 5, 247 (1957).
4. L.E. Drapper and Fleischer. "RSI", 1960, 31, 1 49.
5. Г.И. Забиякин и др. Материалы рабочего совещания по физике медленных нейтронов. ОИЯИ Дубна, 1962, стр. 38.

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 ноября 1964 г.

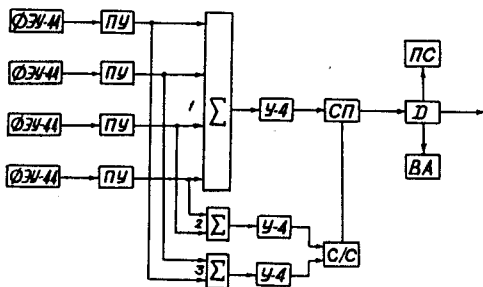


Рис. 1. Блок-схема детектора.  
 ПУ - предусилитель,  $\Sigma$  - сумматор,  
 У-4 - усилитель, С/С - схема совпадений,  
 СП - схема пропусканий, D - дискриминатор,  
 ПС - пересчетная схема, ВА - временной  
 анализатор.

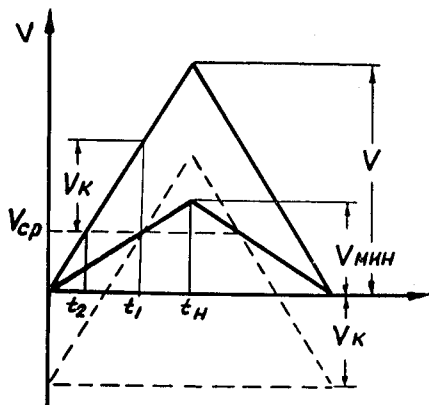


Рис. 2. Схема временной коррекции.

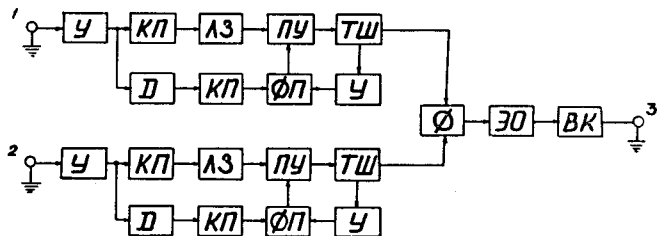


Рис. 3. Блок-схема С/С.  
 У - усилитель, КП - катодный повторитель, ЛЗ - линия  
 задержки, ПУ - пороговый усилитель, ТШ - триггер  
 Шмитта, ФП - формирователь пьедестала, D - делитель,  
 Ф - формирователь, ЭО - элемент отбора, ВК - выходной  
 каскад.





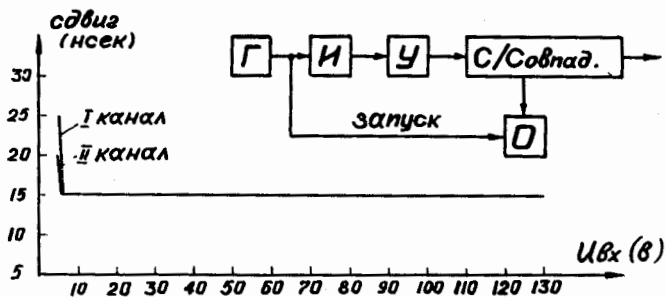


Рис. 5. Зависимость момента срабатывания ТШ от амплитуды входного импульса.  
Г - генератор наносекундных импульсов, И - интегрирующая цепь, У - усилитель, О - осциллограф.

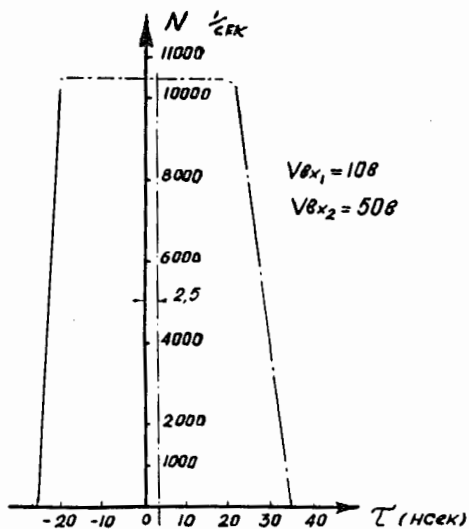


Рис. 6. Кривая задержанных совпадений.

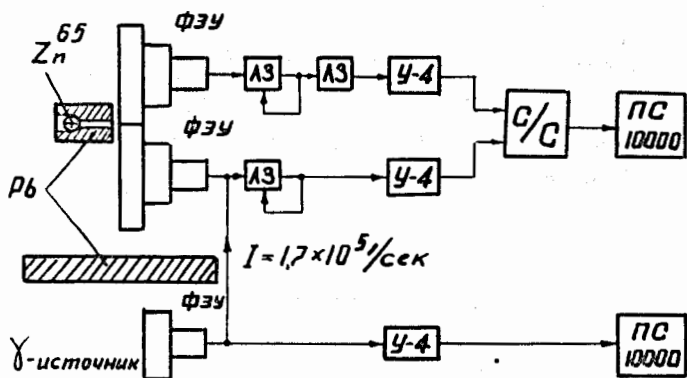


Рис. 7. Схема измерения параметров.

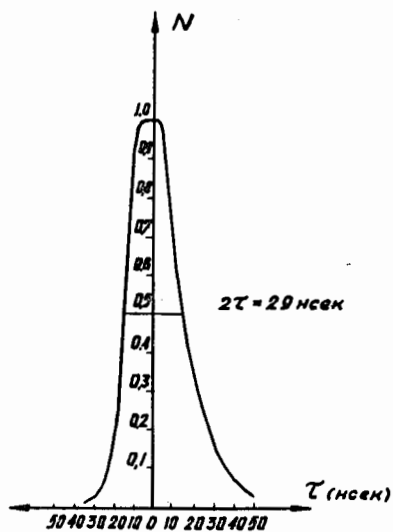


Рис. 8. Кривая разрешения (длина кабеля 1 м).

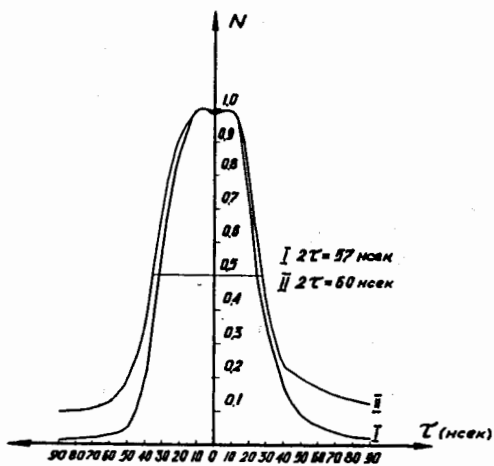


Рис. 9. Кривая разрешения (длина кабеля 3,5 м).

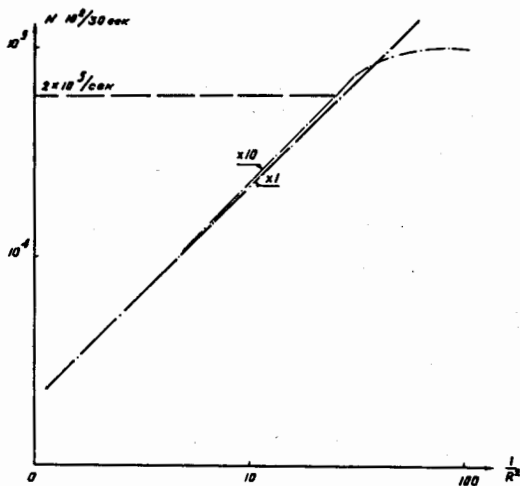


Рис. 10. Кривая грузочной способности схемы, источник-Зл 65,  $R$  - расстояние от источника в см.

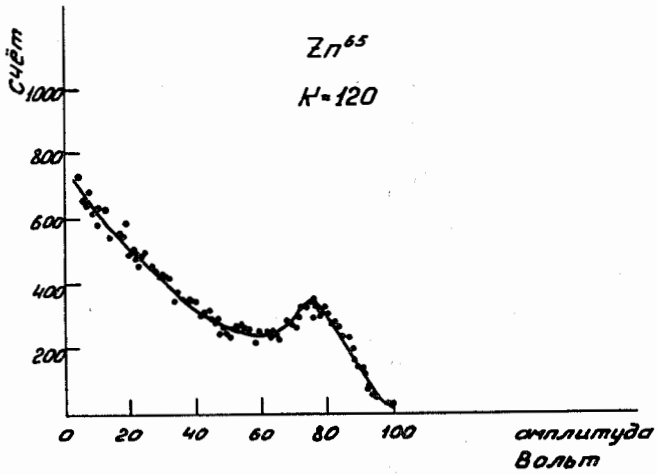


Рис. 11. Суммарный спектр от 4-х ФЭУ.

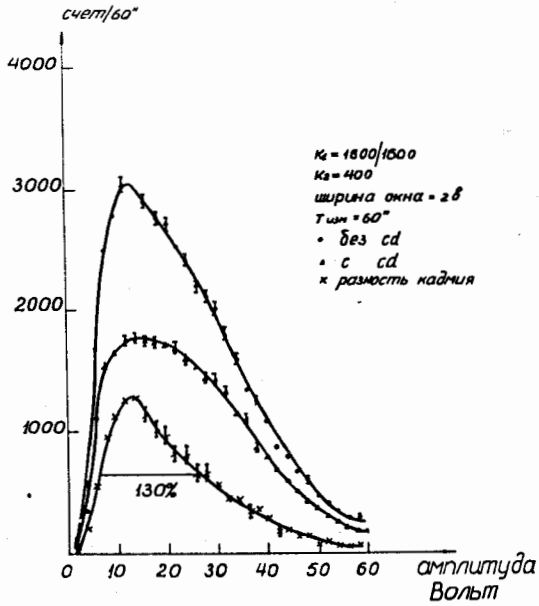


Рис. 12. Спектр тепловых нейтронов.

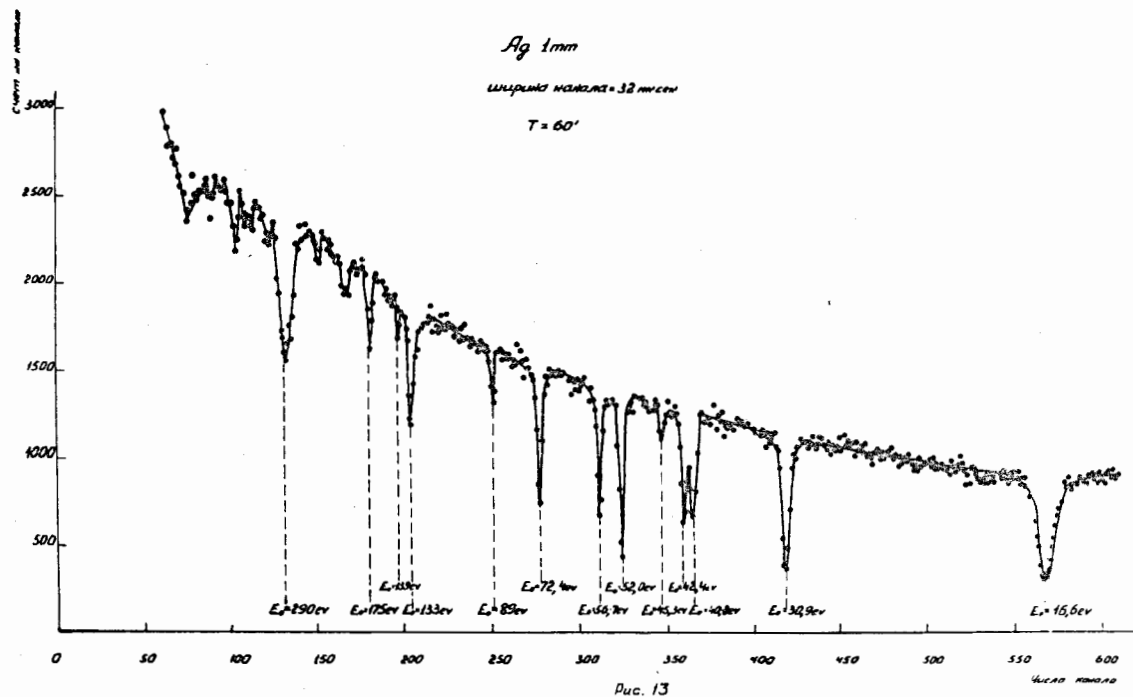


Рис. 13. Кривая пропускания серебра.