

В. И. Боднарчук, В. В. Садилов

Механический фильтр нейтронного пучка

Новое устройство для формирования пучка нейтронов — механический фильтр, позволяющий ограничить время видимости источника нейтронов, — было разработано в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка [1]. В случае импульсного источника нейтронов временное окно видимости источника можно совместить с нейтронным импульсом и таким образом ограничить прохождение фоновых нейтронов, излучаемых до или после основного импульса. С помощью моделирования Монте-Карло с применением программного пакета VITESS были изучены возможности такого устройства. Показано, что предложенный фильтр позволяет улучшить временное разрешение в методе времени пролета в сравнении с дисковым прерывателем. Даются оценки по потерям интенсивности нейтронного пучка в случае применения фильтра.

Для проведения времяпролетных экспериментов требуется определить начало отсчета времени проле-

та нейтронов. На источниках постоянного излучения для этого применяется система прерывателей, формирующая отдельные друг от друга во временной шкале импульсы интенсивности. Наиболее естественным образом времяпролетная методика измерений реализуется на импульсных источниках. Определяющим параметром данного метода является разрешение по времени пролета, которое определяется шириной импульса нейтронов и пролетной базой от источника до детектора. В случае реализации времяпролетной методики на постоянном источнике нейтронов шириной импульса можно управлять, выбирая частоту вращения прерывателя. Если же источником нейтронов выступает реактор типа импульсного реактора ИБР-2, то на характеристики вспышки повлиять невозможно и улучшать временное разрешение можно за счет увеличения пролетной базы, которая ограничивается размерами здания. В таком случае применяют разде-

V. I. Bodnarchuk, V. V. Sadilov

Mechanical Neutron Beam Filter

The new mechanical device allowing limiting the visibility time of the neutron source was developed at the Frank Laboratory of Neutron Physics [1]. In the case of pulsed neutron sources, the filter time window can be synchronized with the neutron pulse, thus limiting the passage of background neutrons emitted before and after the main neutron pulse. The performance of such a filter is analyzed by Monte Carlo simulations using VITESS software package. It is shown that the proposed filter improves the time resolution of the time-of-flight technique in comparison with disk chopper; associated intensity losses are estimated.

To organize the neutron time-of-flight (TOF) technique, one needs to define the starting time of the neutron flight along the flight base. At steady flux neutron sources, this is achieved by the use of mechanical choppers that form a time sequence of short neutron pulses, while the

TOF technique is a natural method of measurements at pulsed neutron sources. The resolution of the TOF measurements depends on the neutron pulse width and the flight path length from the source to the detector. When the TOF technique is implemented at steady flux neutron sources, the neutron pulse width is controlled by the choice of the chopper rotation frequency or by window dimensions. In the case of the pulsed neutron source, for example, IBR-2 pulsed reactor or spallation source such as ESS, it is impossible to influence the duration of the neutron burst and the time resolution can only be improved either by the increase of the flight base, which is practically limited by the size of an experimental hall, or by the narrowing of the neutron pulse that, however, results in significant intensity losses. The way out of this situation is to divide the main neutron pulse into several narrower pulses using the system of fast rotating mechanical choppers, which

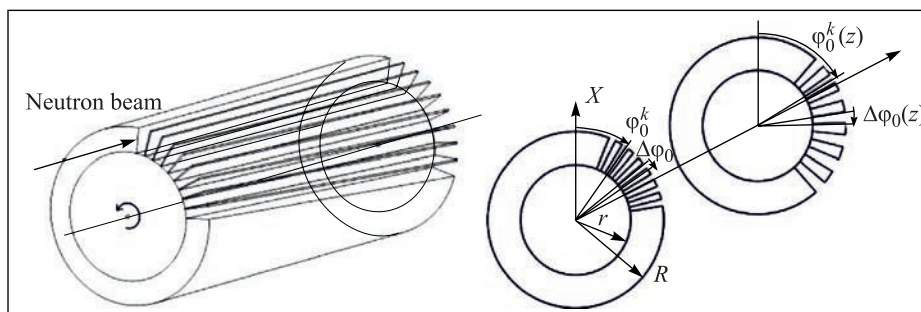
ление основного импульса источника на несколько более узких с помощью системы механических прерывателей, как это, например, реализовано на ESS. Однако такая система, давая вклад в улучшение разрешения, достаточно эффективна только при низком собственном фоне установки, что вполне справедливо для упомянутого источника ESS. Для источника типа импульсного реактора характерно наличие заметной фоновой составляющей, которая формирует квазипостоянное во времени излучение нейтронов. Это излучение формируется главным образом запаздывающими нейтронами, которые испускаются осколками деления в активной зоне реактора в течение длительного времени, вплоть до нескольких минут, при длительности импульса порядка 340 мкс и периода повторения 200 мс. В этих условиях требуется особый прерыватель пучка, который мог бы ограничивать возможность прохождения сквозь него ней-

ронов, появившихся вне временного интервала импульса источника. Для импульсного реактора ИБР-2 это принципиально важно, поскольку на фоновую подложку приходится около 10% средней мощности реактора и влияние фона на экспериментальные результаты может быть критичным. Авторами предложен вариант механического прерывателя, который способен выполнять функцию ограничителя для фоновых нейтронов (рисунок). Применение такого прерывателя, прежде всего на источниках типа импульсного реактора ИБР-2, может дать существенное улучшение отношения сигнал–фон, что особенно важно для установок малоуглового рассеяния нейтронов и рефлектометров.

Список литературы

1. Bodnarchuk V. I., Sadilov V. V. // Nucl. Instr. Meth. A. 2023. V. 1055. P. 168547; <https://doi.org/10.1016/j.nima.2023.168547>.

Схема предлагаемого фильтра нейтронного пучка с линейно расширяющимися каналами. Ширина канала увеличивается как вдоль оси Z , так и по направлению к внешней поверхности цилиндра



Layout of the proposed neutron beam filter with linearly expanding channels. The channel width increases both along Z axis and towards the outer surface of the cylinder

will be used for many instruments at ESS. This method of the resolution improvement is effective only for neutron instruments with low own neutron background, which is valid for ESS. However, the pulsed reactor IBR-2 is characterized by the presence of the significant quasi-constant in time background created by the delayed neutrons, which are emitted by fission fragments in the reactor core for a long time, up to several minutes (with a neutron pulse duration of about 340 μ s and a repetition period of 200 ms) after the completion of the fission process. As the number of delayed neutrons is about 10% of all neutrons produced in the reactor core, the impact of such background on the experimental results can be critical, particularly limiting the minimal scattering signal that can be observed. The authors proposed a mechanical device that prevents the passage of neutrons emitted before and after the main neutron pulse (figure). Being implemented on such neutron sources as IBR-2 pulsed reactor, it will provide a signifi-

cant improvement in the signal-to-background ratio for neutron scattering instruments, particularly for reflectometers and small-angle scattering diffractometers.

References

1. Bodnarchuk V. I., Sadilov V. V. // Nucl. Instr. Meth. A. 2023. V. 1055. P. 168547; <https://doi.org/10.1016/j.nima.2023.168547>.