

## ***Відзив***

*офіційного опонента на дисертаційну роботу Собко Валентини Григорівни  
“Числово-аналітичні моделі процесів масопереносу на базі  
біортогональних многочленів”, представленої на здобуття наукового  
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю  
01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи*

Незважаючи на достатньо вагомні успіхи в розвитку і застосуванні чисельних методів, в останній час все більше помітне зростання інтересу до використання наближених аналітичних методів в задачах моделювання динамічних процесів. Це викликано насамперед вимогами швидкодії (моделювання в режимі реального часу), гетерогенної природи моделювання (коли система, що досліджується є складовою частиною більш складної системи, наприклад, системи керування, іншої системи, яка безпосередньо взаємодіє з вихідною, тощо), потребами адаптації системи до зміни її складу, її структури чи частини умов, реальною постановкою задачі, яка при використанні традиційних засобів зводиться до некоректних задач математичної фізики (перевизначені і недовизначені системи, відсутність чітко визначених границь області і точно заданих умов на них, задання частини умов всередині області в певній множині контрольних точок та ін.). Традиційні чисельні методи не пристосовані до таких постановок і не мають відповідних адаптаційних можливостей.

Представлена В.Г. Собко дисертаційна робота спрямована саме на вирішення такої проблеми для достатньо важливого класу задач масопереносу в трубопроводах і пористих середовищах, які описуються лінійною параболічною моделлю задачі дифузії. Особливістю запропонованого підходу є використання біортогональної системи функцій, побудованих на базі ортогональних поліномів Чебишева, і розгляді відповідних спектральних задач.

Використання біортогональних систем функцій в останній час набуває все більшої популярності і, насамперед, в теорії вейвлетів і теорії сигналів. Незважаючи на декілька напрямків визначення самого поняття біортогональності і його властивостей, дослідники виділяють два напрямки переваг такого типу наближень.

1. Біортогональність створює умови для споріднення поведінки наближення розв'язків до поведінки ортонормованих систем, що спрощує структуру матриць при реалізації алгоритму, а інколи дозволяє здійснити перехід до покоефіцієнтних систем рівнянь в розв'язаному вигляді відразу. В ряді робіт відзначається, що побудова біортогональної системи наближень є еквівалентом обернення відповідної розв'язуючої матриці.
2. Використання біортогональних систем наближень підвищує ступінь гладкості розв'язків і зменшує чутливість наближених розв'язків, одержаних за таким методом, до зміни граничних умов. В теорії вейвлетів навіть доведено теорему, що при відсутності умов, що задаються на одному фреймі, розв'язок, побудований на засадах біортогональних наближень, не втрачає стійкості.
3. Побудова біортогональних систем наближень, поєднаних з спектральними властивостями відповідних задач, дозволяє спростити розв'язання рівнянь, поданих в операторній формі, безпосереднім переходом до алгебраїчних співвідношень. Такий прийом активно використовував М.О. Слезкін в задачах для лінеаризованих рівнянь Нав'є-Стокса, які за своєю природою є рівняннями дифузії, ще в 50-ті роки минулого століття, хоча і не згадував про біортогональний характер побудованого наближення.

В дисертаційній роботі В.Г. Собко всі позитивні якості біортогональних наближень не лише знайшли відображення, а ще й були доповнені новими можливостями, які обумовлені використанням ортогональних многочленів Чебишева. Відомо, що практично в усіх наближених методах важливою складовою є перехід до відповідних стандартних алгебраїчних задач, розв'язання яких вже робиться на комп'ютері. Одержання матриці діагональної структури, виключення операцій диференціювання і інтегрування шляхом побудови функцій з використанням відповідних спектральних властивостей дозволило відразу такі матриці розраховувати аналітично. Як наслідок, побудована модель набула відповідної адаптивності, виключила проблеми втрати точності на етапі побудови відповідних матриць, паралельно зросла швидкодія моделі, що і було показано на тестових прикладах.

Новизна і основний результат дисертаційної роботи полягають в створенні алгоритму розв'язання задач дифузії на основі поєднання переваг біортогональних наближень з використанням ортогональних многочленів

Чебишева, що значно спростило перехід до розв'язуючих систем алгебраїчних рівнянь і знайшло високоефективне використання в задачах масопереносу газу в трубопроводах і пористих середовищах.

Ефективність запропонованої схеми розв'язання задач дифузії показана на прикладі процесу руху газу в трубопроводі, який дав добре узгодження розрахованих і заміряних даних (тиску, масової витрати), а також при дослідженні розподілу тиску у воді в складних пористих середовищах.

В цілому дисертаційна робота В.Г. Собко виконана на актуальну тему, містить сучасні наукові результати теоретичного і практичного спрямування в галузі моделювання складних природних і технічних систем. За своїм напрямком і методами дослідження робота повністю відповідає спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки). Результати роботи в достатній мірі висвітлені в наукових публікаціях, обговорювалися на конференціях і наукових семінарах. Автореферат дисертації повністю відповідає її змісту.

Оформлена робота добре, містить викладення теоретичного матеріалу і даних апробації методу, достатню кількість ілюстративного матеріалу, бібліографічних посилань. Викладення роботи здійснено чіткою мовою, логічно, з використанням сучасної наукової термінології.

По роботі і її оформленню є такі зауваження.

1. Переважна більшість бібліографічних посилань в роботі робиться на джерела 20-тирічної і більше давнини. Якщо математичні методи дисертаційної роботи розвинені переважно на класичних результатах, то це припустимо, але є значна кількість сучасних робіт по задачах масопереносу в трубах і пористих середовищах, які не ввійшли до списку літератури.
2. В роботі немає посилань на відому роботу Корхонена (відомий метод Корхонена–Леві одночасної двовимірної ортогоналізації), який не є поліноміальним, але по ряду ознак збігається з методом біортогональних наближень.
3. В роботі не наведено який варіант визначення біортогонального наближення використовується. В літературі існує декілька визначень.
4. Незважаючи на одержання результатів по ефективному моделюванню процесів поширення збурень в газі при його русі в трубах і пористих середовищах в роботі не ставилися конкретні задачі по вдосконаленню

технологічних процесів в таких системах і, відповідно, не вироблялися такі рекомендації.

Вказані зауваження переважно відносяться до манери викладення наукових результатів і є в значній мірі побажаннями для подальшого поглиблення роботи, а тому не знижують загального рівня проведеного дослідження.

В цілому вважаю, що дисертаційна робота Собко В.Г. “ Числово-аналітичні моделі процесів масопереносу на базі біортогональних многочленів” виконан на актуальну тему, містить дослідження, що мають необхідний рівень наукової новизни і апробації основних положень, тому дисертаційна робота повністю задовольняє вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки) відповідно з п.п. 9, 11 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а її автор, Собко Валентина Григорівна, за розробку і реалізацію адаптивного методу моделювання процесів масопереносу на основі біортогональних наближень заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за цією спеціальністю.

Офіційний опонент  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри суцільних середовищ  
механіко-математичного факультету  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

Лимарченко О.С.

Підпис д.т.н., проф. Лимарченко О.С. засвідчую:

