

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Поцелуєва Сергія Івановича
«Багатопараметричне збудження поверхневих і внутрішніх хвиль
у магнітних рідинах», представлену на здобуття
наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми.

Рецензована робота присвячена дослідженню хвильових рухів та виникненню впорядкованих просторових конфігурацій вільної поверхні при взаємодії шарів намагнічуваних рідин з зовнішнім магнітним полем. Тема дисертаційної роботи в першу чергу пов'язана з проблемами ферогідродинаміки. Виникаючі тут задачі є складними вже тому, що надзвичайно складним є об'єкт дослідження – магнітні рідини. Вони є колоїдними розчинами нанорозмірних ферочасток, диспергованих в немагнітній рідині. Як результат, в залежності від об'ємної концентрації магнітної фази, пондеромоторні сили в феромагнітній рідині можуть на декілька порядків перевищувати сили тяжіння, чим і викликано їх широке застосування в різноманітних технічних пристроях. Таким чином, поведінка магнітної рідини може залежати від складного механізму взаємодії з зовнішнім магнітним полем. Дослідження явища поширення звуку та особливостей хвильових рухів з урахуванням намагнічування середовища є важливим для прикладних застосувань, оскільки методи ультразвукової діагностики є одними з найбільш поширених для дослідження структури матеріалів. Зазначені обставини обумовлюють актуальність теми дисертаційної роботи.

Дисертація має зв'язок із державними науковими програмами. Робота виконана на кафедрі прикладної математики й кафедрі теоретичної та прикладної механіки Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна згідно з держбюджетними темами наукових досліджень: «Комбінаційні резонанси, біфуркації та параметрична стабілізація в механічних системах» (2012 – 2014 рр., №0112U001313), «Розробка математичних моделей та чисельно-аналітичних методів

дослідження хвильових рухів континуальних систем ускладненої структури» (2015 – 2016 рр., № 0115U000480), «Дослідження якісної поведінки динамічних систем різної природи» (2016 – 2017 рр., № 0116U000823).

Основні результати роботи достатньо повно викладені в 16 друкованих працях, з них 4 – наукові статті у виданнях за фахом, затверджених МОН України, 2 – статті в іноземних спеціалізованих виданнях, 1 – стаття в колективних працях наукової конференції, 9 – тези доповідей на наукових конференціях. Рівень апробації роботи на семінарах і конференціях, у тому числі і міжнародних, є цілком задовільним.

Автореферат написано відповідно до змісту дисертації та вимог МОН України.

Основні положення роботи є достатньо обґрунтованими. Задачі розглядаються в строгих математичних постановках. Запропоновані підходи до визначення стійкості рівноваги намагнічуваних рідин із вільною поверхнею у зовнішньому магнітному полі передбачають попередню лінеаризацію точних рівнянь і граничних умов ферогідродинаміки з подальшим зведенням задачі динаміки вільної поверхні магнітної рідини до системи звичайних диференціальних рівнянь, зокрема з періодичними коефіцієнтами для випадку нестационарного магнітного поля. В дослідженні використовуються коректні фізичні моделі та класичні математичні методи, такі як методи теорії стійкості, асимптотичні методи, числові методи лінійної алгебри, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

Запропоновані методи теоретичного визначення критичних значень фізичних і геометричних параметрів систем намагнічуваних рідин, які відповідають появі поверхневих і внутрішніх хвиль мають прикладне значення, оскільки вони можуть бути використані для перевірки математичних моделей, що описують практично важливі задачі ферогідродинаміки.

Наукова новизна дисертації полягає в тому, що проведені в ній дослідження та отримані результати дозволили виявити і вивчити ряд нових в теоретичному та прикладному значенні фізичних ефектів. Новими науковими результатами, які одержані у дисертації особисто автором, можна вважати:

1. Узагальнено метод побудови границь областей параметричної стійкості шарів магнітних рідин з необмеженою вільною поверхнею у зовнішньому нестационарному магнітному полі та при механічних вібраціях шару. При цьому враховувалися такі фізичні фактори як в'язкість рідин, нелінійний закон намагнічування, поверхневий натяг та скінченність глибини шару. Отримано наступні результати:

– Осцилююче магнітне поле може проявляти ефект параметричної стабілізації, а саме підвищувати поріг виникнення нестійкості Розенцвейга у вертикальному магнітному полі.

– При відхиленні нестационарного магнітного поля від горизонтального або вертикального положення для збудження магнітної нестійкості Фарадея необхідно прикласти поле більшої амплітуди, окрім того це може призводити до зміни критичного хвильового числа, що відповідає гармонічним або субгармонічним коливанням системи.

– Встановлено, що параметричну дію механічних вібрацій можна компенсувати нестационарним магнітним полем, яке осцилює з тією ж частотою.

– Для нелінійно намагнічуваної рідини показано принципову можливість збудження параметричної нестійкості вільної поверхні при гармонічних коливаннях температури за рахунок магнітокалоричного ефекту.

2. Для систем магнітних рідин з обмеженою вільною поверхнею запропоновано методи дослідження стійкості рівноважних станів феррорідин при взаємодії із зовнішнім магнітним полем. Для випадку двошарової системи рідин, які розташовані в циліндричному соленоїді або розділені горизонтальною пластиною з круговим отвором побудовано границі областей стійкості у просторі визначальних безрозмірних параметрів розглянутих систем. При цьому встановлено:

– Область значень параметрів, що відповідають нестійким рівноважним станам, розбивається на зони, кожна з яких характеризується цілком визначеною модою найбільш швидко зростаючих збурень поверхні.

– Показано, що зміни індукції магнітного поля, що викликають перехід фізичних параметрів з однієї зони в іншу, супроводжуються якісною перебудовою форм поверхні розділу ферорідин.

– Збільшення числа Бонда, яке характеризує відношення гравітаційних до капілярних сил, призводить до зменшення внутрішніх масштабів (відстаней між сусідніми піками та впадинами) структур, що виникають на поверхні розділу рідин в закритичній області значень параметрів.

4. Для одновимірних рухів стискуваних магнітних рідин показано, що нестационарна дія зовнішнього магнітного поля може викликати збудження об'ємного параметричного резонансу, що відповідає виникненню акустичних коливань в об'ємі ферорідини.

Недоліки, зауваження, побажання:

– Дисертаційна робота має друкарські помилки, які пов'язані з українською орфографією та пунктуацією. В авторефераті дисертації ці недоліки усунені.

– На стор. 56 зазначено, що вираз (2.66) є рівнянням для квадратичного пучка матриць. Коректніше було б сказати, що (2.66) є системою рівнянь для амплітуди збурень поверхні рідини, а матриця цієї системи є квадратичним пучком матриць відносно спектрального параметра, яким є амплітуда параметричного збудження.

– В роботі зустрічаються терміни дводіагональна та тридіагональна матриці (стор. 52). Коректніше було б сказати матриця з ненульовою головною діагоналлю та двома симетричними над- та піддіагоналями.

– В розділі 3 для систем магнітних рідин з обмеженою вільною поверхнею розв'язки сформульованих задач відшукуються за допомогою розв'язків допоміжних спектральних крайових задач. Не пояснено відмінності цих задач для випадку рідин, розташованих в циліндричному соленоїді, та випадку рідин, розділених пластиною з круговим отвором.

– Не повністю роз'яснено як здійснюється перехід до подвійної індексації власних значень спектральної крайової задачі (на стор. 100).

– На стор. 109 у виразах (3.57) некоректно відображаються деякі українські букви.

– В формулі (3.87) є друкарська помилка в індексі. Замість ω_e має бути ω_g .

Зазначені недоліки не переважають загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи в цілому. Дисертація Поцелуєва С. І. є завершеною науковою працею, автором проведені достатньо глибокі і ретельні дослідження, спрямовані на вивчення стійкості рівноважних станів та виникнення поверхневих та внутрішніх хвиль у намагнічуваних рідинах, взаємодіючих із зовнішніми магнітними полями. Зміст дисертації повністю розкриває суть розглянутих проблем, поставлену ціль та досягнуті результати. Оформлення роботи відповідає встановленим вимогам.

Зміст автореферату відповідає тексту дисертації і містить її основні результати. Вони також досить повно опубліковані у відкритих наукових виданнях.

Виходячи із зазначеного можна зробити висновок, що дисертаційна робота Поцелуєва С. І. відповідає вимогам «Положень про порядок присудження вчених ступенів і надання вчених звань» МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує на присудження вченого ступеня кандидата фізико - математичних наук за спеціальністю 01.02.05 - механіка рідини, газу та плазми.

Офіційний опонент доктор техн. наук, проф.,
завідувач відділу надійності та динамічної міцності
Інституту проблем машинобудування
імені А. М. Підгорного НАН України (м. Харків)



Аврамов К. В.

