**РЕЦЕНЗІЯ**

**на дисертаційну роботу Крайниченко Аліни Сергіївни**

**на тему «Деякі задачі теорії пружності для багатозв'язних трансверсально-ізотропних тіл»,** **що подана до разової спеціалізованої вченої ради на здобуття ступеня доктора філософії**

**з** **галузі знань 11 Математика і статистика**

**за спеціальністю 113 Прикладна математика.**

**Актуальність теми дисертації.**

Розвиток сучасних техніки та технології супроводжується використанням нових матеріалів із особливою структурою, яка обумовлює особливі механічні властивості таких матеріалів при термомеханічних навантаженнях. Особливо це стосується композитних пористих і керамічних матеріалів, які сьогодні посідають провідне місце в конструкціях різноманітного призначення.

Тема дисертаційної роботи Крайниченко Аліни Сергіївни пов’язана з її спрямованістю на чисельно-аналітичне дослідження крайових задач теорії пружності для трансверсально-ізотропних тіл зі складною геометрією та неоднорідностями. Подібні задачі відіграють важливу роль при моделюванні напружено-деформованого стану деталей з нових видів матеріалів, в інженерних розрахунках на міцність, для розширення наукових уявлень про механіку деформування пружних тіл. Особливий акцент сьогодні робиться на дослідженні наноматеріалів, властивості яких визначаються їх мікроструктурою і напряму залежать від технологічних можливостей цю особливу структуру відтворити.

Треба зазначити, що детальне моделювання складних тіл з великою кількістю неоднорідностей суто чисельними методами є малоефективним оскільки потребує великих обчислювальних ресурсів і в деяких задачах не може бути проведено з необхідною точністю. Навпаки, побудовані в дисертації моделі задовольняють усім контактним умовам на міжфазних поверхнях і на зовнішній межі тіла точно, а їх чисельна реалізація може бути отримана з будь-якою заданою точністю без суттєвих збільшень обчислювальних ресурсів. До того ж, параметричні моделі дають змогу ефективно розв’язувати різні задачі оптимізації як при створенні новітніх матеріалів, так і в конструкторських розробках.

Отже, актуальність теми підтверджується як необхідністю створення нових ефективних методів розв’язання складних задач, так і їхньою практичною значимістю для аналізу реальних технічних об’єктів.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни**

Дисертаційна робота відрізняється високим рівнем математичної строгості та логічної завершеності. Усі поставлені задачі супроводжуються чіткими формулюваннями, глибоким та детальним аналітичним опрацюванням і строгими доведеннями, що ґрунтуються на методах функціонального аналізу, теорії спеціальних функцій та узагальненому методу Фур’є.

В дисертації розв’язано низку складних крайових задач для багатозв’язних трансверсально-ізотропних тіл, зокрема таких, що містять сфероїдальні порожнини, кругові тріщини та антитріщини, а також періодичні системи дефектів. Достовірність одержаних результатів підтверджується як внутрішньою узгодженістю викладеного матеріалу, так і порівнянням із відомими результатами у випадках точно розв'язуваних моделей.

**Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:**

1. Вперше доведено базисність системи вісесиметричних розв’язків рівнянь рівноваги в переміщеннях трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда і простору зі стиснутою сфероїдальною порожниною.
2. На основі вперше отриманих нижніх оцінок модулів визначників розв’язувальних систем першої і другої крайових задач для трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда і простору зі стиснутою сфероїдальною порожниною встановлено класи розв’язності цих задач звичайним методом Фур'є.
3. Отримано нові теореми додавання для вісесиметричних базисних стиснутих сфероїдальних розв'язків у випадку, коли початки систем координат довільно зсунуті вздовж осі симетрії.
4. Вперше отримано параметричну модель напруженого стану трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда зі стиснутою сфероїдальною порожниною, на базі якої проведено комп’ютерне моделювання напруженого стану стиснутого сфероїду з круговою тріщиною.
5. Вперше за допомогою узагальненого методу Фур’є досліджено напружений стан трансверсально-ізотропного простору з двома круговими тріщинами.
6. Вперше поставлено і розв’язано задачі про напружений стан трансверсально-ізотропного простору з різними конфігураціями періодичних систем (пакетів) плоских кругових тріщин і антитріщин.

**Практичне значення отриманих результатів полягає в такому:**

1. Запропоновані методики можуть бути використані для розрахунку напружено-деформованого стану складних інженерних конструкцій.
2. Отримані параметричні моделі можуть бути застосовані для оптимізації форми та розташування елементів у композитних матеріалах.
3. Отримані оцінки та моделі можуть використовуватися як еталонні при верифікації чисельних програмних засобів.
4. Практичні рекомендації, що випливають з аналізу, можуть бути враховані при проектуванні та оцінці міцності реальних об’єктів.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота Крайниченко Аліни Сергіївни відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 113 Прикладна математика, про що свідчить висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Крайниченко А. С., наданий кафедрою вищої математики та системного аналізу Національного аерокосмічного університету "Харківський авіаційний інститут".

Дисертаційна робота має чітку структуру, послідовно висвітлює поставлені задачі та методи їх розв’язання. Робота логічно завершена, охоплює теоретичний аналіз, чисельну перевірку та обговорення результатів. У тексті не виявлено порушень академічної доброчесності, всі джерела належно процитовані.

**Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертація написана українською мовою з дотриманням норм наукового стилю. Мова дисертації є науково коректною, стилістично витриманою та технічно точною. Виклад матеріалу відзначається логічною послідовністю та зрозумілістю, навіть при подачі складних математичних формулювань.

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Її загальна структура відповідає вимогам до наукових кваліфікаційних праць. Робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 138 сторінок, з них 124 сторінок основного тексту, що містить 19 рисунків, 11 таблиць, 143 бібліографічних позицій, із яких значна частина — публікації у виданнях, що індексуються у Scopus та WoS.

**У вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, чітко визначено мету й задачі дослідження, сформульовано об’єкт і предмет роботи, окреслено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів. Також подано характеристику використаних методів дослідження та перелік наукових публікацій, у яких оприлюднено основні положення дисертації.

**Перший розділ** присвячений аналітичному огляду сучасного стану досліджень у галузі теорії пружності анізотропних тіл. Особливу увагу приділено задачам з порожнинами та тріщинами. Проаналізовано класичні підходи й новітні результати, визначено малодосліджені аспекти, на яких акцентовано подальшу увагу в дисертації.

**У другому розділі** зосереджено увагу на побудові осесиметричних базисних систем розв’язків рівнянь рівноваги в сфероїдальних координатах для трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда. Доведено базисність побудованої системи функцій. Наведено строге математичне обґрунтування звичайного методу Фур’є в основних крайових задачах теорії пружності для трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда і простору зі сфероїдальною порожниною. Сформульовано та доведено теореми додавання вказаних розв'язків.

**Третій розділ** містить розв’язання задачі про напружений стан трансверсально-ізотропного сфероїда зі сфероїдальною порожниною в загальній симетричній постановці. Задачі зведено до нескінченних систем лінійних алгебраїчних рівнянь, досліджено властивості відповідних операторів. Наведено числові результати для стиснутого сфероїда з круговою тріщиною.

**В четвертому розділі** розглянуто задачу про НДС простору з двома паралельними круговими тріщинами на осі анізотропії під дією нормального навантаження. Застосовано узагальнений метод Фур’є, отримано нескінченну систему лінійних рівнянь з фредгольмовим оператором які вирішуються за методом редукції. Побудовано графіки розподілу напружень та визначено коефіцієнти інтенсивності.

**П’ятий розділ** присвячений аналізу НДС простору з періодичними системами кругових тріщин довільних розмірів у представницьких шарах, перпендикулярних до осі анізотропії. Проведено числові дослідження, що ілюструють характер взаємодії між тріщинами залежно від їх розташування й розмірів.

**У шостому розділі** розглянуто аналогічну задачу п’ятого розділу, але для систем кругових антитріщин. Проаналізовано вплив їх геометричних характеристик на напружено-деформований стан і встановлено, що конфігурація шару лише незначною мірою впливає на значення коефіцієнтів інтенсивності.

У **висновках** систематизовано основні результати дослідження, окреслено їх наукову значущість та практичну цінність, а також визначено напрями подальших досліджень у межах теорії пружності трансверсально-ізотропних тіл.

**Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Матеріали дисертації належно відображені у 6 наукових публікаціях авторки за темою дослідження. З них 3 статті опубліковано у фахових наукових виданнях України, що включені до переліку категорії Б та індексуються в міжнародних наукометричних базах, таких як ICI Journals Master List, Ulrich’s Periodicals Directory (New Jersey, USA), Crossref, Google Scholar, Index Copernicus. Крім того, результати дослідження були апробовані на наукових конференціях та представлені у 3 тезах доповідей.

Публікації виконані на високому науковому рівні, з урахуванням усіх важливих аспектів досліджуваної проблеми, і повністю відповідають тематиці дисертаційної роботи.

Відзначаючи виконану роботу, можна стверджувати, що наукові результати, викладені в дисертації, в основному висвітлені в опублікованих працях здобувача. Окрім того, варто відзначити відсутність порушень принципів академічної доброчесності.

Отже, на основі проаналізованих наукових публікацій, можна зробити висновок про повноту та оригінальність викладення результатів досліджень, що підтверджують вагомий внесок здобувача у відповідну галузь науки.

**Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

Наведемо деякі зауваження до дисертаційної роботи.

1. Потрібно більш аккуратно виконувати цитування. У першому розділі є декілька джерел (наприклад, [31-34, 48, 61-63, 80, 100, 102], при описанні яких не вказано методи дослідження, запропоновані в них. При описанні джерел [48, 77] наведено тільки одного з її авторів, а при описанні джерел [76, 78, 79] та інші автори не згадуються зовсім. Автор цитується з помилкою, то Sih G. S., то Sih G.С.
2. Доцільно було б надати тлумачення та пояснення до багатьох формул, наприклад, до формули (5.2), стор. 99; до формули (6.2), стор. 113 та інш.
3. У розділах 4. 5. 6 наведено одні й ті ж пружні сталі для пісковика та корені рівняння.
4. Потрібно використовувати точну термінологію. В механіці прийнятий термін «напруження» а не «напруги» (стор. 115, 116 та інш.)
5. Недоліком роботи є те, що при отриманні числових результатів в дисертації використовується тільки один матеріал – пісковик. Було б доцільно розглянути залежність напружень від пружних сталих декількох матеріалів.

Незважаючи на зазначені зауваження, вони не знижують загальної наукової новизни та практичної значущості результатів дисертації. Вказані недоліки не впливають на основні положення роботи і не змінюють загальну позитивну оцінку дослідження.

**Висновок про дисертаційну роботу.**

Дисертаційна робота Крайниченко Аліни Сергіївни на тему «Деякі задачі теорії пружності для багатозв’язних трансверсально-ізотропних тіл» виконана на високому науковому рівні, є завершеним дослідженням, що відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Робота не містить порушень академічної доброчесності.

Отримані результати мають важливе теоретичне значення для розвитку аналітичних методів у теорії пружності та практичне значення для прикладної механіки й інженерного моделювання. Тема дослідження є актуальною, а підходи — інноваційними.

Враховуючи викладене, вважаю, що Крайниченко Аліна Сергіївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 11 Математика і статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика.

**Рецензент:**

Кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри теоретичної механіки,

машинознавства та роботомеханічних систем

факультету авіаційних двигунів

Національного аерокосмічного університету

«Харківський авіаційний інститут» Олександр НАРИЖНИЙ