

СТАНОВИЩЕ

от

проф. д-тн инж. Емил Михайлов – ХТМУ-София

Относно: Дисертация за придобиване на научна степен „доктор на науките“ по научна специалност 5.10. Химични технологии (Процеси и апарати в химическата и биологичната технология) на тема:

„Нелинейни и аномални приложни дифузионни модели: приближени решения, анализ, синтез и примери“,

представена от проф. д-р инж. Йордан Янков Христов.

Настоящото становище ми е възложена с решение на научното жури на първото заседание на 02.04.2018 г. Предоставената ми дисертация представлява самостоятелен том със заглавие: **„Нелинейни и аномални приложни дифузионни модели: приближени решения, анализ, синтез и примери“**, с автор проф. д-р инж. Йордан Янков Христов,.

Бих желал да отбележа, че не съм имал и нямам общи публикации с проф. Йордан Христов.

Йордан Янков Христов е роден на 07.09. 1954 в гр. Дупница През 1979 г. той завършва висше образование (магистър) в Технически Университет - София със специалност Електротехника.

През 1994 г. защитава дисертация на тема “Флуидизация с газ на феромагнитни насипни материали във външно магнитно поле” в ХТМУ и получава научната степен Кандидат на техническите науки (сега доктор) по специалността Химични технологии.

От 1979 г. досега последователно е заемал следните позиции в катедра Инженерна химия на ХТМУ: **Инженер** (1979-1981), **Научен сътрудник** : (1981-1989), **Асистент** (1989-1992), **Главен асистент** (1992-1998), **Доцент** (1998-2014) и **Професор** (от 2014 – до сега).

Водил е лекции и упражнения по следните дисциплини **Процеси и апарати, Преносни процеси; Математическо моделиране и мащабни преходи, Биореакторна техника, Процеси и апарати - 2** (Механични и хидромеханични процеси), **Производствена безопасност**. Създал е учебни програми по следните дисциплини за обучение за ОКС бакалавър в **ХТМУ и в Технически университет - Габрово - Процеси и апарати – II част (Механични и хидродинамични процеси), Процеси и апарати, Производствена безопасност, Горене и Горивна Техника**.

Специализирал е в Department of Chemical Engineering, UPC, Barcelona, Spain (**TEMPUS project JEP 2630**) - 1992. Заемал е изследователска позиция в Политехнически университет – Барселона, ИСПАНИЯ за периода Януари – Юни 2002 Бил е гост-професор в следните образователни или научни институции

- Centre for Studies on Risk Technologies (CERTEC) в Политехнически университет – Барселона, ИСПАНИЯ, Септември - Декември, **2000**
- Centre for Studies on Risk Technologies (CERTEC), в Политехнически университет – Барселона, ИСПАНИЯ, Юли - Декември,
- Laboratoire de Risque Chimique et des Procédés, INSA-Rouen, Франция, Юни-Юли, **2004**
- Университет - Савоя, Франция, Юни-Юли, **2005**
- Университет – Севиля, Испания, Септември **2007- Януари 2008**
- Държавен университет на Северна Флуминенсия, Рио де Жанейро, Бразилия, Юни - Август, 2009

- Държавен университет на Северна Флуминенсия, Рио де Жанейро, Бразилия, Юни - Август, 2010
- Югоизточен университет и Нанжин Университет за наука и технологии, Нанжин, Китай, Ноември-Декември 2010
- Институт по процесно инженерство, Китайска академия на науките, Бейжин, Китай, Октомври – Декември 2010
- Университет – Нанси, Технологичен институт, Франция, Ноември, 2015

Проф. Христов има над **172** научни публикации с над **1200** цитирания. Информацията от основни бази за индексирание на научна информация за проф. Христов към Февруари, 2018 е:

- SCOPUS: ***h-index* = 21**, базиран на 76 регистрирани документа (1990- 2018)
- ISI Thomson Reuters: ***h-index* = 16**, базиран на 73 регистрирани документа (1990- 2018)

Получил е Национална награда за високи научни постижения на Съюза на Учените в България за 2004 г и

Специална награда на Китайската академия на науките за 2010 г., както и позиция на заслужил гост-професор (Distinguished Professor) на Китайската академия на науките за 2011 г.

Член е на редколегиите на 8 международни научни списания

- ***Bio-Magnetic Research and Technology*** (2002-2008),
- ***Thermal Science*** – (от 2003 - до сега) <http://thermalscience.vinca.rs/>,
- ***Particuology*** – 2004-2011 и от 2012 - present (second term) ISI indexed journal <http://www.journals.elsevier.com/particuology/editorial-board/>
- ***Hacettepe Journal of biology and Chemistry*** (om 2007 – до сега) ISI indexed journal <http://www.hjbc.hacettepe.edu.tr/page/editorial-board>,
- ***Communications to Fractional Calculus*** (2012-2014) (Asian Academic Publisher Ltd., Hong Kong, China) (ISSN 2218-3892) http://www.nonlinearscience.com/journal_2218-3892.php,
- ***British Journal of Engineering and Technology*** (<http://www.bjet.baar.org.uk/Editorial-Board.html>), от 2012 до сега,
- ***Progress in Fractional Differentiation and applications*** <http://www.naturalspublishing.com/show.asp?JorID=48&pgid=219> (от 2016 до сега),
- ***Fractal and Fractional*** (от 2017 до сега) <http://www.mdpi.com/journal/fractalfract/editors>.

Дисертацията разглежда Математически модели на преносни процеси, свързани с нелинейна и аномална дифузия (със или без ефекти на памет) свързани с инженерната практика

Едномерните модели на нелинейна или аномална дифузия са свързани преди всичко с проблеми на нестационарна топлопроводност с използване на локални (от цял порядък) производни, а също така и на субдифузионни и супердифузионни проблеми, използващи нелокални по време и пространство производни със сингулярна памет.

Специално са разгледани дифузионни модели чрез интегралния оператор на Caputo-Fabrizio, използващ експоненциална несингулярна памет.

Накрая, специално са разгледани конкретни примери, при които разработените технологии за намиране на решения се прилагат директно.

Основната цел на проведените изследвания в дисертационния труд е развитието на приближени аналитични решения в затворена форма, с директна приложимост в

инженерната практика, и позволяващи да се установят явни зависимости между основните параметри, контролиращи моделираните дифузионни процеси.

От направения в дисертацията литературен обзор и анализ на състоянието на дифузионните модели е заключено, че в научен и научно-приложен аспект стоят редица актуални задачи, свързани с тях. На базата на това може да се заключи, че **темата на дисертационния труд е актуална.**

Решенията в дисертацията задачи също са АКТУАЛНИ, а някои от получените резултати са нови за науката.

Дисертантът демонстрира висока степен на познаване състоянието на проблема и творчески интерпретира и развива литературния материал.

ПРЕГЛЕД НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД И АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Дисертацията е написана на 756 страници. Съдържанието ѝ е разпределено в четири големи части **1, 2, 3, 4 според типа на диференциалните оператори, използвани за моделиране на дифузионни процеси** и две допълнителни **Част А (въвеждаща част от 66 стр.) и Част В (основни резултати и приноси)**. Основният текст, в това число таблици, графики и списък на литература е общо 660 стр. От приложен отделен списък е видно, че части от дисертацията са станали достояние на научната общност у нас и чужбина чрез:

- **6 глави от книги**, чийто пълен текст е отпечатан и публикуван в *Fractional Dynamics*, глава 5 (2015), *Frontiers in Fractional Calculus*, глави 3 и 10 (2017), и такива, на които предстои публикуване през 2018 г. в *Mathematical Methods in Engineering - Applications in Dynamics of Complex Systems*, *Mathematical Methods in Engineering – Theory*, както и една глава под печат в *Springer Proceedings in Mathematics & Statistics*;
- **20 авторски научни публикации**, от които **16 в списания с импакт фактор**, публикувани в: *Thermal Science* – 9 бр., *Heat Mass Transfer* – 2 бр., *J. Vibration and Control* – 1 бр., *Fundamenta Informaticae* – 1 бр., *Fluid Dynamics & Materials Processing* – 1 бр., *Math. Modelling of Natural Phenomena* - 1 бр. и 4 в международни реферирани списания: *Progr. Fract. Differ. Appl.* – 2 бр., *Mathematics in Natural Science* – 1 бр. и *Journal of Computational Complexity and Applications* – 1 бр.

В **Част А** е дадена информация, необходима за представянето на основните глави на дисертацията. Организирана е в 3 глави разглеждащи основни дефиниции на класическото дробно-диференциално смятане, релаксационни ядра (функции на памет), принцип на изчезваща памет и примери, свързани с реологични проблеми, довели до широкото използване на дробните модели.

Основното съдържание на дисертацията е в четирите части, всяка от които е структурирана в няколко глави.

ЧАСТ 1

Част 1 е съставена от **7 глави (всяка съответстваща на отделна научна публикация)** и разглежда получаването на приближени интегрални решения на дифузионни модели (нестационарна топлопроводност) с нелинейни дифузионни коефициенти. Получени са приближени аналитични решения в затворена форма, чрез директно прилагане на интегралния метод, без предварителна линеаризация на изходното уравнение.

Получено е успешно решение на дегенериращо дифузионно уравнение на нестационарна топлопроводност със степенен закон на изменение на коефициента на топлинна дифузия чрез интегрален метод (**Глава 1.1**) .

В **Глава 1.2** е показано как успешно може да се използва интегрален метод с двойно интегриране за решение на дегенериращо дифузионно уравнение на нестационарна

топлопроводност, със степенен закон на изменение на коефициента на топлинна дифузия, чрез директно прилагане на интегрален метод. Извонан е методът с двойно интегриране в неговата класическа форма познат като **Refined integral method (RIM)**.

В **Глава 1.3** е развита *нова модификация* на метода с двойно интегриране за решаване на задачата за нестационарна теплопроводност с коефициент на топлинна дифузия, линейно-зависещ от температурата. Използваща се предварителна трансформация на нелинейния дифузионен член, една технология на решение въведена в **Глава 1.2**, Анализирани са проблемът с предварителното мащабиране на дифузионния коефициент и е предложено ново решение, което трансформира този модел в дефиниращ модел разгледан вече в **Глава 1.2**. Получените решения са сравнени с числени решения () и са показани примери с данни за тествани с параметри на реални материали, както с положителни, така и с отрицателни температурни коефициенти на изменение на дифузионния коефициент.

В **Глава 1.4** е показано едно приложение на технологията на решение развита в **Глава 1.3**, с използване на топлинен дифузионен коефициент с потенциално-степенна зависимост от температурата .

Подобрене на метода с просто интегриране е предложено в **Глава 1.5** чрез използване на второ уравнение от дробен порядък $\frac{1}{2}$, за да се отстрани основният недостатък на този метод градиентът на границата да се изчислява чрез апроксимиращия профил.

В **Глава 1.6** представя *нов подход* за *интегрални решения* дифузионни уравнения от висок ред (висок порядък на производната на дифузионния член) чрез метод с **многократно интегриране**. Ефективността на този нов подход е ясно показана чрез решение на модела на Mullins за термично набраздяване на повърхности чрез механизъм на повърхностна дифузия. Това, е съществено развитие на интегралния метод към дифузионни уравнения от по-висок ред, при което методът с еднократно интегриране и този с двойно интегриране се явяват частни случаи.

Нелинейното уравнение на Mullins за термично набраздяване на повърхности чрез механизъм на изпарение-кондензация е решено в **Глава 1.7** чрез предложената от автора техника с двойно интегриране и предварителна трансформация на Broadbridge. За момента това е първият известен опит за интегрално решение на нелинейното уравнение на Mullins

Част 2

Изследванията в **Част 2** са представени в 8 глави и разглеждат получаването на приближени решения на линейни (**Глава 2.1**) и нелинейни субдифузионни (**Глава 2.1**, **Глава 2.3**, **Глава 2.4**) и супердифузионни (**Глава 2.4**, **Глава 2.5** и **Глава 2.7**) модели чрез метода на интегралния баланс. В допълнение е показан *нов извод* на известното уравнение на Ward-Tordai за адсорбция на сърфактанти, изцяло с апарата на дробното диференциално смятане (**Глава 2.8**).

Част 3

Част 3 е организирана в 7 глави посветени на извод по отношение на потока на дифузанта е представен чрез интегрален оператор на Caputo-Fabrizio. Показано е как този дробен интегрален оператор възниква чрез конститутивно уравнение *поток-градиент*, използващо постановката (концепция) на Cattaneo, чрез интеграл с експоненциална памет.

- Показано е как при използване на ядро на Jeffrey в дифузионното уравнение естествено възниква релаксиращ член (интегрален оператор), съвпадащ с формулировката на Caputo-Fabrizio (**Глава 3.2**) при описание на релаксацията на потока е използвана за дефиниране на модел на нестационарна теплопроводност с пространствена памет. В резултат е дефиниран нова пространствена производна с експоненциално ядро от тип Caputo (**Глава 3.3**). Получените аналитични решения за случай на стационарна

топлопроводност показват кат пространствената памет деформират решението в сравнение с класическото решение на Фурие .

- В Глава 3.4 е направен извод на дробно-диференциален модел на Додсън, предложено **ad hoc през 1973**. Използва се конститутивен подход свързващ потока и градиента, посредством интеграл с експоненциална памет. Като следствие от този подход е формулиран още един модел на релаксация със сложна памет, при който се отчитат едновременно релаксационни ефекти за големи и малки времена. Важен принос на извода на уравнението на Додсън е получаването на функционалната зависимост на дробния параметър на релаксационното ядро от дифузионното число на Deborah.
- В Глави 3.5 и 3.6 се наглеждат **проблемите с формалната фракционализация на моделите чрез оператора на Caputo-Fabrizio** и какъв тип памет се моделира чрез експоненциалното ядро, съответно.
- Глава 3.7 разглежда 5 известни модела, публикувани в литературата, и свързани с нелинейна дифузия в различни инженерни и технологични процеси, като основната линия е да се покаже, че интегралния оператор на Caputo-Fabrizio възниква естествено при формулирането и решението на тези модели

Цялата Част 3 е публикувана като

Hristov J., Derivatives with non-singular kernels: From the Caputo-Fabrizio definition and beyond: Appraising analysis with emphasis on diffusion models, Chapter 10, in *Frontiers in Fractional Calculus*, 2017, S. Bhalekar, Ed., Bentham Science Publishersq 2017, pp.270-342.

ЧАСТ 4

ЧАСТ 4 е организирана в 6 глави представящи на 6 приложни практически важни дифузионни задачи, използващи техниките на решения вече развити в предхождащите части и глави.

ОЦЕНКА НА СЪОТВЕТСТВИЕТО МЕЖДУ АВТОРЕФЕРАТА И ДИСЕРТАЦИЯТА

Представеният ми автореферат съдържа всички основни части на дисертационния труд, поради което може да се приеме, че съответствието между тях е много добро.

МНЕНИЕ ЗА ПУБЛИКАЦИИТЕ НА ДИСЕРТАНТА ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Съдържанието на всички публикации е пряко свързано с темата на дисертацията, като всяка глава съответствува на публикация, като това е показано на първата страница на всяка глава):

- 16 публикации са публикувани в списания с импакт фактор,
- 14 от тях (88%) са самостоятелни, а само в 2 (12%) публикации проф. Христов, е втори автор (публикация с стажуващ в ХТМУ през 2015 френски студент).
- Всички статии в международни реферирани списания са самостоятелни.

Импакт факторът на списанията, в които са отпечатани научните публикации е както следва:

Thermal Science: 2015 - 0.939; 2016 – **1.093**;

Heat Mass Transfer: 2016 - 1.233;

J. Vibration and Control: 2016 – **2.101**;

Fundamenta Informaticae: 2016 – **0.687**;

Fluid Dynamics & Materials Processing: 2016 – **0.31**;

Math. Modelling of Natural Phenomena: 2016 – **0.952**.

Статиите са научно издържани и в тях са представени резултатите от дисертационния труд.

Заклучение

В заключение смятам, че всеки поставени в дисертацията цели са постигнати успешно.

Публикуваните резултати и приносите в представената от проф. д-р Йордан Янков Христов дисертация за получаване на научната степен „Доктор на техническите науки“ по научна специалност 5.10. „Химични технологии“ (Процеси и апарати в химическата и биологичната технология) на тема: „Нелинейни и аномални приложни дифузионни модели: приближени решения, анализ, синтез и примери“ **са достатъчни по значимост, а съмият труд притежава всички качества за получаване на научната степен „Доктор на техническите науки“**, съгласно изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за приложението му и Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ХТМУ-София.

На база на анализа на съдържанието на дисертационния труд, автореферата и публикациите и във връзка с това, че дисертантът е изпълнил изискванията на Закона за ПНСЗД и Правилника на ХТМУ давам положителна оценка на дисертацията и си позволявам да предложа на уважаваемото научно жури да приеме и оцени положително дисертацията, представена от проф. д-р инж. Йордан Янков Христов и да му присъди научната степен „Доктор на техническите науки“ по научна специалност 5.10. „Химични технологии“ (Процеси и апарати в химическата и биологичната технология).

24.04.2018 г

Изготвил становището

/проф. д-р инж. Емил Михайлов/