

РЕЦЕНЗИЯ

от д.м.н. Стефка Николаева Димова,

гост-професор във ФМИ, Софийски Университет „Св. Климент Охридски“

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

по: област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика;

професионално направление 4.5. Математика;

докторска програма Математическо моделиране и приложения на математиката

Автор: Стефани Апостолова Панайотова.

Тема: „Математическо моделиране и компютърни симулации на нелинейни многопараметрични физични задачи“

Научни ръководители: проф. д.м.н. Снежана Георгиева Гочева-Илиева и доц. д-р Павлина Христова Атанасова, ФМИ, Пловдивски Университет „Паисий Хилендарски“

1. Общо описание на представените материали

Със заповед № РД-21-658 от 01.04.2022 г. на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ (ПУ) съм определена за член на научното жури за осигуряване на процедура за защита на гореописания дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ по област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.5. Математика, докторска програма Математическо моделиране и приложения на математиката. Автор на дисертационния труд е Стефани Апостолова Панайотова – докторантка в редовна форма на обучение към катедра Математически анализ във ФМИ, ПУ, с научни ръководители проф. д.м.н. Снежана Георгиева Гочева-Илиева и доц. д-р Павлина Христова Атанасова от ФМИ, ПУ.

Представеният от докторантката комплект материали на хартиен носител и качен в интернет е в съответствие с Чл.36 (1) от Правилника за развитие на академичния състав на ПУ с изключение на списък на забелязани цитирания.

Докторантката е приложила 8 броя публикации, 2 Служебни бележки за участие в научни проекти и в Националната програма „Млади учен и докторанти“, както и Сертификат за участие в Интензивен курс по „Теория на апроксимациите и приложения“, 17.6. – 23.06.2016 г.

2. Кратки биографични данни за докторанта

Стефани Панайотова е завършила бакалавърска програма по специалност „Информатика“ във ФМИ, ПУ (2012 – 2016 г.) и магистърска програма по специалност „Приложна математика“ във ФМИ, ПУ (2016-2018 г.). От 01.03 2018 и до сега е редовен докторант към катедра „Математически анализ“ във ФМИ, ПУ. От 2016 г. и до сега е хоноруван преподавател в ПУ.

3. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи

Актуалността на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и в научно-приложно отношение е без съмнение. Изследването на Джозефсонови структури, така широко използвани в съвременните технологии и с още по-голяма перспектива в бъдеще, е сложен и важен проблем, чиято актуалност непрекъснато расте. Джозефсонови структури се използват при реализацията на прецизни сензорни технологии – скенери за прецизна диагностика в медицината, скенери на летищата, в нано- и био-технологиите.

Поставените в дисертационния труд цели и задачи са актуални и амбициозни.

4. Познаване на проблема

От приложената библиография (99 заглавия) и от увода в дисертационния труд заключавам, че докторантката познава добре съвременното състояние на проблема и оценява творчески литературния материал.

5. Методика на изследването. Средствата за изследване на Джозефсонови структури са математическото моделиране и изчислителният експеримент като методология за научни и приложни изследвания. Основните приноси в тези изследвания са: **успешно съчетаване на подходящи съвременни числени методи за решаване на нелинейни многопараметрични задачи; създаване на алгоритми и комплекси програми по тях; провеждане на детайлен числен експеримент за изследване на процесите в такива структури.**

6. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Предложеният дисертационният труд съдържа 113 страници, разпределени в Увод, 4 глави, Заключение, формулирани Претенции за научни и научно-приложни приноси, Списък на публикациите по темата на дисертационния труд, Декларация за оригиналност на резултатите и Библиография от 99 заглавия.

В Увода е направен кратък обзор на резултатите от откриването и развитието на ефекта на Джозефсон, както и на неговото значение – теоретично и практическо - в областта на

свръхпроводимостта. Направен е обзор на съдържанието на дисертационния труд по глави и са формулирани целите и основните задачи.

Глава 1 претендира да съдържа обзор на използваните в дисертационния труд методи, но е напълно излишна в един дисертационен труд. В **п. 1.1** са дадени дефиниции на различни пространства и са формулирани свойства на редовете на Фурие. Формулирани са условия за съществуване и единственост на решението на задача на Коши за системи ОДУ от първи ред, дадена е дефиниция за твърдост на такава система. Изложени са подробно явни и неявни методи на Рунге-Кута, които могат да се намерят във всеки учебник, справочник и монография по Числени методи за ДУ.

Глава 2 е посветена на 3 задачи, касаещи динамиката на Джозефсоновите контакти (ДК).

В п. 2.1 математическият модел за разпределението на магнитния поток в дълги ДК - двойното синус-уравнение на Гордон с гранични условия на Нойман – при статичен режим на работа на ДК е редуциран до нелинейно ОДУ (13) от втори ред. Получени са изрази за пълната енергия (17) и за ефективния потенциал (18) на системата.

В п. 2.2 е поставена задачата за численото изследване на динамиката на магнитния момент на наномагнит в близост до ДК. Математическият модел е задача на Коши за ОДУ от втори ред (19). За численото и' решаване е създаден удобен потребителски софтуер, разработен с програмния език на Wolfram Mathematica. Някои от програмните модули са показани и обяснени тук, а по-пълно описание е направено в работа **P1**. Не разбрах обаче дали Фиг. 7 – Фиг. 10 са само пояснения към менютата на софтуера или съдържат и някакви резултати по поставената задача.

В п. 2.3 е поставена задачата за числено изследване на динамиката на магнитните моменти по пространствените координати на ДК. Математическият модел е задача на Коши за система от 3 ОДУ (20) от първи ред. За решаването и' са използвани явният метод на Рунге-Кута от четвърти ред и методът на Рунге-Кута–Фелдберг с автоматичен избор на стъпката. Направено е графично сравнение на резултатите от решаването на задачата чрез създадения софтуер и тези, публикувани в работата на Кончели и Буздин (2009), No 47 от Библиографията. Разбира се, това сравнение е само качествено.

Разработеният интерактивен софтуер е описан в публикация **P2**. Той е удобно средство за изследване решенията на нелинейната многопараметрична система ОДУ (20) и може да бъде използван за получаване на интересни и значими резултати.

Глава 3 е посветена на изследване на един важен ефект – този на магнитното обръщане под действието на свръхпроводящ ток в ДК от тип свръхпроводник – феромагнит- свръхпроводник (СФС). Динамиката на магнитния момент и фазовата разлика в такъв ДК се описват със задача на Коши за система от 4 ОДУ (21)-(22). Този математически модел се изследва числено с използване на явни и неявни методи на Рунге-Кута, вградени в потребителски софтуер на базата на Wolfram Mathematica.

Числените експерименти в **п. 3.1.** показват, че при изменението на някои параметри системата (21) става твърда и явните методи на Рунге-Кута са неефективни. В този случай неявният метод на Гаус-Лежандър е за предпочитане. Числените експерименти показват (Табл. 2), че твърдостта на системата (21) нараства при нарастване на параметъра G на фазовите разлики. Таблица 3 демонстрира предимството на неявния метод пред явния. В коментарите към Таблица 3 има обаче съществена неточност – не става въпрос за устойчивостта на метода, устойчивостта е друго понятие. Освен това Дефиниция 1 и Определение 1.2.1, цитирани там, са едно и също нещо. Изследването в този пункт е публикувано в работа **Р3.**

Честотата и периодичността на ефекта магнитно обръщане в зависимост от параметрите на модела са изследвани в **п. 3.2.** Направено е детайлно изследване на този ефект в зависимост от 3 параметъра. Направен е и анализ (**п. 3.3**) на времето за проявяване на магнитното обръщане. Резултатите, получени в тези 2 пункта, са публикувани в работа **Р4.**

С цел съкращаване времето на изследванията е направена (от М. Башашин, ОИЯИ, Дубна) паралелна MPI/C++ реализация на разработения потребителски софтуер. С използване на платформата „HybridIT“ и на суперкомпютъра „Govogun“ на Многофункционалния информационен и компютърен център на ЛИТ, ОИЯИ, Дубна са направени множество експерименти за намиране на интервалите за параметрите G и α , в които се наблюдава ефектът на магнитно обръщане. Резултатите, систематизирани в Таблица 4. показват, че магнитното обръщане е периодично с промяната на G . Тези и множество други проведени експерименти са важни за практическото използване на Джозефсоновите структури от тип СФС. Резултатите, получени в **п.3.4,** са публикувани в работа **Р6.** Ще отбележа, че представеното от докторантката копие на тази работа явно не е последното, отпечатаното в списанието EPJ Web of Conferences и цитирано в списъка на публикациите.

Глава 4 на дисертационния труд е посветена на получаването на аналитични решения на стационарните варианти на математическите модели на дълги Джозефсонови контакти.

В **п.4.1** е обосновано опростяването на стационарния модел чрез пренебрегване влиянието на външния ток \mathcal{Y} . Така ДУ (17) се преобразува до уравнение (27) относно нова неиз-

вестна функция $u = \cos \varphi$. Уравнението е с дясна част полином от четвърта степен. След изследване на корените му са получени различни решения за разпределението на магнитния поток φ . Резултатите от това изследване са публикувани в работа **P5**.

В **п.4.2** се проверяват условията за съществуване на конкретни аналитични решения. Тези резултати са публикувани в работи **P7** и **P8**.

7. Приноси и значимост на разработката за науката и приложенията.

Приемам изцяло формулираните от дисертантката приноси на дисертационния труд. Те имат както научен, така и приложен характер. Получаването на нови характеристики на процесите в Джозефсонови структури е важен принос в теорията на свръхпроводимостта и същевременно дава възможност за значими практически приложения в различни области. Конструирването на числени методи и алгоритми за решаване на нелинейни многопараметрични диференциални задачи, каквито са решени в дисертационния труд, е принос в теорията и практиката на числените методи. Разработеният потребителски софтуер и неговата паралелна реализация дават възможност за ефективен и надежден числен експеримент – основното средство за анализиране на реални приложни проблеми, каквито са тези в дисертационния труд. Това дава и перспектива за бъдещи изследвания.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По резултатите от дисертационния труд са публикувани 8 работи, като поне 3 от тях са в реферирани издания. Една работа е в JETP Letters, списание с **IF = 1.412**, 1 е в AIP Conference Proceedings, **SJR=0.182**, 1 е в Lecture Notes in Computer Science, **SJR=0.283**, 1 е в EPJ Web of conferences, 3 са в Научните трудове на Съюза на учените в България, 1 е в Сборник Материали на XXV международен симпозиум „Нанозфизика и наноелектроника“. Една от работите е самостоятелна, една е с един съавтор, една е с двама съавтора, 3 са с четирима и 2 с петима съавтори. В интердисциплинарни области като тази на дисертационния труд това е напълно естествено. Изследването на комплексни проблеми изисква съвместни усилия на различни специалисти. В случая част от съавторите са физици, утвърдени специалисти в областта на Джозефсоновите структури. Понеже няма протоколи за разпределение на приносите на отделните автори, приемам, че участието им в работите е равностойно.

9. Личното участие на докторантката Стефани Панайотова в проведеното дисертационно изследване е без съмнение. Считаю, че формулираните приноси и получените резултати са нейна лична заслуга.

10. Автореферат

Авторефератът правилно отразява основните резултати, постигнати в дисертационния труд.

11. Критични забележки и препоръки

В контраст на получените резултати, текстът на представения дисертационен труд е написан крайно небрежно, с множество грешки от елементарен характер –изпуснати букви и цели думи, несъгласуваност на частите на речта по време и число. Имам чувството, че текстът е поправян в последния момент и не е прочетен след това. На тази мисъл ме води сравнението на текста, който получих на 05.01. т.г., когато ми беше предложено да бъда включена в журито, и представения сега. Двата текста се различават съществено, в стария текст също има правописни грешки, но количеството им е много по-малко. Определено считам, че дисертационен труд не може да бъде представен в такъв вид.

12. Лични впечатления

Не познавам лично Стефани Панайотова, присъствала съм само на нейния доклад на конференцията по Числени методи и приложения, NMA'2018.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За съжаление нямам еднозначна позиция по представения дисертационен труд и не мога да дам нито положителна, нито отрицателна цялостна оценка. Оценката ми е строго положителна по отношение на постигнатите резултати (научни и научно-приложни), по публикационната активност на докторантката (надхвърляща изискуемата, осем чудесни публикации в хубави списания). Считам обаче, че представеният текст не може да бъде приет в този вид. Ако има възможност да бъде коригиран, цялостната ми оценка ще бъде положителна.

Предоставям ма уважаемите членове на научното жури да вземат окончателно решение.

17.05. 2022 г.

Рецензент: .

проф. д.м.н. Стефка Димова