

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Присяжнюк Олени Вікторівни

“Математичне моделювання процесів конвективно-дифузійного тепломасоперенесення в пористих та мікропористих середовищах методами теорії збурень”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації Нелінійні моделі конвективно-дифузійного тепломасоперенесення, що враховують багатofакторність процесів, міжпараметричні взаємодії складових процесу, адекватно описують реальні умови протікання фізичних процесів. Проте намагання побудувати більш точну модель, врахувати множину факторів, окремі з яких можуть проявлятися лише за певних умов, приводить до громіздких систем рівнянь і ускладнення алгоритму обчислювального експерименту. Нерідко детальні дослідження обмежуються окремими випадками або ж послаблюються вимоги до точності обчислень. Досягнення розумного компромісу у виборі моделі і точності обчислень є складною задачею дослідника.

Саме тому дисертаційна робота Присяжнюк О.В., в якій запропоновано моделювання процесів конвективно-дифузійного тепломасоперенесення розчинних речовин у пористих та мікропористих тілах у випадку переважання одних складових процесу над іншими та побудова нових ефективних методів розв’язування поставлених на їх основі задач є актуальною та важливою.

Як впливає з тексту дисертації та автореферату дисертаційна робота виконана у відповідності з планами держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри інформатики і прикладної математики Рівненського державного гуманітарного університету.

Оцінка змісту дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 152 сторінки, з них 115 сторінок основного тексту, в тому числі 32 рисунки.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення.

У першому розділі дисертації автором описано стан досліджень та виконано огляд літератури з проблем моделювання процесів конвективно-

дифузійного масоперенесення в пористих та біпористих середовищах, асимптотичних методів розв'язання сингулярно збурених крайових задач, а при визначенні власних завдань дослідження наголошено на наявність складної структури взаємозалежностей різних факторів, що визначають процеси у системах типу “фільтрація-конвекція-дифузія”, які не враховувались у традиційних (класичних) моделях таких систем.

На основі проведеного аналізу невирішених проблем у другому розділі узагальнено математичні моделі сингулярно збурених процесів конвективної дифузії в пористих середовищах на випадок дослідження відповідних багатокомпонентних неізотермічних процесів з урахуванням хімічної реакції між розчинними речовинами. Побудовано асимптотичне наближення розв'язків відповідних крайових задач. Як приклад ефективності застосування запропонованого підходу розв'язування крайових задач, також досліджено сингулярно збурений процес конвективно-дифузійного теплоперенесення у тонкій трубці з врахуванням теплообміну із зовнішнім середовищем та побудоване асимптотичне розв'язання розв'язку відповідної модельної задачі з умовами третього роду на бічній границі. Проведені числові експерименти, на основі яких зроблені висновки про взаємовплив різних характеристик середовища та процесу.

Третій розділ присвячено дослідженню процесів однокомпонентного конвективно-адсорбційно-дифузійного масоперенесення в однорідних та шаруватих мікропористих середовищах за умови превалювання одних складових процесу над іншими. Такі процеси описуються нелінійними системами сингулярно збурених диференціальних рівнянь з локально-іншорідними особливостями. Наявність малих параметрів, що характеризують переважання певних складових процесу, дозволяє будувати асимптотичне розв'язання розв'язків модельних сингулярно збурених крайових задач, які описують процеси масоперенесення в мікропористих середовищах.

Розроблену методику поширено (в останньому розділі) на випадок моделювання процесів розповсюдження багатокомпонентного забруднення в мікропористих тілах у випадках переважання їх конвективних складових над дифузійними та розробці чисельно-асимптотичних методів побудови розв'язків відповідних нелінійних сингулярно збурених задач за умов взаємовпливу різних характеристик середовища та процесу. Запропоноване узагальнення даної моделі на випадок врахування масообміну, породженого екзотермічною хімічною реакцією забруднюючих речовин. На основі отриманих розв'язків проведено комп'ютерний експеримент та проаналізовано кінетику процесу

перенесення забруднюючих речовин в міжчастинковому просторі і в мікропористих частинках при різних значеннях конструктивних (розміри фільтра, радіус частинок тощо) та технологічних (тривалість процесу очищення) параметрів процесу.

З аналізу змісту дисертації можна зробити висновок, що сформульовані автором на основі проведених розробок наукові положення достатньо обгрунтовані, оскільки базуються на фундаментальних співвідношеннях математичного моделювання, коректному використанні аналітичних та чисельних методів розв'язання задач. Зупинимось на основних результатах, отриманих в дисертації, які визначають її *наукову новизну* та значимість.

Удосконалено математичну модель процесу конвективно-дифузійного тепломасоперенесення розчинних речовин з врахуванням масообміну за умови домінування одних його складових над іншими, що дало змогу уточнити динаміку зміни концентрації окремих компонент багатокomпонентної суміші.

Сформовано та обгрунтовано математичну модель сингулярно збуреного процесу конвективно-дифузійно-адсорбційного масоперенесення розчинної речовини в однорідному та кусково-однорідному середовищі частинок мікропористої структури, що на відміну від існуючих, враховує механізм конвективного перенесення, а також уточнює розрахунок розподілу концентрації в мікропористому середовищі (фільтрі); побудовано асимптотичне розв'язання розв'язків відповідної крайової задачі, у тому числі за умови неповних даних. Підтверджено, що незважаючи на малу швидкість протікання явищ дифузійного масоперенесення в порах частинок, з часом це суттєво впливає на розподіл концентрації у самій частинці та у всьому фільтрі, а отже, можливим є використання розглянутого мікропористого середовища з метою очищення рідин від забруднень. Дану математичну модель узагальнено на випадок дослідження сингулярно збуреного процесу багатокomпонентного конвективно-дифузійно-адсорбційного масоперенесення розчинної речовини в однорідному мікропористому середовищі (фільтрі), за умов врахування масообміну та взаємовпливу компонент. Побудовано асимптотичне розв'язання розв'язку відповідних одновимірних нелінійних сингулярно збурених крайових задач, на основі чого проведено комп'ютерний експеримент та отримано просторово-часовий розподіл концентрацій забруднюючих речовин при різних значеннях параметрів процесу.

Отримав подальший розвиток метод асимптотичних розв'язків сингулярно збурених крайових задач стосовно дослідження процесів конвективно-дифузійного перенесення в тонкій трубці за умов

тепломасообміну на бічній границі, що, окрім забезпечення можливості врахування відведення забруднення через стінки-пастки, також дозволяє прогнозувати відбір ґрунтового тепла з допомогою ґрунтового теплообмінника.

Практична цінність отриманих в роботі результатів полягає в тому, що вони дають змогу проводити розрахунки з метою уточнення кінетики процесу тепломасоперенесення в пористих та мікропористих середовищах, що націлено на оптимальне налаштування параметрів процесів очищення технічних рідин (товщини робочих пластів, радіуси каналів, розміри частинок адсорбентів, константи рівноваги і масообміну тощо) від багатокomпонентного забруднення та є основою для розробки системи автоматизованого керування відповідними процесами для отримання високих ступенів очищення вихідних продуктів, економії розхідних матеріалів та скорочення енерговитрат. Як впливає з матеріалів дисертації деякі з результатів роботи на даний час вже знайшли практичне застосування. Перспективними галузями для використання результатів дисертаційних досліджень, на мій погляд, є гідротехніка та екологія. Можна рекомендувати використання результатів дисертації в навчальному процесі у вузах відповідної спеціалізації.

Достовірність отриманих в дисертації результатів забезпечується строгою математичною постановкою розглянутих у роботі крайових задач та їх коректністю. Для одержання розв'язків поставлених крайових задач застосовувались достатньо обґрунтовані асимптотичні методи, а також відомі аналітичні методи теорії диференціальних рівнянь та теоретично обґрунтовані чисельні методи. Крім цього, достовірність одержаних в дисертації результатів забезпечується їх безсумнівною фізичною інтерпретованістю.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. Основні результати дисертації достатньо повно відображені в 29 опублікованих наукових роботах, з яких 9 – у спеціалізованих фахових виданнях, причому 3 роботи опубліковано без співавторів. Особистий внесок здобувача в спільних публікаціях відображено в дисертації і авторефераті. Основні наукові результати, які викладені в спільних публікаціях, отримані дисертантом самостійно.

Матеріали дисертації доповідались автором на численних наукових конференціях та семінарах, як українських, так і міжнародних.

Автореферат правильно і з достатньою повнотою відображає основний зміст дисертації. Дисертаційна робота та автореферат написані державною мовою, оформлені у відповідності до вимог, які висуваються до кандидатських

дисертацій, зокрема п. 11 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”. Виклад матеріалу дисертації супроводжується всіма необхідними посиланнями в тексті роботи на першоджерела та запозичення з праць інших дослідників.

Також слід відзначити деякі *зауваження* по роботі:

1. Слід було б чіткіше охарактеризувати межі застосування одержаних в роботі асимптотичних наближень та окреслити їх переваги і недоліки стосовно моделювання окреслених в роботі процесів.

2. Розв'язки поставлених початково-крайових задач подані у вигляді їх асимптотичних наближень і представлені у вигляді рядів. Вони проілюстровані великою кількістю графіків. Проте, переважно, не сказано скільки членів ряду враховано при обчисленнях.

3. Проведені численні комп'ютерні експерименти варто було б спрямувати на встановлення максимальних часових проміжків, що дозволяють будувати рівномірні наближення розв'язків відповідних сингулярно збурених задач за допомогою одержаних у роботі співвідношень.

4. У другому розділі, де йдеться про масо перенесення в пористих середовищах, для задачі масоперенесення теплоносія в тонкій трубці ґрунтового теплообмінника, зовнішнє середовище, з яким вона контактує, вважається однорідним. Доцільно було би його також вважати багатокомпонентним середовищем.

5. Не достатньо уваги приділено питанню існування та єдності розв'язків поставлених крайових задач, а також «коректності» постановок обернених задач ідентифікації дифузійних параметрів. Варто було б привести огляд існуючих результатів із даного напрямку.

6. Доцільно було б звернути більше уваги на порівняння запропонованого методу з відомими в літературі тестовими прикладами для великих чисел Пекле.

7. В роботі підкреслюється, що виконується моделювання процесів конвективно-дифузійного перенесення в пористих та мікропористих середовищах, а по суті ж маємо справу з пористими та мікропористими тілами і врахування впливу не лише внутрішніх, а й зовнішніх границь є суттєвим при аналізі розглядуваних в них процесів.

Вказані вище зауваження суттєво не занижують цінності розглядуваної дисертаційної роботи та її високої якості в цілому.

Висновок. Дисертаційна робота Присяжнюк О.В. “Математичне моделювання процесів конвективно-дифузійного тепломасоперенесення в пористих та мікропористих середовищах методами теорії збурень” є завершеним науковим дослідженням, в якому вирішене важливе науково-прикладне завдання математичного моделювання процесів типу “конвекція-дифузія-тепломасообмін” у пористих та мікропористих середовищах з урахуванням взаємовпливу визначальних факторів процесу на характеристики середовища.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною цінністю отриманих результатів дана дисертаційна робота повністю відповідає вимогам, які висуваються до кандидатських дисертацій за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, а її автор Присяжнюк Олена Вікторівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за цією спеціальністю.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри транспортних технологій
Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту ім. В. Лазаряна
доктор технічних наук, професор

Гера Б.В.

“ 17 ” 06 2016 р.

Підпис Гери Б. В. засвідчую
В.о. директора Львівської філії
Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту ім. В. Лазаряна
доктор економічних наук, професор



Копитко В.І.