

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за присъждане 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 Тошков Колев, докторант на свободна подготовка към ФзФ на СУ „Св. Климент Охридски“

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

Рецензент: проф. дфн Кирил Асенов Крежов, ИЯИЯЕ, член на научното жури съгласно заповед на Ректора на СУ № Р8 38-235/2020

1. Биографични данни.

Дисертантът Сребрин Тошков Колев е роден на 9.11.1992 г. в град Пловдив, където получава средно образование като завършва с отличие математическата гимназия “Акад. Кирил Попов” през 2011 г. В периода 2011–2015 година е студент по физика във Физическия факултет (ФзФ) на Софийски университет “Св. Климент Охридски”. Дипломира се с отличие като бакалавър по „Инженерна физика“, а темата на дипломната му работа е „Катодолуминесценция и приложения за характеризиране на материали и структури“. През 2017 г. приключва редовно обучение по магистърската програма „Ядрена енергетика и технологии“ на ФзФ-СУ. Завършва я с отличие и получава образователна степен магистър по специалност „Ядрена техника и ядрена енергетика“. Темата на дипломната му работа е „Нестационарна дифузионна задача във физиката на ядрените реактори“. Изграждането му като специалист в областта на изчислителните методи в реакторната физика продължава под ръководството доц. д-р Ивайло Христосков от катедра „Ядрена техника и ядрена енергетика“ на ФзФ-СУ. На 01.04.2019 г. е зачислен в докторската програма „Неутронна физика и физика на ядрените реактори“ като докторант на самостоятелна подготовка с научен консултант доц. Христосков. На 21.04.2020 г. е отчислен предсрочно с право на защита след положен изпит с отличен (5.50) по „Реакторен анализ“ (изпит по специалността).

2. Актуалност на проблема.

По мое мнение, заглавието на дисертацията „Нестационарна формулировка на нодалния метод HEXNEM3 за решаване на уравнението на неутронен пренос в дифузионно приближение“ отразява коректно нейното съдържание. Изследванията в представения труд са конкретизирани върху разработването и прилагането на числени методи и алгоритми за неутроннофизични пресмятания. Изследваните проблеми са свързани с подобрения в нодалните методи за решаване на уравнението на неутронен пренос в двугрупово дифузионно приближение с цел моделиране на неутроннофизичното поведение на ядрени реактори от типа ВВЕР. Разработена е и е изпробвана нова формулировка на нодалния метод HEXNEM3 за решаване на

уравнението на неутронния пренос в дифузионно приближение, насочена за ефективно решаване на нестационарни задачи.

Моделирането на сложните процеси в ядрените реактори налага преодоляване на множество изчислителни трудности и затова темата на дисертационния труд на Сребрин Колев посветена на неутронно-физичните пресмятания на стационарни и преходни процеси безспорно е актуална. Работата в тази област на разработване и приложение на числени методи във физиката е пряко свързана със съвременните изследователски насоки и реалните нужди на ядрената енергетика като се създават възможности за научно-приложни решения и за формулиране на полезни практически препоръки в симптомно ориентирани инструкции за действие на оператора.

3. Съдържание и структура на дисертационния труд.

Дисертационният труд съдържа общо **155** стр. като обхваща заглавна страница, Съдържание (2 стр.), Означения и съкращения (1 стр.), раздел Предмет и обхват (2 стр.), Увод (3 стр.), три основни раздела (общо **107** стр.), Приложение (34 стр.), раздел Заклучение (1 стр.), Литература от **59** заглавия (4 стр.) и Библиография (1 стр.), съдържаща списъка на авторските публикации и доклади. Включени са **36** фигури и **37** таблици.

В разделите Предмет и обхват и Увод е даден кратък критичен преглед на основните методи за числено решаване на уравненията на неутронния пренос, като вниманието се спира върху малогруповото дифузионно приближение с прилагане на едроклетъчни нодални методи, нестационарното дифузионно уравнение и се коментират особеностите на разработения и описан в дисертацията модален подход.

В трите основни раздела на дисертацията и в Приложението са представени използваните или усъвършенствани с участието на дисертанта алгоритми и резултатите от изследването. В Раздел I и Приложението е обоснован алгоритъмът на модалния ACMFD вариант на HEXNEM3 за решаване на условнокритични задачи, дадени са примерни реализации на разработената ACMFD схема и е представен актуализиран алгоритъм за решаване на тримерната стационарна дифузионна задача. Раздел II съдържа математическия извод на основните изрази и уравнения, използвани за решаване на нестационарната двугрупова дифузионна задача. Практически интерес представлява изграждането на ACMFD схеми за модовете като извеждането на работните изрази се дава в Приложението. Раздел III съдържа подробно разяснение на особеностите на програмната реализация на новата модална ACMFD формулировка на метода HEXNEM3 наречена НЗСМ и резултати от верификация на усъвършенствания програмен пакет чрез решаване на стационарни и нестационарни бенчмарк задачи за ВВЕР-440 и ВВЕР-1000. Показано е, че добрата точност на HEXNEM3 за големи хексагонални нодове е съхранена, но НЗСМ има съществено предимство в изчислителна ефективност в сравнение с алгоритма, основан на итерирание по енергетични групи характерно за HEXNEM3.

4. Отношение на дисертанта към съвременното състояние на областта на дисертационния труд

Дисертантът показва в изложението добро познаване на фактите и резултатите на други автори, и критически осмисля и тълкува необходимата му информация. Не е

допуснато самоцелно позоваване на литературни източници. Това дава един сравнително къс списък на цитираната литература – общо **59** заглавия, в това число **3** от статиите на дисертанта по темата и **3** отчета с участието на научния консултант по договори с АЕЦ Козлодуй относно въвеждането в атомната централа на нов (към 2013 г.) програмен пакет за пресмятания на стационарни режими.

Отделено е внимание и са отразени приносите към методите за реакторно-физични пресмятания на реакторите ВВЕР в научни трудове на утвърдени български специалисти в тази област като доц. П. Т. Петков и доц. И. Христосков от ФзФ-СУ, и доц. Н. П. Колев (ИЯИЯЕ-БАН).

Докторантът определя основната цел на своя дисертационен труд като разработка и изследване на нова формулировка на нодалния метод HEXNEM3 (Христосков и Петков, 2013), предназначена за изчислително ефективно решаване на нестационарни задачи в двугрупово дифузионно приближение. Практическата мотивация за такава разработка е свързана с използването на оригиналния вариант на HEXNEM3 (2013) в две нодални реакторно-физични програми: българската HEX3DA (Христосков, 2013), която е част от програмния пакет HELHEX (Петков и Христосков, 2013) за стационарни пресмятания на ВВЕР-1000, и немската DYN3D на FZDR-Rosendorf (Bilodid et al, 2018).

Цитираната литература е актуална, но имам забележка (**в т.8 по-долу**), защото не са упоменати други съществуващи и изпробвани във времето нодални методи за хексагонална геометрия с използване на подходи с модално разлагане на скаларния поток, аналитични решения в схемите, аналитичния крупно-клетъчен метод на крайните разлики (ACMFD). Сред тях са HEXTRAN (transient solutions, 1997) на VTT, Финландия, COBAYA (2007) на Мадридския политехнически университет, които са приложими за реактори ВВЕР. За валидацията на COBAYA-Hex за ВВЕР ми е известно, че е изпълнявана и от български групи по различни проекти в периода 2009-2020 г.

5. Публикации по дисертационния труд и личен дял на дисертанта

Дисертационният труд е изграден върху 5 публикации в съавторство само с доц. И. Христосков. Две статии са в списания с импакт (Annals of Nuclear Energy - 1, C.R. Acad. Bulg. Sci.–1). Три статии са доклади, публикувани в пълен текст в сборници с материали на международни форуми, сред които е традиционният симпозиум по реакторната технология ВВЕР, проведен в Чехия през 2018 г.. Един от докладите е отпечатан в AIP Conference Proceedings и има SJR. Сребрин Колев е пръв автор в публикациите и резултатите са представени на конференциите лично от него. Това ми дава основания да заключа, че магистър С.Т. Колев има съществен дял в получените резултати и е бил поне равностоен съавтор в съвместните публикации и подготовката на материалите за научните изяви.

6. Научни приноси.

Приемам формулираните от дисертанта на стр.116 в раздел V.Заклучение приноси в разработването и прилагането на числени методи и алгоритми за неутроннофизични пресмятания. Считаю, че те имат научно-приложен характер и са описани коректно Разработените алгоритми, тяхното извеждане и прилагане са

изложени подробно и логически ясно като дисертантът демонстрира творчески задълбочени знания и умения при тяхната верификация. Доказано е по един убедителен начин, че успешното разработване на ускорени изчислителни схеми дава съществен принос в създаване на ново поколение програмни продукти.

Приносите може да се категоризират като обогатяване на съществуващи знания в областта на реакторната физика и за развитие на методиката за детерминистичен подход към анализа на безопасност на енергийните реактори с лека вода под налягане.

Дисертантът не е представил сведения за забелязани позовавания от други автори на резултати в дисертационния труд.

7. Автореферат

Авторефератът е представен на български език (41 стр.) и в превод на английски език (40 стр.). Номерацията на разделите в дисертационния труд и в двата варианта на автореферата е спазена, но раздел V. *Заключение* е преименуван в автореферата като V. *Приноси на дисертационния труд*, съответно V. *Contributions*. Считаю, че авторефератът в оригинал и в превод отразява вярно съдържанието, изводите и формулираните приноси в дисертационния труд.

8. Критични бележки

Нямам възражения към достоверността на изложените резултати и заключения в дисертационния труд. При предзащитата от колегията бяха зададени конкретни въпроси и поискани допълнителни сведения, които дисертантът по същество е отразил в представения за рецензиране труд.

Като цяло дисертационният труд е написан грамотно. Той е оформен внимателно като информацията е коректно представена с подходящи фигури и в таблична форма. Изложението е стегнато, но на места твърденията са изложени в много дълги изречения.

Имам следните коментари и въпроси:

1. Интересно е да изслушаме коментарите на дисертанта за възможностите на програмния пакет за реакторно-физични пресмятания COBAYA, които не са отразени в литературния обзор.
2. Абревиатурата ACMFD е въведена на английски език, обаче не е въведена/преведена на български език.
3. Величината реактивност и съответните мерни единици не са въведени.

Изброените пропуски имат технически характер и не накърняват по същество изложените в дисертационния труд резултати в областта на реакторната физика.

9. Заключение.

Представените дисертационен труд и автореферат удовлетворяват приетите от Закона за развитието на академичния състав в България критерии и допълнителните изисквания на Физическия факултет на СУ "Св. Климент Охридски" за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”. Участвах в обсъждането на дисертационния труд по време на предзащитата на магистър Сребрин Колев и лично

се уверих в отличната подготовка на дисертанта проявена при моделирането на изследваните от него физични процеси и в неговия аналитичен подход към решаването на конкретни изчислителни проблеми. Изследванията на дисертанта по представения труд са извършени основно в ФзФ-СУ. В тази връзка ще отбележа, че е реализирана една актуална образователна и изследователска програма. Дисертантът е усвоил специализирани знания по неутронно-физични анализи на ядрени реактори и представеният от него дисертационен труд с подчертано научно-приложен характер е значим по тематика.

Въз основа на гореизложеното, давам положителна оценка на дисертационната работа и с пълна убеденост препоръчвам на уважаемите членове на Научното жури да гласуват за присъждане на образователната и научна степен „Доктор” на магистър Сребрин Тошков Колев.

София, 15.09.2020г.

Р е ц е н з е н т:

/проф. дфн Кирил А. Крежов/