

РЕЦЕНЗИЯ

относно дисертационен труд

за придобиване на образователната и научна степен „доктор“

Тема: Върху качествената теория на диференциални уравнения с променлива структура и импулси

Автор: гл. ас. Румяна Борисова Чуклева

Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика,

Професионално направление: 4.5. Математика,

Научна специалност: 01 01 13 – Математическо моделиране и приложения на математиката

Научни ръководители: доц. дмн Гани Стамов,
доц. д-р Ангел Дишлиев

Изготвил рецензията: проф. д-р Степан Костадинов

Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси на кандидата. Докторантката има две висши образования. Магистър-инженер от ТУ-София и учител по информатика и информационни технологии от ПУ „Паисий Хилендарски“. Научната ѝ кариера стартира още през 1984 г. като научен сътрудник към института по Комплексна автоматизация на монтажа – Пловдив. Преподавателската ѝ работа започва през 1988 г. като асистент в Технически колеж „Джон Атанасов“ – Пловдив. Сега е гл. асистент в ТУ-София, Филиал Пловдив, катедра Компютърни системи и технологии. Водила е упражнения по широк кръг от учебни дисциплини, преподавани на студентите от техническите университети. Тук ще посочим някои от тях: Технически средства за автоматизация; Основи на автоматичното управление; Монтаж, експлоатация и ремонт на технически средства за автоматизация; Основи на електрозадвижванията; Регулираща и управляваща техника; Информатика; Програмиране и програмни среди (програмиране на езика C++); Програмиране и използване на

компютри; Практикум по информатика и др. Преподаването на толкова много на брой разнообразни учебни предмети недвусмислено подсказва, че тя е отдаден на професията си трудолюбив и с широк диапазон от учебно-методични интереси университетски преподавател.

Въз основа на основните ѝ публикации достигам до извода, че нейните научни интереси са в математическото моделиране на динамични процеси и явления, които по време на своето развитие са подложени на сравнително кратки външни въздействия. Ако се пренебрегне времето, за което се осъществяват споменатите въздействия може да се приеме, че те се осъществяват мигновено под формата на импулси. Посочените процеси и явления се описват с помощта на обикновени диференциални уравнения с променлива структура и импулси.

Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите.

Дисертационният труд се състои от четири глави, едната от които е уводна. Литературните източници са 248 и включват почти всички изследвания по темата на дисертацията през последните десетина години. Прави впечатление отличната осведоменост на кандидатката.

В уводната глава е направен преглед и класификация на основните типове диференциални уравнения с променлива структура и импулсни въздействия. В представения дисертационен труд се изследват уравнения с "променливи моменти" на смяна на дясните страни, в които се осъществяват и импулсните въздействия. Тези моменти са означени с $t_i, i=1,2,\dots$ и се наричат превключващи моменти. За тях са валидни равенствата $\varphi_i(x(t_i; t_0, x_0)) = 0, i=1,2,\dots$, където $x(t; t_0, x_0)$ е решението на основната начална задача с начално условие $x(t_0) = x_0$, а функциите $\varphi_i, i=1,2,\dots$, наричани още превключващи функции са съответни на десните страни на системата. Надлежно са посочени основните трудности, възникващи при изучаването на този тип уравнения. Направен е кратък обзор на резултатите, отнасящи се за импулсните уравнения и за уравненията с променлива структура. Посочено е мястото на изследванията на българските учени върху качествената теория на споменатите типове уравнения. Дадени са многобройни цитирания на изследвания, свързани с приложения на този тип уравнения. Ясно са поставени целите на дисертационния труд:

1. Въвеждане на нови класове нелинейни диференциални уравнения с променлива структура и импулси;

2. Създаване на подходящ математически апарат за решаване на поставените задачи;
3. Изучаване на специфични свойства, характерни само за решенията на тези класове уравнения;
4. Прилагане на резултатите върху известни математически модели.

В първата глава на дисертацията заедно с основната задача се разглежда и така наречената смутена задача. Разликата между двете задачи (смушенията) са в началното условие и съответните превключващи функции. Това обстоятелство означава, че смушенията се извършват безбройно много пъти, при това неограничено във времето. Този факт се отразява при избора на математическия подход, използван в рецензирания труд, при оценяване на разликата между решенията на двете задачи. Този подход корено се различава от известните класически методи (като например неравенствата на Gronwall и Bihary). Наличието на импулсни въздействия в нефиксирани моменти се отразява и върху дефиницията на непрекъсната зависимост относно смушенията в началните условия и превключващите функции. Така например, в тази дефиниция не се оценява равномерното разстояние между решенията на двете задачи в околности на превключващите моменти (по-точно между съответните превключващи моменти на основната и смутената задачи). Сумарно дължината на споменатите интервали, в които не се изследва равномерното разстояние между решенията, е произволно малка. Прави впечатление един помощен резултат, при който са намерени достатъчни условия за минимално разстояние между последователните моменти на превключване. Непосредствено от този резултат следва, че моментите на превключване нямат точка на съгъстяване, т.е. дивергират към безкрайност. Най-накрая, заключаваме, че в произволен ограничен интервал на аргумента (като правило навсякъде в дисертацията аргументът се идентифицира с времето) броят на превключващите моменти е ограничен, т.е. импулсните въздействия и смяната на десните страни на системите диференциални уравнения са краен брой. Основният резултат в главата е намирането на достатъчни условия за непрекъсната зависимост на решението на основната задача относно началните условия и превключващите функции.

Получените резултати са приложени при изучаване на движението на затвора на класически възвратно-предпазен клапан. Десните страни на моделиращата система се определят в зависимост от състоянието на клапана: "затворено" или "отворено". По-точно десните страни се сменят алтернативно. Импулсните въздействия се отъждествяват с моменталното анулиране на скоростта на затвора при преминаване от отворено в затворено положение и при моменталното преместване на затвора от долно крайно положение в горно крайно положение при преминаване на клапана от затворено в отворено положение. Моделиращата система е от типа, разгледан в предходния

параграф. Теоретичните резултати се пренасят и върху моделния пример. Направените изследвания имат отношение към важния за практиката въпрос, за определяне на качествата на клапаните и времето на тяхната годност при регулирани режими на работа.

Във втора глава се изследва устойчивостта на нулевото решение (§ 2.1) и ненулевите решения (§ 2.2) на формулираната в началото на дисертацията основна начална задача за диференциални уравнения с променлива структура и импулси. Разликите между методите, използвани от авторката при изучаването на двете устойчивости, е оправдана и се обуславя от наличието на импулсни въздействия във втория случай. От там разбира се следва, че при нулевото решение равномерната "близост" между решенията на двете задачи (основна и смутена) е за всяко $t \geq t_0$, където t_0 е началният момент. При ненулевите решения разстоянието между двете решения не се оценява в околности на моментите на превключване.

Основната заслуга на докторантката в първия параграф на главата е разработването на адекватна модификация на директния метод на Ляпунов, удобна за прилагане при уравненията с променлива структура. Същността на модификацията е в използването на редици от функции на Ляпунов, чийто качества са стиковани помежду им. Всеки елемент от споменатата редица съответства на поредната дясна страна на изучаваната система. Освен това се допуска функциите от редицата да са прекъснати в точките от съответното множество на превключване. С помощта на подходящи изисквания към спомагателните функции са получени достатъчни условия за няколко типа устойчивост на нулевото решение.

Във втория параграф на главата се търси връзката между определен тип устойчивост на ненулевите решения на всяка една от системите без импулсни въздействия с фиксирана дясна страна, която принадлежи на множеството от десни страни на "глобалната" система с променлива структура. Установено е, че експоненциалната устойчивост на ненулевите решения на системите "елементи" води до асимптотична устойчивост на "глобалната" система.

В първия параграф на трета глава отново с модифицирания директен метод на Ляпунов са намерени достатъчни условия за няколко типа ограниченост на решенията. Резултатите са комплицирани и изискват дълбоко познаване на качествата (в частност на тяхната геометрия) на решенията на уравненията с променлива структура и импулси. Поради сложността на изучаваните обекти е разгледан само случая, когато превключващите функции са линейни. Пренасянето на резултатите от параграфа за нелинейни превключващи функции ми се струва, че е предстояща за разрешаване задача.

Последният параграф на дисертацията е посветен на уравнения с променлива структура (без импулсни въздействия). Последната координата на решенията е ограничена и превключващите множества

са хиперравнини, ортогонални на последната ос и фиксиращи споменатите ограничения на решенията. Важен предварителен резултат е намирането на условия, при които всяко решение е продължимо до безкрайност. Накратко, посочените от авторката условия могат да се "преведат на езика на топологията" както следва. За всяка система-елемент точките от всяка една от ограничаващите хиперравнини са или само точки на "вход" или само точки на "изход". При това за двете ограничаващи хиперравнини (които "играят ролята" на превключващи множества) точките са от различни типове. Основният резултат в параграфа се отнася до изучаване на въпроса за поведението на решенията на системата с променлива структура при постоянно действащи смущения. С други думи, намерени са достатъчни условия, които гарантират, че при незначителни промени на десните страни на основната система съответните решения също се променят незначително, ако аргументът е ограничен.

Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд.

Съгласен съм със заключението на докторантката, в което тя отбелязва постигнатите приноси в дисертационния труд. Най-общо казано, изследванията можем да причислим към обогатяване на познанието в определено направление на математиката (в частност качествената теория на диференциалните уравнения с променлива структура и импулси). Основните достойнства на рецензираните изследвания можем да систематизираме както следва: обединяване на теорията на уравненията с импулси и уравненията с променлива структура; изучаване на някои класически, а също така и нови типове качествени характеристики на решенията на тези уравнения; разработване на подходящи модификации на съществуващите методи, които са подходящи (адаптирани) за изучаване на поставените задачи.

Мнение за публикациите на дисертанта по темата на дисертационния труд. Кандидатът за придобиване на образователната и научна степен "доктор" е представил три публикации по темата на дисертационния труд. Трите работи са публикувани в реномирани научни списания по математика и приложения на математиката. Едната от тези работите е самостоятелна. В другите две публикации авторите са трима, като единият от тях е научен ръководител на докторантката. Две от коментираните публикации са цитирани по един път. Единият от цитатите е в монографичен труд.

Дисертационният труд се състои от общо шест параграфа. Първите три параграфа са публикувани в представените статии. Резултатите от последните три параграфа се публикуват за първи път в рецензираната дисертация.

Критични бележки и коментари. Нямам критични бележки по същество. Няколкото технически грешки не помрачават отличното впечатление от нивото и качеството на дисертационния труд. Считам, че публикуването под формата на научни статии на последните три параграфа от дисертацията е задължително, тъй като получените резултати представляват научен интерес. Развиването на идеите от дисертационния труд също би трябвало да са обект на бъдеща изследователска работа.

Лични впечатления за дисертанта. Личните ми впечатления се основават на няколко разговора с докторантката, които проведох във връзка с възникнали въпроси по темата от дисертационния труд. Моето мнение е, че гл. ас. Р. Чуклева е отлично подготвена в областта на качествената теория на диференциалните уравнения и в частност в теорията на Ляпунов за устойчивост на решенията на диференциални уравнения. Разполага с богат и адекватен математически апарат за решаване на нови теоретични задачи в по-нататъшните ѝ научни изследвания.

Заключение. Оценката ми за дисертационния труд на гл. ас. Р. Чуклева е **положителна**, тъй като са удовлетворени изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ХТМУ.

Изложените по-горе факти ми дават основание да предложа на научното жури да присъди образователната и научна степен „доктор“ на гл. ас. Румяна Борисова Чуклева:

в научна област: 4. Природни науки, математика и информатика,

в професионално направление: 4.5. Математика,

в научна специалност: 01 01 13 – Математическо моделиране и приложения на математиката.

28. 05. 2012 г.

Подпис:

/проф. д-р Степан Костадинов/