

И Ф В Э

ОРИ 78-30

SV 78-10444

В.Е.Бородин, В.И.Бигалеев, Л.С.Ермоленко,  
В.А.Рогов, Е.Ю.Ройнишвили, М.М.Сухарев

АДИАБАТИЧЕСКИЙ КАЛОРИМЕТР  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ  
ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СИНХРОТРОНА ИФВЭ

E41

В.Е.Бородин, В.И.Бигалеев, Л.С.Ермоленко,  
В.А.Рогов, Е.Ю.Ройнишвили, М.М.Сухарев

АДИАБАТИЧЕСКИЙ КАЛОРИМЕТР  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ  
ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СИНХРОТРОНА ИФВЭ

Аннотация

Бородин В.Е., Бигалеев В.И., Ермоленко Л.С., Рогов В.А., Ройнишвили Е.Ю., Сухарев М.М.

Адиабатический калориметр для измерения поглощенной дозы вторичного излучения синхротрона ИФВЭ. Серпухов, 1978.

8 стр. с рис. (ИФВЭ ОРИ 78-30).

Библиогр. 4.

Дается описание адиабатического калориметра для определения поглощенной дозы вторичного излучения синхротрона ИФВЭ. Приведены результаты калибровок и измерения.

Abstract

Borodin V.E., Bigaleev V.I., Ermolenko L.S., Rogov V.A., Roinishvili E.Yu., Sukharev M.M.,

Adiabatic Calorimeter to Measure Absorbed Dose of Secondary Radiation at IHEP Synchrotron. Serpukhov, 1978.

p. 8. (IHEP 78-30).

Refs. 4.

An adiabatic calorimeter to define the secondary radiation absorbed dose at the IHEP accelerator has been described in the paper. The calibration and measurement results are presented.

Использование калориметрического метода для измерения поглощенных доз вторичного излучения, генерируемого ускорителями, очень заманчиво, так как он является прямым методом, дающим возможность абсолютной калибровки других дозиметров, обычно применяемых при работе на ускорителях. Калориметрический метод получил широкое признание в ядерной физике <sup>1,2/</sup>, однако применение его в рассеянных полях высокоэнергетических ускорителей крайне редко <sup>3/</sup>, что объясняется техническими трудностями при измерении малого повышения температуры из-за относительно низких мощностей доз, а также из-за наличия мощных переменных электрических и магнитных полей.

Авторами создан адиабатический калориметр для определения величины поглощенной дозы смешанного излучения, генерируемого протонным синхротроном на 70 ГэВ.

Конструкция калориметра схематично показана на рис. 1. Собственно калориметрическая система состоит из рабочего тела (ядра) и оболочки (экрана). Адиабатичность калориметра обеспечивается отсутствием теплообмена между ядром и оболочкой за счет поддержания температуры оболочки равной температуре ядра, и, следовательно, вся энергия, выделяемая в ядре, идет на его нагрев. Для этого случая калориметрическое уравнение будет иметь следующий вид:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{W}{mc},$$

где  $W$  – энергия, выделяемая в ядре калориметра;  $m$  – масса ядра;  $c$  – теплоемкость ядра;  $\frac{dT}{dt}$  – изменение температуры ядра во времени.

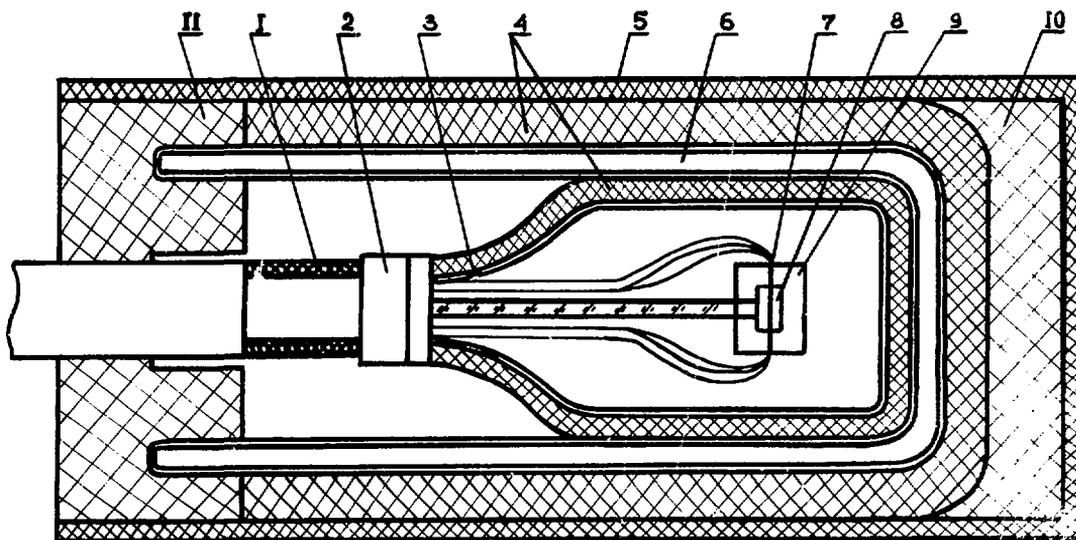


Рис. 1. Конструкция калориметра. 1 – нагреватель термостата; 2 – разъемы; 3 – колба; 4 – пенополиуретановый чехол; 5 – корпус; 6 – сосуд Дьюара; 7 – полупроводниковая батарея термопар; 8 – рабочее тело (ядро); 9 – оболочка (экран); 10, 11 – пенополистирольные пробки.

Ядро описываемого калориметра представляет собой диск из алюминия массой 1,11 г, диаметром 12 мм, высотой 4 мм, состоящий из двух частей. По внутренней поверхности ядра бифилярно навит нагреватель из константановой проволоки, в центре ядра размещен термистор диаметром 0,1 мм. Общая масса ядра 1,16 г. Масса посторонних материалов 0,05 г. Ядро помещается в алюминиевый экран, внешний диаметр которого 18 мм, высота 10 мм, толщина стенки 1 мм. По внешней поверхности экрана навит аналогичный нагреватель. Масса экрана 2,22 г, посторонних материалов 0,2 г. Между ядром и экраном помещена полупроводниковая батарея термопар (ПБТ), внутренние спаи которой соприкасаются с поверхностью ядра, внешние – с экраном. Масса ПБТ 0,0175 г.

Калориметр размещается в стеклянной алюминированной колбе, которая вакуумируется до давления  $\sim 1 \times 10^{-5}$  мм рт.ст. Для предотвращения утечки тепла из колбы по подводящим проводам на последние навит нагреватель термостата. Колба и провода с нагревателем, обернутые пенополиуретаном, помещаются в сосуд Дьюара, который устанавливается в медный тонкостенный корпус и отделяется от него пенополиуретаном по образующей и пробками из пенополистирола по торцам.

Блок-схема установки показана на рис. 2. В ней можно выделить четыре функциональные части: измерительную, калибровочную, обеспечивающую адиабатический режим работы калориметра, термостат.

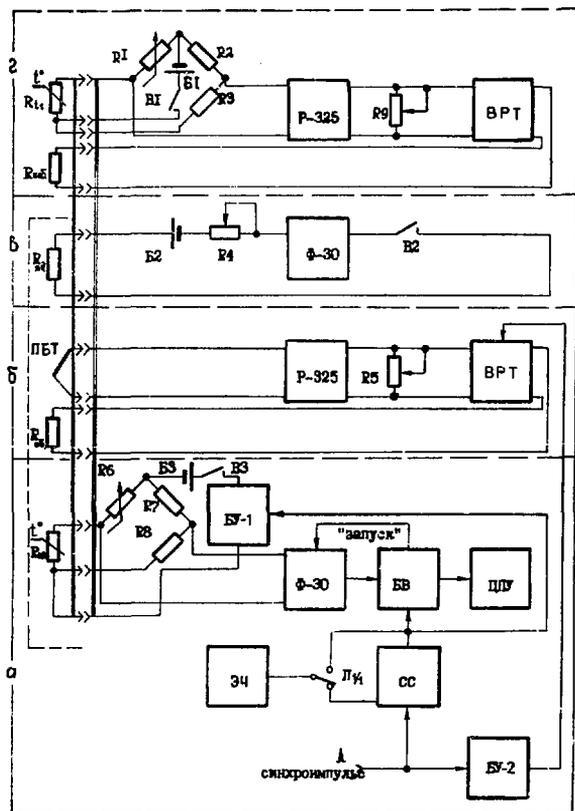


Рис. 2. Блок-схема. Функциональные части калориметра: а) измерительная; б) обеспечивающая адиабатический режим; в) калибровочная; г) термостат.

Измерительная часть. Термистор ядра, включенный в плечо измерительного моста по 3-проводной схеме, является термочувствительным эле-

ментом. Предварительный баланс моста осуществляется магазином сопротивлений. Сигнал разбаланса при изменении температуры ядра поступает на вход цифрового вольтметра. Вывод информации на ЦПУ обеспечивается блоком вывода (БВ), управление которым осуществляется через схему совпадений (СС) электронным секундомером (ЭЧ) и синхроимпульсом ускорителя. Одновременно импульс с СС поступает на блок управления (БУ-1), обеспечивающий подачу напряжения на мост только на время измерения, что значительно снижает вклад выделяемой термистором энергии в измеряемую. В схеме предусмотрена возможность проведения измерений по сигналу ЭЧ, т.е. без синхронизации с ускорителем. Интервал времени измерения устанавливается на ЭЧ оператором.

Обеспечение адиабатических условий осуществляется с помощью ПБТ, усилителя Р-325 и высокочастотного регулятора температуры (ВРТ). Сигнал с ПБТ через усилитель поступает на вход ВРТ, выход которого включен в цепь нагревателя экрана. Блок ВРТ дополнен устройством (БУ-2), значительно уменьшающим воздействие помех, создаваемых переменными магнитными и электрическими полями. В этом случае точность поддержания адиабатических условий не хуже  $5 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$ , в лабораторных условиях —  $1 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$ .

Калибровочная часть состоит из нагревателя ядра, в цепи которого имеется источник постоянного тока, токоограничивающего резистора и регистрирующего прибора.

Термостатирование калориметра обеспечивается нагревателем, намотанным на подводящих проводах. Там же расположен термистор, включенный по 3-проводной схеме в плечо моста, настроенного с помощью магазина сопротивлений на температуру  $\sim 25^\circ\text{C}$ . Сигнал разбаланса моста поступает на вход усилителя Р-325, затем на вход ВРТ, выход которого подключен к нагревателю.

Калориметр и регистрирующая система соединены между собой 50-метровым кабелем.

Электрические калибровки калориметра проводились в лабораторных условиях, в зале кольцевого ускорителя (при подаче на кольцевой электромаг-

нит номинальных циклов и наличии ускоренного пучка протонов), до и после измерения поглощенной дозы поля вторичного излучения внешней мишени.

Обработка полученных данных методом наименьших квадратов<sup>/4/</sup> позволила определить калибровочный коэффициент

$$K = 70,6 \pm 1,4 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мВ}^{-1}.$$

На рис. 3 приведены зависимости выходного напряжения моста и относительной погрешности измерения от подведенной энергии.

Измерения поглощенной дозы поля вторичного излучения, генерируемого внешней мишенью (Cu, 80x2x2мм) при сбросе на нее пучка протонов с  $E = 67 \text{ ГэВ/с}$  в точке, отстоящей от заднего среза мишени на 34 см вперед и смещенной вправо по ходу пучка на 46 см, приведены на рис. 4. Там же показано изменение сбрасываемой на мишень интенсивности пучка ускоренных протонов. Доза за время измерения составила  $22,8 \pm 1,1 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ .

Выполненная работа показала возможность проведения измерений адиабатическим калориметром поглощенной дозы вторичного излучения, генерируемого пучком ускоренных протонов в условиях переменных магнитных и электрических полей на протонном синхротроне ИФВЭ при средней мощности дозы не менее  $5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$ .

Авторы благодарны А.В.Тултаеву, Е.А.Моничу, П.В.Русейкину за помощь в создании калориметра, особую благодарность выражают В.С.Лукашину, Н.В.Мохову за ряд ценных советов и замечаний при обсуждении результатов работы.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Н.С.Шиманская. Калориметрия ионизирующих излучений, М., Атомиздат, 1973.
2. Ю.Н.Брегадзе и др. Измерительная техника, 3 (1973).
3. K.P.Lambert, M.H.Van de Voorde et al. Nuclear Instruments and Methods, 120, 501-508 (1974).
4. А.Н.Зайдель. Ошибки измерений физических величин, Л., "Наука", 1974.

Рукопись поступила в издательскую группу  
14 марта 1978 года.

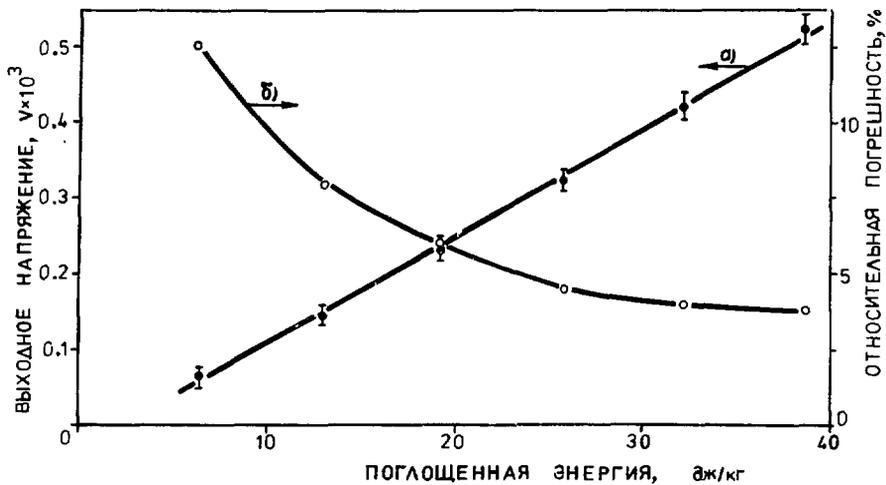


Рис. 3. Калибровочный график зависимости выходного напряжения моста (а) и относительной погрешности измерения (б) от подведенной энергии.

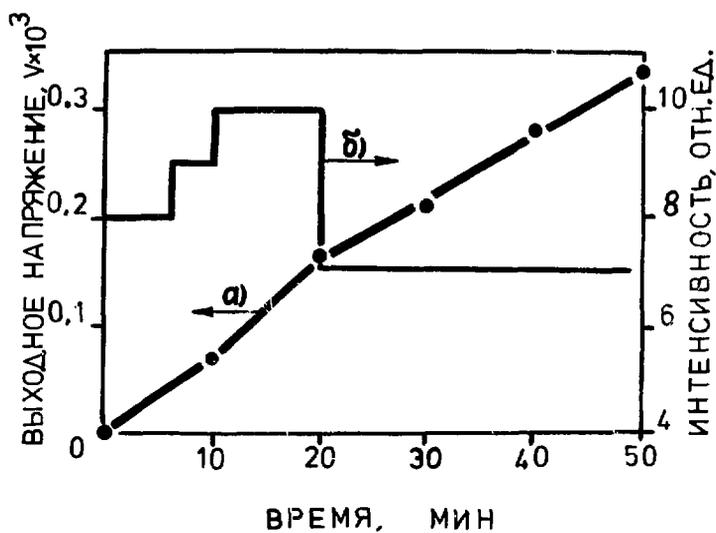


Рис. 4. Изменение выходного напряжения моста за 50 мин, измерения поглощенной дозы поля вторичного излучения, генерируемого внешней мишенью (а); изменение интенсивности пучка протонов, сбрасываемого на мишень (б).



Цена 4 коп.

© Институт физики высоких энергий, 1978 г.

Издательская группа И Ф В Э

Заказ 321. Тираж 260. 0,3 уч.-изд.л. Т-07514.

Март 1978. Редактор Н.В.Ежела.