

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на
образователната и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: гл. ас. Сашка Ангелова Петкова, ХТМУ-София;

Тема на дисертационния труд: “Фундаментални, качествени и оптимизационни задачи за диференциални уравнения с променлива структура и импулси”;

Научна област: 4. Природни науки, математика и информатика;

Професионално направление: 4.5 – Математика;

Научна специалност: Математическо моделиране и приложения на математиката;

Изготвил рецензията: проф. дмн Гани Трендафилов Стамов, ТУ-София, Инженерно-педагогически факултет-Сливен

1. Отправни и нормативни документи

При изготвянето на моята рецензия ще се съобразя основно със следните нормативни документи:

- 1.1. Според чл. 6 ал. 3 от Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), а също така съгласно чл. 11 ал. 1 от Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности (ППНСЗАД) в ХТМУ следва, че дисертационният труд за придобиване на образователната и научна степен “доктор” трябва да съдържа (цитирам): “... научни или научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката ...”;
- 1.2. От ППНСЗАД в ХТМУ и в частност съгласно препоръчителните критерии за придобиване на образователната и научна степен “доктор” (виж чл. 11 ал. 4) е необходимо (цитирам): „Дисертационният труд трябва да се основава най-малко на една публикация в списание с импакт фактор, или на две научни публикации в научни издания без импакт фактор, или на три научни публикации в доклади на международни научни форуми, отпечатани в пълен текст в сборници с редактор“;
- 1.3. Цитирам чл. 11 ал. 5 от ППНСЗАД в ХТМУ: “ Авторефератът трябва да съдържа цели и задачи, използвани методи, получени основни резултати, изводи, заключения ...”;
- 1.4. Рецензията ще бъде съобразена с изискванията на § 11, ал. 1 от ППНСЗАД в ХТМУ.

2. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси на кандидата

Като най-важни етапи в професионалното образование на гл. ас. Сашка Петкова бих посочил следните:

- 1979 г. - СУ "Св. Климент Охридски", специалност "Математика", магистър по математика, специализация "Комплексен анализ";
- 1995 г. - СУ "Св. Климент Охридски", специалност "Математика и информатика", специализация "Учител по математика";
- 2000 г. - ХТМУ-София, Европейски магистърски курс по опазване на околната среда и устойчиво развитие, магистърска степен.

От 1985 г. до сега тя работи в ХТМУ (катедра Математика) последователно заемайки академичните длъжности: асистент, ст. асистент и гл. асистент.

Научните ѝ интереси могат да се групират както следва:

- качествена теория на импулсни диференциални уравнения;
- математическо моделиране на динамични процеси с помощта на импулсни диференциални уравнения с променлива структура;
- математическо моделиране и екстремални задачи за процеси във физикохимията, електрохимията и екологията.

Автор е на над двадесет научни статии (извън темата на дисертационния труд), които са посветени на различни въпроси от посочения по-горе списък от научни интереси.

3. Основни данни за дисертационния труд

Основните данни са следните:

- заглавие: "Фундаментални, качествени и оптимизационни задачи за диференциални уравнения с променлива структура и импулси";
- автор: гл. ас. Сашка Ангелова Петкова;
- научни ръководители: проф. дхн Асен Гиргинов и проф. д-р Ангел Дишлиев;
- област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика;
- професионално направление: 4.5. Математика;
- научна специалност: Математическо моделиране и приложения на математиката;
- съдържание: увод, основно изложение, разпределено в три глави, всяка от тях съдържаща два параграфа, заключение, декларация, списък на публикациите на автора по дисертацията, библиография;
- брой страници на дисертацията: 118;
- брой страници на основното изложение: 91;
- брой фигури: 12;
- брой публикации на автора, свързани с дисертационния труд: 3;
- брой литературни източници в библиографията: 243.

4. Актуалност на проблема

Една от важните задачи в теорията на диференциалните уравнения се състои в извеждането на фундаментални и асимптотични свойства на решенията на дадено диференциално уравнение в зависимост от неговата аналитична форма. В частност към фундаменталните свойства можем да причислим определянето на максималните интервали на съществуване на

решенията и още по-точно моментите (ако съществуват такива) на прекратяване на съществуването им. Към асимптотичните свойства на решенията се отнасят въпросите за непрекъснатата зависимост на решенията от различни параметри на уравнението. Точно на тези проблеми е посветен и разглеждания дисертационен труд. Ще обърнем внимание на факта, че получаването на решенията на системи импулсни диференциални уравнения с променлива структура (обект на изследване в дисертацията) в явен вид и след това непосредствените им изследвания се отдава в редки случаи, дори при използването на апарата на специалните функции. Тази е основната причина за необходимостта от изучаване на фундаменталните и качествените свойства на решенията без да се знае конкретният им аналитичен вид. В общия случай, горната задача (макар и доста "стара") е извънредно сложна и разнообразна. Дори едно от най-простите уравнения (и при това изключително важно за приложенията) – линейното уравнение от втори ред с променливи коефициенти е обект на изучаване в качествената теория на диференциалните уравнения с импулсни въздействия. Въпреки, че основната задача е традиционна, то същата задача поставена за сравнително новия тип импулсни диференциални уравнения с променлива структура е актуална и интересна (включително и за приложенията в практиката). Още повече, че основната причина за загиването на решенията се корени в импулсните смущения – един нов проблем, поставен и частично решен в дисертацията. Също така, изучаването на непрекъснатата зависимост на загиващи решения в зависимост от смущенията в превключващите множества и импулсните въздействия е нова тема в диференциалните уравнения, която успешно се се изследва от С. Петкова. Накрая, намирането на оптимални режими на динамични процеси в практиката е от изключителна важност. Точно на такива проблеми е посветена последната глава в дисертацията. Задачата е нетрадиционна, като се има в предвид, че се търсят оптимални по "обем" дискретни импулсни въздействия и оптимални "моменти на тяхното осъществяване".

Въпросите, разгледани в дисертационния труд, са част от богатата на идеи и бъдещи резултати тематика, която се развива интензивно от съвременните изследователи.

5. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

В увода са дадени няколко важни бележки, необходими при по-нататъшните изследвания. Най-напред са описани обектите на изследване в дисертацията, а именно импулсни системи обикновени нелинейни диференциални уравнения с променлива структура. От начина, по който се определят превключващите моменти, т.е. моментите, в които се извършват импулсните въздействия и смяната на структурата, системите се разделят на няколко класа. В рецензирания труд моментите на превключване съвпадат с моментите, в които траекторията (интегралната крива) анулира предварително зададени функции, дефинирани във фазовото (разширеното фазово) пространство. Тези функции се наричат

превключващи. По-нататък в увода е обърнато внимание на специфичните трудности, възникващи при изучаване на импулсните уравнения, каквито са: прекъснатост на решенията, сливане на решенията, ефектите на «биене», загуба на свойството автономност, промяна на превключващите моменти при незначителни смущения в параметрите на системата и др. Направен е исторически преглед на резултатите в качествената теория на импулсните диференциални уравнения и техните приложения, постигнати от други автори. Ясно са поставени целите на изследванията и математическия апарат, с който са постигнати. Накрая е направен преглед на получените резултати в дисертацията.

В първия параграф на рецензирания труд е въведено фундаменталното понятие “загиване на решенията поради импулсни въздействия”. Накратко казано, решенията на произволна начална задача без импулси с фиксирана дясна страна, която принадлежи на множеството от десните страни на разглежданата система с променлива структура, са продължими до безкрайност. От друга страна, решението на съответната начална задача за импулсната система с променлива структура притежава ограничен максимален интервал на съществуване. В същия параграф са изучени различни топологични свойства на решенията. Намерени са условия, при които траекторията на изследваната задача среща всяко превключващо множество. Оценена е времевата разлика между съседните импулсни моменти (моменти на превключване). Основният резултат е свързан с намирането на достатъчни условия за загиване на решенията на съответните начални задачи за описаните по-горе системи диференциални уравнения с променлива структура и импулси. В изследванията се допуска превключващите функции да не са линейни. С други думи, за посочения клас уравнения са получени достатъчни условия, при които решенията им не са продължими от известно място нататък. Можем да отбележим, че финалният момент на съществуване е точка на съгъстяване за импулсните моменти.

Следващият параграф на главата е посветен на аналогичен проблем. Разликата е, че превключващите функции са линейни. Следователно достатъчните условия в известен смисъл са по “леки”. Тези разглеждания са полезни, тъй като линейният случай е важен за приложенията. И в двата параграфа основните ограничения са свързани с “контролиране” на големината на ъгъла между диференциалния поток и градиента на превключващото множество. Във втория параграф градиентът се изразжда в нормален вектор към превключващата хиперравнина.

В следващата глава продължават изследванията на началните задачи, описани в глава 1. Основната цел, както сполучливо е отбелязала авторката, е да се установят достатъчни условия, при които от началния момент до всеки фиксиран момент (преди момента на смъртта) загиващото решение реагира “контролируемо малко” на “достатъчно малки външни смущения”. В първия параграф на втора глава са въведени различни типове непрекъсната зависимост на загиващите решения, като смущенията са съответно в: началните условия, десните страни, импулсните смущения,

превключващите функции и др. Основният резултат в параграфа са достатъчните условия, гарантиращи непрекъсната зависимост на решенията относно началните условия и превключващите функции. Ще отбележим два факта. Първо, разгледан е сравнително общият случай, в който превключващите множества (респективно превключващите функции) могат да имат "широк диапазон" от топологични качества. Второ, разглежданият тип непрекъсната зависимост е характерна само за разглеждания тип диференциални уравнения. Не са ми известни подобни изследвания от други автори.

Отново, както и в предходната глава, вторият параграф на глава 2 се занимава със сравнително по-разпространения случай на линейни превключващи функции. Тук авторката е посочила достатъчни условия за непрекъсната зависимост на загиващите решения на импулсни системи диференциални уравнения с променлива структура и с линейни превключващи функции относно смущения в началните условия и големините на импулсните въздействия. Ще отбележа една съществена разлика между "класическите" непрекъснати зависимости на решенията на обикновените диференциални уравнения и разглежданите непрекъснати зависимости в дисертацията. Тук смущенията в превключващите множества и импулсните въздействия са многократни, разположени дискретно във времето (включително неограничено много пъти). Така да се каже, пертурбациите продължават до последния момент на съществуване, за разлика от традиционните изследвания по този въпрос, където смущенията са еднократни (в началния момент). Това е основната причина, която комплицира изследванията в дисертационния труд.

Важността на изследванията на гл. ас. С. Петкова в дисертационния труд най-ярко се разкриват в последната глава. Основният въпрос тук (в определен смисъл) е протовоположен на разглежданията в предходните две глави. Предполага се, че фазовото пространство е едномерно и ограничено отдолу от дадена реална константа. Импулсите се осъществяват точно тогава, когато траекторията достигне минимално допустимата си стойност (дадената константа). Също така се предполага, че: импулсните въздействия са положителни, ограничени отдолу и тяхната сума е предварително фиксирана. Търси се броят на тези импулсни въздействия, техните големина и моментите на тяхната реализация така, че интервалът на съществуване на решението на съответната начална задача за импулсни диференциални уравнения да е максимален. Тези импулсни въздействия и съответните им моменти на реализация се наричат оптимални. Получени са десетина междинни резултати (всеки от който има самостоятелен интерес), при които се сравняват интервалите на съществуване на решенията (при различни подходящо избрани брой и големина на импулсите). Основният резултат е намирането на оптималните импулсни въздействия.

В последния параграф на дисертацията резултатите са приложени за интересен импулсен динамичен модел от фармакокинетиката. Целта е с помощта на ограничен ресурс от лекарствено средство, което се внася в

организма на пациента дискретно във времето (математически казано -чрез импулсни въздействия), да се поддържа максимално дълго минимално допустима терапевтична концентрация на лекарството. Минималната терапевтична концентрация е именно долната граница на фазовото пространство на моделното импулсно уравнение. Импулсните въздействия са ограничени отдолу, тъй като технологично минималната доза на лекарственото средство е ограничена отдолу. Авторката е представила алгоритъм за определяне на броя на вливанията на лекарството, обемите на отделните последователни лекарствени вливания и моментите на прием, които гарантират максимално дълго време концентрацията на лекарството да е над минималната терапевтична (лекуваща) концентрация.

Ще отбележа, че формулировките на дефинициите, теоремите, условията и др. подобни в дисертацията са точни и не допускат двусмислия. Доказателствата са прецизни и не предизвикват съмнения. Езикът на изложението е строго математически – лишен от всякакви излишества. По свободно изложение е възприето само на места в увода и предговорите към отделните глави.

6. Оценка на съответствието между автореферата и дисертационния труд

Авторефератът напълно отговаря на изискванията на чл. 11 ал. 5 от ППНСЗД в ХТМУ. В него са посочени:

- Основните цели и задачи: Въвеждат се и се изследват нови класове нелинейни диференциални уравнения с променлива структура и импулси. Импулсните моменти и моментите на превключване на десните страни съвпадат с моментите, в които решенията анулират така наречените превключващи функции. Разгледани са случаите, когато превключващите функции са линейни и когато тези функции са нелинейни. За горния тип уравнения е изучен въпросът за загиване на решенията с помощта на импулсни въздействия. Изследвани са някои специфични видове непрекъсната зависимост на загиващите решения. Изследвани са оптимални импулсни смущения в определен смисъл. Получените резултати са приложени върху математически модел от фармакокинетиката;
- Използваните методи: Съвпадат с традиционните методи на реалния математически анализ и обикновените диференциални уравнения;
- Основните резултати: Посочени са в предходната точка от рецензията;
- Заключение: Отразява точно постигнатото от дисертантката в предложението за рецензиране дисертационен труд.

Формално, авторефератът е изготвен съгласно изискванията, предложени в съответния правилник на ХТМУ. Допълнително бих добавил, че е представен във форма и съдържание, които позволяват на читателя, който не е запознат с дисертацията, да придобие пълна представа за постигнатото в нея.

Авторската справка (заключението) резюмира основните приноси.

7. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд

Характеристиката на приносите (в по-голямата си част) е направена в точка 5 от рецензията. Определено считам, че изследванията на дисертантката са интересни, както в теоретичен, така и в приложен аспект. Накратко, резултатите обогатяват човешкото познание. Лесно се вижда, че изследванията могат да се продължат в много направления. Например, като се насочат изследванията към нови типове импулсни диференциални уравнения и като се обогатят резултатите с нови специфични качества на решенията им. Намирането на нови (съществени) приложения на импулсните диференциални уравнения е също подходящо изследователско направление, в което може да се търси бъдеща изява.

Конкретните приноси са отчетени справедливо в заключението на дисертационния труд, поради което аз няма да се спирам подробно на тях.

8. Мнение за публикациите на дисертанта по темата на дисертационния труд

Върху дисертационния труд са публикувани три научни статии.

Резултатите, получени в първата от тях, съвпадат с постигнатото в първия параграф на дисертацията. Разглежданията се отнасят към въпроса за загиване на решения при наличие на импулсни въздействия. Разгледан е случай на нелинейни превключващи функции. Публикувана е в международното списание "International Journal of Differential Equations and Applications".

Втората статия, която е самостоятелна, разглежда аналогични въпроси, но в сравнително по-лекия случай на линейни превключващи функции. Резултатите са аналогични на постигнатото във втория параграф на дисертацията. Тази статия ще бъде публикувана в сборник доклади (с редактор) от юбилейна национална научна конференция с международно участие, проведена в град Смолян през 2012 г.

Третата статия е посветена на изучаване на интервалите на съществуване на решенията на нелинейни неавтономни диференциални уравнения. При изследваните уравнения финалният момент на съществуване (моментът на загиване на решенията) съвпада с момента, в който решението достига до така нареченото "финално множество", разположено във фазовото пространство на уравнението. Намерени са достатъчни условия, при които последният момент на съществуване на решенията зависи непрекъснато от началните условия и финалното множество. Работата е публикувана наскоро в списанието "J. of the University of Chemical Technology and Metallurgy".

Съгласно точка 1.2 от настоящата рецензия количествено публикациите на С. Петкова превишават минималните изисквания, посочени в ППНСЗД в ХТМУ.

9. Критични бележки и коментари

Нямам съществени критични бележки и коментари, които да са извън моите лични предпочитания. Считам, че този тип бележки (лични предпочитания) не трябва да бъдат предмет на дискусия.

10. Лични впечатления за дисертанта

Познавам г-жа С. Петкова преди повече от двадесет години, като участник и организатор на ежегодните международни математически конференции, провеждани в град Пловдив. Присъствал съм на няколко нейни доклада, посветени на качествената теория на импулсните диференциални уравнения. Докладите ѝ предизвикаха научен интерес. Поради сходните ни научни интереси съм имал възможност неколkokратно да беседвам с нея. Определено считам, че е изграден специалист в областта на диференциалните уравнения и техните приложения. Надявам се нейните научни изследвания да продължат със същата интензивност, демонстрирана през последните няколко години.

11. Заключение

Получените резултати в дисертационния труд ми дават основание да направя следните изводи:

1. Дисертационният труд съдържа сериозни теоретични изследвания, които са новост в качествената теория на диференциалните уравнения. Те са оригинален принос на дисертанта и представляват научен интерес;
2. Дисертационният труд съдържа приложни математически модели, които илюстрират важността за практиката на получените от С. Петкова теоретични резултати;
3. Достиженията в дисертационния труд отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и ППНСЗД в ХТМУ за придобиване на степента "доктор".

Поради посочените по-горе факти оценявам **положително** изследванията в дисертационния труд.

Предлагам на научното жури да присъди образователната и научна степен "доктор" на гл. ас. Сашка Ангелова Петкова в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика; професионално направление 4.5. Математика; научна специалност Математическо моделиране и приложения на математиката.

07. 01. 2013 г.

Рецензент:
/проф. дмн Г. Стамов/