

Комплекс программ для моделирования переноса нейтронов и фотонов в трехмерных геометриях методом Монте-Карло на основе прямого использования библиотеки ENDF/B-VI

И.И. Дегтярев, А.Е. Лоховицкий

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий, Протвино, Россия

В созданном программном комплексе NPHTS (*Neutron-Photon Transport Simulation Code System*) реализован метод использования информации из файлов оцененных ядерных данных напрямую, без предварительного процессинга, что позволило исключить систематическую погрешность, вносимую групповым усреднением. Входящий в состав комплекса универсальный геометрический модуль позволяет предельно реалистично описывать неоднородные пространственные геометрии исследуемых объектов и распределенные источники первичного излучения.

В работе приводятся результаты некоторых тестовых расчетов в сравнении с аналогичными расчетами в рамках известных программных комплексов.

Введение

Наиболее корректным способом представления константного обеспечения в программах расчета переноса излучения методом Монте-Карло является прямое использование констант, содержащихся в библиотеках оцененных ядерных данных, без их переработки в групповые константные системы. Однако длительное время развитие подобного подхода сдерживалось большим объемом файлов оцененных данных и ограниченными ресурсами ЭВМ. Стандартным методом в практике проведения расчетов являлась предварительная переработка поточечно заданных констант в групповые. Вносимая при этом дополнительная систематическая погрешность переработки принципиально не может быть оценена математически строго [4]. Возможна лишь оценка полной систематической погрешности (данных и группового усреднения) той или иной групповой системы констант путем сопоставления результатов тестовых расчетов с интегральными *benchmark*-экспериментами. Еще одним аргументом в пользу прямого использования данных библиотек оцененных констант может служить наличие их постоянной поддержки и ограниченного количества устоявшихся форматов записей, что позволяет практически без изменения исходного текста расчетных, а в некоторых случаях, и сервисных модулей программ производить смену версии библиотеки или вообще переход на другую библиотеку оцененных данных.

В последнее время рост ресурсов ЭВМ позволил реализовать негрупповой метод представления констант в программах расчета переноса излучения методом Монте-Карло, предназначенных для проведения массовых расчетов.

1. Описание функциональных блоков комплекса

Комплекс программ NPHTS (*Neutron-Photon Transport Simulation*) ориентирован на использование в качестве исходной библиотеки оцененных нейтронных данных в

формате ENDF/B-VI [1]. Процессы взаимодействия фотонов с веществом моделируются с использованием оцененных данных библиотеки EPDL [2].

Основными составными частями комплекса являются:

- модуль подготовки констант, осуществляющий
 1. выборку из файлов оцененных данных информации, необходимой при решении конкретной задачи переноса,
 2. преобразование этой информации в формат, используемый в блоке моделирования;
- модуль синтаксического анализа входного потока;
- универсальный геометрического модуль, позволяющий предельно реалистично описывать неоднородные пространственные геометрии исследуемых объектов и распределенные источники первичного излучения;
- транспортный модуль.

2. Техника моделирования и учитываемые процессы взаимодействия нейтронов

В комплексе реализован весовой метод моделирования с использованием следующих специальных методов для уменьшения дисперсии математического ожидания расчетных функционалов:

- 1) выборка по важности из спектра источника;
- 2) расщепление и рулетка;
- 3) экспоненциальное преобразование.

Производится учет следующих процессов взаимодействия нейтронов:

- упругого рассеяния;
- неупругого рассеяния на дискретных уровнях возбужденного состояния ядра;
- неупругого рассеяния на непрерывном спектре;
- радиационного захвата нейтронов;
- реакций $(n,2n)$, $(n,3n)$, (n,p) , (n,f) , (n,nf) .

Анизотропия рассеяния нейтронов учитывается в $P_7 - P_{22}$ – приближении.

Характеристики вторичных частиц сохраняются в стеке, организованном по двум альтернативным схемам:

- 1) лексиграфической,
- 2) прямого запоминания.

Настройка стека на требуемый режим осуществляется переключением флага. При использовании схемы 2 в случае переполнения стека производится промежуточная запись информации на носитель с использованием приемов быстрого доступа.

Возможно выборочное сохранение параметров отдельных историй.

3. Оценки

В комплексе используются следующие виды оценок линейных функционалов поля излучения:

- оценка по пересечениям;
- оценка по столкновениям;
- оценка по пробегу;
- локальная оценка;
- модифицированная двойная локальная оценка.

При необходимости возможно включение в расчет иных типов ядерных реакций и оценок, осуществляемое посредством пользовательских процедур.

4. Анализ результатов

Приведенные на рис.1, 2 результаты сравнительных расчетов флюенса нейтронов в одномерных графитовом и железном блоках по комплексу NPHTS и программе РОЗ 6.4 [5] с групповыми константами, подготовленному в рамках комплекса USCONS [6] с использованием библиотеки констант GNDL (49n+15 γ), показывают их достаточно хорошее согласие.

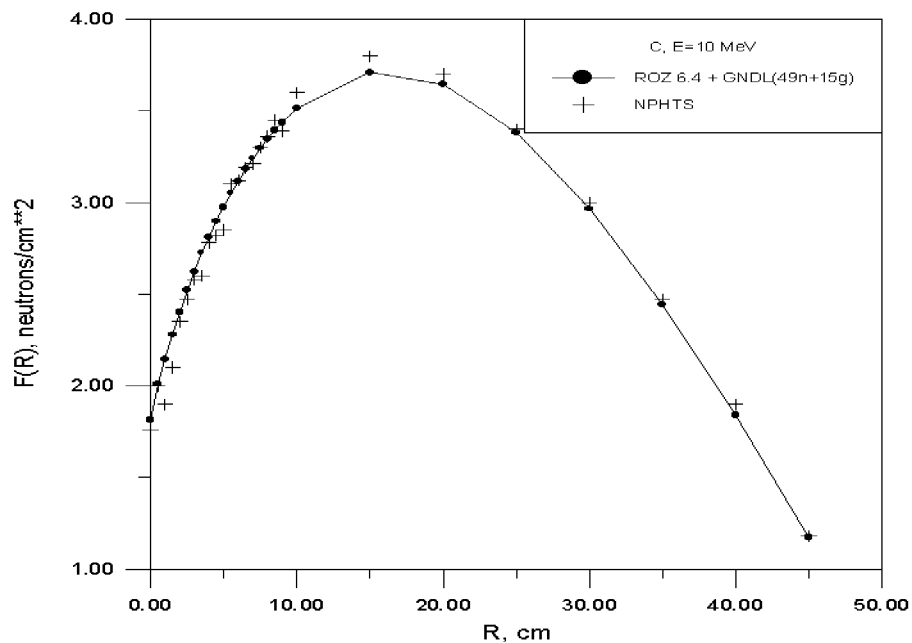


Рис. 1: Флюенс нейтронов в графитовом блоке.

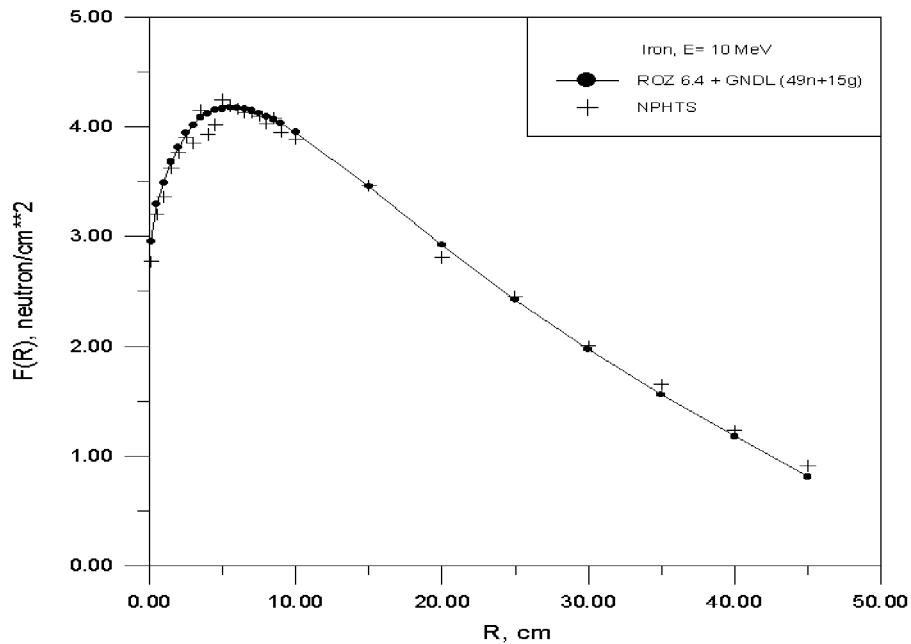


Рис. 2: Флюенс нейтронов в железном блоке.

Список литературы

- [1] ENDF/B-VI in IAEA-NDS-100, Rev. 4, June 1992, Vienna.
- [2] D.E.Cullen, M.N.Chen, J.H.Hubbel, S.T.Perkins, E.F.Plechaty, J.A.Rathkopf and J.H.Scofield. Tables and Graphs of Rhoton-Interaction Cross Section from 10 eV to 100 GeV Derived from the LLNL Evaluated Photon Data Library (EPDL). UCRL-50400 vol.6, Lawrence Livermore National Laboratory, 1989.
- [3] Lasl Group TD-6. MCNP — A General Monte Carlo Code for Neutron and Photon Transport. — LA-7396-M, Los Alamos Scientific Laboratory, 1968.
- [4] П.А.Андросенко, А.А.Андросенко, Г.В.Болонкина, С.И.Дубровина, А.С.Кривцов. Опыт прямого использования библиотеки ENDF-B/VI в расчетах методом Монте-Карло. — В сб.: VI Российская научная конференция по защите от ионизирующих излучений ядерно-технических установок. — Обнинск, 1994.
- [5] Волощенко А.М. и др. — В кн.: V Всесоюзная конференция по защите от ионизирующих излучений. Тезисы докладов. — Протвино, 1989.
- [6] Воронков А.В. и др. — В кн.: V Всесоюзная конференция по защите от ионизирующих излучений. Тезисы докладов. — Протвино, 1989, с. 66.