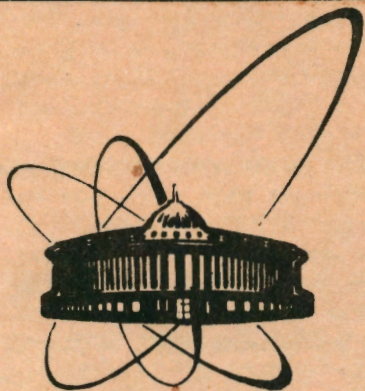


92-350



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P3-92-350

В.Д.Ананьев, Б.И.Воронов, Н.А.Гундорин,  
В.Д.Денисов, С.А.Квасников, В.И.Константинов,  
С.В.Куликов, И.М.Матора, Г.Н.Погодаев,  
А.Б.Попов

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ  
ПЕРВИЧНЫХ НЕЙТРОНОВ В ИМПУЛЬСНОМ  
БУСТЕРЕ

Направлено в журнал "Атомная энергия"

1992

## ВВЕДЕНИЕ

Данные пространственного распределения плотности генерации первичных (генерированных каскадом реакций  $(e, \gamma)$ ,  $(\gamma, n)$ ) нейтронов в расположенной в активной зоне (АЗ) импульсного бустера мишени электронного инжектора и окружающих ее стержнях АЗ необходимы для оптимизации формы и местоположения мишени в АЗ с целью обеспечения максимального выхода нейтронов.

В 1989 г.<sup>11</sup> был предложен способ измерения такого распределения, основанный на свойстве содержащегося в естественном вольфраме изотопа  $^{182}\text{W}$  после  $(\gamma, n)$ -реакции превращаться в отсутствовавший в естественном W до облучения радиоактивный  $^{181}\text{W}$ , неповторимый для других радиоактивных ядер  $\gamma$ -спектр которого (с  $E_\gamma = 57,7; 66; 136,3; 152,5$  кэВ) и период полураспада  $\tau_{1/2} = 121,271$  суток удобны для длительного хранения и получения информации о распределении имевшей место генерации первичных нейтронов. Особенно полезно то, что пробег указанных характерных для  $^{181}\text{W}$   $\gamma$ -квантов в вольфраме не превосходит 1-1,5 мм (а для наиболее интенсивных линий с  $E_\gamma = 57,7$  и 66 кэВ он меньше 1 мм), что исключает усреднение результатов измерения по объему, а также большой период полураспада, позволяющий высветить нежелательное фоновое  $\gamma$ -излучение, связанное с короткоживущими возбужденными состояниями ядер других изотопов вольфрама и примесей, в течение недель и даже месяцев после облучения макета без заметных потерь полезной информации.

## СУЩНОСТЬ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СПОСОБА

Достаточным для последующей уверенной регистрации пространственного распределения изотопа  $^{181}\text{W}$ , возникшего в элементах неразмножающего вольфрамового макета бустера, является облучение мишени  $\sim 10^{17}$  электронами на выходе инжектора при их энергии 35 МэВ и  $\sim 10^{16}$  частицами при  $E_e \sim 150$  МэВ.

И мишень и все стержни макета должны состоять из естественного вольфрама, причем каждый его элемент составляется из двух половин, плотно состыкованных по меридианной (содержащей ось электронно-оптического тракта инжектора) плоскости симметрии. Размеры и взаимное расположение мишени и стержней должны

быть такими же, как и в самом бустере. Макет устанавливается штатно в то место тракта инжектора, где должны располагаться АЗ и мишень бустера и облучаться в течение времени, достаточного для падения на мишень  $10^{17} - 10^{16}$  электронов (на ЛУЭ-40 достаточна экспозиция в течение  $\sim 10$  минут).

После выдержки макета (1 неделя) из него извлекают по одной половине каждого элемента и как на плоской ее разрезной поверхности, так и на цилиндрической (или иной формы) поверхности боковой измеряется распределение плотности  $\gamma$ -излучения по линиям  $E_\gamma = 57,7; 66; 136,3$  и  $152,5$  кэВ. Полученные в результате измерения плотности излучения  $\gamma$ -линий достаточно домножить на известные отношения выхода первичных нейтронов на электрон в делящемся материале АЗ и материале мишени бустера к выходу их на естественном вольфраме (например, для бустера "ИБР-30+ЛУЭ-40" с его плутониевыми стержнями АЗ первый из указанных множителей составляет  $\sim 3$ , а множитель для вольфрамовой мишени равен 1), чтобы полученное распределение плотности оказалось пропорциональным действительному ее распределению в самом бустере.

Для экспериментальной проверки эффективности способа был использован стержень из естественного вольфрама длиной 140 мм и диаметром 10 мм, который в составе макета вольфрамовой мишени и нескольких сплошных вольфрамовых и свинцовых имитаторов стержней АЗ импульсного бустера "ИБР-30+ЛУЭ-40" с размерами, тождественными оригиналу, был ранее (в июне 1988 г.) экспонирован под пучком ЛУЭ-40 с целью исследования распределений тепловыделения и тока первичных и рассеянных элементами бустера электронов.

Измерения распределения плотности генерации первичных нейтронов в различных точках поверхности этого сплошного вольфрамового стержня (в макете он располагался непосредственно рядом с мишенью напротив ее плоского под углом  $15^\circ$  к оси мишени среза; см. рис.1) были выполнены в 1989 г. по истечении

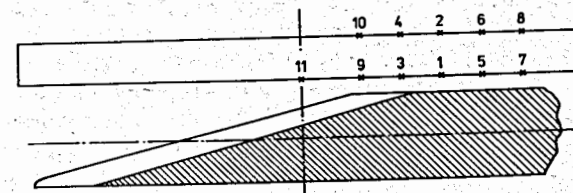


Рис.1. Взаимное расположение мишени и вольфрамового стержня в макете при его облучении электронным пучком

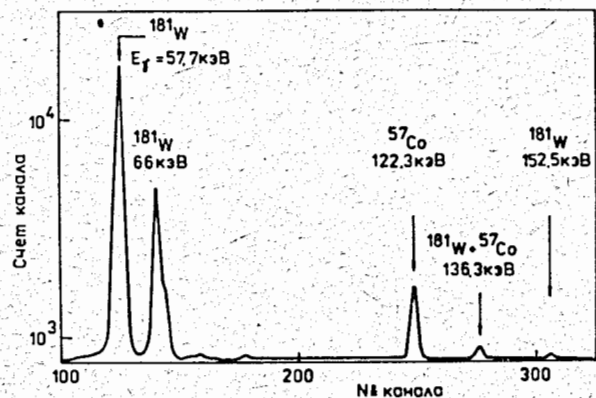


Рис.2. Аппаратурный спектр гамма-излучения с поверхности вольфрамового стержня

6 месяцев после его упомянутого выше кратковременного облучения вместе с мишенью и остальными стержнями макета электронным пучком ЛУЭ-40 с  $E_e = 35,6$  МэВ.

Каждая точка поверхности стержня (местоположение точек см. на рис.1) в течение 6 минут экспонировалась перед коллимированным свинцовой пластиной толщиной 4 мм с отверстием диаметром 6 мм детектором.

На рис.2 представлен типичный спектр  $\gamma$ -излучения (вместе с фоном в интервале  $E_\gamma \in 50 - 160$  кэВ, в котором по оси ординат дан счет  $N_\gamma/\text{канал}$ , а на рис.3 - ход интегрального счета по каждой линии  $^{181}\text{W}$  в зависимости от положения точки на поверхности стержня, обращенной к мишени (сплошные кривые), и на противоположной от нее стороне (пунктир).

Как и ожидалось, генерация первичных нейтронов на части поверхности стержня, обращенной к мишени, многократно (почти на порядок) превосходит генерацию на тыльной его стороне. Особенно интересным при этом оказалось совпадение и точки максимальной плотности генерации на нем (точка № 1) с точкой возникшего в марте 1989 г. повреждения оболочки ТВЭла, причем поврежденный стержень (ТВЭл) был расположен в том же месте бустера, которое занимал в макете исследованный стержень. Дело в том, что эта точка находится в окрестности максимума плотности отраженных скосом мишени бустера электронов, так что причиной вышеупомянутого повреждения с большой вероятностью могла быть бомбардировка ТВЭла отраженными от мишени электронами инжектора.

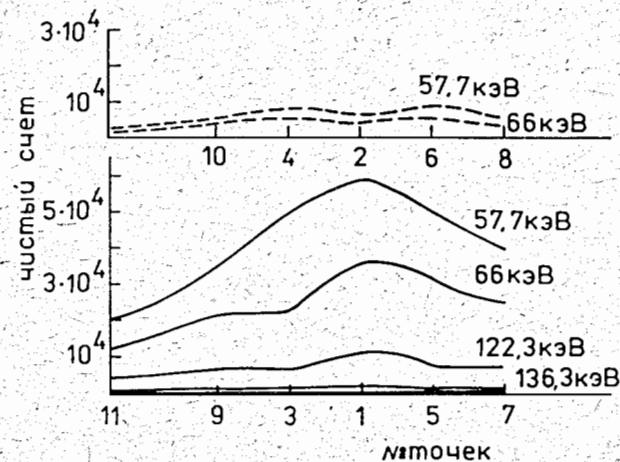


Рис.3. Распределение интенсивности  $\gamma$ -излучения с поверхности вольфрамового стержня

Измерения показали (см. рис.2), что наряду с доминирующим излучением линий изотопа вольфрама  $^{181}\text{W}$  в спектре весьма заметна линия 122,3 кэВ, принадлежащая радиоактивному  $^{57}\text{Co}$ , образовавшемуся также при генерации первичных нейтронов на ядрах примесного  $^{58}\text{Ni}$  (в естественном вольфраме стержня указанного изотопа никеля, как показали измерения М.В.Фронтасевой, содержалось  $\sim (1,21 \pm 0,12)\%$ ), реакцией  $(\gamma, n)$  он превращается в радиоактивный  $^{57}\text{Ni}$ , а последний - в  $^{57}\text{Co}$ . В рассматриваемом диапазоне энергий  $^{57}\text{Co}$  излучает наряду с квантами с  $E_\gamma = 122,3$  кэВ (с относительной интенсивностью 89%) также и кванты с  $E_\gamma = 136,3$  кэВ (11%), так что счет в линии 136,3 кэВ - суммарный от  $^{181}\text{W}$  и  $^{57}\text{Co}$ . И хотя обе эти линии однозначно характеризуют плотность генерации первичных нейтронов, их интенсивность существенно ниже интенсивности 57,7 и 66 кэВ линий  $^{181}\text{W}$ , так же, как и линии 152,5 кэВ  $^{181}\text{W}$ .

По этой причине оптимальными для определения плотности генерации первичных нейтронов в бустере следует считать наиболее интенсивные линии с  $E_\gamma = 57,7$  и 66 кэВ.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из приведенных данных о распределении плотности генерации первичных нейтронов в бустере "ИБР-30+ЛУЭ-40" лишь по единственному сплошному элементу макета, состоящему из естествен-

ного вольфрама, можно сделать однозначный вывод о том, что генерация первичных нейтронов в этом бустере имеет место не только в мишени, но также и в примыкающих к ней стержнях. Так, доля первичных нейтронов, генерируемых только в стержне (плутониевом ТВЭле), расположенном напротив скоса мишени, на основании результатов этих измерений оценивается в 22% от их полного количества.

Пространственное распределение плотности отчетливо проявляется, и при применении разрезных вольфрамовых элементов макета может быть достаточно подробно исследовано.

Применение способа будет полезным для предсказания оптимальной конструкции импульсных нейтронных бустеров.

Авторы искренне благодарят В.Т.Руденко, М.В.Фронтасьеву и В.Б.Бруданина за помощь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев В.Д. и др. - "Способ определения параметров импульса нейтронов, генерируемых бустером". А.с. № 1646400.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 августа 1992 года.

Ананьев В.Д. и др.

P3-92-350

Способ измерения пространственного распределения плотности генерации первичных нейтронов в импульсном бустере

Описан разработанный и экспериментально проверенный авторами способ измерения пространственного распределения плотности генерации первичных нейтронов релятивистскими электронами в импульсном бустере.

Применение способа будет полезным для оптимизации конструкции импульсных нейтронных бустеров.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Anan'ev V.D. et al.

P3-92-350

The Method of Measuring the First Neutrons Generation Density Space Distribution in a Pulsed Buster

The developed and experimentally verified by authors the measuring method of the first neutrons generation density space distribution by electrons in a pulsed neutron buster is described. The application of this method will be useful for the construction optimization of pulsed neutron busters.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992