

# **РЕЦЕНЗИЯ**

**на дисертационен труд  
за придобиване на образователна и научна степен „доктор”  
в област на висше образование**

**4. Природни науки, математика и информатика,  
Професионално направление :4.5 Математика,  
Научна специалност: 01.01.11 – Математическо моделиране и  
приложение на математиката**

**Автор: Павлина Христова Атанасова**

**Тема: Числени методи и алгоритми за изследване на нелинейни  
параметрични задачи във физиката**

**Научен ръководител: проф дмн Тодор Бояджиев  
Рецензент: проф. дмн Николай К. Витанов**

## **1. Предмет на рецензиране**

Представените материали съдържат:

1. Молба от ас. Павлина Христова Атанасова по образец до ректора на ПУ „Паисий Хилендарски“ за откриване на процедура;
2. Автобиография по европейски стандарт на Павлина Христова Атанасова;
3. Творческа автобиография на Павлина Христова Атанасова;
4. Диплома серия ПУ – 2001, № 000467, рег. № 2938–М от юли 2001 г. за образователно-квалификационна степен ‘магистър’ по специалност „Математика и информатика”; учителска правоспособност по математика, информатика и информационни технологии;
5. Протокол № 051 / 30 март 2011 г. на КС за готовността на кандидата за предварително обсъждане;
6. Заповед № Р33-960/08.04.2011 г. за разширяване на КС във връзка с предварителното обсъждане на дисертационния труд на тема „Числени методи и алгоритми за изследване на нелинейни параметрични задачи във физиката” на Павлина Христова Атанасова;
7. Протокол № 052 / 12 април 2011 г. на КС за предварително обсъждане на дисертационния труд на тема „Числени методи и алгоритми за изследване на нелинейни параметрични задачи във физиката” на Павлина Христова Атанасова;

8. Протокол № 053 / 27 април 2011 г. на КС за промяна в състава на научното жури за защита на дисертационния труд на тема „Числени методи и алгоритми за изследване на нелинейни параметрични задачи във физиката” на Павлина Христова Атанасова;
9. Автореферат.
10. Декларация за оригиналност;
11. Списък на публикациите по темата на дисертацията;
12. Дисертационен труд;
13. Копия на научните трудове по дисертационния труд – 8 бр.;
14. Списък на всички научни трудове, доклади и участие в проекти;
15. Заповед № РЗЗ-261/01.02.2002 г. на Ректора на ПУ за записване на Павлина Христова Атанасова в докторантура с научен ръководител проф д.м.н. Тодор Любенов Бояджиев – ФМИ на СУ;
16. Заповед № РЗЗ-431/10.03.2005 г. на Ректора на ПУ за прекъсване на обучението на Павлина Христова Атанасова в докторантура;
17. Заповед № РЗЗ-1440/06.07.2005 г. на Ректора на ПУ за продължаване на обучението на Павлина Христова Атанасова в докторантура;
18. Заповед № РЗЗ-1441/06.07.2005г. на Ректора на ПУ за възстановяване на докторантурата;
19. Заповед № РЗЗ-2899/23.11.2005 г. на Ректора на ПУ за отписване на Павлина Христова Атанасова от докторантура с право на защита;
20. Заповед № РЗЗ-1573/21.07.2003 г. на Ректора на ПУ за комисия за провеждане на изпита от индивидуалния план по научна специалност 01.01.13 Математическо моделиране и приложение на математиката на Павлина Христова Атанасова;
21. Протокол от 01.09.2003г. за проведен изпит по специалността от индивидуалния план по научна специалност 01.01.13 Математическо моделиране и приложение на математиката на Павлина Христова Атанасова с оценка Отличен 6,00;
22. Протокол от 20.01.2003г. за издържан зачот по Английски език;

Приемам, че щом Факултетният съвет на Факултета по математика и информатика на Пловдивския университет “Паисий Хилендарски” е отписал г-жа Павлина Атанасова с право на защита и щом процедурата е преминала през етап предзащита и е достигнала до етап оценка от научно жури, то представените документи са достатъчни, за да продължи процедурата и да представя тази рецензия пред наумното жури.

## **2. Актуалност на проблема**

Математическото моделиране на процеси в природни и технологични системи е и ще остане една от най – актуалните задачи на науката. От няколко десетилетия компютрите се използват все по – масово при това моделиране. Благодарение на това и моделите стават все по – сложни и като резултат част от тези модели отразяват по – добре свойствата на изследваната система и процесите в нея. Голяма част от съвременните модели са нелинейни и многопараметрични. Такива

са и моделите, разглеждани в рецензираната дисертация, която е посветена на моделиране и на тази основа на изследване на устойчивостта на вълни в Джозефсънови контакти. Тези контакти вече над 30 години са от голям интерес както за науката, така и за технологията. Допреди десетина години основният интерес при моделирането на Джозефсъновите контакти бе съсредоточен върху сравнително простите трислойни контакти. Днес моделирането е насочено и към многослойни контакти, каквито контакти се моделират числено и в дисертацията. Численото моделиране, извършено в дисертацията, е основано на методи, чието разработване е започнато от научния ръководител на докторантката, както и от нейни колеги от ОИЯИ в Дубна, Русия.

### **3. Обзор на съдържанието и резултатите в дисертационния труд.**

Дисертационният труд съдържа 143 страници (без заглавните страници), 36 фигури, 5 таблици и 162 номерирани уравнения. Фигурите и таблиците са описани в началото на дисертация, което е съществено улеснение за читателя. Цитирани са 149 литературни източника основно статии, монографии, книги и сборници от конференции.

В увода на дисертацията се споменават използваните методи за числено моделиране и на въпросите, свързани с ефекта на Джозефсън и на динамиката на магнитния поток в Джозефсънови контакти, които се изследват във втора и трета глави на дисертацията. Успоредно с това се проследява развитието на изследванията, свързани с физиката на Джозефсъновите контакти. В края на увода са формулирани целите и задачите на дисертацията, а в допълнение е дадена и гледната точка на дисертанта относно новостта и практическата значимост на изследванията. Формулираните цели и задачи са достатъчни за получаването на образователната и научната степен доктор, стига да бъдат реализирани в следващите глави на дисертацията. Посочено е и личното участие на дисертанта в извършените в дисертацията изследвания, което добре ориентира читателя относно това, кои са оригиналните моменти в дисертацията. Не са ми известни известни възражения на съавторите относно декларираното лично участие на дисертанта.

Преди да започна краткия обзор на съдържанието и резултатите, отбелязвам, че понеже съм специалист по физиката на Джозефсъновите контакти, то основният акцент на моята рецензия ще бъде върху резултатите от приложението на числените методи за моделиране на динамиката на електромагнитните процеси в изследваните конфигурации на Джозефсънов контакт.

Глава първа на дисертацията е посветена на числените методи, на чиято основа е проведено моделирането на Джозефсъновите контакти в следващите две глави. Налице е преглед на въпросите за устойчивостта и частичната устойчивост по Ляпунов и преглед на въпроси, свързани с моделирането на физични системи посредством нелинейни интегро – диференциални уравнения. Дават се сведения за линеаризацията на задачата и се описва изследването на устойчивостта на равновесното решение на системата (1.5), както и метод за изследване на критичните режими за системи, моделирани с уравнения от вида (1.5) и

алгоритъм за числено продължение по параметъра. Обсъдените в тази глава методи са в основата на програмите за числено моделиране на процеси в Джозефсънови контакти, чиито резултати са описани в следващите глави на дисертацията.

Глава 2 на дисертацията е посветена на числено изследване на въпроси, свързани с електродинамиката на дълги Джозефсънови контакти моделирани с двойно уравнение sine – Gordon. Главата започва с описание на електродинамиката на дълги джозефсънови контакти, споменава пертурбираното уравнение sine-Gordon със съответните гранични условия (2.18) и се концентрира върху модела, основан на двойното уравнение sine – Gordon (2.20) за статичен режим на работа на контакта. За този модел се разглежда числено решаване на задачата при наличие на граничните условия (2.21) чрез линеаризация посредством непрекъснатия аналог на метода на Нютон и решаване на линеаризираната задача с използване на два метода: сплайн – колокация с втори ред на точност и схема на Нумеров с четвърти ред на точност. Двете схеми са тествани върху известно точно решение решение от флаксонен тип и резултатът от теста е, че схемите са достатъчно надеждни за провеждане на числения анализ на решенията на разглеждания модел.

От страница 65 до края на главата се изследват числено измененията на тривиалните Майснерови решения, породени от ненулев коефициент  $a_2$  (съответен на втората хармонична на Джозефсъновия ток), едно и мултифлаксонните решения и техните изменения при различни ненулеви стойности на  $a_2$ , както и устойчивостта на всички тези изменени решения.

Една интересна бифуркационна диаграма, свързана с областите на устойчивост на константните решения от последния ред на стр. 66 и на тривиалните решения  $M_{0,\pi}$  от модела, базиран само на първата хармонична на Джозефсъновия ток, е показана на Фиг. 2.3. Интересното за мен тук е, че за стойности на  $a_2$  от -0.5 до 0.5 единственото стабилно от 4-те гореспоменати решения е  $M_0$ . Мултипараметричността на задачата ясно личи от следващите 2 фигури, които показват зависимостта от параметъра  $a_2$  на енергията на 4-те решения и на флаксонното и антифлаксонното решение за различни стойности на външното магнитно поле  $h_e$ .

Доста интересни са кривите, свързани с минималните собствени стойности на задачата на Щурм – Лиувил за изследваните решения. От тези криви, например на фигури 2.7 и 2.9 проличава влиянието на положителни или отрицателни стойности на параметъра  $a_2$  върху стабилността на константните решения на модела двоен sine-Gordon на дългия Джозефсънов контакт. Впечатление ми направи тясната област на стабилност на решението  $M_\pi$  на фиг. 2.7 при положителни  $a_2$  и дестабилизацията на това решение при отрицателни стойности на параметъра  $a_2$ . Мултипараметричността на задачата личи ясно и от фиг. 2.10 на която ясно е показано, че ненулевата стойност на външното магнитно поле влияе върху минималната собствена стойност на задачата на Щурм – Лиувил. Интересното е, че за изследваните стойности на външното магнитно поле и на параметъра  $a_2$  не се наблюдава промяна в устойчивостта на решенията  $M_{0,\pi}$  както се вижда от фигури 2.10 и 2.11.

Изследването във втора глава продължава с влиянието на параметъра  $a_2$  и на външното магнитно поле върху еднофлаксонните решения и тяхната

устойчивост. Идеологията на изследването тук е същата, както за случая на константните решения на модела, обсъдени по – горе. Интересен резултат, показан на фиг. 2.16 е, че промяната в коефициента  $a_2$  на втората хармоника на Джозефсъновия ток води до промяна на интервала от стойности на външното магнитно поле, в който еднофлаксонното решение на модела е стабилно. Числено е показано (на фиг. 2.18) че дори е възможно в дадена област от равнината от стойности на външното магнитно поле и на коефициента на втората хармонична на Джозефсъновия ток да съществуват две стабилни еднофлаксонни решения на модела, което е интересно следствие от нелинейността на решаваната задача.

Главата завършва с анализ на влиянието на стойностите на параметъра  $a_2$  върху разпределението на вътрешното магнитно поле за двуфлаксонното решение на модела, както и анализ на стабилността на двуфлаксонното и трифлаксонното решение на модела при изменение на стойностите на параметъра  $a_2$ .

Глава 3 от дисертацията е посветена на численото изследване на по – сложни структури на Джозефсънов контакт (двуслоен симетричен контакт) , които се описват със системата (3.1) и (3.2) (съответно (3.15) и (3.16) ) от две sine-Gordon-ови уравнения. Записана в матричен вид системата моделни уравнения е (3.21) с гранични условия (3.22), а за хомогенни и симетрични контакти системата, която трябва да се изследва, се състои от двете уравнения (3.36). Нелинейността на моделните уравнения води до повече от едно възможно статично решение и това от тези решения, което е стабилно, определя крайното състояние на контакта. В допълнение, в зависимост от стойностите на външното и магнитно поле и на външния ток, в многослойните контакти могат да се реализират ситуации, свързани с различен брой кванти на магнитния поток. В главата се изучават само статичните решения на моделните уравнения, тъй като всяко състояние, описвано от нестационарно решение след достатъчно дълго време се трансформира в състояние, описвано от стационарно (статично) решение. Стационарните решения в изследвания контакт се описват от системата уравнения и гранични условия (3.39) и тази система се изследва по – нататък числено в дисертацията на основата на методологията, разработена от Бояджиев и Димова.

Устойчивостта на статичните решения и свързаната с тях устойчивост на разпределенията на магнитния поток се изследват на основата на концепцията за частичната устойчивост, свързана с положителна определеност на втората вариация на един от функционалите на енергията, съответни ни енергиите на взаимодействащите си слоеве на контакта. Тази концепция води до частичната задача на Щурм – Лиувил (3.47) , която заедно със системата (3.39) е основа за числения анализ на устойчивостта на разпределенията на магнитния поток в двуслойния симетричен контакт. При числения анализ се достига да линеаризирана гранична задача, която се решава по два начина – чрез използване на сплайн – колокационна схема или по метода на крайните елементи. Резултатите от численото моделиране са оригинален принос на дисертантката. Многопараметричността на задачата открива широко поле за изследване. Тази възможност е добре използвана от дисертантката, която съсредоточава усилията си върху изучаване на важната за експеримента и практиката зависимост на критичния ток от критичното магнитно поле, свързана с превключването на слоевете на контакта от работа в резистивен режим към

работа в Джозефсънов режим и обратно. Изследването е проведено за случая на симетрична матрица  $A(s)$ , дефинирана на стр. 90 от дисертацията. Един резултат е показан на фиг 3.6, от която се вижда, че двуслойният симетричен контакт е твърде чувствителен към изменението на тока и магнитното поле поради което режимите на функциониране, свързани с различни решения на моделните уравнения сравнително лесно могат да бъдат променяни. Описани са и разиви в критичните криви за магнитното поле, свързани със скокообразна промяна в тока  $y$ , които са наблюдавани и експериментално.

Като цяло констатирам значителен потенциал за продължаване на изследванията, описани в глава 3 на дисертацията.

#### **4. Приноси на дисертационния труд.**

След запознаване с дисертацията, констатирам, че основните цели на дисертационния труд са постигнати. За конкретна система – Джозефсънов контакт е проведено числено изследване на статични решения на нелинейни многопараметрични задачи и анализ на устойчивостта на тези решения в зависимост от параметрите на основата на:

- Модел на дълги джозефсънови контакти, описвани чрез двойно sine-Gordon уравнение с отчитане на втората хармоника в джозефсоновия ток;
- модел на двуслойни симетрични джозефсънови контакти, описвани чрез система от sine-Gordon уравнения при отчитане само на първата хармонична в джозефсъновия ток

При моделирането на основата на изчислителни схеми, развити от съавтори на дисертантката с нейно активно участие са създадени програми за числен анализ на влиянието на параметрите на разгледаните модели върху решенията на математическата задача и за изследване на устойчивостта на тези решения.

В авторската справка за приносите в дисертационния труд на стр. 123 - 125 от дисертацията са посочени 4 групи приноси. Всеки един от приносите е реализиран в дисертационния труд, поради което признавам тези приноси. Без да подценявам значителната по обем работа свързана с реализацията на изчислителните схеми, считам за най-значителни приносите, свързани с резултатите от двата изследвани модела, които са групирани в група IV на стр. 124 и 125 от дисертацията, а от тях считам за най – важни приносите, свързани с малките флаксони, устойчивостта на решенията при изменения на външното магнитно поле и външния ток, бифуркационните криви за двуслоен симетричен Джозефсънов контакт и изследването на точките на прекъсване на частичните критични криви ток – магнитно поле в двуслоен контакт, които се свързват с ефекта на синхронизацията на критичните токове (current locking). Общото ми заключение по отношение на приносите е, че те са достатъчни за присъждането на образователната и научна степен “доктор” на дисертантката.

## **5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд.**

Публикациите по дисертацията са в издания предимно свързани с руската школа в науката, в чието качество никой сериозен учен не се съмнява. Отбелязвам и публикацията в Journal of Physics: Conference Proceedings, издание на реномирано английско издателство. Налице са 4 публикации в международни реферирани списания, 3 препринта и 2 съобщения (reports) както и публикации в материалите на 2 международни конференции и публикация в 1 нереферирано списание. Заключение ми е, че публикационната активност, свързана с дисертацията, е над средното ниво за български докторант. Резултатите от дисертацията са докладвани на 4 международни и 1 български семинар и са представени на 5 международни конференции в чужбина и на 3 международни конференции, проведени у нас. Заключение ми е, че резултатите от дисертацията са апробирани на достатъчно национални и международни мероприятия. Не забелязах списък с цитирания на публикациите.

## **6. Автореферат.**

Авторефератът отразява достатъчно пълно изследванията, изложени в дисертацията и съдържа основните резултати, получени при тези изследвания. Добро впечатление прави фактът, че насоките за бъдеща работа са записани и в автореферата и така перспективността на изследванията е видна дори и за хора, които не са чели дисертацията.

## **7. Забележки и препоръки.**

Дисертантката дълго време е била в чужбина, поради което използваната в дисертацията терминология понякога се отличава от традиционната за българските научни среди терминология. Собственият ми опит показва, че с известни усилия и с течение на времето този проблем изчезва. Поради това, аз няма да правя подробен анализ на използваната терминология. Само ще отбележа, че за мен kink е по –скоро стъпало отколкото извивка, на стр. 40 ред 2 би следвало да е смутено вместо смотено и пак на тази страница преди уравнение (1.9) следва да е „уравнение във вариации” вместо „уравнение в вариации”. Това обаче са неизбежни печатни грешки, които не се отразяват на качеството на дисертацията.

Препоръката ми е да бъдат продължени изложените в дисертацията изследвания и особено тези от глава 3, които считам за много перспективни.

## **8. Лични впечатления.**

Нямам много лични впечатления от г-жа Атанасова. Слушал съм нейно представяне на въпроси от дисертацията на една международна конференция и на предзащитата. От тези представяния, а и от това, че дисертацията е написана стегнато, добре илюстрирана е, и съдържа резултати над средното за дисертации от този клас, заключавам, че г-жа Атанасова вече в достатъчна степен е един изграден учен.

## **9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

**Оценката ми за дисертационния труд, автореферата, научните публикации и научните приноси на ас. Павлина Христова Атанасова е положителна.**

Представеният дисертационен труд отговаря напълно на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и Правилника за развитие на академичния състав на ПУ”П.Хилендарски”.

Получените в дисертацията резултати ми дават основание убедено да предложа да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор” на Павлина Христова Атанасова в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.5 Математика, научна специалност: 01.02.13 – Математическо моделиране и приложение на математиката (моделиране във физиката)

23.05.2011

Подпис:

Гр. София

/ проф. дмн Николай К. Витанов/