

Программа MCU5TPU предназначена для моделирования процессов переноса нейтронов и фотонов аналоговыми и неаналоговыми методами Монте-Карло на основе оцененных ядерных данных в системах с трехмерной геометрией с учетом изменения изотопного состава материалов. Для моделирования переноса нейтронов программа позволяет решать также и однородное уравнение (задачи о критичности систем, размножающих нейтроны). Здесь для рассматриваемой системы решается кинетическое уравнение с заданными граничными условиями, описывающее распределение потока частиц.

С точки зрения настоящей программы системой называется любая конечная область пространства с заданными физическими свойствами. Система состоит из геометрических трехмерных зон, ограниченных плоскостями и поверхностями второго порядка. Каждая зона заполнена однородным материалом. Очевидно, что число геометрических зон и материалов является конечным.

Программа позволяет моделировать системы, состоящие из объемных элементов практически произвольной формы. В геометрическом модуле программы используется комбинаторный подход, основанный на описании сложных пространственных форм (зон) комбинациями простых тел и поверхностей с помощью операций пересечения, дополнения и объединения. Имеется некоторый набор типов тел-примитивов. Для каждого такого типа тел задается параметры, полностью описывающие форму конкретного тела и его положение в пространстве. В геометрическом модуле возможно задание решеток, получаемых размножением некоторых исходных элементов, заданных с помощью комбинаторики. Другим инструментом, позволяющим формировать геометрию системы повторяющихся объектов (элементов), являются так называемые сети. Использование решеток и сетей радикально упрощает задание геометрии и экономит оперативную память компьютера. При описании зон методом комбинаторной геометрии все их границы состоят из кусков плоскостей или квадратных поверхностей, поэтому при наличии деталей с более сложными граничными поверхностями их необходимо аппроксимировать очень большим числом зон. В программе реализован метод выровненных сечений, позволяющий снять это ограничение и описывать, например, винтовые структуры тепловыделяющих элементов некоторых типов реакторов или образующиеся в процессе эксплуатации изгибы кассет реактора ВВЭР-1000. Специальный алгоритм позволяет учитывать эффекты двойной гетерогенности, когда тепловыделяющие элементы содержат десятки тысяч микротвэлов.

Константное обеспечение программы составляет библиотека MCADB, включающие в частности, следующие разделы, которой могут использоваться в расчётах:

- библиотека сечений взаимодействия нейтронов с ядрами в эпитепловой области энергий в поточечном представлении, полученная из файлов ENDF/B-VI и других источников;
- расширенная и модифицированная версия 26-групповой системы констант;
- 301-групповая библиотека, содержащая, в том числе, данные по температурной зависимости подгрупповых параметров нуклидов в области неразрешённых резонансов;
- библиотека для моделирования столкновений нейтронов с ядрами замедлителей с учётом непрерывного изменения энергии нейтронов в области термализации
- библиотека активационных сечений в поточечном представлении;
- библиотека многогрупповых сечений генерации фотонов при взаимодействии нейтронов с веществом;
- многогрупповые сечения взаимодействия фотонов с веществом;
- информация для задач по выгоранию: периоды полураспада ядер, выходы осколков деления, цепочки радиоактивных превращений и т.д.

Физический модуль программы позволяет проводить моделирование столкновений частиц с веществом на базе перечисленных систем констант, при этом допускается использование различных моделей взаимодействия нейтронов и фотонов.

Таким образом, программа MCU5TPU позволяет формировать и проводить физические расчеты для систем любой сложности, необходимой для реализации моделирования реакторов всех известных типов и классов.

ВВЕДЕНИЕ

Для проведения расчёта пользователю следует подготовить файл с исходными данными варианта. Рекомендуется задавать имя файла длиной от 1 до 8 символов без расширения. Полные имена всех рабочих файлов задачи, создаваемых программой в папке из которой она была запущена, образуются из данного имени и специальных расширений. Рекомендуется для каждого расчета создавать отдельную папку. Во всех рассматриваемых ниже примерах файл исходных данных будет называться NAME.

Расчёт одного состояния методом Монте-Карло осуществляется как последовательное выполнение трёх шагов с условными названиями INPUT, CALCULATION и OUTPUT.

Шаг INPUT.

Производится ввод исходных данных, подготовка и запись в рабочие файлы задачи информации для проведения расчёта. С запуска этого шага начинается расчёт каждого варианта. Нормальное завершение работы шага является необходимым условием для запуска и работы остальных шагов. Поэтому после отработки шага рекомендуется просмотреть файл NAME.LST, в который заносится вся диагностика, предупреждения (WARNING) и сообщения об ошибках (ERROR) в исходных данных. При обнаружении ошибок их необходимо исправить и произвести запуск шага заново. Если шаг INPUT отработал без ошибок, то могут быть последовательно выполнены два следующих шага.

После окончания работы шага INPUT в директории пользователя образуются следующие файлы:

- NAME.LST – текстовый файл, который содержит контрольные сообщения о прохождении задачи, диагностические печати и прочую информацию;
- NAME.DAT – текстовый файл, который содержит исходные данные для шага CALCULATION;
- NAME.PMC – бинарный файл, содержимое которого в дальнейшем не меняется;
- NAME.000 – бинарный файл, предназначенный для последующей записи результатов работы программы на этапе CALCULATION;
- NAME.SYS – служебный файл.

Шаг CALCULATION.

Осуществляется непосредственное проведение расчёта варианта. Режим работы шага определяется содержанием файла NAME.DAT, который образуется путём автоматического редактирования исходного файла NAME на шаге INPUT. Перед началом выполнения шага пользователь может переопределить значения управляющих параметров, редактируя файл NAME.DAT.

Во время работы на шаге CALCULATION в файл NAME.000 происходит периодическая спасающая запись информации, накопленной в результате моделирования. Это позволяет многократно прерывать и возобновлять расчёт без потери накопленных за время счёта результатов. Нельзя прерывать счет во время сохранения промежуточной информации в файл NAME.000 о чем свидетельствует выводимая на экран надпись “ATTENTION!!! BREAK is FORBIDDEN”. В противном случае все накопленные результаты будут потеряны, и продолжение расчета будет невозможно.

Шаг OUTPUT.

На шаге происходит финальная обработка и печать результатов расчёта. Режим работы шага определяется содержанием файла NAME.DAT. Перед выполнением шага OUTPUT пользователь может переопределить значения некоторых параметров редактированием файла NAME.DAT. Шаг может быть выполнен после первой записи результатов в файл NAME.000 на шаге CALCULATION. Как правило, это рекомендуется делать только после того, как будет накоплена значимая статистика.