

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА РЕАКТОРА ВВЭР-1000

Н.В. Смольников, И.А. Варламов
Томский политехнический университет
nvs38@tpu.ru

Введение

В настоящее время развитие атомной энергетики занимает одно из первых мест среди других отраслей благодаря производству большого количества чистой электроэнергии при минимальных затратах топлива.

При проектировании ядерного реактора необходимо производить множество расчетов таких как: нейтронно-физический, теплогидравлический, расчет биологической защиты и др. Всё это обеспечивает безопасное функционирование ядерного объекта в течение всего срока эксплуатации.

В связи с большим количеством данных, необходимых для проведения расчетов, существуют программные обеспечения для каждого типа задач, позволяющие с достаточно высокой скоростью и точностью производить расчеты компьютерных моделей, что значительно сокращает время, человеческие ресурсы и вероятность ошибки.

Однако, присутствует существенный недостаток использования некоторых программных обеспечений, использующихся в атомной отрасли – отсутствие интерфейса программы. По этой причине для пользования программы с отсутствием интерфейса, необходимо изучить язык, с помощью которого возможно использование функций программы, что, в основном, занимает большое количество времени.

В данной работе представлено программное средство для создания трехмерной модели тепловыделяющего элемента реактора ВВЭР-1000, представляющие собой реализацию интерфейса программного пакета MCU, разработанное с целью сокращения времени, затрачиваемого на освоение программы за счет объединения основных функций в одном интерфейсе.

Выбор языка программирования

Так как все основные функции программы было решено реализовать в одном интерфейсе программное средство разрабатывалось на языке C# с использованием Windows Forms в среде Microsoft Visual Studio 2017.

Помимо реализации функций в Windows Forms, на языке C# присутствует возможность использования интерфейсов и объектно-ориентированного программирования, что обеспечивает локализацию кода и удобство сопровождения программного обеспечения за инкапсуляции, наследования и полиморфизма.

Интерфейс программного средства

Основной идеей являлось то, что пользователь

будет иметь возможность задавать основные критерии для моделирования путем ввода или выбора предложенных значений.

Разработанный интерфейс программного средства содержит 6 основных модулей MCU: физический, геометрический, регистрационный, выгорания, моделирования, шага расчета. Расположение модулей представлено на рисунке 1.

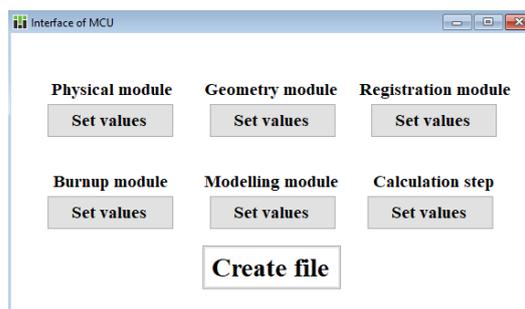


Рис. 1. Разработанный интерфейс

Каждый из представленных модулей содержит определенный набор данных, которые пользователь может использовать для решения поставленной задачи. В качестве примера на рисунке 2 приведен физический модуль.

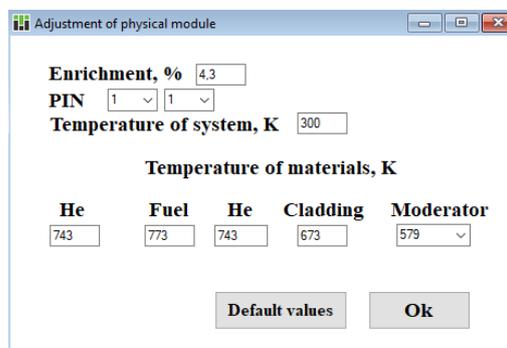


Рис. 2. Физический модуль программного средства

Данный модуль дает возможность пользователю определить обогащение топлива, используемого в тепловыделяющем элементе, температуру системы, а также температуры основных материалов.

Как можно видеть, пользователь имеет возможность расчета тепловыделяющего элемента при необходимых условиях исходя из цели. Аналогичным образом возможно задание дискретности тепловыделяющего элемента относительно его высоты или диаметры в геометрическом модуле, определение регистрационных зон и частиц в регистрационном модуле и так далее.

Анализ компьютерной модели

Для анализа кода, написанного с помощью программного средства, он был запущен в MSU. На рисунке 3 представлено горизонтальное сечение компьютерной модели элементарной ячейки тепловыделяющего элемента реактора ВВЭР-1000.

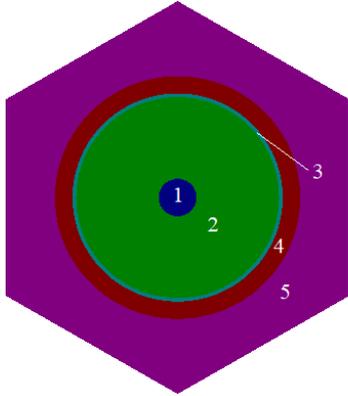


Рис. 3. Сечение элементарной ячейки тепловыделяющего элемента в MSU: 1– гелий; 2–топливо; 3– гелиевый зазор; 4–оболочка; 5–вода

Каждый из материалов, приведенных на рисунке возможно разделить на необходимое число регистрационных зон для определения зависимости изменения нейтронного потока.

Проведение нейтронно-физического расчета

Для нейтронно-физического расчета, включающего в себя вычисление плотности потока нейтронов достаточно задание данных в пяти основных модулях за исключением модуля выгорания. В качестве примера был проведен нейтронно-физический расчет представленного выше тепловыделяющего элемента для определения изменения плотности потока тепловых нейтронов по радиусу элементарной ячейки в зависимости от материального состава. Результат расчета представлен на рисунке 4.

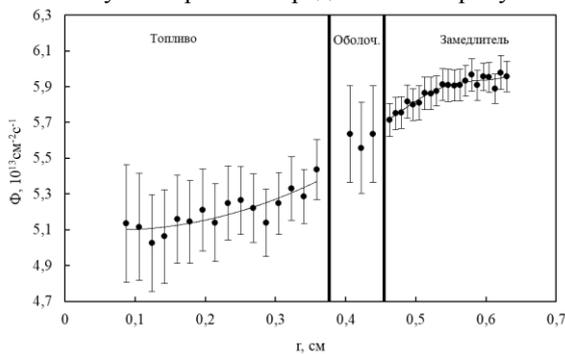


Рис. 4. Изменение плотности потока тепловых нейтронов по радиусу элементарной ячейки

Исходя из результатов можно сказать, что по мере приближения регистрационной зоны к оболочке и замедлителю наблюдается увеличение плотности потока тепловых нейтронов ввиду более эффективного замедления быстрых нейтронов и уменьшения числа поглощений, что объясняется пространственным отдалением от среды с высоким сечением поглощения тепловых нейтронов.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что использование приведенного программного средства позволяет создать код компьютерной модели тепловыделяющего элемента реактора ВВЭР-1000 для проведения нейтронно-физического расчета, продемонстрированного на примере изменения плотности потока тепловых нейтронов относительно радиуса элементарной ячейки.

Помимо представленной функции расчета плотности потока возможно создание модели через приведенный интерфейс с функцией расчета выгорания топлива в процессе компиляции реактора с выводом сечений и наработки нуклидного состава при заплытие всех шести модулей.

Заполнение всех модулей значениями, предлагаемыми программой, займет у пользователя не более минуты, что несомненно обеспечивает экономии времени.

Список использованных источников

1. Гуревич М.И., Шкаровский Д.А. Расчет переноса нейтронов методом МонтеКарло по программе MSU: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ. – 154 с.
2. А. М. Кольчужкин. Метод Монте-Карло в теории переноса излучений. Учебное пособие. Томск: ТПУ. 2003, 104 с.
3. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учеб. Пособие для вузов/ Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алтухов. -3-е изд., перерад. и доп. – Екб: Издательство ЮЛАНД, 2016 год. –512 с., ил.
4. Вагнер, Билл С# Эффективное программирование / Билл Вагнер. - М.: ЛОРИ, 2013. - 320 с.
5. Павловская Т.А. С#. Программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов / Т.А. Павловская. — СПб. [и др.]: Питер, 2015.