

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Скічка Марії Вікторівни
«Деякі задачі теорії термопружності для багатозв'язних тіл»,
яку подано на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 11 Математика і статистика
за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

1. Актуальність теми дисертації

На теперішній час розвиток науки та техніки стикається з великою кількістю обмежень, що стають на заваді подальшого покращення технічних характеристик виробів різного призначення. З іншого боку, пропонується все більша кількість перспективних рішень, за допомогою яких ці обмеження можуть бути подолані. За умови, коли багато технологічних прийомів та технологій досягли максимуму своєї спроможності та вичерпали можливості досягнення по-справжньому проривних технологій, наукова та технічна спільнота все більше уваги звертає на дослідження поведінки конструкцій з урахуванням внутрішньої структури та пошук нових механізмів для досягнення бажаних результатів. Явища та закономірності, які проявляються у об'єктах зі складною внутрішньою будовою, виходять далеко за межі класичних теорій, зокрема, традиційної механіки деформівного твердого тіла. Основні гіпотези та припущення, на яких базуються ці теорії, походять із уяви про суцільне середовище, але дослідження таких явищ вимагає принципово нових підходів до створення теоретичних моделей та їх обґрунтування, які б спиралися на відповідні моделі деформівного тіла зі структурою, що складається з елементів різної природи. Наявність у структурі матеріалу недосконалостей, включень і пор, що призводять до підвищеної концентрації напружень, а також вплив внутрішніх джерел тепла суттєво впливають на міцність та ресурс конструкції у цілому. Для адекватного опису та дослідження поведінки конструкцій під впливом фізичних полів різної природи важливо будувати нові точні математичні моделі та удосконалювати підходи до їх аналізу.

Саме тому дисертаційна робота Скічка Марії Вікторівни, що спрямована на розв'язання задач теорії термопружності для багатозв'язних тіл зі сферичними

порожнинами і включеннями на основі апарату узагальненого методу Фур'є, є актуальною. Перспективи цього наукового напрямку зумовлені новими можливостями стосовно отримання нових знань щодо існуючих матеріалів та виробів, які мають безпосереднє застосування у інженерній практиці.

Свідченням актуальності проведених досліджень є також те, що вони виконувались у відповідності до різних планів наукових досліджень, що проводилися на кафедрі вищої математики та системного аналізу Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», у яких здобувачка брала участь як виконавець.

2. Оцінка обґрунтованості, достовірності і новизни наукових результатів дисертації

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Скіцка Марії Вікторівни, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на фундаментальних підходах теорії пружності. При проведенні чисельних досліджень у дисертації використовувалися для більшості задач узагальнений метод Фур'є, який у роботі отримав подальшого розвитку, метод параметричного розв'язання нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь при дослідженні оптимального керування температурним полем термопружного стану складеного тіла, метод редукції, метод Лагранжа і спектральний метод. Постановки задач є коректними, математичні викладки відрізняються строгістю та представлені у чіткій та послідовній формі.

Отримані результати перевірені шляхом проведення розрахункових експериментів, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується узгодженістю з результатами відповідних розрахункових досліджень для однозв'язних тіл, перевіркою збіжності метода редукції для всіх задачах.

3. До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

– отримав подальший розвиток узагальненого методу Фур'є, що дозволило побудувати нові осесиметричні базисні розв'язки рівнянь Ламе та Дюамеля–Неймана для просторових областей, обмежених сферичними поверхнями; для цих розв'язків вперше отримано теореми додавання в системах координат, початки яких довільно зсунуті один відносно одного вздовж осі симетрії;

– отримано точний аналітичний розв'язок другої основної осесиметричної крайової задачі теорії пружності для кулі з концентричним включенням у загальній постановці методом Фур'є;

– побудовано нові локальні параметричні моделі термопружного стану тіл із двома сферичними порожнинами або включеннями, які враховують наявність розподілених джерел тепла, що дозволило дослідити концентрацію напружень для прогнозування руйнувань у пористих і композитних матеріалах та виявити закономірності взаємного впливу включень на напружено-деформований стан матеріалу з урахуванням того, що включення і простір мають різні термомеханічні характеристики;

– вперше поставлена та розв'язана задача про оптимальне керування температурним полем у просторі зі сферичним включенням і порожниною на основі запропонованого методу параметричного розв'язання нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

4. Практичне значення результатів роботи.

Результати дисертації суттєво доповнюють і розвивають можливості високоточних розрахунків просторових моделей і розрахункових схем при проектуванні конструкцій, які виготовлено з композиційних матеріалів зі сферичними порами і зернами, у машино- та авіабудуванні, будівельній галузі. Підтвердженням практичної цінності результатів є також їх використання у наукових дослідженнях у Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» під час виконання держбюджетних тем.

5. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 5 наукових працях, серед яких: 1 стаття у фаховому науковому виданні України (категорія А), що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus; 2 статті у фахових наукових виданнях України (категорія Б); 2 тези у матеріалах конференцій, що засвідчують апробацію результатів дисертації.

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.

6. Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Скіцка Марії Вікторівни складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, визначені мета, задачі, окреслені напрямки, методи, предмет та об'єкт дослідження, компоненти наукової новизни і практичної цінності, особистий внесок здобувача, апробація матеріалів дисертації, визначена структура та обсяг дисертації.

Перший розділ містить опис здійсненого аналізу стану публікацій із наукової проблеми, яка вирішується в роботі. На цій основі зроблені висновки про відсутність практичного методу розв'язання сегменту задач теорії пружності, які зустрічаються на практиці. Це дало підстави для формулювання напрямків досліджень, описаних у подальших розділах.

У **другому розділі** побудовано інваріантні осесиметричні базисні розв'язки рівнянь Ламе і Дюамеля – Неймана в сферичних координатах та сформульовані теореми додавання цих розв'язків в однаково напрямлених системах координат, початки яких довільно зсунуті вздовж осі симетрії. На відміну від існуючих загальних базисних розв'язків рівняння Ламе в сферичних координатах

використовуються розв'язки, в які не входить параметр граничної поверхні. Ці наукові положення надають подальшого розвитку узагальненого методу Фур'є при розв'язанні осесиметричних крайових задач стаціонарної термопружності для простору зі сферичними неоднорідностями.

У **третьому розділі** побудовано локальну стаціонарну модель термонапруженого стану пористого матеріалу, яка ґрунтується на незв'язаних крайових задачах для стаціонарних рівнянь теплопровідності і термопружності для простору з двома сферичними порожнинами. Розв'язки задач отримано узагальненим методом Фур'є, що дало можливість перейти до алгебраїчних розв'язувальних систем з фредгольмовими операторами. Для розв'язання систем застосовано метод редукції. Обчислено напруження на поверхні порожнин між порожнинами при різних відносних розмірах порожнин та різних температурах їх нагріву.

У **четвертому розділі** здобувачкою на базі методу Фур'є отримано точний розв'язок другої основної осесиметричної крайової задачі теорії пружності в загальній постановці для кулі з концентричним сферичним включенням. Наведено результати чисельних розрахунків для різних матеріалів включень і зовнішніх навантажень. Збіжність розв'язку показано на основі розрахункових досліджень.

У **п'ятому розділі** розв'язано задачу термопружності для простору з двома включеннями і внутрішніми джерелами тепла. Для цього запропоновано підхід, який ґрунтується на подальшому розвитку узагальненого методу Фур'є на розглянутий клас задач. Ефективність підходу полягає в тому, що вихідну задачу зведено до нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь з фредгольмовим оператором у гільбертовому просторі нескінченних послідовностей, яку розв'язано методом редукції

У **шостому розділі** запропоновано метод оптимального керування термопружним станом, який застосовано до розв'язання стаціонарної осесиметричної термопружної задачі для простору зі сферичними включенням і порожниною під впливом стаціонарного температурного поля. Розв'язання задачі оптимального керування зводиться до розв'язання задачі на умовний екстремум

функціонала вартості методом Лагранжа та подальшого розв'язання спектральним методом нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь з параметром і обмеженням у вигляді додаткового квадратичного рівняння. Отримано оптимальні розподіли температури для різних геометричних параметрів та проведено їх аналіз.

Висновки є достатньо повними, розкривають суть основних наукових та практичних результатів дисертації.

7. Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

8. Щодо дисертаційної роботи можна зробити такі зауваження:

1. Існують недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи, за текстом зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки.

2. Було б доцільно розглянути задачу стаціонарної термопружності для просторових тіл включеннями, коли на поверхнях включень виконуються умови неідеального теплового контакту, що надало б можливість дослідити термонапружений стан багатозв'язних тіл в умовах, які є наближені до реальних.

3. В роботі зосереджена увага на моделях, які є нескінченими у двох напрямках, але, наприклад, в авіабудуванні, переважно розглядаються скінченні розміри тіл. Необхідно надати пояснення та навести приклади, яким чином можна у подальшому можна застосувати отримані результати для оцінки працездатності елементів реальних конструкцій.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

Висновок про дисертацію в цілому та відповідність її чинним вимогам

Дисертаційна робота Скіцка Марії Вікторівни «Деякі задачі теорії термопружності для багатозв'язних тіл» є завершеною науково-дослідною роботою, у якій розроблено метод розв'язання класу задач теорії термопружності, що раніше не вивчалися.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 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, а здобувачка Скіцка Марії Вікторівни заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії галузі знань 11 «Математика і статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційна опонентка:

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



Наталя СМЕТАНКІНА

05.06.2025 р.