

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор”
по професионално направление 4.1 Физически науки
докторска програма: Неутронна физика и физика на ядрените реактори

Автор на дисертационния труд: Сребрин Колев

Тема на дисертационния труд: Нестационарна формулировка на нодалния метод HEXNEM3 за решаване на уравнението на неутронен пренос в дифузионно приближение

Рецензент, член на научното жури: доц. д-р Никола П. Колев, лаб. Реакторна физика в ИЯИЯЕ-БАН.

1. Дисертационният труд на Сребрин Колев е с общ обем 155 страници, което включва заглавна страница, съдържание, списък на означения и съкращения, основен текст и приложение, с общо 34 фигури и 37 таблици. Цитирани са общо 59 литературни източника.

Дисертацията представя резултати от изследователска и развойна работа в областта на изчислителната реакторна физика. Цел на изследванията е разработката и изпробването на нова формулировка на нодалния метод HEXNEM3 за решаване на уравнението на неутронния пренос в дифузионно приближение, която е предназначена за ефективно решаване на нестационарни задачи.

2. Оригиналния метод HEXNEM3 (Christoskov and Petkov, 2013) е усъвършенствен вариант от фамилията от методи HEXNEM (Hexagonal Nodal Expansion Methods), които използват изчислителна мрежа във вид на триъгълна решетка от хексагонални призми, разложение по подходящи базисни функции за скаларния неутронен поток в рамките на всеки хомогенизиран нод, и напречно интегриране. HEXNEM3 показва подобрена точност за големи касети като тези на ВВЕР-1000 в сравнение с предходните версии, но използваният алгоритъм е конструиран главно за стационарни задачи и има ограничения при пресмятане на бързи нестационарни процеси за анализ на реакторната безопасност. Използваният итерационен процес за получаване на груповите неутронни потоци се отличава с бавна сходимост и не се съгласува добре с ограниченията на неявната диференчна схема по време, необходима за решаване на твърдата система диференциални уравнения на неутронната кинетика. Това прави актуално и мотивира създаването на нова нестационарна формулировка на метода HEXNEM3, която запазва добрата точност но избягва итерирането по енергетични групи и позволява изчислително ефективно и устойчиво прилагане на неявната схема по време. Една практическа мотивация за такава разработка е и използването на оригиналния вариант на HEXNEM3 (2013) в две нодални реакторно-физични програми: българската HEX3DA (Христосков, 2013), която е част от

програмния комплекс HELHEX (Петков, Христосков, 2013) и немската DYN3D на FZDR-Rosendorf (Bilodid et al, 2018).

3. В дисертацията е представен един подход базиран на модално разлагане на скаларните потоци и аналитична крупноклетъчна схема на крайните разлики (ACMFD) в метода HEXNEM3, който позволява икономично и ефективно решаване на резултиращите системи уравнения. Този подход има редица предимства особено при нестационарни задачи и позволява свобода на избор на алгебрични решатели за резултиращите системи уравнения.

Методиката на разработката и проведените изследвания е коректна, добре описана в дисертацията и свързаните с нея публикации, и отговаря на обявените предмет и обхват на дисертацията. Програмната реализация на новата модална ACMFD формулировка на HEXNEM3 е изследвана за устойчивост, сходимост и точност чрез пресмятане на серия условнокритични и нестационарни моделни задачи (математически бенчмарки) за ВВЕР-440 и ВВЕР-1000 и сравнение с референтни дифузионни решения за хомогенизирани нодове. В тестови задачи за които липсват публикувани референтни решения авторът е получил такива от собствени фино-мрежови пресмятания за хомогенизираните нодове. Тези изследвания съответстват на *верификация* на програмната реализация на новата формулировка. Валидацията на проблемно-ориентирани изчислителни модели с използване на новата формулировка на метода, в контекста на определени приложения, е декларирана извън обхвата на дисертацията.

4. В уводната част на работата са коментирани мотивацията, целите и обхвата на направеното изследване. В обзорната част е даден кратък преглед на основните методи за числено решаване на уравненията на неутронния пренос, с акцент на малогруповото дифузионно приближение, на нестационарното дифузионно уравнение и на подхода използван в настоящата работа. Съдържанието на обзора позволява да се приеме, че авторът има добър общ поглед върху проблематиката.

5. В раздели I, II и III на дисертацията и Приложението са представени описанието на алгоритмите и резултатите от изследването. В Раздел I е описан алгоритъмът на модалния ACMFD вариант на HEXNEM3 за решаване на условнокритични задачи, а Раздел II съдържа математическия извод на основните изрази и уравнения, използвани за решаване на нестационарната двугрупова дифузионна задача. Третият раздел съдържа резултати от изследването на програмната реализация на новата формулировка на метода чрез решаване на стационарни и нестационарни математически бенчмарк задачи за ВВЕР-440 и ВВЕР-1000. Показано е, че модалният ACMFD вариант с използване на ViCGSTAB решател за системата алгебрични уравнения запазва оригиналната добра точност на HEXNEM3 за големи хексагонални нодове, но има съществено предимство в изчислителна ефективност в сравнение с алгоритма, използващ стандартното за методите HEXNEM итерирание по енергетични групи. Заключениеята съответстват на получените

резултати. Изложението на разработените алгоритми и на техния математически извод е подробно и ясно, което показва, че авторът е придобил задълбочени знания и умения в тази област.

6. Представеният труд е полезно изследване от иновативен тип върху изчислителните методи в реакторната физика. Резултатите и приносите, както са представени в дисертацията, имат научно-приложен характер - от типа разработка и изследване на усъвършенствани методи и алгоритми. Те имат методическа стойност за колегията от специалисти в тази област и дават полезна информация на разработчиците на методи и програмни реализации. Допринасят и за изграждане и поддържане на компетентност в тази област в България.

7. Публикациите, на които се основава дисертацията (общо 5) са в съавторство с И.Христосков и включват:

- а) Авторски публикации, включени в дисертацията
 - статия в Доклади на БАН, 2018 IF 0.32, Q2
 - статия в Annals of Nuclear Energy, 2019 IF 1.38, Q1
 - публикация в AIP Conference Proceedings, 2019 SJR 0.18

- б) Доклади на конференции по темата на дисертацията
 - доклад на AER Symposium on VVER Reactor Physics and Reactor Safety, Olomouc, Czech Republic, 2018
 - доклад на 10th Jubilee Conference of the Balkan Physical Union, Sofia, 2018

Първи автор на тези публикации е С. Колев. От съавторите е декларирано (в запис от предзащита) равноправно участие в представените изследвания. Може да се приеме, че дисертантът има в достатъчна степен личен принос в представените резултати.

8. Авторефератът от 41 страници е написан на български и английски език и представя правилно основното съдържание на дисертацията и резултатите от изследванията. Декларираните приноси както в автореферата, така и в пълния текст съответстват на съдържанието на дисертацията и на нейните цели.

9. Преценявам, че представените в дисертацията изследвания и резултати, както и наукометричните данни за публикациите на които тя се основава, отговарят на всички приложими изисквания (включително на тези от Чл.64 от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ и допълнителните изисквания на ФзФ на СУ) за придобиване на образователната и научна степен "доктор" в областта на изчислителната реакторна физика.

София, 14.09.2020г

Рецензент:


(Н. Колев)