

# Измерение времяпролетных спектров пропускания нейтронов интегральным (токовым) методом на импульсных источниках нейтронов.

*Копач Ю.Н.<sup>1</sup>, Кузнецов В.Л.<sup>1,2</sup>, Кузнецова Е.В.<sup>1,2</sup>, Седышев П.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория нейтронной физики  
141980 Дубна, Жолио -Кюри 6, Московская область, Россия*

<sup>2</sup> *Институт ядерных исследований, Российская Академия Наук, 117312 Москва, 60-тия  
Октябрьской Революции 7а, Россия*

**Аннотация.** Увеличение интенсивности импульсных источников нейтронов приводит к беспрецедентно большой импульсной плотности потока нейтронов до  $10^{11}$  н / с и, как следствие, к невозможности использования систем сбора данных, работающих в режиме счета. С другой стороны, при работе в стационарных реакторах часто используются детекторы в токовом режиме. В данной статье представлены результаты измерения токовым методом времяпролетных спектров пропускания образцов тантала и индия.

## Введение

В настоящее время существуют и проектируются импульсные источники нейтронов с плотностью потока нейтронов  $\sim 5 \cdot 10^{15}$  н/с·см<sup>2</sup> [1]. Большая импульсная плотность потока нейтронов не позволяет использовать счетные методы измерений времяпролетных спектров пропускания нейтронов. Чтобы детекторы не «захлебнулись», приходится ослаблять интенсивность потока нейтронов. В работе [2] предложен новый метод измерения времени жизни нейтрона времяпролетным методом, однако для этого необходимо зарегистрировать  $\sim 3 \cdot 10^{16}$  нейтронов, то есть в секунду необходимо регистрировать  $\sim 3 \cdot 10^{10}$  нейтронов. Поставленную задачу можно решить, применяя токовый метод регистрации, использованный в работах [3,4], при измерениях Р-нечетных эффектов на стационарных реакторах. В данной работе представлены результаты первых измерений времяпролетных спектров пропускания токовым методом.

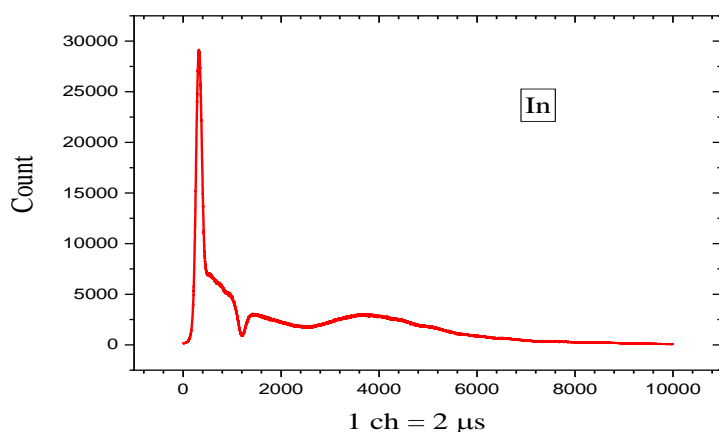
## Эксперимент

На 1-ом канале реактора ИБР-2 были проведены измерения на 30 метровой пролетной базе спектров пропускания нейтронов с образцами индия и тантала, счетным и токовым методами. В случае измерения времяпролетных спектров пропускания счетным методом, пучок нейтронов был перекрыт 10 см свинца и дополнительно ослаблен 5 мм щелью из борированного полиэтилена. Таким образом, пучок нейтронов был ослаблен примерно в 150 раз. При измерениях времяпролетных спектров пропускания

токовым методом, свинец и щелевой коллиматор из пучка нейтронов убирались. В обоих экспериментах в качестве детектора нейтронов использовался  $^3\text{He}$  счетчик СНМ-18.

При измерениях счетным методом, счетчик работал в пропорциональном режиме. Сигнал с детектора поступал на быстрый предусилитель, потом на усилитель и дискриминатор-формирователь сигнала в стандарте NIM. Для регистрации времяпролетных спектров использовалась система сбора и накопления спектров "TIMECODER" разработанная в ЛНФ ОИЯИ [5].

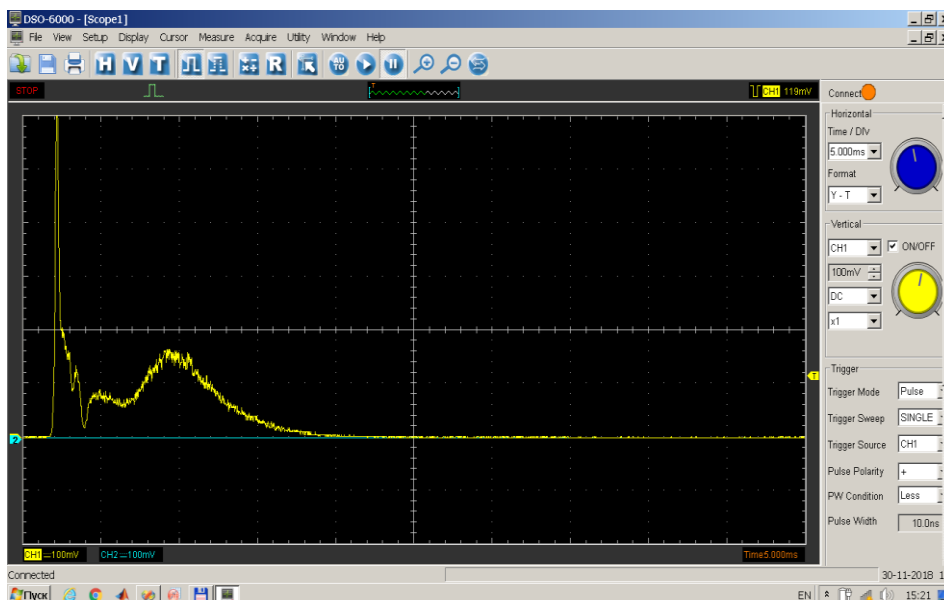
На рисунке 1 представлен график измеренного счетным методом времяпролетного спектра пропускания нейтронов через образец индия. На рисунке хорошо виден резонанс индия, соответствующий  $E_{\text{res}}^{\text{In}} = 1,46$  эВ.



**Рис. 1.** Времяпролетный спектр пропускания нейтронов через образец индия (пролетная база  $L = 29,1$  м), измеренный счетным методом.

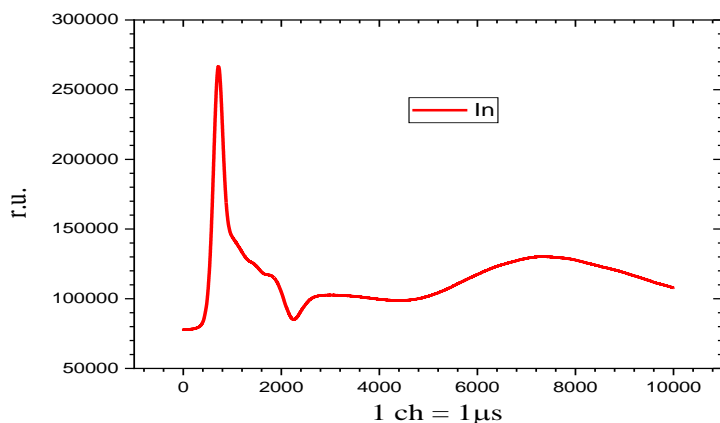
При измерении времяпролетных спектров пропускания токовым методом счетчик СНМ-18 работал в режиме ионизационной камеры. Сигнал с детектора поступал на токовый предусилитель, а с него прямо на цифровой осциллограф DSO-6000, управляемый компьютером. На рисунке 2 представлен времяпролетный спектр пропускания нейтронов образцами тантала и индия, полученный за одну «вспышку» реактора. На рисунке 2 отчетливо видны низколежащие резонансы тантала и индия.

В штатных измерениях регистрировалось обычно 200 «вспышек» реактора и сохранялся суммарный файл. Время измерения одного файла 40 секунд. Для того чтобы резонанс во времяпролетном спектре пропускания был виден более отчетливо, время развертки было установлено  $1 \mu\text{s}/\text{ch}$ .



**Рис. 2.** Времяпролетный спектр пропускания нейтронов образцами тантала и индия, полученный за одну «вспышку» реактора.

На рисунке 3 представлен времяпролетный спектр пропускания нейтронов через образец индия (пролетная база  $L = 25,5$  м), измеренный токовым методом.



**Рис. 3.** Времяпролетный спектр пропускания нейтронов через образец индия, измеренный токовым методом.

При сравнении времяпролетных спектров пропускания нейтронов, полученных на одних и тех же образцах двумя способами счетным и токовым, заметна их идентичность. Поскольку токовый метод позволяет регистрировать больше нейтронов, при этом нет потерь экспериментальной информации, то, например, в нашем эксперименте [2] этот метод предпочтителен.

## Выводы

- Времяпролетные спектры пропускания нейтронов через образец индия, измеренные счетным и токовым методами, на 1-ом и на 3-ем рисунках демонстрируют идентичную (аналогичную) зависимость от энергии.
- Времяпролетный спектр пропускания нейтронов может быть измерен за одну вспышку. Это может пригодиться при исследовании быстро протекающих процессов.
- Времяпролетный токовый метод может иметь большие перспективы при исследовании слабого нейтрон-ядерного взаимодействия в нейтронных резонансах.

Авторы выражают благодарность Ш. Зейналову, В.Н. Швецову, Е.В. Лычагину, В.В. Новицкому и другим сотрудникам ЛНФ ОИЯИ, а так же Э.А. Коптелову ИЯИ РАН за помощь и поддержку работы.

## Литература

1. В.Л. Аксенов, А.М. Балагуров. «Дифракция нейтронов на импульсных источниках». УФН, 2016, Т. 186, № 3, стр.293-320.
2. V.L. Kuznetsov, E.V. Kuznetsova, P.V. Sedyshev. «Measuring Neutron Lifetime on IBR-2 Pulsed Neutron Source». Physics of Particles and Nuclei Letters, 2018. Vol. 15, No. 6, pp. 678 – 684.
3. Л.Н. Бондаренко, С.В. Жуков, В.Л. Кузнецов. «Нарушение пространственной четности в полном сечении взаимодействия тепловых нейтронов с ядрами плутония-239». Письма в ЖЭТФ, 1987, т.46, вып.6, с.222-223. «Поиск эффектов нарушения пространственной четности в полном сечении взаимодействия нейтронов с ядрами урана-233». Письма в ЖЭТФ, 1987, т.45, вып.11, с.515-519.
4. Весна В.В., Гледенов Ю. М., Окунев И. С., Попов Ю.П., Шульгина Е.В. «Поиск Р-нечетных эффектов в реакциях  ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$  и  ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$  с поляризованными тепловыми нейтронами». ЯФ, 1996, т. 59, с. 23-32.
5. V.N. Shvetsov, S.V.Alpatov, N.V. Astakhova et al. «The data acquisition system was developed in the LNP JINR». Instruments and Experimental Techniques, V.55, N 5, pp.561-568, 2012.