СТАНОВИЩЕ

за придобиване на образователната и научна степен "доктор";

тема на дисертацията: "Върху качествената теория на диференциални уравнения с променлива структура и импулси";

автор на дисертацията: гл. ас. Румяна Борисова Чуклева;

научна област на дисертацията: 4. Природни науки, математика и информатика;

професионално направление на дисертацията: 4.5 Математика;

научна специалност на дисертацията: Математическо моделиране и приложения на математиката

автор на становището: доц. дмн Гани Трендафилов Стамов

1. Актуалност на темата на дисертационния труд.

В дисертационния труд се изучават качествени свойства на решенията на диференциални уравнения с променлива структура и импулсни въздействия. Моментите, в които се сменя дясната страна на изучаваната система и моментите, в които се осъществяват импулсни премествания на траекторията на съответната задача, съвпадат. Те се наричат моменти на превключване. Изучаването и съчетаването на тези два типа диференциални уравнения: от една страна това са уравненията с променлива структура (в литературата са известни още като уравнения с прекъсната дясна част) и от друга страна това са уравненията с импулсни въздействия, практически стартира с изследванията на гл. ас. Р. Чуклева.

Най-общо казано, с помощта на уравненията с променлива структура се описват и изучават динамични процеси, които по време на своето развитие рязко, "мигновено" сменят посоката на своето развитие. Приложенията на този тип диференциални уравнения са предимно в теорията на управлението. С тяхна помощ се моделират: движението на тела във флуид при включване и изключване на двигател; движението на тела при преминаване от флуид с дадена плътност във флуид с друга плътност; при изучаване изменението на скоростта на химични реакции след добавяне или отнемане на катализатори и др.

С помощта на импулсните уравнения се изследват процеси, които по време на своето развитие "скокообразно" изменят състоянието си. Импулсните уравнения се използват най-често при описание и изучаване на развитието на биологични видове, подложени на дискретни външни въздействия. При тези въздействия се отнема и в по-редки случаи добавя определени количества биомаса. С помощта на импулсни уравнения се моделира: действието на амортизатор, подложен на ударни въздействия; колебанията на системи от махала при наличие на външни импулсни смущения; ударен модел на часовников механизъм; виброударни системи; затихващ осцилатор, подложен на импулсни въздействия; смущения в клетъчни невронни мрежи; процеси във фармакокинетиката и епидемиологията; „шокови" изменения на цените на затворените пазари и др.

Многобройните приложения предизвикват интензивно изследване на тези два типа уравнения. През последните тридесет години са публикувани над четиридесет монографии, посветени на свойствата на решенията на споменатите уравнения. Ще отбележим, че качествената теория на тези уравнения е обект на изследване от сравнително голям брой български специалисти. Върху този тип уравнения у нас са защитени над четиридесет докторски дисертации и пет дисертации за придобиване на научната степен "доктор на науките".

Определено считам, че темата на дисертацията е актуална и с големи възможности за приложения.

2. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите.

По начина на определяне на превключващите моменти, разглежданите диференциални уравнения се разделят на три основни групи: с фиксирани моменти на превключване; с променливи моменти на превключване и със случайни моменти на превключване. В работата се изучават уравненията от втория тип. По-конкретно, на всяка дясна страна на системата $f_i = f_i(t,x)$ съответства превключваща функция $\varphi_i = \varphi_i(x)$, $i = 1,2,\ldots$, дефинирана във фазовото пространство на изучаваната система. Първоначално, решението $x(t;t_0,x_0)$ се определя с помощта на дясната страна f_1 до момента t_1, за който е изпълнено равенството $\varphi_1(x(t_1;t_0,x_0)) = 0$. В момента на превключване t_1 се извършва импулс, т.е. валидно е равенството $x(t_1+0;t_0,x_0) = x(t_1;t_0,x_0) + I_1(x(t_1;t_0,x_0))$ и същевременно се сменя дясната страна на системата. От момента t_1 нататък решението продължава да се определя с помощта на дясната страна $f_2 = f_2(t,x)$ до момента t_2, в който $\varphi_2(x(t_2;t_0,x_0)) = 0$. Отново се осъществява импулс с помощта на равенството $x(t_2+0;t_0,x_0) = x(t_2;t_0,x_0) + I_2(x(t_2;t_0,x_0))$, сменя се дясната страна на системата и т.н.

В дисертацията за решенията на описания клас диференциални уравнения са въведени следните нови качествени свойства и са намерени достатъчни условия за тяхното съществуване:

- минимална отдалеченост на последователни моменти на превключване (Теорема 1.1);
- непрекъсната зависимост от началното условие и превключващите функции (Теорема 1.6);
- устойчивост на нулевото решение (Теорема 2.2);
- равномерна устойчивост на нулевото решение (Теорема 2.4);
- равномерна асимптотическа устойчивост на нулевото решение (Теорема 2.5 и Теорема 2.6);
- асимптотическа устойчивост на ненулевото решение (Теорема 2.11);
- ограниченост на решенията (Теорема 3.1);
- равномерна ограниченост на решенията (Теорема 3.2);
- финална равномерна ограниченост на решенията (Теорема 3.6);
- непрекъсната зависимост при постоянно действащи смущения (Теорема 3.11).

Посочените по-горе теореми считам за основни резултати в дисертационния труд. Теоремите с номера 1.1, 1.6 и 3.11 са получени със средствата на реалния математически анализ. Теоремите с номера 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 3.1, 3.2 и 3.6 са формулирани и доказани чрез оригинална модификация на директния метод на Ляпунов. По-точно, използват се редици от прекъснати функции на Ляпунов. Множеството от точките на прекъсване за всяка една от тези функции съвпада с множеството, в което се анулира съответната превключваща функция. Съседните функции в редицата са обвързани с подходящи алгебрични неравенства, даващи възможност за последователното им използване за доказване на определени свойства на решенията, формулирани в посочените по-горе теореми. Теорема 2.11 заема по-особено място в дисертацията. Тук на основание на свойствата на всяко от решенията на съставящите системи се получават свойства на композираната система с променлива структура и импулси. По-точно, от експоненциална устойчивост на решенията на съставните системи с постоянна структура и без импулсни въздействия следва асимптотическа устойчивост на основната изучавана система.

Резултатите са приложени при изучаване на динамиката на затвора (праволинейните възвратно-постъпателни движения) на предпазен клапан. Променливата структура се сменя алтернативно и съответства на редуващите се състояния на клапана "отворено" и "затворено". Импулсните въздействия описват рязкото анулиране на скоростта на движението на затвора при затваряне на клапана и "отскачането" на затвора при отваряне на клапана. Във втория параграф на първа глава е установено, че моделната система удовлетворява условията на Теорема 1.6. Получените резултати са преформулирани на езика на хидродинамиката.

Дисертационният труд е поместен на 127 стандартни страници, а библиографията съдържа 248 заглавия.

Авторефератът отразява адекватно резултатите от дисертационния труд.

3. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд.

Подкрепям изводите, направени от докторантката в заключението на дисертационния труд. По-конкретно:

- Въведен е нов клас диференциални уравнения;
- Дефинирани са нови типове непрекъсната зависимост и устойчивост, характерни за въведения клас уравнения;
- Намерени са условия, при които описаните свойства се притежават от решенията на разглежданите уравнения;
- Резултатите са приложени за моделна система диференциални уравнения с променлива структура и импулси от хидродинамиката;
- Приложена е нова модификация на директния метод на Ляпунов.

4. Мнение за публикациите на дисертантката по темата на дисертационния труд.

Гл. ас. Р. Чуклева е представила три публикации по темата на дисертационния труд. Статиите са публикувани на английски език в международни научни списания. Едната от статиите е самостоятелна. Считам, че представените публикации напълно удовлетворяват изискванията за придобиване на образователната и научна степен ”доктор” съгласно член 11 (4) от Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ХТМУ. Две от представените статии са цитирани по един път от български автори.

5. Критични бележки и коментари.

Нямам критични бележки. Убеден съм, че докторантката ще продължи изследванията си върху качествената теория на диференциалните уравнения от описания клас.

6. Лични впечатления.

Познавам Р. Чуклева от преди повече от 15 години, когато съвместно участвахме в организирането на цикъл от международни конференции по диференциални уравнения и математическо моделиране, ежегодно провеждани в ТУ-София, Филиал Пловдив. Преди пет години в нея се зароди желанието за изследователска дейност върху моделирането на динамични процеси с помощта на импулсни уравнения. Тази своя идея тя реализира, като аз (съвместно с доц. А. Дишлиев) имах удоволствието да бъда неин научен ръководител. По време на съвместната ни работа тя се прояви като любознателен и работоспособен изследовател. Навлезе дълбоко в изследваната тематика, за което свидетелстват и постигнатите резултати.

7. Заключение.

Представеният дисертационен труд отговаря напълно на изискванията на Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ХТМУ, който е в съответствие със Закона за развитие на академичния състав в Република България, поради което моята оценка за рецензирания труд е **положителна**.

Постигнатите резултати в дисертацията ми дават основание да предложа на научното жури да присъди образователната и научна степен „доктор” на гл. ас. Румяна Борисова Чуклева в:
Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика;
Професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки;
Научна специалност: 01.01.13 Математическо моделиране и приложение на математиката.

27. 05. 2012 г.

Член на журито:...............................