

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломна работа за придобиване на образователно-квалификационна степен „Бакалавър“, специалност „Ядрена техника и ядрена енергетика“

Автор на дипломната работа: Борис Панайотов

Тема на дипломната работа: Метод Монте Карло за моделиране на неутронния пренос за реакторни приложения

Рецензент: д-р Сребрин Колев, гл. експерт РФА, с-р „Реакторно-физични разчети“, „АЕЦ Козлодуй“ ЕАД

Дипломната работа на Борис Панайотов е с общ обем от 63 страници, които включват заглавна страница, таблица на съдържанието, основен текст и приложение. Представени са 16 фигури и 7 таблици. Списъкът на цитираната литература съдържа 14 източника.

Основна задача във физиката на ядрените реактори, чието решение е необходимо за целите на широк кръг от приложения, е изчислителното моделиране на неутронния пренос, за което съществуват два принципно различни подхода – детерминистичен и стохастичен. Предмет на представената ми за рецензиране дипломна работа е изграждането и изследването на Монте Карло процедура, която съдържа в себе си именно техниките на стохастичния подход за решаване на поставената задача. За целите на дипломната работа е създадена и тримерна програмна реализация, наречена МСТ.

Началото на изложението насочва вниманието на читателя към някои основни принципи на избрания подход и описва най-важните за дипломния труд означения и определения от статистиката. Представени са също характеристиките на изчислителния модел, който наподобява горивна касета за реактори от типа ВВЕР-1000. Моделът е съставен от елементарни клетки с формата на правилни шестоъгълни призми. Вътрешната структура на клетките е описана хетерогенно, което налага обособяването на отделните материални зони чрез цилиндрични форми. Описанието на геометрията и материалния състав е компактно изложено в текста и прилежащите фигури и таблици. За целите на дипломната работа се решават задачи с фиксиран неутронен източник, който може да бъде точков или обемно хомогенен в дадена материална зона от избрана клетка. Използвани са двугрупови неутронни сечения, подготвени с ресурсите на комплекса SCALE.

В духа на Монте Карло методите по-голямата част от изложението е посветена на процеса за проследяване на индивидуалните истории на частиците. Този процес е илюстриран с подходяща блок схема, докато в отделните подраздели последователно са разгледани етапите от живота на една частица и са описани нужните техники и процедури по отбор на място за стълкновение, вид на стълкновението и нуклид от съответната зона, както и нова посока и енергия в случаите на разсейване или достигане на външните гра-

нии на модела. Прави впечатление високото ниво на детайлно описание на използваните математически техники и практически алгоритми, които са несъмнено заложени и в програмната реализация.

За целите на изследването са разгледани и сравнени два подхода за отбор на път до стълкновение: методът на преобразуването и методът на мнимите стълкновения, още известен като метод на делта-трекирането. Техните индивидуални особености, относителни различия, положителни страни и недостатъци са отразени правилно от дипломанта в изложението и пояснителните части на приложението. Внимателно са съставени и постъпкови алгоритми за коректното прилагане на методите.

В контекста на отбор на посока на движение на неутрона след разсейване за получаването на новата посока (чрез подходяща трансформация на старата) е избран подход, основаващ се на формулата на Родриг, която за конкретните цели е по-икономична от прилагането например на матрици на ротация според съответните Ойлерови ъгли. Това също прави добро впечатление, защото е важен детайл, засягащ бързодействието при изпълнение на цялостната Монте Карло процедура. За описание на поведението на неутроните при пресичане на външната граница на модела са реализирани различни варианти на гранични условия, които включват: свободна повърхност, периодична решетка, огледално отражение, бяло отражение. Тяхното коректно прилагане е подкрепено с коментари към набор от фигури, илюстриращи решението на задачата в различните случаи.

За оценка на разпределението на скаларния неутронен поток по клетки и материални зони са използвани или статистики от стълкновения, или трекови статистики. При едни и същи условия на задачата в задоволителен обем таблично е представена статистическа оценка, която е в подкрепа на доброто съгласие между различните методи за отбор на позиция на стълкновение и различните подходи за оценяване на скаларния неутронен поток.

Избраният критерий за оценка на качеството и производителността на методите за пресмятане на потока в дипломната работа е напълно целесъобразен. Той засяга както бързодействието на програмната реализация, така и състоятелността на получените резултати.

За обща проверка на методиката и програмната реализация е избрано решението на конкретна двумерна задача да бъде сравнено с референтно решение, получено по детерминистичния метод на дискретните ординати, реализиран в програмния модул NEWT от комплекса SCALE. По повод на разпределението на скаларния поток по клетки са докладвани максимални относителни разлики между решенията с NEWT и MCT до около 3%. Като се имат предвид принципните разлики между NEWT и MCT и различните подходи за пространствена дискретизация, намирам заключението за добро съгласие между двете решения за оправдано.

Като рецензент бих искал да изкажа следните препоръки и забележки:

1. Макар цялостната процедура да е математически обоснована и сравнително детайлно и коректно описана, все пак се откриват технически грешки, свързани с индексирание на величини и препратки към изрази или фигури. Честотата на тези неточности следва да се минимизира в бъдещите трудове на дипломанта;

2. Въпреки обясненията в текста е добре на фигурите със статистики по клетки да присъства легенда със значението на отделните числа според тяхната позиция;

3. Препоръчвам винаги да бъдат спестявани фрази, които определят съобразяването на математически преходи, изводи или заключения като „лесно“, тъй като намекват за оценка на необходимото ниво на подготовка на читателите, което е строго индивидуално;

4. Когато Приложението съдържа в себе си сравнително широко разнообразие от спомагателни разяснения, към които се реферира често, препоръчвам подразделите му да бъдат номерирани и тази номерация да бъде включена в съответните препратки от изложението.


Към дипломанта имам следните въпроси:

1. Какви наблюдения, резултати или физични свойства ни дават правото да интерпретираме макроскопичното неутронно сечение като вероятност за стълкновение при изминаване на единичен път в израз (ПЗ.1) от стр. 59 по повод на израз (4.2.1)?

2. При определени условия съществува ли опасност изразите (5.1.5) и (5.2.5) на основата на израз (3.1.4) да станат числено неустойчиви? Ако отговорът е да, то можете ли да предложите решение на проблема?

В заключение мога да кажа, че представената ми за рецензия дипломна работа на Борис Панайотов изпълнява всички изисквания към дипломните работи за образователно-квалификационната степен „Бакалавър“ по специалностите във Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ и дори ги надхвърля. В качеството си на рецензент оценявам високо труда на Борис Панайотов и препоръчвам на уважаемата комисия да допусне дипломната работа до публична защита.

гр. София
03.09.25

Рецензент:.....
/д-р Сребрин Колев/