

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

16-87-228

В.О. Громов, В.А. Панюшкин, А.Л. Шишкин

СЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КАНАЛА РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ
НА ОСНОВЕ КОРОННОГО СЧЕТЧИКА СММ-14

1987

ВВЕДЕНИЕ

Для регистрации нейтронов на ускорителях ОИЯИ в течение ряда лет широко применяются борные газоразрядные счетчики медленных нейтронов в полиэтиленовых замедлителях /1-4/, однако эксплуатация этих детекторов в составе каналов регистрации автоматизированной системы радиационного контроля Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ показала необходимость изучения загрузочных характеристик канала с целью выбора оптимального режима и уточнения диапазона работы счетчика.

СТРУКТУРА КАНАЛА РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ

В состав канала регистрации нейтронов входят детектор-счетчик СНМ-14^{/1/} в полиэтиленовом замедлителе, усилитель сигналов, дискриминатор-формирователь и счетчик-накопитель. Конструкции детектора нейтронов и корпуса усилителя описаны в работе /2/. Схема включения СНМ-14 и принципиальная схема усилителя представлены на рис. 1. Рабочий интервал напряжения питания счетчика — 700-3000 В. Режим работы СНМ-14 (ток коронного разряда I_k и напряжение на самом счетчике $U_{сч}$) задается при помощи ограничивающего сопротивления R_1 и напряжения питания.

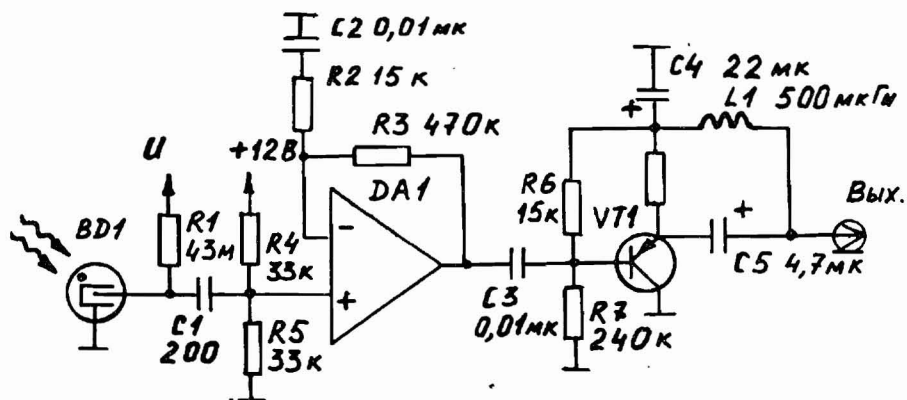


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя датчика нейтронов. ВД1-СНМ-14, DA1-K574УД1, VT1-ГТ308.

Усилитель обеспечивает двадцатикратное усиление сигналов детектора и их передачу по кабелю типа РК-50 в восьмиканальный дискриминатор-формирователь для амплитудной селекции. Установленные на входе дискриминатора и на выходе усилителя устройства развязки ^{/2/} позволяют использовать один и тот же кабель для передачи сигналов и подачи питания +12 В (4мА) на усилитель.

Принципиальная схема одного канала дискриминации представлена на рис. 2. В его состав входят: устройство развязки — L1, C1, R5, дискриминатор DA-1 на основе компаратора K521CA2, устройство установки режима работы — DD1.3, DD1.4, DD2, формирователь выходного сигнала — VT1, VT2, обеспечивающий амплитуду выходного сигнала на нагрузке 50 Ом равной -0,8 В. Порог дискриминации определяется разностью уровней напряжения на входах компаратора, причем напряжение на инвертирующем входе фиксировано, а на неинвертирующем регулируется при помощи переменных резисторов R3 и R8 в диапазонах 5-500 и 100-3000 мВ относительно уровня напряжения инвертирующего входа. Первому диапазону соответствует режим проверки работоспособности всего канала измерения по шумам коронного разряда СНМ-14 ^{/1,3/}, второму — рабочий режим регистрации нейтронов.

Выбор режима задается вручную при помощи переключателя П1 или автоматически по команде NA(0)F(17) с магистрали КАМАК. В режиме проверки на входе логического элемента DD1.3 устанавливается

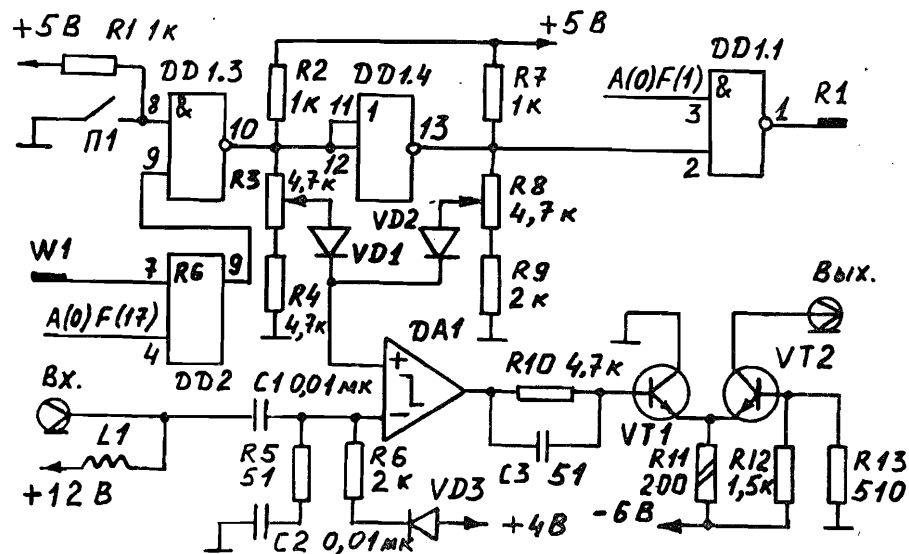


Рис. 2. Принципиальная схема дискриминатора-формирователя. DA1-K521CA2, DD1-K155ЛА3, DD2-K155ТМ7, VT1, VT2-KT315, VD1, VD2, VD3-Д310, L1-ДМ-0,1-400.

нулевой уровень напряжения, и, следовательно, такой же — на выходе DD1.4. В результате через открытый диод VD1 на управляющий вход компаратора подается напряжение с R3-резистора регулировки порогового порога. При этом R8-резистор установки рабочего порога отключен от компаратора, т.к. диод VD2 закрыт. В рабочем режиме, вследствие переключения элементов DD1.3 и DD1.4 закрыт диод VD1, и на управляющий вход компаратора через диод VD2 поступает смещение с резистора регулировки рабочего порога.

С дискриминатора информация передается для накопления и последующей обработки на счетчики КАМАК типа КС017 ^{/5/}.

СЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ

Для определения основных характеристик канала регистрации нейтронов и выбора оптимального режима работы были проведены измерения зависимости скорости счета шумов коронного разряда и импульсов нейтронов от величины порога дискриминации — v , длины соединительного кабеля — L , напряжения U питания СНМ-14 и уровня радиационной загрузки счетчика. Измерения проводились в поле нейтронов Pu-Be источника и непосредственно в импульсном поле излучения фазотрона ЛЯП.

На рис. 3 представлена зависимость скорости счета канала в поле нейтронов Pu-Be от порога дискриминации при напряжении питания $U = 960$ В и длине соединительного кабеля между усилителем и дискри-

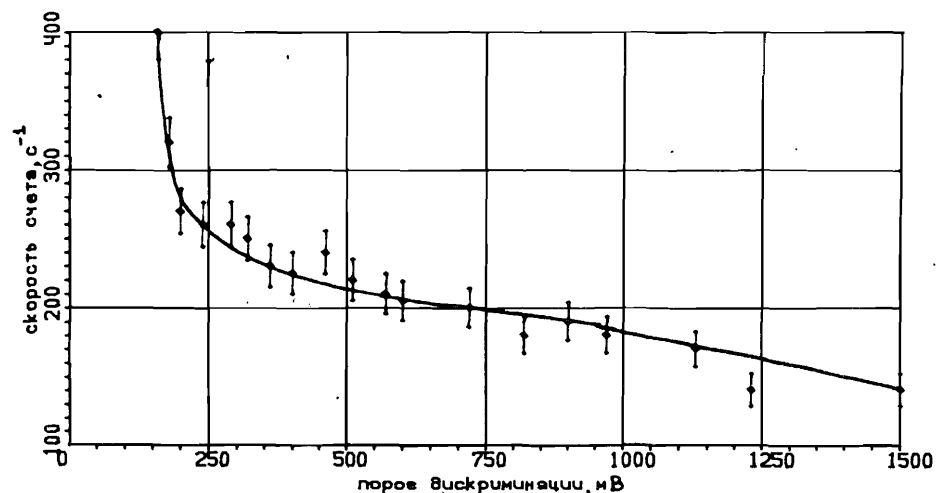


Рис. 3. Зависимость скорости счета канала в поле нейтронов Pu-Be источника от порога дискриминации: $L = 10$ м, $U = 960$ В.

минатором около 10 м. Из рисунка следует, что с увеличением порога ν от 300 до 1500 мВ чувствительность канала, пропорциональная скорости счета, уменьшается не более, чем на 40%.

Данные о зависимости относительной чувствительности от величин ν , U и L приведены в таблице.

Таблица

ν , мВ	$U = 680 \text{ В}$			$U = 960 \text{ В}$			$U = 1360 \text{ В}$		
	L — длина кабеля, м								
	80	380	600	80	380	600	80	380	600
250	1,11	1,10	1,06	1,14	1,11	1,10	1,12	1,11	1,08
370	—	—	—	1,09	—	—	1,05	—	—
590	—	—	—	1,00	—	—	0,97	—	—
750	0,97	0,95	0,91	0,97	0,94	0,87	0,94	0,87	0,80
940	—	—	—	0,93	—	—	0,89	—	—
1500	0,82	0,72	0,64	0,78	0,66	0,56	0,70	0,55	0,43

Оценка величины абсолютной чувствительности канала, полученная при $U = 960 \text{ В}$, $L = 80 \text{ м}$, $\nu = 590 \text{ мВ}$ для Pu-Be источника, близка к данным, приведенным в работе [1], и составляет $\sim 8 \cdot 10^{-5}$ мбэр/имп ($8 \cdot 10^{-7}$ мЗв/имп).

Информация о загрузке канала в поле ускорителя получена в режиме вывода протонов с энергией 670 МэВ в ловушку. Длительность импульсов выводимого пучка $\sim 4 \cdot 10^{-5}$ с, частота следования импульсов — ~ 233 Гц. Испытуемый датчик располагался в экспериментальном зале фазотрона за четырехметровой железобетонной защитой. Загрузка канала регулировалась путем изменения интенсивности выводимого пучка протонов и мониторировалась по величине интенсивности, а также при помощи дополнительного нейтронного датчика, который устанавливался так, чтобы исключить просчеты в канале монитора.

Временная структура отклика канала в импульсном поле нейтронов фазотрона соответствует изображенной на рис. 4. Измерения проводились при $U = 960 \text{ В}$, $L = 80 \text{ м}$ и двух порогах: рабочем (режим счета нейтронов, рис. 4а) и проверочном (режим счета шумов коронного

разряда и нейтронов, рис. 4б). Рабочая загрузка канала в течение цикла ускорения протонов аппроксимируется выражением:

$$n_0(t) \approx \frac{P_0 k}{f} \cdot \sum_{i=1}^2 \left[\frac{a_i}{\tau_i} \exp(-t/\tau_i) \right], \quad (1)$$

где a_1, a_2, τ_1, τ_2 — параметры распределения, f — частота следования импульсов нейтронов, P_0 — средняя мощность дозы, k — градуировочный коэффициент.

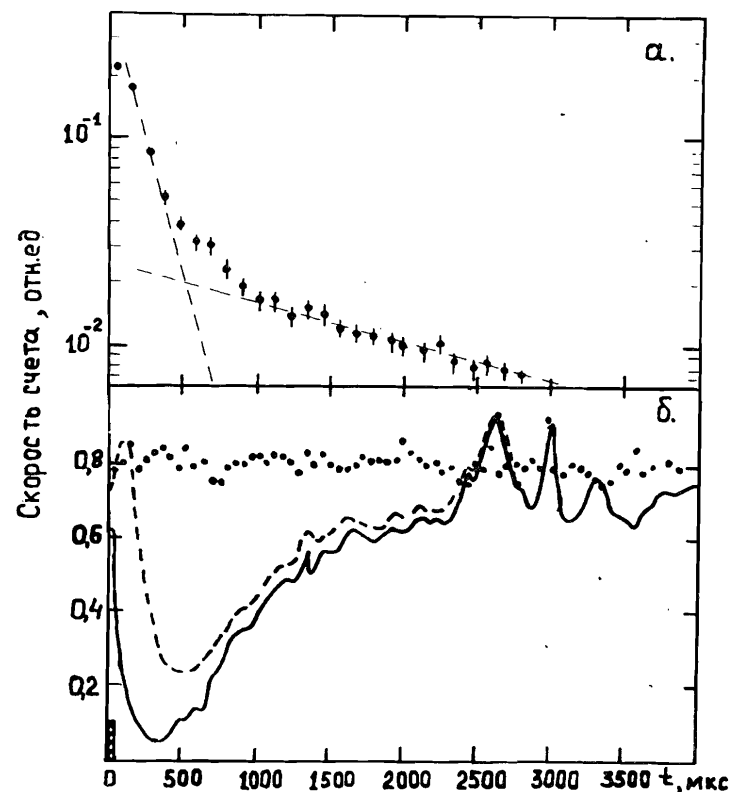


Рис. 4. Временная структура отклика канала в импульсном поле нейтронов за защитой ускорителя при $L = 80 \text{ м}$, $U = 960 \text{ В}$: а) в рабочем режиме при $\nu = 240 \text{ мВ}$; б) в проверочном режиме при $\nu \approx 20 \text{ мВ}$. Точками обозначена скорость счета шумов коронного разряда при неработающем ускорителе, сплошной линией — шумы коронного разряда при работающем ускорителе, пунктирной линией — сумма шумов коронного разряда и импульсов нейтронов при работающем ускорителе. Маркер в начале координат соответствует длительности сброса пучка ускорителя.

Первый член выражения характеризует процесс регистрации быстрых нейтронов в замедлителе с постоянной $\tau_1 \approx 1,7 \cdot 10^{-4}$ с, что хорошо согласуется с данными, опубликованными в работах ^{6,7/}. Второй член обусловлен наличием в экспериментальном зале рассеянных или "блуждающих" нейтронов, время релаксации которых в данном эксперименте составляет $\sim 2,3 \cdot 10^{-3}$ с. Результаты аппроксимации показаны на рис. 4а пунктирной линией.

Счетная характеристика, полученная при вышеуказанных условиях (см. рис. 4а), представлена на рис. 5.

Измерения проводились при $v=240$ мВ, $L=80$ м и для трех значений тока коронного разряда I_K счетчика. Экспериментальные зависимости скорости счета от величины загрузки канала регистрации удовлетворительно описываются формулой просчетов для систем второго рода ^{8/}, которая, с учетом импульсного характера загрузки канала (см. формулу 1), приобретает следующий вид:

$$N(P_0) \approx f \cdot \sum_{i=1}^2 \left\{ \left[1 - \exp\left(-\frac{P_0 \cdot k \cdot \tau \cdot a_i}{f \cdot \tau_i}\right) \right] / \left(\frac{\tau}{\tau_i} \right) \right\}, \quad (2)$$

где τ — мертвое время канала.

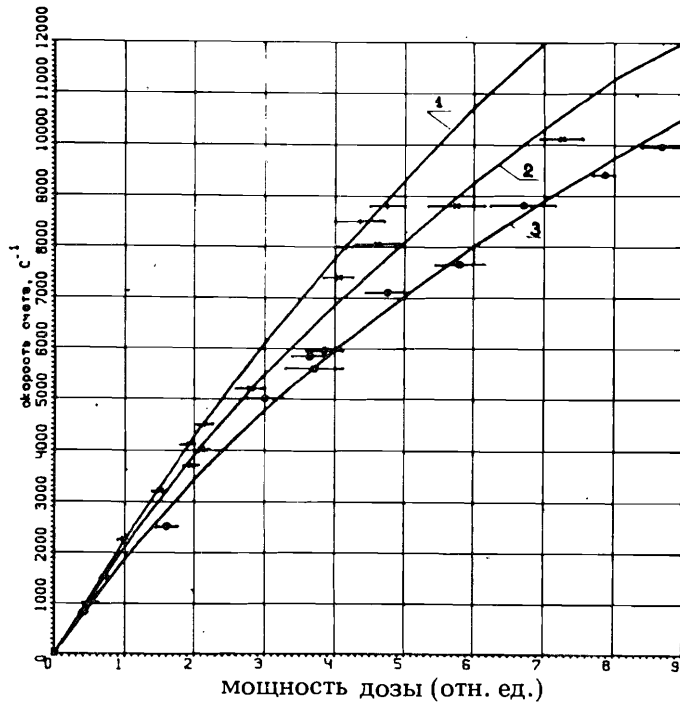


Рис. 5. Счетная характеристика канала в импульсном поле фазотрона 1 — $I_K = 18$ мкА, 2 — $I_K = 8$ мкА, 3 — $I_K = 0,8$ мкА.

Токам коронного разряда 18 мкА, 8 мкА и 0,8 мкА соответствуют кривые 1, 2 и 3 на рис. 5.

Мертвое время канала, полученное при аппроксимации экспериментальных данных формулой 2, составляет: при токе 18 мкА — $0,6 \cdot 10^{-5}$ с; при токе 8 мкА — $1,1 \cdot 10^{-5}$ с; при токе 0,8 мкА — $1,4 \cdot 10^{-5}$ с.

Верхняя граница загрузки канала в поле излучения ускорителя с описанными выше временными параметрами (рис. 4а) составляет $\sim 2 \cdot 10^3$ с⁻¹ или 2 мкЗв/с при условии 10%-ных просчетов.

Зависимость чувствительности канала в поле ускорителя от величины рабочего напряжения (тока коронного разряда), от уровня порога дискриминации и от длины кабеля совпадает с точностью до ошибок измерений с данными для Pu-Be источника (см. табл. и рис. 3). Поэтому в интервале рабочих напряжений 700-1400 В с увеличением порога дискриминации от 240 до 1000 мВ чувствительность снижается на 1,5-3% на каждые 100 мВ. Увеличение длины соединительного кабеля эквивалентно увеличению порога дискриминации вследствие затухания

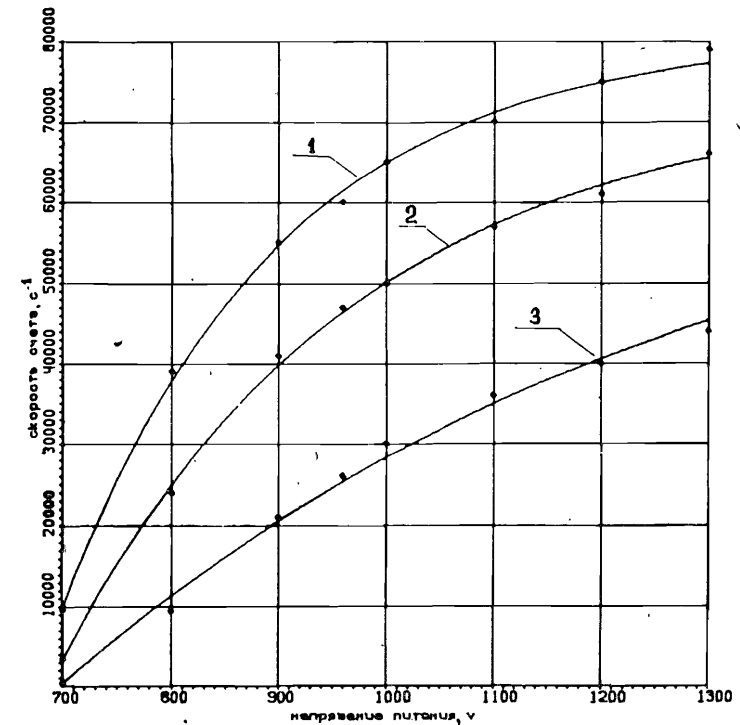


Рис. 6. Зависимость скорости счета шумов коронного разряда от напряжения питания счетчика: 1 — $v = 20$ мВ, 2 — $v = 40$ мВ, 3 — $v = 60$ мВ.

передаваемого сигнала и тоже приводит к снижению чувствительности. В интервале 10-600 м это ослабление близко к 2% на 100 м кабеля типа РК 50-4-11.

Характер влияния порога дискриминации и длины кабеля на скорость счета шумов коронного разряда совпадает с приведенными выше результатами для импульсов нейтронов, но не поддается количественной оценке вследствие индивидуальности амплитудных спектров этих шумов для отдельных детекторов. Кроме того, амплитуда шумов коронного разряда сильно зависит от напряжения питания (тока) счетчика СНМ-14 (см. рис. 6). При увеличении радиационной загрузки контрольный счет шумов падает (рис. 4б), причем степень снижения скорости столь велика, что не может быть результатом просчетов, вызванных наложением серий импульсов шумов на импульсы нейтронов. По-видимому, "замирание" шумов коронного разряда связано с физическими процессами, происходящими в детекторе при регистрации нейтронов, и в дальнейшем может быть использовано как дополнительная информация о степени радиационной загрузки счетчика.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получена информация о временной структуре отклика канала регистрации нейтронов в импульсном поле излучения фазотрона при одном из режимов его работы.

На основе экспериментальных результатов определены постоянная времени регистрации быстрых нейтронов для данного типа замедлителя ($\tau_1 \approx 1,7 \cdot 10^{-4}$ с) и время релаксации рассеянных нейтронов ($\tau_2 \approx 2,3 \cdot 10^{-3}$ с).

С учетом реальной временной структуры радиационной загрузки датчика оценено значение мертвого времени канала и установлено, что оно зависит от режима работы счетчика, причем при увеличении тока коронного разряда мертвое время уменьшается. Определен верхний предел загрузки канала для одного из режимов работы фазотрона.

Установлено, что при пониженном напряжении питания счетчика ($U = 700$ В) наряду с некоторым увеличением мертвого времени канала его чувствительность практически постоянна в диапазоне порогов дискриминации 300-700 мВ и длины кабеля до 600 метров, т.е. при пониженном напряжении питания СНМ-14 отпадает необходимость во внесении поправок в градуировочный коэффициент данного канала при изменении условий эксплуатации в указанных выше рамках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будяшов Ю.Г., Шишкин А.Л. Сообщение ОИЯИ 13-82-743, Дубна, 1982.
2. Будяшов Ю.Г. и др. Сообщение ОИЯИ 13-80-881, Дубна, 1980.

3. Онищенко Л.М., Шишкин А.Л. ПТЭ, 1986, № 4, с.38.
4. Бучнев В.Н., Комочков М.М., Мокров Ю.В. Сообщение ОИЯИ Р16-85-802, Дубна, 1985.
5. Антохов В.А. и др. Сообщение ОИЯИ 10-11636, Дубна, 1978.
6. Комочков М.М., Лебедев В.Н. Практическое руководство по РБ на ускорителях заряженных частиц. М.: Энергоатомиздат, 1986, с.117.
7. Веретенников А.И., Горбачев В.М., Предеин Б.А. Методы исследования импульсных излучений. М.: Энергоатомиздат, 1985, с.41.
8. Калашникова В.И., Козодаев М.С. Детекторы элементарных частиц. М.: Наука, 1966, с.355.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 апреля 1987 года.