

РЕЦЕНЗИЯ

от

професор д-н Васил Георгиев Ангелов

Минно-геоложки университет „Св. И. Рилски“

ръководител катедра „Математика“

за дисертационния труд

на тема

„Математическо моделиране и оптимизация на прекъснати процеси“

с автор **професор д-р Ангел Борисов Дишлиев**

за придобиване на научната степен „доктор на науките“ по:

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

професионално направление 4.5. Математика;

научна специалност Математическо моделиране и приложение на математиката

ОБЩО ОПИСАНИЕ НА ПРЕДСТАВЕНИТЕ МАТЕРИАЛИ

Със заповед No P-OX-252 / 29.06.2018 г. на Ректора на Химикотехнологичен и металургичен университет съм определен за член на научно жури във връзка с процедурата за защита на дисертационния труд на тема

„Математическо моделиране и оптимизация на прекъснати процеси“

за присъждане на научната степен „доктор на науките“ по: област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика; професионално направление 4.5. Математика; научна специалност Математическо моделиране и приложения на математиката на Ангел Борисов Дишлиев от катедра „Математика“ на Факултет по химично и системно инженерство при Химикотехнологичен и металургичен университет.

Професор д-р Ангел Б. Дишлиев е представил следните документи:

1. Заявление до Ректора на ХТМУ
2. Автобиография
3. Диплома за висше образование
4. Диплома за кандидат на науките
5. Списък на публикациите по дисертацията
7. Списък на всички публикации

8. Списък на цитиранията на научните публикации
9. Индекс на Хирш на цитиранията на научните публикации
10. Списък на научните публикации по темата на дисертационния труд
11. Списък на цитиранията на научните публикации по темата на дисертационния труд
12. Индекс на Хирш на цитиранията на научните публикации по темата на дисертационния труд
13. Публикации по темата на дисертационния труд
14. Автореферат
15. Дисертационен труд
16. CD с всички документи.

КРАТКИ БИОГРАФИЧНИ ДАННИ

НА ПРОФ. Д-Р АНГЕЛ БОРИСОВ ДИШЛИЕВ

Роден е на 21.02.1954 г. в град Средец, Бургаска област. Завършва през 1979 г. математика, СУ „Св. Климент Охридски“. Става „кандидат на математическите науки“ (доктор) през 1990 г. в СУ „Климент Охридски“, специалност 01.01.05 Диференциални уравнения. През периода 1979-1980 е асистент в ИЧС, 1980-1992 – асистент в ХТМУ, 1992-2012 – доцент в ХТМУ, а от 2012 г. е професор в ХТМУ. От 2008 г. досега е ръководител катедра „Математика“. Председател е на Общото събрание на ХТМУ. Член е на Постоянната комисия по природни науки, математика и информатика към Националната агенция по оценяване и акредитация. Член е на редколегии на международни научни списания както и рецензент на такива.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Дисертацията е посветена на някои проблеми, свързани с теорията на диференциалните уравнения с импулси. Чрез тези диференциални уравнения се описват и изследват скокообразни динамични процеси. Те се появяват вследствие на многократни дискретни външни въздействия под формата на импулси. Както отбелязва авторът, импулсните въздействия са два типа: първият тип се дефинира чрез функцията на Дирак, а вторият – чрез изменението на търсената функция

ЦЕЛ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Основните цели на дисертацията могат да се формулират по следния начин: получаване на теоретични резултати от качествената теория на диференциалните уравнения с променлива структура и импулсни моменти, в това число на феномена „загиване“ на решенията; неограниченост на импулсните моменти и продължимост на решенията; непрекъснатата зависимост на решенията от началната точка, десните страни, импулсните въздействия; орбитална хаусдорфова зависимост на решенията от началната точка; равномерна и асимптотична устойчивост на решенията; достижимост и тотална достижимост на решенията и др.

Дисертационният труд се състои от увод, двадесет и една глави, заключение и библиография. Накрая са представени публикациите, свързани с резултатите от дисертацията.

Глава 1 съдържа някои качествени резултати за решенията на нелинейно неавтономно обикновено диференциално уравнение с променлива структура и импулсни моменти. Последователните промени на дясната страна на уравнението и импулсните въздействия върху решението на съответната начална задача се извършват едновременно в превключващи моменти. Тези моменти съвпадат с моментите, в които решението анулира превключващите функции. Намерени са достатъчни условия за равномерно финално ограничение на решенията. Тези резултати се получават като модификация на втория метод на Ляпунов.

В Глава 2 е разгледан специален клас нелинейни неавтономни обикновени диференциални уравнения с променлива структура без импулси. Десните страни на системата са изброимо много. Структурата се променя в превключващите моменти, в които решението достига контура на фазовото пространство. Контурът се състои от две хиперравнини, които са ортогонални спрямо последната координатна ос. Следователно, дясната страна на съответните начални задачи е променлива и обвързана с измененията в последните координати на техните решения. Изучена е задачата за непрекъсната зависимост на решенията в ограничен интервал от време при постоянно действащи смущения. Смущенията са както в началната точка на съответната начална задача, така и във всяка дясна страна на системата. Решенията на изходната (основната) начална задача и на смутената начална задача имат различни превключващи моменти. В общия случай решенията достигат контура на областта в различни моменти. Това означава, че промените на десните страни се извършват в различни моменти, като се изисква близост между двете решения в целия интервал от време.

В Глава 3 се изучават диференциални уравнения с променливи импулсни моменти. Импулсните въздействия се осъществяват, когато интегралната крива на изучаваната начална задача среща някоя от зададените импулсни хиперповърхнини, разположени в разширеното фазово пространство. Най-напред са формулирани условия, които предотвратяват феномена „биене“. При наличие на биене интегралната крива среща последователно многократно една и съща импулсна хиперповърхнина и тогава решението може да не е продължимо до безкрайност. Въведени са и понятията: строга равномерна устойчивост на нулевото решение на диференциални уравнения без импулсни въздействия и равномерна устойчивост на нулевото решение на диференциални уравнения с променливи импулсни моменти относно импулсните въздействия. Основните резултати се състоят в намиране на достатъчни условия за съществуване на решения със споменатите по-горе качества на съответните начални задачи.

В Глава 4 се изследва семейство параметрични криви, които са непрекъснати отляво, т.е. допустимо е кривите да притежават изброимо много точки на прекъсване от първи род. Тъкмо на това семейство криви принадлежат и траекториите на диференциалните уравнения с променливи импулсни моменти. Приема се, че дефиниционните параметри на различните криви от семейството принадлежат на техни собствени дефиниционни интервали, които обикновено са също различни. Точките на прекъсване са специфични за всяка крива. Получена е горна оценка на Хаусдорфовото разстояние между две произволни криви от описаното семейство. Равномерното разстояние между кривите в общата част на техните дефиниционни интервали е включено в получените оценки. Оценка се използва при изследване на орбиталната Хаусдорфова непрекъсната зависимост и устойчивост на решенията на диференциални уравнения с променливи импулсни моменти.

В Глава 5 се разглежда един клас диференциални уравнения с импулсни моменти. В

този случай разликата между всеки два последователни импулсни моменти е равна на предварително зададена фиксирана положителна константа, като за различните решения споменатата разлика е различна. Тук авторът въвежда понятието орбитална Хаусдорфова непрекъсната зависимост по отношение на разликата между импулсните моменти на решенията на диференциалните уравнения от разглеждания клас. Намерени са достатъчни условия, при които тази въведена непрекъсната зависимост е валидна.

В Глава 6 се изследва един клас автономни нелинейни системи диференциални уравнения с нефиксирани моменти на импулсни въздействия. Импулсите се реализират в моментите, в които траекторията на съответната начална задача среща импулсно множество, разположено във фазовото пространство на системата. Предполага се, че импулсното множество съвпада с част от хиперравнина. За тези уравнения са въведени термините орбитална гравитация и орбитална Хаусдорфова устойчивост по отношение на началното условие. Терминът орбитална гравитация се отнася за системи без импулси и това е понятие, въведено от автора. Намерени са достатъчни условия, при които, ако съответната система без импулси е орбитално гравитираща, то решението на основната (изучаваната) задача с импулси е орбитално Хаусдорфово устойчиво относно началното условие. Разгледан е класическият (без импулси) модел на Лотка-Волтера от популационната динамика. Намерени са достатъчни условия за орбитално гравитиране и за Хаусдорфова устойчивост относно началната точка.

Глава 7 е посветена на изследване на решенията нелинейни неавтономни системи обикновени диференциални уравнения с променливи структура и импулсни моменти, които не са продължими до безкрайност поради неограничения брой импулси. Тук е разгледано явлението „загиване“ на решението поради импулсните въздействия. Формулирани са достатъчни условия за загиване на решенията.

Основен обект на изследване в Глава 8 са диференциални уравнения с променливи структура и импулсни моменти при предположение, че решенията „загиват“ поради импулсните въздействия. Изследвана е специфична непрекъсната зависимост, която се отнася до смущения в превключващите множества (функции). Установено е, че за всеки затворен интервал, който се съдържа в максималния интервал на съществуване на загиващото решение на началната задача, това решение зависи непрекъснато от началните условия и превключващите функции. Намерени са условия, при които при „малки“ изменения в превключващите функции следват „малки“ изменения в решенията. Дадена е дефиниция за дистанция между решенията.

Основен обект на изследване в Глава 9 са диференциални уравнения с променливи структура и импулсни моменти. Превключващите моменти, в които се осъществява смяната на структурата и импулсните въздействия върху решенията, се определят с помощта на превключващи хиперравнини, принадлежащи на фазовото пространство на системата. Намерени са достатъчни условия за специфична непрекъсната зависимост на решенията на този клас диференциални уравнения. Непрекъснатата зависимост е относно смущения в началните условия и импулсните въздействия и е в произволен затворен интервал, който се съдържа в максималния интервал на съществуване на решенията.

В Глава 10 основен обект на изследване са начални задачи за автономни диференциални уравнения. Въведени са няколко варианта на понятието достижимо множество за решенията на такива системи. С помощта на достижимите множества е дефиниран клас от интегрални многообразия. Интегралните многообразия се състоят от

всички траектории на системата, които пресичат достижимото множество. Изучени са основни свойства на тези многообразия.

В Глава 11 се изследват начални задачи за автономни диференциални уравнения. Изучава се функцията на достижимост, дефинирана в началната точка на достижимост и чиято стойност в началната точка е равна на времето, необходимо за достигане на множеството на достижимост. В главата са изследвани някои качествени свойства като непрекъснатост, ограниченост и др. на функцията на достижимост. Резултатите са помощни при изследванията за периодичност на решенията на този клас уравнения.

Глава 12 е посветена на изследване на начални задачи за автономни диференциални уравнения. Намерени са достатъчни условия, при които множеството от началните точки на достижимост съвпада с фазовото пространство на системата. Получените резултати намират приложение при изучаване на импулсни диференциални уравнения с променливи импулсни моменти. Ако множеството е тотално достижимо, това означава, че всички решения на изследваната система са подложени на импулсни въздействия. Само в този случай е коректно да се изследват въпроси, свързани с „близост“ между различни решения на тези импулсни диференциални уравнения.

Основна задача в Глава 13 е изследването на автономни диференциални уравнения с променлива структура и импулсни въздействия в променливи моменти. Разглежданията са направени при следните предположения:

- всяко едно от превключващите множества е тотално положително достижимо;
- моментите на превключване не притежават точка на съгъстяване;
- функциите на достижимост са непрекъснати.

Тези предположения са дискутирани в предходните три глави на дисертацията.

Намерени са достатъчни условия за:

- непрекъснатата зависимост на решенията на този клас уравнения относно началната точка;
- съществуване на периодични решения на този клас уравнения.

Доказателството за съществуване на периодично решение е осъществено с помощта на теоремата за неподвижната точка на Брауер. Резултатите от последните две теореми са пренесени върху линеаризирания модел с импулсни въздействия на Лотка-Волтера.

Глава 14 е посветена на изследването на обобщения математически модел от вида на Лотка-Волтера на съобщество от тип жертва-хищник. Обобщенията са в две направления:

- допуска се дискретна промяна на параметрите на системата, при които скоростите на изменение на биомасите на жертвата и хищника рязко (мигновено) се изменят;
- допуска се отнемания или добавяне на биомаса към биомасата на съобществото.

Измененията на биомасите също се осъществяват мигновено под формата на импулси. Обобщената версия на класическия модел на Лотка-Волтера се описва с помощта на диференциални уравнения с променлива структура и импулсни моменти. Моментите на прекъсване на дясната страна и моментите на импулсните смущения съвпадат. Множеството на превключване е разположено във фазовата равнина и представлява лъч с начало устойчивата неподвижна точка на системата на Лотка-Волтера. Използвайки теоремата на Брауер за неподвижна точка, са намерени достатъчни условия за съществуване на периодично решение.

Целта на изследванията в Глава 15 е да се намери съответен математически модел на изменението на количеството информация в паметта на човек в определен период от време.

Моделното уравнение е изведено при няколко хипотези, най важните от които са:

- Информацията има количествено измерение. Тук под термина количество информация се разбира съвкупността от знания, свързани с една и съща наука или раздел от човешкото познание, които могат да се измерят, т.е. притежават количествена мярка. Предполага се, че понятието количество информация е първично, има осреднен характер и е свързано с капацитета на идеализиран осреднен абстрактен индивид;

- Количеството информация може да се изобрази с помощта на непрекъсната положителна функция, дефинирана за всеки момент, разположен след началния момент на изследване;

- Изменението на количеството информация във всеки момент е пропорционално на обема на информацията в този момент. Коефициентът на пропорционалност е променлив във времето, т.е. зависи от времето, което е изминало от началния момент до настоящия момент;

- Изходните данни и произтичащите от тях резултати са осреднени.

Намерени с достатъчни условия за:

- асимптотично слабо изменение на количеството на информацията;
- равномерна Липшицова устойчивост;
- равномерна устойчивост.

В Глава 16 изследванията са продължение на проведените анализи в предходната глава, където е въведено първично динамично понятие количество информация. Тук новото е, че се допуска присъствие на последователни във времето „кратковременни дискретни“ обучения (попълвания на информацията). Времетраенето на обученията е пренебрежимо малко в сравнение с общата продължителност на изучавания процес, поради което се приема, че попълването на информацията се осъществява мигновено, т.е. предполага се:

- всяко обучение се осъществява мигновено, т.е. попълването на информацията се извършва скокообразно в предварително зададени моменти;

- след всяко обучение нарастването на количеството на информацията е пропорционално на количеството на информацията, пресметнато непосредствено преди съответното скокообразно попълване.

Създаден е импулсен математически модел на изменение на количеството на информацията в паметта на абстрактен индивид при наличие на дискретни „мигновени“ обучения. Предложени са няколко лесно проверими ограничения, които гарантират, че количеството информация зависи непрекъснато от количествата на многократните нейни попълвания. Създаденият модел е подложен на допълнителни изследвания при допускането, че импулсните моменти са произволни.

Основните резултати се отнасят до сравняване на количествата информация в два различни модела на изменение на информацията. Сравненията се отнасят до моменти, които са достатъчно отдалечени от началото. В сравняваните модели се допускат различия в моментите на попълване на информацията и в големините на дискретните попълнения.

В Глава 17 са продължени изследванията от предишните две глави. Изучен е дългосрочен процес на изменение на информацията в паметта на абстрактен обобщен индивид при следните специфични предположения:

- количеството информация в паметта през изучавания период е не по-малко от фиксиран критичен минимум;

- попълването на информацията се осъществява чрез последователни във времето кратковременни и дискретни обучения.

Предложен е математически модел на динамиката на количеството информация, описан с помощта на импулсни диференциални уравнения с променливи моменти на

импулсни въздействия. Посочени са подходящи условия, при които количеството информация зависи непрекъснато от началната точка и критичния минимум на информацията.

В Глава 18 се изследва създаденият в Глава 16 модел на изменение на количеството информация в паметта на абстрактен обобщен индивид при наличие на дискретни попълнения на информацията при предположението, че импулсните моменти са произволни. Получените резултати се отнасят до сравняване на количествата информация в два различни модела на нейното изменение. Сравненията са при моменти, достатъчно отдалечени от началото. В сравняваните модели се допускат различия в моментите на попълване на информацията и големините на попълванията.

В Глава 19 е въведена е методика за приближено намиране на коефициента на съхранение на информацията в паметта на човека. Методиката е реализирана в конкретен допустим тестови вариант. За целта се предвиждат провеждането и анализирането на множество тестове в подходящо избрани групи от студенти.

В Глава 20 се разглежда развитието на изолирана популация. Адекватно математическо уравнение, описващо изменението на количеството на биомасата на изолираната популация, е уравнението на Верхълст. Предполага се, че биомасата от популацията е полезна за човека, поради което дискретно, под формата на импулси, се отнема определено количество от нея. Отнеманията се осъществяват за сравнително кратко време и този процес е описан сравнително адекватно с помощта на диференциални уравнения с импулси.

Моментите на импулсните въздействия и техните количествата са определени оптимално така, че времето за възпроизводство на отнетата биомаса е минимално. Получени са моментите, в които се осъществяват отнеманията и големините на отнеманията в оптималния режим на възстановяване.

В Глава 21 се изучават свойствата на решенията на нелинейни автономни диференциални уравнения с нефиксирани моменти на импулсни въздействия. Импулсните моменти се определят с помощта на превключващо множество. Превключващото множество в разглеждания клас уравнения се нарича бариерно множество. В разглеждания случай това е бариерна права. Това множество е разположено в разширеното фазово пространство на уравнението.

Решена е и оптимизационна задача при следните предположения:

- импулсните въздействия $I_1, I_2, \dots, I_k$ са положителни, т.е. решението отскача в импулсните моменти в положителна посока;

- сумата $\sum_{i=1}^k I_i$ е ограничена отгоре, т.е. $\sum_{i=1}^k I_i \leq I_\Sigma < \infty$ за някава константа I_Σ .

- импулсните въздействия са ограничени отдолу, т.е. $\min\{I_1, I_2, \dots, I_k\} \geq I_{\min} > 0$.

Намерени са:

- броят на импулсните въздействия k ;

- импулсните въздействия $I_1, I_2, \dots, I_k$;

- импулсните моменти $t_1, t_2, \dots, t_k$, така, че интервалът $[t_0, t_{k+1}]$ да е с максимална дължина.

Разгледан е импулсен модел от фармакокинетиката, описващ изменението във времето на концентрацията на лекарствено средство в кръвта на пациент. Вливанията на лекарството се осъществяват импулсно в определени от лекуващия лекар моменти.

Предполага се, че наличното лекарство е в ограничен обем. Освен това всяко вливане на лекарство (доза) има ограничителен минимален обем. Получените теоретични резултати в са приложени към описания модел. Намерено е оптимално лечение, при което терапевтичната концентрация на лекарственото средство в кръвта на пациента е с максимална продължителност.

В заключение искам да подчертая, че целите на дисертацията са изпълнени, като са получени нови резултати или са обобщени и подобрени известни досега резултати. Специално искам да отбележа, че са въведени и нови понятия, на базата на които се изгражда качествена теория на импулсните диференциални уравнения от различните класи.

Приемам всички научни и научно-приложни приноси, за които авторът претендира.

Авторът има международно признание на резултатите, което личи от количествените оценки като импакт фактори, брой цитирания и др.

КРИТИЧНИ БЕЛЕЖКИ И ПРЕПОРЪКИ

Принципни критични забележки нямам. Само ще отбележа, че някои от приносите могат да се обединят. Дефектите, които съм забелязал, съпътстват всяко ново изследване. Те не се отразяват на общото положително впечатление от получените в дисертацията приноси, поради което няма да ги изброявам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Познавам проф. д-р Ангел Б. Дишлиев от почти 30 години. Неговата задълбоченост в изследователската работа правеха впечатление още в първите му изяви на различни научни форуми. Постигнатите резултати в настоящата дисертация са плод на дългогодишен труд. Оценката ми за научните приноси в дисертационния труд на проф. Ангел Б. Дишлиев е **определено положителна.**

Представеният дисертационен труд отговаря напълно на всички изисквания, условия и критерии по Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и специфичните изисквания на Химикотехнологичния и металургичен университет.

Постигнатите резултати ми дават основание убедено да предложа да бъде присъдена научната степен **„доктор на науките“** на професор Ангел Борисов Дишлиев, област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика; професионално направление 4.5. Математика; научна специалност Математическо моделиране и приложение на математиката.

26.07.2018 г.

Подпис:

/ Васил Ангелов /