

ВІДГУК

Офіційного опонента на дисертаційну роботу Вовка Олександра Володимировича «Числове моделювання нелінійних еволюційних задач дифузії-адвекції-реакції», подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.01.07 – обчислювальна математика.

Актуальність досліджень дисертаційної роботи

Дослідження більшості практично важливих моделей дифузії-адвекції-реакції вимагає високоефективних чисельних алгоритмів, які здатні виконувати розрахунки з наперед заданою точністю. Визнанням підходом до їхньої розробки є адаптація дискретної моделі до структури її розв'язків.

Особливу гнучкість щодо можливостей керування дискретизацією моделі демонструють методи скінченних елементів (МСЕ). За рахунок спеціального вибору просторів апроксимацій вони реалізують як h -адаптацію сітки скінченних елементів до просторової структури шуканих розв'язків, так і p -адаптацію інтерполяційних властивостей апроксимуючих функцій до якісних характеристик поведінки моделі.

Для побудови ефективного збіжного h -адаптивного МСЕ розв'язування задач дифузії-адвекції-реакції з наперед заданою точністю необхідно мати надійні та ефективні апостеріорні оцінки похибок, мало затратні критерії адаптування, процедури побудови вкладених триангуляцій та високоефективні методи розв'язування розріджених систем лінійних алгебраїчних рівнянь великих порядків. Особливої актуальності розв'язання таких задач набуває у випадках, коли математичні моделі характеризуються нелінійністю, багатокomпонентністю, сингулярністю, нестационарністю та іншими чинниками, що ускладнюють як теоретичну так і практичну сторону побудови адаптивних обчислювальних схем.

У зв'язку зі сказаним дисертаційна робота О. В. Вовка, яка присвячена побудові якісних чисельних алгоритмів розв'язування нелінійних еволюційних задач дифузії-адвекції-реакції, зокрема h -адаптивного МСЕ з надійними і ефективними апостеріорними оцінками точності залишкового типу та однокрокової рекурентної схеми інтегрування за часом з узгодженням порядків похибок дискретизації та лінеаризації, є актуальним та перспективним дослідженням.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Загальний підхід до виконаних у дисертації досліджень ґрунтується на сучасних досягненнях обчислювальної математики та функціонального аналізу. Достовірність одержаних результатів забезпечується строгими математичними обґрунтуваннями розроблених чисельних алгоритмів, доведенням надійності та ефективності апріорних оцінок точності, а також побудовою двосторонніх оцінок похибок апроксимацій МСЕ, доведенням збіжності h -адаптивного МСЕ.

Загальна канцелярія
Іван Франко
Вхідний № 570
16. 06 2016р.

стійкості та збіжності однокрокової рекурентної схеми інтегрування за часом початково-крайових задач, які виникають при використанні напівдискретного МСЕ, апробацією розроблених чисельних алгоритмів на тестових, модельних задачах та практично важливій задачі про-окиснення чадного газу на поверхні платини, підтвердженням отриманих теоретичних положень результатами обчислювальних експериментів.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел.

У першому розділі здійснюється огляд основних чисельних методів розв'язування задач дифузії-адвекції-реакції, а також алгоритмів апріорної оцінки їх точності.

Теоретичні основа та сучасні підходи до реалізації МСЕ висвітлені у другому розділі. Зокрема, за стандартних допущень стосовно повноти послідовності просторів апроксимацій методу скінченних елементів доведено збіжність послідовності його наближених розв'язків і встановлено апріорні оцінки похибок цих наближень. Досліджуються також поширені у використанні лінійні (на трикутних сітках), білінійні та квадратичні серендипові (на чотирикутних сітках) апроксимації МСЕ.

Третій розділ присвячений побудові, дослідженню та теоретичному обґрунтуванню апостеріорних оцінок похибок. Основна ідея побудованих апостеріорних оцінок похибок залишкового типу полягає у отриманні локальних задач на похибку, за рахунок вибору базисних функцій. Ці апріорні оцінки, які було встановлено теоретично та підтверджено чисельними експериментами дають змогу будувати двосторонні оцінки похибки апроксимацій МСЕ, що значно розширює перспективи їхнього використання, не тільки в адаптивних застосуваннях.

У четвертому розділі досліджується однокрокові схеми чисельного інтегрування за часовою змінною. Особливістю цих схем є узгодження порядків похибок дискретизації в часі та лінеаризації, це дає змогу зекономити трудомісткі ітерації, які пов'язані із розв'язуванням систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Тут також знайдено оцінки похибок апроксимації по часовій змінній та встановлено достатні умови стійкості однокрокової схеми для напівдискретного МСЕ розв'язування квазілінійної початково-крайової задачі.

У п'ятому розділі описані вище МСЕ та однокрокова різницева схема поєднані в одну обчислювальну схему розв'язування початково-крайових задач для системи квазілінійних параболічних рівнянь. Чисельні експерименти з розв'язування тестових задач та моделювання поширення спіральних хвиль в ході реакції окиснення чадного газу на поверхні платини підтвердили очікувані теоретично порядки збіжності як за просторовою, так і часовою змінними.

Серед найважливіших наукових положень та результатів дисертації, на мою думку, слід відзначити наступні:

- 1) Побудова надійних та ефективних апостеріорних оцінок похибки, які дозволяють отримати двосторонні оцінки похибок лінійних, білінійних та квадратичних серендипових апроксимацій МСЕ.
- 2) Побудова збіжного h -адаптивного МСЕ для розв'язування квазілінійних та/або сингулярно збурених крайових задач дифузії-адвекції-реакції з наперед заданою точністю.
- 3) Побудова стійкої та збіжної однокрокової різницевої схем з узгодженням порядків похибки дискретизації в часі та похибки лінеаризації Ньютонна для розв'язування за допомогою напівдискретного МСЕ квазілінійних початково-крайових задач.
- 4) Чисельне моделювання поширення спіральних хвиль на двовимірній поверхні платини за допомогою побудованих проекційно-сіткових схем.

Практична цінність роботи.

Практична цінність виконаної роботи полягає у розробці ефективних чисельних методів та алгоритмів, які дозволяють виконувати розрахунки з наперед заданою точністю для дослідження важливих нелінійних еволюційних моделей дифузії-адвекції-реакції.

Розроблені в дисертаційній роботі чисельні алгоритми та пакети програм можуть використовуватись для чисельного розв'язування квазілінійних задач дифузії-адвекції-реакції, зокрема моделей хімічних реакцій у Львівському національному університеті ім. І. Франка, Інституті фізики конденсованих систем НАН України, Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Національному університеті "Львівська політехніка" та інших наукових установах та організаціях.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях

Основні результати роботи з необхідною повнотою опубліковані у 9-ти статтях, серед них 4 – у наукових фахових виданнях з переліку, затвердженого МОН України, 5 – у закордонних виданнях. Про апробацію роботи свідчать тези доповідей на міжнародних (5) та всеукраїнських конференціях (16).

Автореферат дисертації достатньо повно відображає основні положення, результати та структуру дисертації.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Теорема 2.3 накладає жорсткі умови монотонності на нелінійну функцію f , які значно звужують сферу її застосування.

2. Спосіб формування та заповнення СЛАР у пункті 2.4.3 варто розкрити більше детально, або додати відповідні посилання.
3. Багато теоретичних положень розділу 2 та 3 стосуються лише лінійних варіаційних задач. Поширення їх на нелінійні або квазілінійні випадки є побажанням для подальшого наукового дослідження.
4. На виявлені описки та неточності тексту автору вказано особисто.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну характеристику роботи, а побажання можуть бути реалізовані у подальшій науковій роботі.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, виконана на належному науковому рівні, містить нові наукові положення та результати, які роблять суттєвий внесок у розробку надійних чисельних методів розв'язування нелінійних еволюційних задач дифузії-адвекції-реакції.

Враховуючи вищесказане, вважаю, що дисертаційна робота Вовка Олександра Володимировича «Числове моделювання нелінійних еволюційних задач дифузії-адвекції-реакції» повністю задовольняє вимоги ДАК України до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присвоєння вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.01.07 – обчислювальна математика.

Офіційний опонент:

професор кафедри прикладної математики
Національного університету
«Львівська політехніка»,
доктор фізико-математичних наук,
професор



М. В. Кутнів

Підпис Кутніва М.В. завіряю

Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка»



Брилинський Р.Б.