

СТАНОВИЩЕ

на дисертационен труд:

автор: професор д-р Йордан Янков Христов

тема: НЕЛИНЕЙНИ И АНОМАЛНИ ПРИЛОЖНИ ДИФУЗИОННИ МОДЕЛИ: Приблизени решения, анализ, синтез и примери

за придобиване на научна степен “доктор на науките” по научна специалност 5.10. Химични технологии (процеси и апарати в химичната и биохимичната технология)

изготвил: проф. д-р Светослав Иванов Ненов, кат. Математика, ХТМУ

1 Общи положения и биографични данни

Със заповед на Ректора на ХТМУ–София проф. д-р инж. М. Георгиев и решение на първото заседание на Научното жури по тази заповед от 02.04.2018 съм определен да представя становище по процедурата за придобиване на научна степен “доктор на науките” по научна специалност 5.10. Химични технологии (процеси и апарати в химичната и биохимичната технология).

По процедурата, получих следните документи:

1. Заявление до ректора на ХТМУ;
2. Автобиография;
3. Диплома за висше образование;
4. Диплома за образователна и научна степен “доктор“;
5. Списък на научните трудове по дисертацията;
6. Дисертация;
7. Автореферат;
8. Списък на цитиранията и списък на научните трудове;
9. Публикации;

10. Автореферат на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен "доктор";

По конкурса документи е подал проф. д-р Йордан Янков Христов. Той е роден на 07.09.1954г. Завършва Технически Университет, София, Електроинженер, 1979.

През 1994 г. успешно защитава образователна и научна степен "доктор". Дисертацията е на тема: "Флуидизация с газ на феромагнитни насипни материали във външно магнитно поле".

2 Обща характеристика на научно-изследователската и научно-приложна дейност на кандидата

Професор д-р Йордан Янков Христов е автор на редица учебни програми:

- Процеси и апарати – II част;
- Процеси и апарати;
- Производствена безопасност;
- Горене и горивна техника;
- и др.

Под негово ръководство са успешно защитили повече от 5 докторанти.

Професор Христов е гост-професор в повече от 10 университета в чужбина.

Основни метрични показатели на научна дейност на проф. Христов се характеризира както следва:

1. Публикации: 172 научни публикации;
2. Цитирания: повече от 1200 забелязани цитирания;
3. h-фактор:
 - SCOPUS:

- ISI Thomson Reuters:
- Publish and Perish: 26.

От приложените документи е видно, че професор Христов е член на колегии в редица научни списания като:

- International Review of Chemical Engineering-Rapid Communications;
- International Journal on Advanced Materials And Technologies;
- Bio-Magnetic Research and Technology;
- Thermal Science;
- Particuology;
- Hacettepe Journal of Biology and Chemistry;
- Communications to Fractional Calculus;
- British Journal of Engineering and Technology;
- Progress in Fractional Differentiation and applications;
- Fractal and Fractional;
- и др.

3 Кратко описание на представените материали

Следвайки съдържанието на представения дисертационен труд, ще се спира на някои от основните части.

Част 1: Нелинейни дифузионни модели с производни от цял порядък. В това направление могат да се обобщят две основни области с резултати:

- Приложения в интегралния метод към:
 - нелинейни модели с локални производни;

– модели със сингулярна памет (Double Integration Method, Нелинейното уравнение на Додсън, и др.).

- Развитие на някои модификации на интегралния метод (например методът с многократно интегриране).

Основната цел на представените изследвания е да се покаже, че прилагайки директен метод на интегриране без предварителна линеаризация (най-често срещаната в литературата тази чрез трансформация на Кирхоф), е възможно получаване на приближено аналитично решение в затворена форма, за случаите на бавна дифузия (коефициенти на дифузия зависещи по линеен или степенен закон от концентрацията (температурата)).

Сред нелинейните модели разгледани в тази глава са две версии на уравнението на Mullins за термично набраздяване, успешно решени чрез метода на двойно интегриране и нов метод с многократно интегриране.

Някои резултати и приноси в част 1:

- Направен е успешен опит за решение на нелинейно уравнение на стационарен топлопроводност чрез трансформация във вълново уравнение и прилагане на метода с просто интегриране (Глава 1.1)
- Показан е първия успешен опит за решение на дегенериращо дифузионно уравнение (бавна дифузия) чрез директно интегриране и без предварителна линеаризация. Използвани са две модификации на метода с двойно интегриране : метод с двойно интегриране в неговата класическа форма познат като Refined integral method (RIM) (Глава 1.2 и модифициран метод с двойно интегриране (DIM) (Глава 1.3 и Глава 1.4)
- Предложен е алтернативен подход за решение на нестационарна топлопроводност чрез използване на второ уравнение от дробен порядък 1/2 при който се избягва основния недостатък на метода с просто интегриране градиента на границата да се изчислява чрез апроксимация профил (Глава 1.5)
- Развит е иновативен метод с многократно интегриране даващ възможност за приближени решения параболични равнения с висок порядък на производната на дифузионния член). Този подход е демонстриран чрез решение на линейния модел на Mullins за термично набраздяване на повърхности чрез механизъм на повърхностна

дифузия. Направено и това е първият известен, за сега, опит да се реши пълното нелинейното уравнение на Mullins за термично набраздяване на повърхности чрез механизъм на изпарение-кондензация. Използван е модифициран метод с двойно интегриране с предварителна трансформация на Broadbridge.

Част 2: Аномални и нелинейни дифузионни модели с производни от дробен порядък със сингулярна памет. Тази част представя резултати върху приближени интегрални решения на дифузионни модели със сингулярна (степенна) памет. Основната цел на тези изследвания е да се покаже как може да се прилага метода на интегралния баланс при наличие в модела на дробни производни, както по време, така и по пространство.

Разгледани са проблеми на субдифузионни уравнения с нелинейни дифузионни коефициенти (с концентрационно-зависим и изменящ се с времето коефициент на дифузия). Представени са интегрални решения на супердифузионни модели с постоянен, степенен и потенциално степен дифузионен коефициент, зависещ от пространствената координата. Направен е нов извод на известното уравнение на Ward-Tordai за адсорбция на сърфактанти, изцяло с апарата на дробното диференциално смятане.

Някои резултати и приноси в част 2:

- Показано е как метод на интегралния баланс може да се прилага към модели съдържащи интеграли със сингулярна памет (Глава 2.1). Това е първата известна публикация демонстрираща този подход.
- Показано е че невъзможно получаването на приближени интегрални решения на линейният (Глава 2.2) и дегенериращ (Глава 2.3) чрез развития от автора метод с двойно интегриране (DIM).
- Развитият в дисертацията методът с двойно интегриране успешно е използва за получаване на приближено решение на субдифузионен модел с коефициент променящ се във времето и последващ анализ на моделирания транспортен режим в зависимост от стойностите на параметрите на модела (Глава 2.4).
- Интегралният метод успешно е използван за получаване на приближени решения на супердифузионни модели (нелокални производни

по пространство) в случаите на постоянен дифузионен коефициент (Глава 2.5) с използване на просто интегриране и DIM, а също така на модели със степенен (Глава 2.6) и потенциално-степенен (Глава 2.7) дифузионен коефициент зависещ от пространствената координата. Това първите известни, за сега, решения на този тип модели чрез интегрален метод.

- Като заключение на Част 2 е представено е ново извеждане на уравнението Ward- Tordai за адсорбция на сърфактанти, изцяло с апарата на дробното диференциално смятане. Основният резултат е формулирането на унифицирано нелинейно дробно диференциално уравнение от порядък 12 моделиращо адсорбция на сърфактанти в режим на дифузионен контрол. Направен е анализ на задачата на Коши при условия на изотерма на Хенри (линейна изотерма) и изотерма на Фрьондлих (степенна изотерма).

Част 3: Нелинейни дифузионни модели с производни от дробен порядък с несингулярна памет. Основните резултати на изследванията представени в Част 3 са върху дифузионни модели с несингулярна (експоненциална) памет чрез наскоро дефинирания интегрален оператор на Caputo-Fabrizio. Основната цел на представените изследвания е да се покаже как този дробен интегрален оператор възниква, след начално конституиране на зависимости поток-градиент, чрез постановката (концепция) на Cattaneo чрез интеграл с експоненциална памет. Като следствие от този подход на изследване, ясно е демонстриране как се променят конструкциите на дифузионите модели, в сравнение с тези със сингулярна памет.

Някои резултати и приноси в част 3:

- Глава 3.2 представя първият известен извод на уравнение за нестационарна дифузия чрез ядро на Jeffrey , при който естествено възниква демпфиращ член представен чрез интегрален оператор, съвпадащ с формулировката Caputo-Fabrizio.
- Глава 3.3 формулира модел с пространствена памет и дефинира пространствен интегрален оператор с експоненциално ядро, от тип Caputo. Получени са аналитични решения за случай на стационарна топлопроводност с пространствена памет. Важен момент от този

анализ е дефинирането на ясна връзка между геометричния размер на участъка с пространствена памет и дробния параметър на интегралния оператор.

- Глава 3.4 представя извод на дробно-диференциален модел на Додсън чрез конститутивен подход свързващ потока и градиента, посредством интеграл с експоненциална памет, в постановка на Cattaneo. Като следствие е формулиран е дифузионен модел със сложна памет отчитащ едновременно релаксационни ефекти за големи и малки времена. Ясно е дефинирана връзката на дробния параметър и дифузионното число на Deborah, което е съществен принос при изследване на физическата значимост на интегралния оператор на Caputo-Fabrizio. Анализирани са проблема с формалната фракционализация на дифузионното уравнение и възникващите противоречия, когато производната по време в класическия модел на Фурье (Фик) се замени формално с оператора (по време) на Caputo-Fabrizio, приеман условно за дробна производна (Глава 3.5). Направен е анализ на основния проблем: какъв тип памет се моделира чрез експоненциалното ядро използвано в оператора на Caputo-Fabrizio? (Глава 3.6) За този цел е използвана разтеглената експоненциална функция на Kohlrausch. В Глава 3.7 се направен анализ на реални проблеми, с експоненциалната релаксационна функция и анализирана връзката им с оператора (по време) на Caputo-Fabrizio.

Част 4: Някои приложения: Примери Тази част на дисертацията представя решенията и анализа на 6 приложни задачи, където се прилагат техниките на решения разработени в предхождащите глави. Тези изследвания са отделени в специална част, защото в тях се смесват различни модели (с различни диференциални оператори и нелинейности) и подходи за решение. При всички от тях като подход, е използван интегралния метод за решение.

Някои резултати и приноси в част 4:

- В Глава 4.1 са получени приближени интегрални решения на нелинейното дифузионно уравнение на Додсън, както от цял порядък, така и на формално фракционализирани версии. Показано е, че е възможно решение чрез автомоделна променлива (similarity solution) след начална нелинейна трансформация.

- В Глава 4.2 е решена е първата задача на Стокс, за модели от цял и дробен порядък, за флуид на Casson с използване на различни видове дробни (по време) производни. Направен е критичен анализ на използваните до този момент модели. Решенията са получени чрез интегрален метод и параболичен апроксимиращ профил с недефинирана експонента. Анализирани са проблемът с коректната фракционализация на моделните уравнения.
- В Глава 4.3 е представено интегрално решение чрез DIM на първата задача на Стокс, когато релаксацията се моделира със смесена производна по време-пространство, както с модел от цял порядък така и с дробно-диференциален модел. Ефективността на решението е демонстрирана чрез модел на ненютоново флуид от втори клас. Решението и последващия анализ показват, че течението се контролира от две безизмерни променливи: Болцманова атомоделна променлива отразяваща вискозното поведение на флуида и число на Deborah (защото при първата задача на Стокс отсъства мащаб за дължина, позволяващ да се дефинира характеристично време на процеса)
- В Глава 4.4 е показано как метода с двойно интегриране позволява да се получат на приближени решения на радиационното дифузионно уравнение при различни гранични условия: скок в повърхностната температура, експоненциално нарастваща и степенна (във времето) повърхностна температура.
- Глава 4.5 разглежда дробно-диференциален модел от 4-ти порядък на повърхностна дифузия (субдифузия) като вариант на уравнението на Mullins. Получено е приближено интегрално решение чрез метода с многократно интегриране (MIM) предложен от автора. Глава 4.6 представя ново интегрално решение на задача свързана с кинетиката на дифузионно контролирана адсорбция (дифузионен контрол в макропорите на адсорбента) и моделирана чрез квадратична нелинейност на Fujita, която води до правоъгълни изотерми на Лангмюр. Решението метод с двойно интегриране и апроксимиращ параболичен профил с недефинирана експонента. Получени са ефективни приближени решения на модела формулиран от Ruthven. Получените резултати са сравнени с известните аналитични решения от литературата и експериментални резултати на

Ruthven.

След запознаване с дисертационния труд, определено **считам, че изложените научни приноси и научно-приложни приноси (стр. 725-726) адекватно отразяват дейността на кандидата.**

4 Заключение

От горния анализ и от приложените по процедурата документи е видно следното. Представените научни трудове и учебни пособия, както и данните за цялостната научна и преподавателска дейност на кандидата, го характеризират като активен учен-изследовател и много добър университетски преподавател.

Научните трудове на кандидата са на високо научно и техническо ниво и съдържат съществени научни и научно-приложни приноси в теорията диференциалните уравнения и техните приложения. Авторът не само обобщава и прилага известни резултати, но и получава нови, оригинални резултати както в теорията, така и в приложенията на изследваните диференциални уравнения.

Получените от автора резултати са известни на световната научна общност в съответната област и са получили там високо признание. Трудовете на кандидата продължават регулярно да се цитират и използват от други учени у нас и в чужбина. Така цялостната научна и преподавателска дейност на кандидата напълно отговарят на изискванията на Закона за развитите на академичния състав в Република България и на Правилника за неговото приложение, както и на Правилника на ХТМУ-София по прилагане на ЗРАСРБ.

Поради горните причини препоръчвам на Почитаемото научно жури да оцени високо кандидатурата на проф. д-р Йордан Янков Христов и да му присъди научна степен “доктор на науките” по научна специалност 5.10. Химични технологии (процеси и апарати в химичната и биохимичната технология).

19 април 2017

Рецензент:

(Проф. д-р Св. Ненов)