

УДК 539.1.074.8

Топография нейтронного поля в марганцевой ванне от направленного источника с $E_n = 230$ кэВ

ЖАГРОВ Е. А., НЕМИЛОВ Ю. А., ПЛАТОНОВ А. В., ФОМИНЫХ В. И.

В последнее время техника марганцевой ванны успешно применялась для точных измерений нейтронных потоков в диапазоне энергии 10 кэВ — 2 МэВ при работе на ускорителе [1]. В этих экспериментах марганцевая ванна представляла собой сферу диаметром 90 см. Утечка рассчитывалась методом Монте-Карло и не превышала 4%. В случае применения марганцевой ванны только в диапазоне промежуточных нейтронов появляется возможность существенно сократить ее размер, что повысит чувствительность метода и статистическую точность измерений. Для изотропных источников промежуточных нейтронов в работе [2] приведена оценка утечки из сферической марганцевой ванны. Однако для направленных источников, с которыми обычно приходится иметь дело при работе на ускорителе, до настоящего времени подобные оценки не публиковались.

Схема измерений представлена на рис. 1. Источником нейтронов являлась реакция ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$. Пучок ускоренных на электростатическом генераторе протонов падал на мишень из фтористого лития, которую размещали в баке с насыщенным раствором тетраборнокислого натрия и борной кислоты. Пучок нейтронов формировали коллиматором из борированного полиэтилена, расположенным под углом 135° к пучку протонов. Нейтронный поток мониторировали счетчиком СММ-13, окруженным 4-см слоем полиэтилена. Этот счетчик находился в другом, аналогичном по конструкции и расположенном симметрично коллиматоре. За ось симметрии принимали направление пучка протонов. Топографию нейтронного поля исследовали счетчиком СММ-13, погруженным в кювету размером $40 \times 40 \times 40$ см с 30%-ным раствором сернокислого

марганца. Счетчик закрепляли в специальном держателе, который позволял ему перемещаться в горизонтальной плоскости по окружностям определенного радиуса вокруг оси, проходящей через центр дна канала для ввода пучка нейтронов в кювету. Распределение медленных нейтронов измеряли через интервал углов 15° в диапазоне от 0 до 165° . При фиксированном значении угла θ распределение измеряли для расстояний от оси вращения счетчика в диапазоне 10—17,5 см. Только для некоторых значений углов распределение измеряли в диапазоне 5—17,5 см. Значение угла θ отсчитывали от оси пучка падающих нейтронов.

На рис. 2 представлены некоторые из измеренных распределений (○). Для каждого значения угла распределения в диапазоне 10—17,5 см удовлетворительно описываются экспоненциальной зависимостью. Параметры этих экспонент определены методом наименьших квадратов, а сами они представлены на рис. 2 сплошными линиями. Для сферической марганцевой ванны абсолютная величина утечки нейтронов через элемент поверхности сферы пропорциональна плотности потока нейтронов ϕ через этот элемент. Поэтому важно иметь зависимость $\phi(\theta)$. В настоящей работе измеряли скорость счета, которая пропорциональна $\phi(\theta)$. То обстоятельство, что распределения, представленные на рис. 2, удовлетворяются экспоненциальной функцией, благоприятствует построению зависимости скорости счета N от угла θ при любом выбранном значении радиуса r . На рис. 3 приводится зависимость $\ln N(\theta)$ для различных значений радиуса. Здесь представлены значения, полученные из экспоненциальных функций $N(r)$, а погрешность их определена при обработке этих распределений методом наименьших квадратов. В области углов от 0 до 90° изменение скорости счета $N(\theta)$ хорошо аппроксимируется экспоненциальными зависимостями, которые изображены на рис. 3 сплошными линиями. В диапазоне углов от 90° до 165° полученная методом наименьших квадратов экспоненциальная зависимость хуже удовлетворяет экспериментальным данным. Это

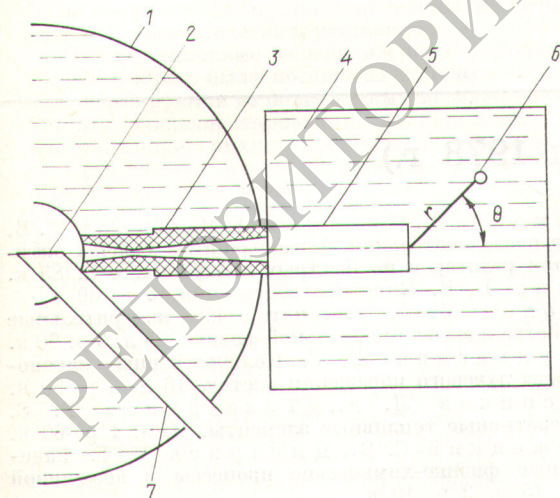


Рис. 1. Схема постановки эксперимента:

1 — бак; 2 — мишень LiF; 3 — коллиматор; 4 — кювета; 5 — канал для ввода пучка нейтронов; 6 — счетчик СММ-13; 7 — ионопровод

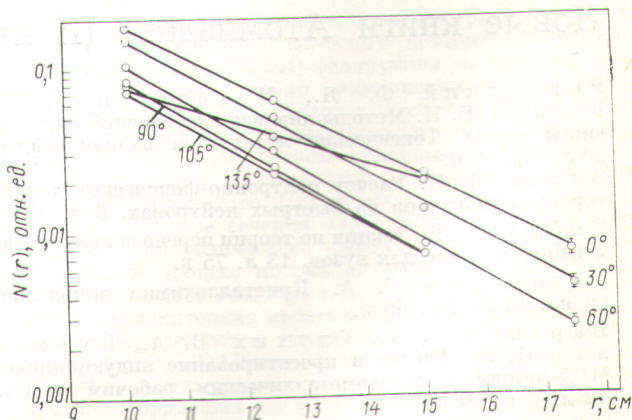
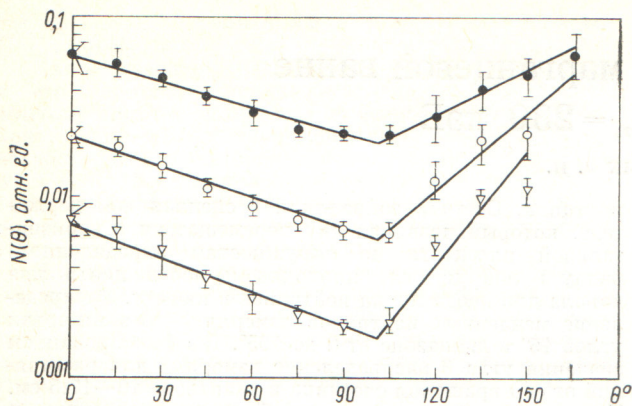


Рис. 2. Распределение медленных нейтронов в растворе сернокислого марганца для фиксированных значений угла θ



Р и с. 3. Распределение медленных нейтронов в растворе сернистого марганца для $r = 12,5$ (●); 15 (○) и $17,5$ см (▽)

объясняется влиянием канала для ввода пучка нейтронов в измерительную кювету. Из данных рис. 3 для каждого выбранного значения радиуса интегрированием по углу рассчитывали среднюю скорость счета $N_{ср}$, которая отражает утечку из сферической ванны от направленного источника нейтронов. Учитывая, что утечка из сферической марганцевой ванны для изотропного источника рассчитана в работе [2], а также то, что $N(0^\circ)$ пропорциональна утечке от этого источника, возможно по известной $N_{ср}$ оценить утечку для направленного источника.

В таблице представлены рассчитанные таким образом значения утечки нейтронов через стенки сферической марганцевой ванны различного радиуса r от направленного источника с энергией 230 кэВ ($f_{напр}$). Погрешность этого значения (40%) определяется в основном статистической неопределенностью при измерении топографии нейтронного поля. Также приведена утечка от изотропного источника нейтронов ($f_{изотр}$) для ванны тех же размеров [2].

Утечка нейтронов из сферической марганцевой ванны, %

r , см	$f_{изотр}$ [2]	$f_{напр}$	$f_{кан}$
12,5	1,6	0,8	0,24
15	0,6	0,4	0,17
17,5	0,23	0,14	0,12

Известную трудность представляет оценка утечки нейтронов через цилиндрический канал диаметром 40 мм для ввода пучка в марганцевую ванну. При этой оценке были использованы результаты работы [3]. По данным [3] для нормального падения пучка нейтронов на толстый барьер из водородсодержащего материала при $E_n = 220$ кэВ значение альбедо составило 0,19. Использование этого значения альбедо для наших оценок кажется естественным, поскольку в настоящих измерениях нейтронный пучок приблизительно той же энергии падал нормально на дно канала, не задевая стенок последнего. Результаты оценки утечки через канал ($f_{кан}$) приводятся также в таблице. Учет взаимодействия рассеянных от дна канала нейтронов с боковыми стенками последнего, а также подтечки нейтронов из ванны через эти стенки увеличит значения $f_{кан}$. Эти эффекты не учитывались.

Поступило в Редакцию 5.IX.77

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Leroy I. «Nucl. Instrum. and Methods», 1970, v. 88, p. 1.
2. Жагров Е. А. и др. «Атомная энергия», 1977, т. 42, вып. 2, с. 144.
3. Коган А. М. и др. «Атомная энергия», 1959, т. 7, вып. 4, с. 386.

Новые книги Атомиздата (II квартал 1978 г.)

Ровинский Ф. Я., Иохельсон С. Б., Юшкан Е. И. Методы анализа загрязнений окружающей среды. Токсические металлы и радионуклиды. 20 л. 3 р. 40 к.
 Зизин М. Н. Расчет нейтронно-физических характеристик реакторов на быстрых нейтронах. 6 л. 95 к.
 Смелов В. В. Лекции по теории переноса нейтронов. Учебное пособие для вузов. 13 л. 75 к.
 Сидоренко Г. А. Кристаллохимия минералов урана. 15 л. 2 р. 40 к.
 Баранов Г. А., Глухих В. А., Кириллов И. Р. Расчет и проектирование индукционных МГД-машин с жидкометаллическим рабочим телом. 12 л. 2 р. 20 к.
 Действие облучения на графит ядерных реакторов. 22 л. 3 р.

Хромов В. В., Кузьмин А. М., Орлов В. В. Метод последовательной линеаризации в задачах оптимизации реакторов на быстрых нейтронах. 6 л. 85 к.
 Фомин В. В. Кинетика экстракции. 6 л. 80 к.
 Соколов М. П. Автоматические измерительные устройства в экспериментальной физике. 25 л. 3 р. 70 к.
 Капульцевич Ю. Г. Количественные закономерности лучевого поражения клеток. 16 л. 2 р. 50 к.
 Квасников Л. А., Тазетдинов Р. Г. Регенеративные топливные элементы. 10 л. 1 р. 60 к.
 Пшежецкий С. Я., Дмитриев М. Т. Радиационные физико-химические процессы в воздушной среде. 15 л. 2 р. 10 к.
 Определение температуры в твэлах ядерного реактора. 15 л. 2 р. 40 к.
 Заневский Ю. В. Проволочные детекторы элементарных частиц. 12 л. 1 р. 70 к.