

Голові разової спеціалізованої
вченої ради
в Національному університеті
«Одеська політехніка»
доктору технічних наук, професору
ПАВЛЕНКУ В. Д.

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, завідувачки кафедри інформаційних систем Навчально-наукового Інституту комп'ютерних систем Національного університету «Одеська політехніка», доктора технічних наук, професора АРСІРІЙ Олени Олександрівни на дисертацію ЛИСЬ Дар'ї Анатоліївни за темою: **«Моделі, методи та засоби математичного моделювання динамічних станів парорідинних двофазних систем»** подану до захисту в разову спеціалізовану вчену раду Національного університету «Одеська політехніка» Міністерства освіти і науки України на здобуття наукового ступеню доктора філософії з галузі знань 12 — Інформаційні технології за спеціальністю 121 — Інженерія програмного забезпечення.

1. Актуальність теми дисертації

Дисертаційну роботу ЛИСЬ Дар'ї Анатоліївни присвячено актуальній проблемі, а саме: дослідженню низки промислово важливих (зокрема, в енергетиці, добувній, хімічній, переробній галузях промисловості тощо) та поширених у природі (наприклад, рух ґрунтових вод, розповсюдження рідких та газо- і пароподібних забруднень, випаровування з відстійників та фільтраційних споруд тощо) процесів і об'єктів. В роботі показано, що фізичний перебіг вказаних процесів визначають, у значній мірі, динамічні стани у парорідинних двофазних системах. При цьому було відзначено, що хвильова динаміка двофазних систем являє собою новий розділ механіки гетерогенних систем та теплофізики, який набуває останнім часом інтенсивного розвитку. Дисертанткою, в ході аналізу, було зазначено, що брак розвинутої теоретичної бази та вичерпних практичних досліджень двофазних парорідинних систем потребують залучення сучасних результатів нелінійної хвильової динаміки, розробки нових способів врахування міжфазної взаємодії, використання сучасних моделей хвильових рухів, зокрема таких як «ударні хвилі» та «пакетні хвилі». З точки зору математичного моделювання плин у двофазних парорідинних системах показано перспективність та конструктивність застосування апарату варіаційних нерівностей для розробки адекватних математичних моделей нерівновагових динамічних станів парорідинних двофазних систем.

В дисертаційній роботі виконано аналіз питань математичної формалізації та обчислювальних методів математичного моделювання динамічних станів парорідинних двофазних систем, який дозволив визначити проблематику задач теоретичного та практичного характеру, що виникають

при цьому.

Зміст дисертаційної роботи, її основні задачі, відповідають постанові Президії НАН України від 30.01.2019 № 30 «Про основні наукові напрямки та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019–2023 роки», зокрема щодо пунктів: 1.2.1.1. — Розроблення математичних методів та систем моделювання об'єктів та процесів; 1.2.1.4. — Дослідження математичних моделей, проблем комп'ютерної математики, оптимізації, оцінювання, ідентифікації; 1.2.4. — Інтелектуальні інформаційні технології та системи.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету «Одеська політехніка», згідно координаційних планів Міністерства освіти і науки України, зокрема, в рамках наукових досліджень за держбюджетними науково-дослідними роботами (НДР): «Засоби моніторингу динамічних об'єктів, засновані на застосуванні моделей у вигляді нечітких множин» № 152–63, 2018 — 2021 р. р. (№ держ. реєстрації 0118U006825) та «Методи та програмні засоби інтерпретації моделей машинного навчання непараметричних динамічних об'єктів» №210-63, 2021 — 2025 р. р. (№ держ. реєстрації 0122U002161).

Таким чином, можна констатувати, що дисертаційна робота ЛИСЬ Дар'ї Анатоліївни є, безперечно, *актуальною*, яка має важливе науково-практичне значення.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Аналіз змісту дисертаційної роботи і наукових публікацій ЛИСЬ Д. А. дають змогу зробити висновок про те, що основні наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовано в дисертаційній роботі, відповідають темі досліджень, їх вірогідність забезпечено коректністю визначення об'єкту та предмету дослідження, які узгоджено з метою і задачами наукового дослідження.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, ступінь наукової розробленості теми, розкрито наукову новизну, теоретичне і практичне значення одержаних результатів, визначено ступінь їх апробації та особистий внесок дисертантки. Так, об'єктом досліджень є процеси моделювання рівновагових та нерівновагових динамічних станів парорідинних двофазних систем, а предметом досліджень — математичні моделі типових випадків динамічних станів парорідинних двофазних систем та обчислювальні методи їх числової і комп'ютерної реалізації, що є актуальним напрямком для сучасної інженерії програмного забезпечення.

Складність розв'язування задач щодо формування руху багатофазних систем зумовлено нерівноваговими процесами теплової та гідродинамічної взаємодії фаз, наявністю фазових переходів, а також численністю структур і форм існування дискретної фази.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що виносяться до захисту, і які сформульовано в дисертації, відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України до подібних досліджень, що підтверджує їх коректність та аргументованість. Достовірність результатів не викликає сумнівів, оскільки вони мають строгі математичні доведення.

Ступінь обґрунтованості сформульованих авторкою наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються всебічним аналізом значного переліку літературних джерел з досліджуваної теми, а також, не останньою чергою, було забезпечено завдяки вдалому застосуванню комплексу загальнонаукових і спеціальних методів дослідження.

Кожен наступний розділ чи підрозділ органічно пов'язано з попереднім і доповнює його.

Для дисертації характерна системність та ясність викладення матеріалу, вміння виділити суттєві моменти, чітка їх аргументація. Висновки дисертаційної роботи цілком обґрунтовані, коректні та логічно впливають з викладеного матеріалу.

Ознайомлення з текстом дисертації дозволяє констатувати актуальність розроблення авторкою досліджуваної проблематики в цілому, виокремлення найбільш важливих задач у межах предмету проведеного дослідження, а також наявність новизни їх наукових напрацювань.

Висновки по дисертаційній роботі підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень. Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Дисертація ЛИСЬ Дар'ї Анатоліївни є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, що присвячена розв'язанню актуальних науково-практичних задач зі створення моделей та методів числового моделювання динамічних станів парорідинних двофазних систем — ґрунтуючись на підході узагальнення, а також у розробці інструментальних програмно-алгоритмічних засобів моделювання, які забезпечують конструктивний розв'язок задач в практиці досліджень та інженерних розрахунків для широкої гами енергетичних процесів і об'єктів природного походження та технологічного призначення.

У дисертаційній роботі сформульовано і обґрунтовано низку теоретичних положень, пропозицій та висновків, які містять ознаки наукової новизни, а саме:

– запропоновано нестационарі та нелінійні *математичні моделі* рівновагових та нерівновагових динамічних станів парорідинних двофазних систем у вигляді відповідних диференціальних рівнянь та варіаційних нерівностей у частинних похідних, які отримано на основі фундаментальних законів фізики, що забезпечує адекватність цих моделей у широкому діапазоні змін параметрів двофазного середовища, на відміну від існуючих емпіричних та рекурентних математичних моделей. Для запропонованих математичних моделей *виконано узагальнення*, що дозволило поставити та розв’язати задачу пошуку методів реалізації математичних моделей поширених (типових у практичних застосунках) динамічних станів парорідинних двофазних систем ґрунтуючись на підході уніфікації;

– запропоновано *методи обчислювальної реалізації* узагальнених математичних моделей рівновагових та нерівновагових динамічних станів парорідинних двофазних систем, причому, в першому випадку, метод полягає у дискретизації неперервних математичних моделей за явно-неявною схемою та наступному розв’язуванні результуючої системи дискретних алгебраїчних рівнянь за ітераційним процесом Зейделя, а у другому — метод полягає у розв’язуванні оптимізаційної задачі і зводиться до пошуку максимуму функції Гамільтона, записаної для розширеної узагальненої математичної моделі досліджуваного динамічного стану. Дані методи дозволяють скоротити обчислювальні витрати при числовій реалізації дискретних аналогів неперервних математичних моделей за рахунок застосування економічних різницевих схем.

Практична цінність дисертаційної роботи здобувачки полягає в тому, що запропоновані математичні моделі та методи їх обчислювальної реалізації дозволяють розширити клас важливих для практики задач дослідження динамічних станів парорідинних двофазних систем, а також створити комплекс інструментальних програмно-алгоритмічних засобів розв’язування прикладних задач моделювання зокрема, виникнення і розвитку хвильового режиму, бульбашкового режиму та формування границі розділу компонент у рідинній складовій.

4. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 13 публікаціях, з них: у 1-й, статті, опублікованій у виданні, що проіндексовано у наукометричній базі Scopus; у 3-х статтях, які опубліковано у виданнях, включених до Переліку фахових видань України (всі видання індексуються у міжнародних наукометричних базах даних, зокрема: Index Copernicus International, Ulrich’s Periodicals Directory, Electronic Journals Library, Google Scholar); у 1-й статті, яку опубліковано у зарубіжному виданні, а також у 8-ми тезах Міжнародних наукових конференцій (матеріали однієї з яких

проіндексовано у наукометричній базі Scopus).

Основі напрямки дисертаційної роботи повністю викладено в опублікованих працях, а саме: ММ рівновагових та нерівновагових динамічних станів парорідинних двофазних систем; ММ динамічних станів парорідинних двофазних систем в режимі утворення ударних хвиль; ММ нерівновагових динамічних станів парорідинних двофазних систем в режимі утворення ударних хвиль; числова реалізація ММ динамічних систем; ММ гравітаційної хвилі на границі поділу двошарової рідинної системи — що є дуже актуальним для сьогодення.

Участь у науково-комунікативних заходах свідчить про ознайомлення наукової спільноти з результатами дисертаційного дослідження. Кількість опублікованих праць відповідає вимогам, що встановлені МОН України щодо дисертацій на здобуття ступеню доктора філософії.

Дисертаційна робота ЛИСЬ Д. А. відповідає вимогам, передбаченим «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022 року.

5. Значення роботи для науки та практики

Наукові досягнення, які здобуто в дисертаційній роботі, підкреслено, зокрема, в емпіричній базі дисертаційної роботи, а саме: статистичні матеріали, які характеризують питання експериментальних досліджень фізичних явищ плинну двофазних парорідинних систем у різних динамічних режимах (гомогенного потоку, малих збуджень та нелінійних хвиль, ударних хвиль, бульбашкової суспензії, середовищ без наявності та з наявністю дисипації в потоці).

Практичне значення отриманих результатів полягає у застосуванні комплексу інструментальних програмно-алгоритмічних засобів, що забезпечує скорочення часу моделювання в 1,2 — 1,4 рази за рахунок автоматизації процедур обчислювального процесу. Обґрунтованість практичних результатів дисертаційної роботи засвідчується актами впровадження.

Слід підкреслити, що авторка володіє сучасними методами математичного моделювання тепло-масообмінних процесів, які спостерігаються у основних технологічних апаратах добувних та переробних галузей промисловості.

Основні положення дисертації, включаючи постановку задач, аналіз відомих підходів, розробку методики та розрахункових моделей, отримання та аналіз результатів і впровадження їх у практику на діючих виробництвах, підтверджено відповідними актами.

Також акти засвідчують, що результати, які отримано в дисертаційній роботі, використано при розробці лекційних курсів (і відповідних циклів лабораторних робіт) з дисциплін: «Автоматизація виробничих процесів», «Автоматизація проектування систем управління», «Моделювання систем і технологічних процесів», які поставлено і читаються на кафедрі комп'ютеризованих систем і програмних технологій Національного університету «Одеська політехніка».

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

В результаті вивчення дисертаційної роботи порушень академічної доброчесності не виявлено. Всі запозичення, які є в роботі, мають посилання на відповідні джерела, інші — є загальноновживаними і не є плагіатом.

Публікації здобувачкою результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є одним із важливих підтверджень відсутності порушень академічної доброчесності.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Дисертаційну роботу написано на високому науковому рівні, робота містить значну кількість прикладів, що сприяє кращому розумінню матеріалу.

Проте є окремі зауваження:

1. При аналізі типових випадків динамічних станів двофазних парорідинних систем доцільно було б наводити їх детальні геометричні інтерпретації, що дозволило б більш повно представляти якісні картини відповідних фізичних явищ, які при цьому відбуваються.

2. В дисертації не приділено значної уваги обговоренню обсягу обчислювальних витрат на числову реалізацію запропонованих моделей, що важливо при розв'язуванні прикладних задач.

3. В третьому розділі роботи, при складанні дискретних аналогів запропонованих математичних моделей, не визначено вплив похибок від спрощень, прийнятих при визначенні просторової області моделювання Ω .

4. В четвертому розділі авторка наводить опис розробленого комплексу інструментальних програмно-алгоритмічних засобів, але проведенню більш детального його аналізу заважає відсутність у додатках вихідних форм та лістингів програмного забезпечення.

В цілому, вказані зауваження не впливають на високий науковий рівень роботи і самого проведеного дисертаційного дослідження.

8. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота ЛИСЬ Д. А. за темою: *«Моделі, методи та засоби математичного моделювання динамічних станів парорідинних двофазних систем»* є цілісним, самостійним, завершеним науковим дослідженням, що вирішує важливу науково-прикладну задачу, має теоретичну і практичну цінність у галузі інформаційних технологій.

На підставі вищезазначеного можна констатувати, що дисертаційна робота ЛИСЬ Д. А. відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022 року, а її авторка — ЛИСЬ Дар'я Анатоліївна — заслуговує на присудження наукового ступеню доктора філософії у галузі знань 12 — Інформаційні технології за спеціальністю 121 — Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний рецензент:

завідувачка кафедри інформаційних
систем Навчально-наукового
Інституту комп'ютерних систем
Національного університету
«Одеська політехніка»,
доктор технічних наук, професор

Олена АРСІРІЙ