

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Луньової Марії Валентинівни «Моделювання внутрішніх хвильових процесів у шаруватих рідинах», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 у спеціалізовану вчену раду ДФ 23.053.004 Центральноукраїнського державного педагогічного університета імені Володимира Винниченка

Актуальність обраної теми дисертації. Системи з шаруватою структурою охоплюють широке коло об'єктів та процесів, тому вивчення нелінійних хвильових процесів в таких системах має значний загальнофізичний і прикладний інтерес та є предметом багатьох досліджень. Актуальність теми визначається необхідністю вивчення фізичних процесів у стратифікованих гідродинамічних структурах, а саме - дослідження слабконелінійних хвильових пакетів у тришаровій рідкій системі з дисперсією, та якісного і кількісного аналізу умов їх поширення, еволюції та стійкості в залежності від фізичних та геометричних параметрів рідин. У випадку тришарової рідини, коли два верхніх шари рідини мають скінчену глибину, а нижня область прямує до нескінченості, важливою характеристикою системи є відношення густин рідких шарів. Цей параметр може істотно впливати на баланс нелінійних і дисперсійних ефектів, а значить, і на стійкість та еволюцію хвильових пакетів при їх поширенні вздовж поверхні дотику шарів.

Задача математичного моделювання шаруватих рідких систем, чисельний та аналітичний аналіз отриманих результатів зумовлені потребами як теорії, так практики. Розв'язання задач поширення хвиль у системах з шаруватою структурою має застосування у океанології, біомеханіці, гідравліці, в інших галузях машино- та суднобудування. Ці дослідження не тільки дозволяють з деякою мірою точності моделювати реальні фізичні хвильові процеси, вони також є актуальними для розробки чисельних досліджень, для створення теоретичної бази для експериментів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наукові положення, рекомендації та елементи наукової новизни, які виносяться автором на захист, можна вважати достатньо обґрунтованими та достовірними. Вони базуються на положеннях наукових праць вітчизняних та зарубіжних учених з питань нелінійних хвильових процесів. Обґрунтованість одержаних результатів дослідження забезпечено використанням загальнонаукових (аналіз, синтез, проведення обчислювальних експериментів та співставлення отриманих результатів з теоретичними та експериментальними результатами інших дослідників) та спеціальних методів (метод багатомасштабних розвинень). У

Вхідний № 23.053.004/1
від 10.02.2021 р.
ЦДПУ ім. В.Винниченка

Ю.В.М.

роботі визначено й логічно поставлено низку основних завдань, вирішення яких дозволило досягти мети дисертаційної роботи.

Достовірність та наукова новизна одержаних результатів, повнота їх викладу в опублікованих працях. У дисертації одержані такі *нові наукові результати*:

1. Побудовано перші три наближення математичної моделі нової слабконелінійної задачі про поширення хвиль у тришаровій гідродинамічній системі «півпростір – шар – шар з твердою кришкою» з урахуванням поверхневого натягу на поверхнях контакту. Отримано дисперсійне співвідношення першого наближення слабконелінійної задачі, умову розв'язності другого і третього наближень та розв'язки задачі другого наближення.

2. Проведено аналіз умов проходження внутрішніх хвиль у даній тришаровій системі. Виявлені якісні та кількісні характеристики взаємодії внутрішніх хвиль у першому наближенні. Проведено аналіз форм хвильових пакетів на основі отриманих значень амплітуд другої гармоніки. Виявлено умови змін їх форми, які виникають у момент встановлення балансу між нелінійністю та дисперсією.

3. Виведено еволюційні рівняння для обвідних хвильового пакету на поверхнях контакту у рамках слабконелінійної моделі рідкої системи «півпростір – шар – шар з твердою кришкою» у вигляді нелінійних рівнянь Шредінгера. Виявлено та чисельно досліджено умову стійкості гравітаційно-капілярних хвиль у задачі про поширення хвильових пакетів, що розглядається. Виявлено суттєвий вплив фізичних та геометричних параметрів системи на області модуляційної стійкості.

4. Проведено аналіз потоку енергії хвильового руху в залежності від параметрів системи. Представлено аналіз залежності потоку енергії хвильового руху від хвильового числа для різних значень товщини верхнього шару. Виявлено, що потік енергії має спадний характер (незважаючи на наявність екстремуму на нижньому півпросторі) і практично не залежить від товщини верхнього шару.

5. В пакеті символьних обчислень Maple автоматизовано виведення основних аналітичних виразів у другому і третьому наближенні та знаходження невідомих коефіцієнтів у розв'язках.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів. Отримані в дисертаційній роботі результати мають теоретичний характер і можуть бути використані в задачах моделювання хвильових процесів, які виникають в природному середовищі (ріка, море, океан). Окремі результати можуть бути використані в освітньому процесу студентів, які навчаються на другому (магістерському) рівні вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки та третьому (освітньо-науковому) рівні спеціальності 113 Прикладна математика,

що підтверджено відповідними актами впровадження. (акт впровадження результатів дисертації у ЦДПУ ім. В. Винниченка № 326/44-н від 05.10.2020 р., акт впровадження результатів дисертації у НДУ ім. М. Гоголя № 01-14/1001 від 09.12.2020 р.).

Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях. Результати дисертаційної роботи опубліковано в 11 наукових працях: 5 статей у виданнях, включених МОН України до переліку наукових фахових для спеціальності 113 Прикладна математика, одна з яких перевидана у зарубіжному науковому періодичному виданні (США); 6 наукових праць у збірниках наукових доповідей, оприлюднених на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях та інших виданнях. Серед названих вище статей 3 опубліковані у виданнях, внесених до міжнародної наукометричної бази Scopus. Зміст опублікованих праць у повній мірі розкриває сутність результатів проведеного дослідження. Це дозволяє зробити висновок, що якість, кількість і обсяг наукових праць, опублікованих Луньовою М.В., відповідає рівню дисертації, їх зміст та тематична спрямованість відповідають спеціальності 113 Прикладна математика.

Оцінка змісту дисертації та її оформлення. Дисертація Луньової М.В. оформлена відповідно до Вимог оформлення дисертацій, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40. Дисертація складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Анотація та текст дисертації оформлено відповідно до чинних вимог МОН (Наказ МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» зі змінами від 31.05.2019 № 759 «Про внесення змін до наказу Міністерства освіти і науки України від 12.січня 2017 року № 40»).

Зауваження по роботі.

1. Для отримання наближеного розв'язку задачі до величин третього порядку малості використовується перетворення в диференціальній формі (методи теорії збурень), однак у багатьох сучасних роботах такі наближені розв'язки отримують з використанням варіаційних методів. Такі апроксимації більш природні, оскільки задовольняють закону збереження енергії. Чому надано перевагу саме диференціальній формі при побудові розв'язку?
2. Залишилось незрозумілим, як впливають капілярні ефекти на характер розповсюдження хвиль в шаруватій рідині, коли шари вважаються однією рідиною, але з різними фізичними характеристиками (щільність, солоність, температура). Для яких рідин обиралися параметри капілярності, приведені в прикладах?
3. Методично було б цікаво з'ясувати, наскільки повно використовується система символьних обчислень Maple для отримання аналітичних

розв'язків, тобто, які етапи можна повністю автоматизувати, а на яких потрібно робити перетворення вручну, а потім результати вносити в систему (групування, подвійні суми, визначення порядку і т.д.).

Вказані зауваження в значній мірі є побажаннями і не зменшують загальної високої оцінки одержаних наукових результатів.

Загальний висновок та оцінка дисертації. Дисертаційна робота М.В. Луньової є системним, завершеним науковим дослідженням, яке присвячено вирішенню актуального завдання – моделюванню внутрішніх хвильових процесів у шаруватих рідинах.

В цілому вважаю, що дисертаційна робота Луньової М.В. на тему «Моделювання внутрішніх хвильових процесів у шаруватих рідинах» відповідає галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика та всім вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283), п. 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії затвердженого постановою Кабінету Міністрів України 6 березня 2019 р. № 167, а її авторка, Луньова Марія Валентинівна, за отримані наукові результати досліджень заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент:

старший науковий співробітник
відділу математичних проблем механіки
та теорії керування
Інституту математики НАН України,
кандидат фізико-математичних наук

