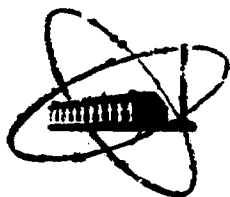


2

508404542

ФЭИ-1486



ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

*А. А. АНДРОСЕНКО, П. А. АНДРОСЕНКО*

## **КОМПЛЕКС ПРОГРАММ BRAND**

**Часть. I. Подготовка общей информации,  
задание источника и геометрии системы**

УДК 517.52

**А. А. Андросенко, П. А. Андросенко.**

**Комплекс программ BRAND . Часть 1. Подготовка общей информации, задание источника и геометрии системы.**

**ФЭИ-1486. Обнинск: ФЭИ, 1983. — 16 с.**

Дается описание структуры, порядка ввода и правил записи исходной информации для программного комплекса **BRAND**, предназначенного для моделирования нейтронно-физических экспериментов методом Монте-Карло. Подробно описана подготовка исходных данных для трех разделов: общая информация для расчета методом Монте-Карло, задание источника и данные для описания геометрии системы.

Комплекс поставлен на ЭВМ БЭСМ-6, основной язык программирования — ФОРТРАН, объем — более 8000 операторов.

Проведение целого ряда физических экспериментов приводит к необходимости решать уравнение переноса нейтронов или фотонов в условиях сложной трехмерной геометрии со строгим учетом энергетической зависимости сечений и неизотропности процессов рассеяния. В рассматриваемых задачах преимущества метода Монте-Карло над другими численными методами ( возможность рассматривать реальные геометрии, учитывать наиболее адекватно процессы взаимодействия излучения с веществом и так далее ) проявляются наиболее ярко, когда такие вопросы как оценка "чистого" эффекта, расчет функции отклика детектора, оценка искажения, вносимого оборудованием и целый ряд других вопросов практически не могут быть строго решены без использования метода Монте-Карло. В настоящей работе дается описание структуры, порядка ввода и правил записи исходной информации для программного комплекса BRAND , предназначенного для моделирования нейтронно-физических экспериментов методом Монте-Карло.

### Введение.

Основой идеологии комплекса BRAND является неаналоговое моделирование процесса переноса нейтронов и фотонов ( используются статистические веса, учитывается поглощение и вылет частиц из рассматриваемой области, используются смещенные выборки из координатной части плотности ядра перехода, используется локальная оценка и другие ), что позволяет с успехом оценивать различные функционалы, расчет которых прямым методом Монте-Карло практически невозможен.

Система констант комплекса ориентирована на возможно наиболее детальный учет процессов взаимодействия нейтронов и гамма-квантов с веществом и позволяет точно учитывать анизотропию и распределение вторичных энергий при упругом и неупругом рассеянии нейтронов, учитывать резонансную структуру сечений в подгрупповом приближении.

Комплекс BRAND организован по модульному принципу, причем входы и выходы всех модулей жестко зафиксированы, что позволяет быстро компоновать из имеющейся библиотеки модулей вариант комплекса для конкретной задачи.

В настоящее время по комплексу программ BRAND проводятся обсчеты таких экспериментов, как учет поправки на многократное рассеяние в опытах по измерению интегральной и дифференциальной функций пропускания, расчет функции отклика детекторов в методе времени пролета, учет эффекта многократного рассеяния и конечных размеров образца при измерении дифференциальных сечений упругого и неупругого рассеяния, учет влияния экспериментального оборудования при измерении сечения захвата активационным методом, расчет коэффициента умножения в различных образцах и другие.

Почти двухлетний опыт активной эксплуатации комплекса BRAND во многих подразделениях института и нескольких внешних организациях показал, что создан удобный и простой в обращении расчетный аппарат, позволяющий решать многие практически важные задачи.

## §1. Основные разделы BRAND , правила записи вводимой информации.

Порядок ввода исходной информации определяется зафиксированной последовательностью следующих разделов BRAND :

- а/ общая информация для расчета методом Монте-Карло;
- б/ описание источника частиц;
- в/ геометрические данные исследуемой системы;
- г/ типы детекторов и виды функционалов, которые необходимо вычислить;
- д/ константная информация, т.е. изотопный состав системы и ядерные концентрации элементов.

Весь ввод исходной информации для программного комплекса BRAND организован с помощью подпрограммы бесформатного ввода NAMEL I и READNL [2].

Кратко остановимся на правилах записи вводимых с перфокарт переменных по программе READNL .

1. Блок данных вводимых переменных располагается на перфокартах со 2-ой по 79-ю колонки включительно.
2. Началом блока служит пара символов  $B_{\perp}$  , концом блока  $\perp E$ . Между ними располагается тело блока данных, пробелы в котором игнорируются.
3. Тело блока данных состоит из группы данных, разделенных запятыми.
4. Под группой данных понимается информация следующего вида:

<символическое имя переменной>=<список констант> ,

где

<символическое имя переменной>- это текстовая константа длиной не более 6-ти символов, причем первым символом должна быть буква латинского алфавита.

<список констант>- это набор целых, действительных или текстовых констант с повторителем. Константы в списке отделяются друг от друга запятыми. Тип константы должен соответствовать типу символического имени переменной по общим правилам языка ФОРТРАН.

5. Порядок расположения групп данных в теле блока может быть произвольным.

Рассмотрим теперь конкретно каждый из разделов ввода исходной информации.

## §2. Общая информация для расчета методом Монте-Карло.

Вся информация, общая для всего расчета методом Монте-Карло, вводится в одном блоке данных. Смысл используемых символических имен в этом блоке следующий:

**M** - число историй в одной группе.

**MG** - полное число групп расчета, т.е. каждый расчет фактически состоит из  $M \times MG$  историй.

**J** - допустимая максимальная кратность рассеяния частиц в исследуемом образце.

**P** - отношение "статистических" весов, между начальным "с тактистическим" весом частицы и весом "обрыва" истории.

Отметим, что начальный "статистический" вес частицы полагается равным 1.Е+09.

На этом ввод общей информации заканчивается.

### §3. Исходная информация источника частиц.

Ввод исходной информации о источнике частиц можно разделить на следующие пункты:

1. Ввод информации об угловом распределении источника частиц.
2. Ввод информации об энергетическом распределении источника частиц.
3. Ввод информации о временном распределении источника частиц.
4. Ввод информации о геометрических размерах источника.

Отметим, что каждый пункт вводимой информации соответствует одному блоку данных, т.е. одной паре символов  $\Pi$  .....  $\delta$ . Теперь рассмотрим каждый пункт в отдельности.

#### 3.1. Ввод информации об угловом распределении источника.

Тип источника по угловой переменной определяется значением признака  $IU\emptyset$ . В настоящий момент допустимы следующие значения признака  $IU\emptyset$ :

- 1 - мононаправленный источник;
- 2 - изотропный источник;
- 3 - косинусоидальный источник;
- 4 - задан дискретный набор направлений и соответствующий им набор вероятностей;
- 5 - кусочно-линейная аппроксимация угловой плотности распределения;
- 6 - задан максимальный угол расходимости пучка частиц.

Число вводимых данных существенно зависит от значения признака  $IU\emptyset$ .

$IU\phi=1$  - наряду с  $IU\phi$  вводится  $U\phi$  - начальное направление движения частицы ( угол с осью  $Ox$  ), причем  $U\phi$  необходимо задавать в градусах.

$IU\phi=2,3$  - кроме  $IU\phi$  никакой дополнительной информации в блоке данных вводить больше не требуется.

$IU\phi=4$  - наряду с  $IU\phi$  вводятся следующие данные:

$NTU$  - число фиксированных дискретных направлений;

$ZN$  - массив углов фиксированных направлений с осью  $Ox$ ;  
( всего  $NTU$  - значений );

$PROB$  - массив вероятностей соответствующих направлений  
( всего  $NTU$  - значений ).

$IU\phi=5$  - кроме  $IU\phi$  вводится следующая информация:

$NTU$  - число интервалов, на которых угловая плотность линейна;

$ZN$  - массив значений косинусов углов сетки  
( всего  $NTU + 1$  - значений );

$UE$  - массив значений угловой плотности в узлах сетки  
( всего  $NTU + 1$  - значений ). Нормировка плотности на единицу необязательна.

$IU\phi=6$  - наряду с  $IU\phi$  вводится  $U\phi$  - максимальный угол расходимости пучка испускаемых с поверхности источника частиц. Угол расходимости задается в градусах.

### 3.2. Ввод информации об энергетическом распределении источника.

Тип источника по энергетической переменной определяется значением признака  $IE\phi$ . Возможны следующие значения признака  $IE\phi$ .

1 - моноэнергетический источник;



- 2 - энергетический спектр источника - гистограмма;
  - 3 - кусочно-линейная аппроксимация энергетического спектра источника;
  - 4 - кусочно-линейная аппроксимация энергетического спектра источника, но энергетическая плотность полагается условной;
  - 5 -
  - 6 -
  - 7 -
- используется ряд стандартных спектров с кусочно-линейной аппроксимацией энергетической плотности.

Число вводимых данных существенно зависит от значения признака  $IE\emptyset$ .

$IE\emptyset = 1$  - наряду с  $IE\emptyset$  вводится  $E\emptyset$  - начальная энергия частицы в Мэвах.

$IE\emptyset = 2$  - кроме  $IE\emptyset$  вводится следующая информация:

$NTE$  - число интервалов постоянства энергетической плотности;

$ZN$  - массив значений энергетической сетки ( всего  $NTE + 1$  - значений );

$B$  - массив значений энергетической плотности в соответствующих интервалах ( всего  $NTE$  значений ).

$IE\emptyset = 3$  - кроме  $IE\emptyset$  вводится следующая информация:

$NTE$  - число интервалов, на которых энергетическая плотность линейна;

$ZN$  - массив значений энергетической сетки ( всего  $NTE + 1$  - значений );

$UE$  - массив значений энергетической плотности в узлах сетки ( всего  $NTE + 1$  - значений ). Нормировка

плотности на единицу необязательна.

$IE\Phi=4$  - сначала наряду с  $IE\Phi$  вводится следующая информация:

$IEU$  - число различных энергетических спектров;

$GRU$  - массив значений косинусов угловой сетки, в интервалах которой определены разные энергетические спектры (всего  $IEU + 1$  значений).

После этого  $IEU$  раз вводятся значения  $NTE$ ,  $ZN$  и  $UE$  аналогично тому, как это делается при  $IE\Phi=3$ , причем каждый раз в виде:

$\square N \square NTE = \dots, ZN = \dots, \dots, UE = \dots, \dots, \square \Phi$

$IE\Phi=5,6,7$  - кроме  $IE\Phi$  никакой дополнительной информации больше не вводится.

### 3.3. Ввод информации о временном распределении источника.

Тип источника по временной переменной задается с помощью переменной  $IT\Phi$ . В настоящее время допустимы следующие значения признака  $IT\Phi$ :

- 1 - временная информация об источнике частиц отсутствует (решается только энергетическая задача);
- 2 - задано начальное время вылета частиц с поверхности источника;
- 2 - временной спектр частиц вылетающих из источника - гистограмма;
- 3 - кусочно-линейная аппроксимация временного спектра источника;
- 4 - кусочно-линейная аппроксимация временного спектра источника, но временная плотность полагается условной.

Число вводимых данных существенно зависит от значения признака  $IT\emptyset$ .

$IT\emptyset=1$  - наряду с  $IT\emptyset$  вводится  $BPO$  - начальное значение времени вылета частицы с поверхности источника;

$IT\emptyset=2$  - кроме  $IT\emptyset$  вводится следующая информация:

$NNT$  - число интервалов постоянства временной плотности;

$ZNT$  - массив значений временной сетки источника ( всего  $NNT + 1$  - значений );

$BT$  - массив значений временной плотности в соответствующих интервалах ( всего  $NNT$  - значений );

$IT\emptyset=3$  - наряду с  $IT\emptyset$  вводится следующая информация:

$NNT$  - число интервалов, на которых временная плотность линейна;

$ZNT$  - массив значений временной сетки ( всего  $NNT + 1$  значений );

$UT$  - массив значений временной плотности в узлах сетки ( всего  $NNT + 1$  - значений ). Нормировка плотности на единицу необязательна.

$IT\emptyset=4$  - сначала кроме  $IT\emptyset$  вводится следующая информация:

$ITU$  - число различных временных спектров;

$GTE$  - массив значений энергетической сетки, в интервалах которой определены различные временные спектры ( всего  $ITU + 1$  - значений );

После этого  $ITU$  раз вводится следующая информация о

$NNT$ ,  $ZNT$  и  $UT$  аналогично тому, как это делается при

$IT\emptyset=3$ , причем каждый раз в следующем виде:

$\cup \cup \cup NNT = \dots, ZNT = \dots, UT = \dots \cup \emptyset$

Отметим, что задание  $IT\emptyset=4$  при уже заданном  $IE\emptyset=4$ , ведет к остановке программы с выдачей на печать соответствующей диагностики.

#### 3.4. Ввод информации о геометрии источника.

На данный момент реализованы следующие геометрические формы источника.

1. Точечный источник.
2. Дискový источник заданного радиуса  $RS$ .
3. Прямоугольный источник со сторонами  $RS$  и  $RS1$ .

Всегда предполагается, что центр источника лежит на оси  $Ox$ .

Ввод данных производится в одном блоке, где установлены следующие символические имена:

$NI$  - расстояние от центра источника до центра исследуемой геометрической системы;

$RS$  - радиус дискového источника (если  $RS=0$ , то источник предполагается точечным);

$RS, RS1$  - стороны прямоугольного источника соответственно по осям  $Oz$  и  $Oy$ .

Отметим, что все размеры задаются в сантиметрах.

Если есть необходимость ввести нормировку источника, то она должна быть задана в следующем виде  $SNORM = \dots$

( фактически это линейный множитель для результатов ). Как правило,  $SNORM=1$ , причем в этом случае ввод данной переменной не требуется.

#### §4. Исходные данные для геометрии исследуемой системы.

Как уже было отмечено [1], комплекс программы BRAND, предназначенный для моделирования нейтронно-физических экспериментов, представляет собой набор взаимозаменяемых программных модулей, которые согласованы по функциям и по форматам входных и выходных данных. Так как структура комплекса является открытой, то библиотека геометрических модулей непрерывно исполняется. Поэтому в данной работе рассмотрены лишь те геометрические модули, которые реализованы (отлажены, проверены и проведены многочисленные расчеты) на сегодняшний день. Ввод исходных данных для большинства геометрических систем соответствует одному блоку данных, все размеры задаются в сантиметрах.

##### 4.1. Цилиндрическая геометрия.

Геометрическая область состоит из набора конкаксальных цилиндров, пересеченных плоскостями, перпендикулярными оси цилиндров. Под геометрической зоной понимается объем, ограниченный двумя соседними цилиндрическими поверхностями и соседними плоскостями. Нумерация зон начинается с внутреннего цилиндра и увеличивается на единицу при переходе к следующему по радиусу цилиндру в слое, ограниченном первой плоскостью. В следующем слое, ограниченном 1 и 2 плоскостями, зоны нумеруются аналогично. Смысл символических имен переменных вводимых в одном блоке данных следующий:

- N - число радиусов цилиндров;
- M - число пересекающих их плоскостей;
- R - массив значений радиусов;

- $N$  - массив координат пересекающих плоскостей;
- $N24$  - массив соответствия геометрических и физических номеров зон.

#### 4.2. Геометрический модуль три цилиндра.

Геометрическая область представляет собой систему из трех цилиндров, два из которых ориентированы по оси  $Oz$  и один - по оси  $Ox$ . Каждый из цилиндров считается геометрической зоной, которой присваивается номер соответствующего цилиндра. Пространство между цилиндрами считается геометрической зоной с номером 4. Смысл символических имен переменных вводимых в одном блоке данных следующий:

- $R1$  - радиус первого цилиндра;
- $HN11$  - координата нижнего основания первого цилиндра;
- $HB1$  - координата верхнего основания первого цилиндра;
- $R2$  - радиус второго цилиндра;
- $NLL$  - координата левого основания второго цилиндра;
- $NRD$  - координата правого основания второго цилиндра;
- $R3$  - радиус третьего цилиндра;
- $HN33$  - координата нижнего основания третьего цилиндра;
- $HB33$  - координата верхнего основания третьего цилиндра;
- $N2N$  - массив соответствия номеров геометрических и физических зон.

#### 4.3. Сферическая геометрия.

Геометрическая область состоит из набора концентрических сфер. Нумерация геометрических зон начинается с внутренней сферы и увеличивается на единицу при переходе к следующей по радиусу сфере. Вводимые в одном блоке данных символические переменные имеют следующий смысл:

$N$  - число сфер;

$R$  - массив значений радиусов сфер;

$NZN$  - массив соответствия номеров геометрических и физических зон системы.

#### 4.4. Геометрический модуль цилиндры в эллипсоиде.

Геометрическая область состоит из эллипсоида, внутри которого находится набор горизонтальных коаксиальных цилиндров, пересеченных плоскостями, перпендикулярными оси цилиндров, и вертикальный цилиндр. В горизонтальных цилиндрах геометрические зоны нумеруются от 1 до  $NN$ , аналогично тому, как это делается в пункте 4.2. Зона, охватываемая вертикальным цилиндром, имеет номер  $NN + 2$ , а остальной объем эллипсоида считается геометрической зоной с номером  $NN + 1$ . Связь вводимых символических имен переменных следующий:

$N$  - число радиусов горизонтальных цилиндров;

$M$  - число плоскостей, пересекающие горизонтальные цилиндры;

$R$  - массив значений радиусов горизонтальных цилиндров;

$RM$  - радиус вертикального цилиндра;

$H$  - массив координат плоскостей, пересекающих горизонтальных цилиндры;

$A$  -  $\left\{ \begin{array}{l} \\ B - \\ C - \end{array} \right.$  полуоси эллипсоида;

$NB$  - координата верхнего основания вертикального цилиндра;

$NH$  - координата нижнего основания вертикального цилиндра;

$N\bar{z}N$  - массив соответствия геометрических и физических номеров зон.

#### 4.5. Трехмерная $X - Y - \bar{z}$ геометрия.

Геометрическая область представляет собой параллелепипед разбитый произвольными взаимно-перпендикулярными плоскостями по осям  $X, Y$  и  $\bar{z}$ . Под геометрическими зонами понимаются элементарные параллелепипеды, вырезаемые парами соседних плоскостей по каждой из осей  $X, Y$  и  $\bar{z}$ . Зоны нумеруются последовательно по оси  $\bar{z}$ , а в каждом слое последовательно по оси  $X$  сначала для первого разбиения по оси  $Y$ , затем для второго и так далее. Символические имена переменных, вводимые в одном блоке данных, имеют следующий смысл:

$M\bar{z}X$  - число слоев по оси  $X$ ;

$M\bar{z}Y$  - число слоев по оси  $Y$ ;

$M\bar{z}\bar{z}$  - число слоев по оси  $\bar{z}$ ;

$XX$  - массив координат плоскостей по оси  $X$  (всего  $M\bar{z}X+1$  значений);

$YY$  - массив координат плоскостей по оси  $Y$  (всего  $M\bar{z}Y+1$  значений);

$\bar{z}\bar{z}$  - массив координат плоскостей по оси  $\bar{z}$  (всего  $M\bar{z}\bar{z}+1$  значений);

$N\bar{z}N$  - массив соответствия геометрических и физических номеров зон системы.

#### 4.6. Геометрический модуль цилиндров в цилиндрах.

Геометрическая область представляет собой цилиндр, основание которого лежит на плоскости  $\bar{z} = 0$  и разбитый плоскостями на  $KH_1$  слоев,  $R_1$  - радиус этого цилиндра. Кроме того, внут-



ры цилиндра находятся еще  $I$  цилиндров с центрами в точках  $x_i, y_i$ , радиусами  $R_i$  и разбитые на  $KH_i$  слоев ( $L \geq 2$ ), основания которых также лежат на плоскости  $Z = 0$ , и каждый из которых представляет собой систему, аналогичную той, которой является первый цилиндр. Зоны нумеруются по слоям последовательно в каждой цилиндры ( по возрастанию индекса  $L$  ).

Сначала в первом блоке вводятся общие параметры системы ( ниже перечислены символические имена вводимых данных ):

*NTR* - количество цилиндров;

*MGEDM* - количество геометрических зон;

*HSYS* - общая высота всей системы.

Затем следует *NTR* блоков с информацией о каждом цилиндре. Первым обязательно описывается самый внешний цилиндр - он охватывает все остальные цилиндры, которые располагаются внутри него в произвольном порядке ( пересечения цилиндров не допускаются ). В каждом цилиндре может быть свое разбиение на высоты, глубина вложенности цилиндров друг в друга не ограничивается. Установлены следующие символические имена переменных:

*XMIDL* -  $x$ -координата центра цилиндра;

*YMIDL* -  $y$ -координата центра цилиндра. Для первого цилиндра обязательно ;

*R* - радиус цилиндра;

*KH* - количество разбиений на слои по высоте в данном цилиндре;

*HCSL* - массив высот по оси  $Z$  для данного цилиндра ( $KH$  значений ). Нижняя координата  $Z = 0$  не вводится;

*MATT* - массив номеров физических зон, соответствующих бак-

дому слов в данном цилиндре (  $KN$  - значений ). Из массивов МАТТ формируется массив  $N \times N$  , массив соответствия геометрических и физических номеров зон.

#### 4.7. Геометрический модуль конусы в сферах.

Геометрическая область, описываемая данным модулем, следующая: сфера с внешним радиусом  $R_1$  и внутренним  $R_2$  ( поверхности  $S_1$  и  $S_2$  ), пронизана полым конусом с параметрами  $H_1$ ,  $H_2$  ( поверхности  $K_1$  и  $K_2$  ) и угловым параметром. Под зоной номер 1 понимается пространство, ограниченное поверхностями  $S_1$  и  $S_2$  , номер 2 - поверхностями  $S_2$  и  $K_1$  , номер 3 -  $K_1$  и  $K_2$  , номер 4 - внутри поверхности  $K_2$  , номер 5 - между  $S_1$ ,  $S_2$  и  $K_1$ ,  $K_2$  для  $\xi > \phi$  , номер 6 - тоже для  $\xi < \phi$  , номер 7 - между  $S_1$ ,  $S_2$  и  $K_2$  для  $\xi > \phi$  , номер 8 - то же для  $\xi < \phi$  .

Установлены следующие символические имена вводимых параметров системы:

- $R_1$  - радиус внешней сферы;
- $R_2$  - радиус внутренней сферы;
- $H_1$  - параметр большего конуса;
- $H_2$  - параметр меньшего конуса;
- $\phi$  - угловой параметр обоих конусов;
- $N \times N$  - массив соответствия геометрических и физических номеров зон.

Литература.

1. П.А. Андросенко, А.А. Андросенко.

Возможности комплекса программ BRAND для моделирования  
нейтронно-физических экспериментов методом Монте-Карло.

Обнинск, препринт ФЭИ-1300, 1982.

2. А.И. Зинин, И.Р. Суслов.

Подпрограммы обмена и бесформатного ввода данных.

Обнинск, препринт ФЭИ-1082, 1980.

Технический редактор Н.П.Герасимова.

---

Подписано к печати I/XI-1983 г.Т-20843 Формат 60х90 I/16  
Офсетная печать Усл.п.л. I Уч.-изд.л. 0,7 Тираж 83 экз.

Цена II коп. ФЭИ-1486 Индекс 3624

1132 ж.

---

Отпечатано на ротапринте ФЭИ, г.Обнинск.

11 коп.

Индекс 3624

**Комплекс программ В А**  
**Часть I. Подготовка общей информации, задание источника**  
**и геометрии системы.**  
**ФЭИ-1486, 1983, 1-16.**