

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Інституту енергетичних машин та систем
ім. А. М. Підгорного НАН України д. т. н.,
проф., Кирилу Максименку-Шейку,
вул. Комунальників, 2/10, м. Харків, 61046

РЕЦЕНЗІЯ

рецензентки, завідувачки відділу вібраційних і термоміцнісних досліджень, докторки технічних наук, професорки Сметанкіної Наталі Володимирівни на дисертаційну роботу Верушкіна Івана Олексійовича «Методи граничних інтегральних рівнянь в крайових задачах теорії потенціалу та лінійної теорії пружності», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика

Актуальність теми.

Дослідження граничних інтегральних рівнянь у задачах механіки суцільного середовища займає важливе місце в сучасній прикладній математиці. Методи цього класу дають можливість зводити багатовимірні крайові задачі до інтегральних рівнянь меншої розмірності, що відкриває можливість більш ефективного аналізу складних систем.

Особливого значення такі підходи набувають у теорії потенціалу та лінійній теорії пружності, де часто розглядаються об'єкти складної геометрії та неідеальні умови на межі поділу середовищ. Застосування класичних диференціальних методів у подібних задачах пов'язане зі значними труднощами, тоді як інтегральні методи дозволяють уникнути ряду обмежень.

Побудова нових числових методів для сингулярних та гіперсингулярних рівнянь сприяє розвитку фундаментальної теорії й водночас забезпечує надійні інструменти для прикладних розрахунків. Це надає можливість отримати нові

аналітичні результати, необхідні для подальшої верифікації та розвитку обчислювальних технологій.

Таким чином, робота, спрямована на вдосконалення числових методів розв'язання граничних інтегральних рівнянь, є актуальною як з позицій розвитку математичної теорії, так і для забезпечення основи подальших досліджень у галузі механіки та фізики.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Наукові положення та висновки дисертаційної роботи спираються на коректне застосування методів теорії потенціалу, граничних інтегральних рівнянь і сучасних числових підходів. Вони природно впливають із побудованих моделей та підтверджуються внутрішньою узгодженістю результатів.

Рекомендації, сформульовані у дисертації, мають достатній рівень обґрунтованості, оскільки підкріплені як аналітичними розв'язками, так і числовими прикладами. Це дозволяє вважати їх переконливими і придатними для подальшого використання у наукових і прикладних дослідженнях.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дослідження підтверджується їх узгодженістю з класичними аналітичними розв'язками та відомими теоретичними положеннями механіки суцільного середовища. Зіставлення числових результатів із розв'язками модельних задач засвідчує коректність застосованих методів.

Вірність отриманих висновків додатково забезпечується проведенням аналізу збіжності обчислювальних алгоритмів. Це підтверджує обґрунтованість та перспективність одержаних результатів для подальших досліджень та практичного впровадження.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- побудовано нові підходи до розв'язання сингулярних і гіперсингулярних інтегральних рівнянь, що ґрунтуються на положеннях теорії потенціалу та узагальнюють існуючі прийоми;

- запропоновано нові схеми для аналізу тіл із тріщиноподібними дефектами, що дають можливість визначати напружено-деформований стан елементів конструкцій з тріщинами з високою точністю та проводити аналіз довговічності реальних елементів конструкцій;

- запропоновано методику наближеного обчислення впливу ґрунту як пружної основи Вінклера при коливаннях циліндричного резервуара, який частково заповнений рідиною, з урахуванням взаємодії між коливаннями рідини та деформаціями пружного днища.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Результати дисертаційної роботи мають значну теоретичну цінність, оскільки вони розвивають методологію граничних інтегральних рівнянь у задачах теорії потенціалу та лінійної теорії пружності. Побудовані алгоритми і отримані аналітичні розв'язки створюють базу для подальшого розвитку сучасних підходів у прикладній математиці.

Практичне значення одержаних в дисертації результатів полягає у тому, що вони можуть бути використані при проєктуванні резервуарів, обшивок, баків та інших елементів конструкцій, що функціонують у складних динамічних умовах. Зокрема, запропоновані підходи є цінними для аерокосмічної, енергетичної, оборонної та хімічної промисловості, де питання вібраційної стійкості, динамічної надійності й довговічності конструкцій мають ключове значення.

Методика дає змогу не лише оптимізувати геометричні параметри конструкцій на етапі проєктування, а й використовувати результати числового моделювання для моніторингу стану об'єктів на етапі експлуатації з метою виявлення зон ризику, попередження резонансних явищ та забезпечення безпеки і ефективності роботи складних інженерних систем.

Дисертаційну роботу виконано в Інституті енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України відповідно до планів науково-технічних робіт з держбюджетних тем, договорів про міжнародне співробітництво та грантових угод, що також підкреслює практичну цінність одержаних результатів.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати дисертаційних досліджень відображені у вісімнадцяти публікаціях, серед яких: стаття у журналі, що індексується у базі Scopus (Q1), три статті у фахових українських виданнях категорії Б, чотири статті у виданнях, що індексуються у базі Scopus, розділ у закордонній монографії “The Fundamentals of BEM” (Scopus), п'ять тез конференцій, а також шість доповідей на міжнародних конференціях, з яких чотири індексується у Scopus.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Робота структурована у вступ, п'ять розділів, висновки та перелік джерел.

У **вступі** чітко викладено мету і завдання, описано об'єкт і предмет, засоби дослідження, новизну й практичну цінність здобутих результатів, наведено дані про впровадження та публікації.

Перший розділ виконує оглядовий аналіз сучасних підходів теорії потенціалу та граничних інтегральних рівнянь у задачах пружності, теплопровідності та обтікання, підкреслюючи необхідність розвитку методів розрахунку для тіл, що взаємодіють із рідиною або мають тріщини.

У **другому розділі** сформульовано низку крайових задач для рівнянь еліптичного типу та продемонстровано їх зведення до інтегральних рівнянь із сингулярними та гіперсингулярними ядрами; наголошено на перевагах зменшення розмірності.

Третій розділ містить наступні теоретичні результати: обчислення скінченної частини за Адамаром, доведення умови існування нормальної похідної потенціалу подвійного шару, побудову одновимірного гіперсингулярного рівняння для задачі Неймана на колі й аналітичні розв'язки для типових правих частин.

Четвертий розділ охоплює гідропружні задачі для оболонок, лопаток і круглих пластинок за одnobічного та двобічного контакту. Зроблено порівняння частот та форм коливань у повітрі й рідині, продемонстровано вплив приєднаної маси.

П'ятий розділ присвячено резервуарам з рідиною на пружній основі: наведено модель Вінклера, запроваджено метод заданих форм, отримано частоти та зроблено висновок про умови відсутності небезпечного зближення частот коливань стінок і плескань.

Висновки є достатньо повними і відповідають меті дисертації.

Список використаних джерел із 88 найменувань є репрезентативним і охоплює як вітчизняні, так і зарубіжні публікації. Анотація коректно відтворює основний зміст дисертації та повно висвітлює її наукові результати і практичну значущість.

Академічна доброчесність.

Порушень академічної доброчесності під час підготовки дисертації не зафіксовано. Основні результати дослідження отримані автором особисто та підтверджені публікаціями. У працях, виконаних у співавторстві, використано лише власні наукові здобутки здобувача.

По дисертаційній роботі є такі зауваження:

1. відсутні порівняння з експериментальними даними, наприклад, для коливань круглої пластинки з урахуванням приєднаних мас рідини;
2. при доведенні твердження про існування нормальної похідної подвійного шару не вказано, чи необхідна опуклість області;
3. було б доцільним провести дослідження впливу пружної основи Вінклера на коливання резервуару більш детально, в тому числі з урахуванням різних механічних властивостей матеріалів основи;
4. у тексті роботи наявна певна кількість друкарських та синтаксичних помилок.

Висловлені зауваження не є визначальними, не зменшують загальну наукову новизну і практичну цінність результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

ВИСНОВОК

Вважаю, що дисертаційна робота Верушкіна Івана Олексійовича «Методи розв'язання гіперсингулярних інтегральних рівнянь у задачах механіки суцільного середовища» є завершеним науковим дослідженням, що відповідає спеціальності 113 – Прикладна математика. У роботі розв'язано важливу науково-практичну задачу: побудовано узагальнені підходи до аналізу крайових задач із гіперсингулярними особливостями, обґрунтовано нові числові схеми та

продемонстровано їх застосування в задачах механіки руйнування, коливань оболонок та резервуарів із рідиною.

Дисертація відповідає вимогам до наукових кваліфікаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії (пункти 6–9 Порядку присудження ступеня доктора філософії, Постанова КМУ від 12.01.2022 р. №44), а її автор Верушкін Іван Олексійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Офіційна рецензентка

Завідувачка відділом вібраційних і
термоміцнісних досліджень
Інституту енергетичних машин і систем
ім. А.М. Підгорного НАН України,
докторка технічних наук, професорка



Наталя СМЕТАНКІНА

11.09.2025 р.