

раторе, без внесения конструктивных изменений в его модули, так как это вызовет тепловой кризис.

Использование свинцово-висмутового теплоносителя экономически не выгодно, в связи с плохими теплофизическими свойствами по сравнению с натриевым теплоносителем.

Вывод:

В данной работе была рассмотрена методика теплового расчета вертикального прямоточного парогенератора БН-600. Были приведены особенности данного парогенератора и результаты расчета с двумя разными теплоносителями. Был сделан вывод о необходимом конструкторском решении для замены теплоносителя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кириллов П.Л. и др. Справочник по теплогидравлическим расчётам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы). – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 360 с.: ил.
2. Рассохин Н.Г. Парогенераторные установки атомных электростанций: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 384 с.: ил.
3. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергия, 1980. – 424с.

Научный руководитель: С.В. Лавриненко, ст. преподаватель каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

**ПОРОГОВЫЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В
МУЛЬТИПЛИЦИРУЮЩИХ СИСТЕМАХ С ТОРИЕМ**

В.В. Кнышев

Томский политехнический университет
ФТИ, ФЭУ, группа 0АМ52

Для надежной оценки эффективности уран-ториевого ЯТЦ, имеет первостепенное значение точность оценок сечений взаимодействия нейтронов с ядрами топливных композиций. В настоящее время имеется множество разноплановых экспериментальных и расчетных ядерных данных, довольно полно они представлены в следующих библиотеках оцененных ядерных данных – ENDF (США), JEFF (Европа), JENDL (Япония), TENDL (РФ), РОСФОНД (РФ). Одним из

наиболее ценных источников информации является международная библиотека ENDSF, в которой данные не только рекомендованные, но и экспериментальные.

Несмотря на это во всех существующих базах ядерных данных, в том числе и оцененных, практически, отсутствует информация о пороговых нейтронных реакциях на ядрах ^{232}Th , а имеющиеся значения выходов и сечений отличаются на порядки. Что касается сечений радиационного захвата, то текущее положение вещей наглядно демонстрируют исследования, проведенные в Японии (Киотский университет, 2004 г.) [1]. В работе проведено сравнение значений сечений радиационного захвата на ядрах ^{232}Th , полученные результаты говорят о том, что существует значительное расхождение (до ~40%) между библиотеками.

Очевидно, что множественность источников информации, их неполнота и рассогласование окажет влияние на результаты критических расчетов решеток и систем с торием.

Расчетные оценки для мультиплицирующих торийсодержащих систем $\{(m\%U, n\%Th)O_2, (m\%Pu, n\%Th)O_2\}$ действующих на тепловых нейтронах показали, что формализм, описывающий процессы взаимодействия нейтронов с ядрами, включая поглощение и рассеяние, не всегда обеспечивает удовлетворительное согласие с экспериментом [2].

Таким образом, существует необходимость в корректировке и подготовке ядерных данных, используемых в расчетах параметров резонансного поглощения в решетках и системах содержащих торий.

Аналитическая модель нейтронно-физических процессов в мультиплицирующих торийсодержащих системах

Механизм взаимодействия нейтрона в области разрешенных и неразрешенных резонансов, эффекты резонансного поглощения и рассеяния, относятся к классу волновых процессов и могут рассматриваться как произведение эффективного «размера» нейтрона $\pi(\lambda_n/2\pi)^2$ на проницаемость фазовой поверхности $p = 4k_1k_2/(k_1 + k_2)^2$, сформированного внутриядерным потенциалом $V_c(r)$ тяжелых ядер:

$$\sigma_c = \pi \left(\frac{\lambda_n}{2\pi} \right)^2 \cdot p, \quad (1)$$

где проницаемость p может быть найдена из уравнения Шредингера:

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(r) \right] \psi(r, t) = E_n \psi(r, t). \quad (2)$$

На этапе расчетной оценки использована модель Ферми-газа, в рамках которой, с учетом неупругих взаимодействий, потенциал $V_c(r)$ должен быть представлен в виде:

$$V_c(r) = V_r(r) + iV_m(r), \quad (3)$$

где действительная часть выражения (3) отвечает за упругие каналы ядерных взаимодействий, мнимая часть за неупругие взаимодействия.

Одним из таких потенциалов, отвечающий требованию уравнения (3), является потенциал Ферми:

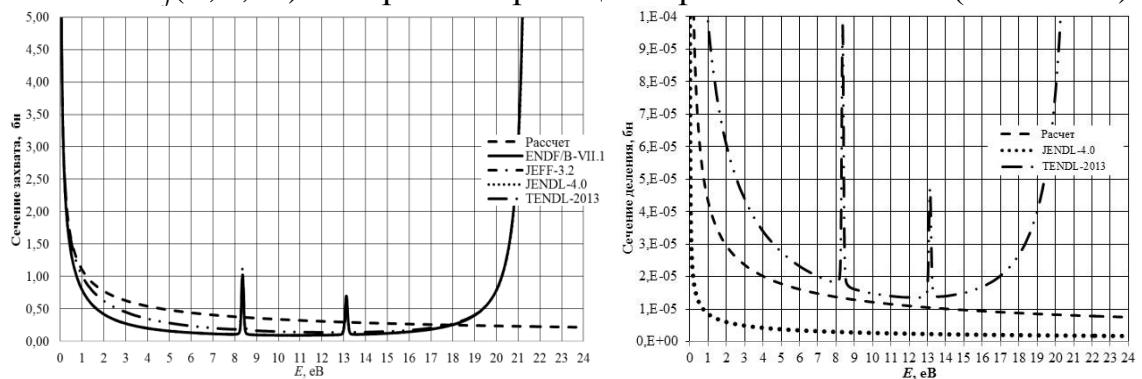
$$V_c(r) = \frac{2\pi\hbar^2}{\mu} \cdot b \cdot \delta(r) = U \cdot \delta(r), \quad (4)$$

где $\delta(r)$ – Дельта-функция Дирака; b – длина рассеяния, параметр $b = x + iy$, в общем случае, является комплексной величиной, определяемый экспериментальным или расчетным способом.

Найденные значения сечений в интервале энергий от 10^{-3} до 24 эВ, сравнивались с данными приведенными в библиотеках оцененных ядерных данных (ENDF/B, JEFF-3.2, JENDL-4.0, TENDL-2013), результаты таких сравнений приведены на рис. 1.

В сравнительном анализе использована российская библиотека нейтронных данных TENDL [3]. Вообще, структура резонансной области поглощения ядер ^{232}Th достаточно детально исследована в работах [4,5] и работах других исследователей [1].

Таким образом, выбранная нами модель ядра и форма потенциала в интервале энергий от 10^{-3} до 18 эВ с удовлетворительной для практики точностью позволяет производить расчет микроскопических сечений $\sigma_f(E, r, \Omega)$ нейтронных реакций в решетках с ^{232}Th (см. Рис. 1).

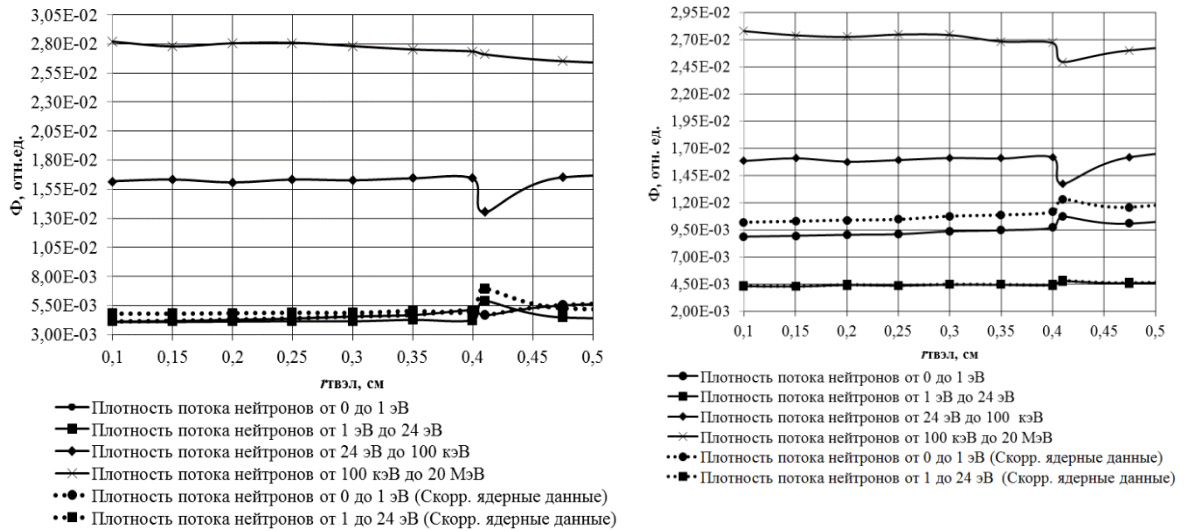


Зависимость σ_γ ядра ^{232}Th в области энергий нейтрона от 10^{-3} до 24 эВ

Зависимость сечения σ_f ядра ^{232}Th в области энергий нейтрона от 10^{-3} до 24 эВ

Рис. 1. Результаты сравнений расчетных значений сечений ^{232}Th с оцененными ядерными данными (JENDL-4.0, TENDL-2013)

Дальнейшие ядерно-физические исследования проведены с использованием файлов библиотек оцененных данных (ENDF/V и JENDL-4.0) и аналитически найденных значений сечений, кода программы MCU5 и расчетных методик и техник [6], для расчета k_{eff} . При подготовке ядерных констант использована технология, разработанная в ИБРАЭ РАН [6].



а) распределение потока нейтронов в решетке с торием– (5%Pu, 95%,Th)O₂

б) распределение потока нейтронов в решетке с торием – (5% U, 95% Th)O₂

Рис. 2. Пространственно-энергетическое распределение плотности потока нейтронов в ТВЭЛ полячейки УГР

Такой подход позволил не только провести корректировку ядерных констант в области энергий от 10^{-3} до 18 эВ, но и учесть тонкую структуру резонансной области поглощения нейтронов ядрами ²³²Th. Результаты расчетных исследований для мультиплицирующих решеток с торием приведены в графическом виде на рис. 2.

Заклучение

В работе приведены результаты исследований и численных экспериментов, направленных на определение ядерно-физических и радиационных характеристик мультиплицирующих торийсодержащих систем. Показана необходимость в корректировки ядерных констант, используемых в расчетах на критичность систем с торием.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Shiroya S., Kudo K. Criticality Analysis of Highly Enriched Uranium/Thorium Fueled Thermal Spectrum Cores of Kyoto University Critical Assembly // PHYSOR 2004 -The Physics of Fuel Cycles and

- Advanced Nuclear Systems: Global Developments. - Illinois: American Nuclear Society, 2004.
2. Shamanin I.V. The Use of (Th,U,Pu)O₂ Fuel in a Water Water Energy Reactor: Physics and Fuel Cycle Simulation by means of the V.S.O.P. (97) Computer Code // Forschungszentrum Julich. FZJ – ISR – IB – 1/1999. – 40 p.
 3. Абрамович С.Н. База данных для численного моделирования накопления осколков в топливе энергетических реакторов// Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. – 1996. – №3. – с.40–61.
 4. Шаманин И. В. Следствия, вызванные отличиями структур резонансной области поглощения ядер ²³⁸U и ²³²Th // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – № 11 (43). – С. 47–53.
 5. Shamanin I. Advantages of Thorium Nuclear Fuel for Thermal-Neutron Reactors // Advanced Materials Research. - 2015 - Vol. 1084. - p. 275-279.
 6. Подготовка полных библиотек ядерных данных в поточечном представлении на основе файлов оцененных данных ENDF/B-VII.0, JEFF-3.1.1, JENDL-4.0. Препринт / Ин-т проблем безопасного развития атом. энергетики РАН, № ИБРАЭ-2011-08. Д.А. Блохин, Е.Ф. Митенкова, А.И. Блохин – М.: ИБРАЭ РАН, 2011. – 58 с.

Научный руководитель: С.В. Беденко, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭУ ФТИ ТПУ.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТУРБОУСТАНОВОК АЭС РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ

А.С. Королев
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС, группа 5031

Растущий спрос на энергию и все более широкая осведомленность об экологических выгодах чистой ядерной энергии создают основу для "ренессанса" ядерной энергетики, которая может способствовать решению проблем, связанных с энергетической безопасностью, экономическим развитием и улучшением качества окружающей среды[1].

Основной целью и задачей, стоящей перед проектировщиками электростанций, является достижение максимальной эффективности,