

## СТАНОВИЩЕ

на доц. д-р Татяна Параскевова Черногорова, Факултет по математика и информатика, Софийски университет "Св. Климент Охридски"

на дисертационния труд на **Иван Георгиев Христов**  
на тема "**Числено изследване на статични и динамични режими в многослойни джозефсонови контакти**"

за придобиване на образователната и научна степен "**Доктор**"  
в професионално направление **4.5. Математика**,  
научна специалност 01.01.13. Математическо моделиране и приложение на математиката

### **1. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения в дисертационния труд. Характеризиране на основните постижения.**

Дисертационният труд обхваща 106 стр. и се състои от Увод, Цели на дисертацията, Три глави, Основни научни приноси и Библиография.

В **Увода** дисертантът кратко описва същността, видовете, приложението и важността на многослойните джозефсонови контакти (МДК), като проследява и развитието на изследванията в тази област от появата на понятието "джозефсонов контакт" (ДК) през 1962 год. до наши дни. В увода се обосновава и необходимостта от численото изследване на математическите модели на МДК. Това, че дори за прости математически модели не са известни аналитични решения, както и важността на ДК, правят актуални изследванията, проведени и изложени в дисертационния труд.

В **Цели на дисертацията** дисертантът е изложил главната цел на своите изследвания, а именно: "Конструиране и изследване на надеждни числени методи за решаване на нелинейните диференциални задачи, както и задачата на Щурм Лиувил", програмна реализация на построените алгоритми, както и параметричен анализ на разглежданите статична и динамична задачи.

След това, макар и неотразено в съдържанието, дисертантът привежда списъка с публикациите по дисертацията си (10 на брой), както и представянето на основните резултати в дисертацията на специализирани международни научни конференции у нас (8) и в чужбина (2) .

В **Първа глава** са изложени математическите модели на разглежданите задачи.

**Параграф 1.1** съдържа математическия модел на еднослоен ДК, който се състои от основно диференциално уравнение и допълнителни условия – начални и гранични. Основното диференциално уравнение е пертурбирано синус-уравнение на Гордон, което е нелинейно едномерно по пространството хиперболично ЧДУ, чието най-важно свойство е, че допуска солитонни решения. Началните условия са обичайните за хиперболичните уравнения, а граничните условия са от втори род. В този параграф са приведени и някои от известните аналитични решения за непертурбираното синус-уравнение на Гордон, както и метод за получаване на приближени аналитични решения. От изложението не става ясно дали приближените решения, приведени в дисертацията, са получени от автора или са известни от литературата.

**Параграф 1.2** е посветен на МДК, които представляват  $N$  взаимодействия си ДК. МДК се моделират чрез система от  $N$  пертурбирани синус-уравнения на Гордон със съответните начални и гранични условия. В този параграф се обосновава и необходимостта от разглеждане както на динамичната, така и на статичната задача. Освен това, кратко се описват методите, които ще се прилагат за тяхното решаване.

**Втора глава** е посветена на статичната задача.

В **параграф 2.1** е приведена формулировката на задачата. Тя представлява система от нелинейни ОДУ със съответните начални условия и гранични условия от втори род.

Формулирана е и задачата на Щурм-Лиувил, която се използва за изследване на устойчивостта на статичните решения.

В **параграф 2.2** са изложени непрекъснатият аналог на метода на Нютон и неговата дискретизация по метода на Ойлер със специален избор на стъпката, която в съчетание с метода на крайните елементи се използва за решаване на нелинейната задача. Формулирани са две теореми – за сходимост на НАМН и за сходимост на итерационния процес при предложения алгоритъм за избор на стъпката. Изведена е система линейни диференциални уравнения, която трябва да се решава на всяка стъпка от итерационния процес. Тя пък е сведена до система линейни алгебрични уравнения с помощта на квадратични крайни елементи. Като се използва правилото на Рунге за пресмятане на приближеното решение върху три вложени мрежи, в този параграф е направен и анализ на точността на метода. Резултатите показват четвърти ред на сходимост във възлите на разделяне, вместо очаквания трети, т. е. налице е явлението "свръхсходимост".

**Параграф 2.3** е основен в тази глава. В него систематично са изложени и анализирани числените резултати. За трислоен симетричен контакт детайлно е изследвано важното явление **кърънт локинг**.

**Глава 3** е посветена на изследванията, проведени за динамичната задача.

В **Параграф 3.1** за динамичната задача върху равномерни по пространството и времето мрежи е конструирана явна трислойна диференчна схема с локална грешка на апроксимацията  $O(\tau^2 + h^2)$ , където  $\tau$  е стъпката по времето  $t$ , а  $h$  - стъпката по пространствената променлива  $x$ . Нелинейността е взета на средния слой по времето. Граничните условия от втори род са апроксимирани с едностранни крайни разлики с локална грешка на апроксимация  $O(h^3)$ . По специален начин са апроксимирани началните условия. Изведено е условие за устойчивост от типа CFL (Курант-Фридрихс-Леви), което е свързано с избора на стъпката по времето. Диференчната схема е изследвана за консервативност числено върху енергетичното твърдение, което всъщност представлява закона за запазване на енергията в МДК.

**Параграф 3.2** по мое мнение е централен не само за Трета глава, но и за цялата дисертация. В параграф 3.2 са представени и анализирани внимателно резултатите от числените експерименти. Тъй като създаването на устройство, излъчващо вълни в тетрагерцовия спектър все още е нерешена технологична задача, дисертантът концентрира своето внимание в посока на търсене на условия, при които има кохерентно (във фаза) движение на флуксоните, тъй като това води до усилване на излъчването. Разгледани са два случая за получаване на кохерентни флуксони. В първия случай (при нулево външно магнитно поле) флуксоните се движат кохерентно, когато техните скорости са достатъчно високи и зад тях се появяват "осцилиращи опашки". Това кохерентно състояние в литературата е известно като "свързано". Приведените числените резултати се отнасят за 3-, 4- и 5-слойни симетрични контакта. По всяка вероятност дисертантът е първият, който получава резултати за свързани флуксони при линейна геометрия. Освен това, за този случай (при нулево външно магнитно поле) са изложени и резултатите от проверката на консервативността на диференчната схема. Те показват, че изборът на апроксимация на граничните условия от втори род на дисертанта е по-удачен, отколкото срещаната се в литературата апроксимация. Във втория случай, при достатъчно голямо външно магнитно поле, в единия край на контакта се генерират флуксони, които се движат еднопосочно и се анихилират в другия край, като се образуват плазмени вълни. При определени стойности на магнитното поле флуксоните могат да се синхронизират с плазмените вълни и да се движат кохерентно (in-phase състояние). В този параграф е предложено и паралелно изчисление в Грид, което ускорява около 30 пъти параметричния анализ на МДК.

## **2. Общо описание на публикациите, които отразяват дисертацията.**

Авторът е представил заглавията на 10 научни публикации (1 в списание; 8 в поредици; 1 в сборник на конференция), в които са отразени основните резултати на дисертационния труд.

От статиите 1 е самостоятелна, 5 са с по още двама съавтори и 4 с още един съавтор. Считам, че в колективните статии участието на всички автори е равностойно.

### **3. Отражение на резултатите на дисертацията в трудовете на други автори. Числови показатели.**

За съжаление не е предсавена информация дали тези статии са цитирани. Почти за всички статии е приведен съответният SJR Indicator.

### **4. Критични бележки.**

Забелязани са някои технически пропуски. Тези пропуски обаче не пречат ни най-малко на това да отбележа, че дисертацията е написана изключително ясно, без излишни думи, с много внимание и възискателност.

### **5. Качества на автореферата.**

Авторефератът обхваща 39 стр. и надхвърля малко изискванията на правилника на ФМИ (до 32 стр.), но затова пък е написан прецизно и правилно отразява основните постижения в дисертационния труд.

### **6. Основни научни и научно-приложни приноси в дисертацията.**

- На основата на НАМН в съчетание с МКЕ е конструиран числен метод за решаване на статичната задача, която моделира  $N$ -слоен ДК при линейна геометрия.
- Детайлно е изследвано явлението Кърънт-Локинг в случая на трислоен контакт.
- Чрез използване на добре обоснована явна трислойна диференчна схема за решаване на динамичната задача подробно са изследвани свързаните флуксонни състояния при нулево магнитно поле, линейна геометрия и  $N = 3, 4, 5$ .
- Параметричният анализ на МДК при независим избор на параметрите е проведен паралелно в Грид.

### **7. Лични впечатления от дисертанта.**

Познавам гл. ас. Иван Георгиев Христов от повече от 10 години. Той е един млад човек, който изпипва докрай всички работи, с които се захване. Изключително коректен и приветлив колега, винаги добронамерен, отговорен към работата си, която върши с любов, любим преподавател за студентите.

### **8. Заключение**

Имайки предвид гореизложеното, считам, че представеният дисертационен труд, отговаря напълно на съвкупността от критерии и показатели на ЗРАСРБ, на неговия правилник и Правилниците за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на Софийския университет и на Факултета по математика и информатика на СУ. Убедено заставам зад мнението за присъждане на гл. ас. Иван Георгиев Христов на образователната и научна степен "Доктор" в професионално направление 4.5. Математика, научна специалност 01.01.13. Математическо моделиране и приложение на математиката.

15.08.2014 г.

Член на журито:

/доц. д-р Татяна Черногорова/