

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ КАСКАДНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В РЕАКТОРНОМ ГРАФИТЕ РЕАКТОРОВ ВТГР ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЦИКЛОВ

П.А. Комаров, Д.К. Пугачев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: dkp2@tpu.ru

Высокотемпературные реакторы с гелиевым теплоносителем – это новый тип универсальных атомных энергоисточников, уникальные свойства которых, позволяют получать высокопотенциальное тепло. Замедлителем в высокотемпературных реакторах служит ядерночистый реакторный графит. Под действием нейтронного излучения в кристаллической структуре графита образуются точечные дефекты (пары Френкеля), которые под действием сопутствующего гамма-излучения и температуры облучения могут либо рекомбинировать, либо диффундировать к местам «стока» образуя тем самым более сложные дефекты. Аналитическая схема процесса дефектообразования в кристаллической решетке графита при реакторном облучении описана в работе [1].

В работе представлены четыре модели каскадной функции. В тексте модели различаются по именам ученых, которые ввели соответствующие поправки [2]: Модель Кинчина и Пиза; Модель Снайдера и Нейфельда; Модель Сандерса; Модель Линдхарда. Расчет проводится на примере спектра потока нейтронов, полученного для высокотемпературного реактора типа ГТ-МГР.

На рис 1 представлены каскадные функции для 4-х моделей в 26-групповом спектре потока нейтронов, видно, что максимальное значение каскадной функции достигает 10 000. В модели Линдхарда это значение не превышает 1 000. Экспериментально установлено, что нейтроны с энергией меньше 10 МэВ не могут создавать каскад дефектов более чем из 1 000 шт [2].

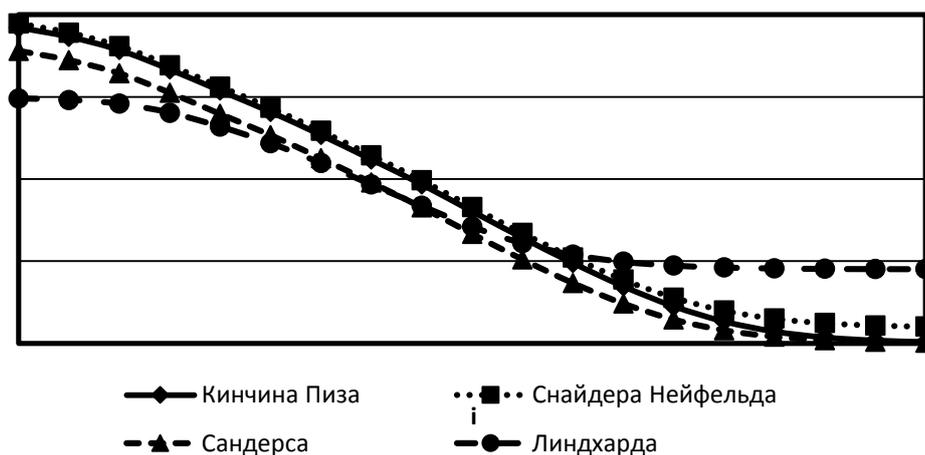


Рисунок. 1. Каскадная функция для U-Пу ЯТЦ при $C(^{235}\text{U})=20\%$, $C(\text{Pu})=0\%$ (i – номер группы нейтронов, создающих дефекты, в 26-групповом представлении спектра потока нейтронов)

Анализ данных показывает, что при определении скорости накопления дефектов в 4-х групповом расчете значение завышается на 27 %, причем данная погрешность справедлива не только для уран-плутониевого ядерного топливного цикла, но и для торий-уранового для различных стартовых загрузок топлива. В моделях Снайдера и Нейфельда, Сандерса расчетная погрешность сохраняет свое значение 27 %.

Этот факт объясняется тем, что во всех 3-х моделях каскадная функция описывается линейной зависимостью. В отличие от этих моделей, математическое выражение Линдхарда имеет экспоненциальную зависимость, вследствие чего, погрешность определения 4-х групповым методом составляет 37%, в сторону увеличения расчетных результатов. Скорость образования дефектов, полученная по модели Линдхарда, в течение кампании проектного ядерного топлива увеличивается от $1,1 \cdot 10^{16}$ до $1,7 \cdot 10^{16}$ см⁻³с⁻¹.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нестеров В.Н., Шаманин И.В., Емец Е.Г., Цыганов А.А., Котляревский С.Г., Павлюк А.О. Аналитическая схема дефектообразования в кристаллической решетке графита при реакторном облучении // Известия вузов. Ядерная энергетика, 2008, - № 1. - с. 120-128.
2. М. Томпсон. Дефекты и радиационные повреждения в металлах, Издательство «Мир», М: 1971. – 368с.

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ РЕЦИРКУЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ ТОНКИЕ МИШЕНИ

С.И. Кузнецов, В.Н. Забаев, В.В. Каплин, С.Р. Углов, П.В. Маерков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: smit@tpu.ru

Экспериментально и теоретически показано, что применение тонких (примерно 10^{-3} р. д.) внутренних мишеней в циклических ускорителях приводит к многократному прохождению электронов через них при сбросе. Кратность прохождения электронов определяется их энергией, параметрами ускорителя, толщиной структурой и материалом мишени. Возрастание коэффициента кратности прохождения (М) приводит к увеличению эффективной толщины мишени и к увеличению выхода тормозного и переходного излучения [1].

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о реализации данного механизма на Томском электронном синхротроне «СИРИУС» [2] и бетатронах.

Проведена теоретическая оценка коэффициента М в зависимости от толщины аморфной мишени и энергии ускоренных электронов [3].

Кратность прохождения электронов через мишень приводит к накоплению угла многократного рассеяния электронов. Применение специального устройства, «скрепера», позволяет уменьшить кратность прохождения электронов через тонкую мишень до $M = 1$, что важно при проведении тонких физических экспериментов, как например, при исследовании эффектов, связанных с каналированием электронов в кристаллах [4, 5].

Показано, что для существующих циклических ускорителей эффект многократного прохождения электронов через тонкую мишень повышает эффективность генерации тормозного и переходного излучения. Кроме того, применение скрепера позволяет при необходимости варьировать М от максимальной величины до единицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. Suzuki S., Tsuru T., Katayama T. et. al. // Nukl. Inst. and Meth. – 1973. – V. 111. – P. 39–47.
4. Калинин Б.Н., Курков А.А., Потылицин А.П. Излучение при многократном прохождении электронов через тонкие внутренние мишени в Томском синхротроне // Известия вузов. Физика. – 1991. – № 6. – С. 81–86.
5. Трутень В.И., Фомин С.П., Шульга Н.Ф. Препринт ХФТИ 82–11. – Харьков, 1982. – 27 с.
6. Андрияшкин М.Ю., Воробьев С.А., Забаев В.Н. и др. Спектрально-угловые распределения гамма-излучения при каналировании электронов // Вопросы атомной науки и техники (ВАНТ). М. – 1990. – вып. 3. – С. 77.