

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента – докторки фізико-математичних наук**

**Кагадій Тетяни Станіславівни**

**на дисертацію 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.**

Тема дисертаційної роботи Крайниченко Аліни Сергіївни є актуальною, оскільки присвячена вирішенню крайових задач теорії пружності для складних трансверсально-ізотропних тіл, зокрема тіл зі сфероїдальними порожнинами, включеннями та тріщинами. У сучасному технічному прогресі дедалі частіше використовуються композитні матеріали з анізотропними властивостями, особливо в авіаційній, космічній, оборонній галузях. Наявність дефектів, таких як тріщини або порожнини, значно ускладнює аналіз і потребує розробки точних математичних моделей.

Розробка методів аналітичного розв'язання задач для таких складних тіл є актуальною не лише з точки зору механіки, але й для верифікації та уточнення чисельних методів аналізу, які широко використовуються в інженерній практиці. Отже, обрана тема відповідає сучасному рівню розвитку прикладної математики та механіки деформівного твердого тіла.

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

Однією з поставлених і розв'язаних задач у роботі було строге обґрунтування і подальший розвиток апарату узагальненого методу Фур'є на багатозв'язні вісесиметричні трансверсально-ізотропні тіла, обмежені стиснутими сфероїдальними поверхнями.

Достовірність отриманих результатів базується, як на вказаних теоретичних обґрунтуваннях, так і на строгих класичних постановках розглянутих задач. Числові результати перевірялися порівнянням їх з точними аналітичними для однозв'язних тіл, широким комп'ютерним експериментом, в якому розв'язки періодичних задач порівнювалися з неперіодичними, контролем практичної похибки обчислення напружень при застосуванні методу редукції.

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

- Вперше доведено базисність системи вісесиметричних розв'язків рівнянь рівноваги в переміщеннях трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда і простору зі стиснутою сфероїдальною порожниною.
- На основі вперше отриманих нижніх оцінок модулів визначників розв'язувальних систем перших і других крайових задач для трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда і простору зі стиснутою сфероїдальною порожниною встановлено класи розв'язності цих задач звичайним методом Фур'є.

- Отримано нові теореми додавання для вісесиметричних базисних стиснутих сфероїдальних розв'язків у випадку, коли початки систем координат довільно зсунуті вздовж осі симетрії.

- 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.

- Вперше за допомогою узагальненого методу Фур'є досліджено напружений стан трансверсально-ізотропного простору з двома круговими тріщинами.

- 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 наступному:**

Отримані в дисертації результати можуть використовуватись для розрахунку і аналізу різних механічних об'єктів зі складною внутрішньою структурою в галузях авіа- і ракетобудування, суднобудування, будівництва.

Отримані аналітичні розв'язки можуть слугувати еталонними прикладами для перевірки точності чисельних методів у програмному забезпеченні для механіки деформівного твердого тіла. Це дозволяє покращити точність комп'ютерного моделювання складних інженерних об'єктів.

Побудовані в роботі математичні моделі дозволяють точніше оцінювати вплив тріщин, жорстких включень і порожнин на розподіл напружень, що особливо важливо при прогнозуванні тріщиноутворення і руйнування матеріалів. Крім того, практичне значення мають отримані в роботі коефіцієнти інтенсивності напружень, які є основою багатьох критеріїв у теорії тріщин і руйнування матеріалів.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Крайниченко Аліни Сергіївни відповідає освітньо-науковій програмі «Прикладна математика» та вимогам до кваліфікаційних робіт третього освітнього рівня вищої освіти (доктор філософії), 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 ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут".

Дисертаційна робота має логічну структуру, включає чітке формулювання задач, обґрунтування обраних методів, аналітичне розв'язання, чисельні приклади та підсумкові висновки. Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено. Використання в тексті результатів інших вчених супроводжується відповідними посиланнями, посилання на літературні джерела коректні.

## **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертація написана українською мовою з дотриманням норм наукового стилю згідно зі стандартами оформлення наукових документів. Виклад логічний, послідовний, термінологія — коректна. Використання математичного апарату супроводжується достатніми коментарями, що полегшують сприйняття змісту. Наукова робота достатньо забезпечена рисунками та таблицями.

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів основного змісту, загальних висновків, списку використаних джерел. Її загальна структура відповідає вимогам до наукових кваліфікаційних праць.

**У вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено мету і завдання дослідження, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення результатів, методи дослідження, а також перелік публікацій, у яких висвітлено основні положення дисертації.

**Розділ 1** присвячено огляду сучасного стану проблеми. Проаналізовано основні напрямки досліджень задач теорії пружності для анізотропних тіл, зокрема з дефектами типу включень, порожнин і тріщин. Систематизовано класичні та сучасні результати, виявлено нерозв'язані питання, на які спрямовано подальше дослідження.

**У розділі 2** розглянуто побудову осесиметричних базисних систем розв'язків рівнянь рівноваги у сфероїдальних координатах для трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда. Строго доведено базисність побудованих розв'язків. Отримано оцінки визначників розв'язувальних систем першої і другої вісесиметричних крайових задач для трансверсально-ізотропного стиснутого сфероїда і простору зі сфероїдальною порожниною. Доведено умови існування класичних розв'язків указаних задач методом Фур'є. Отримано теореми додавання побудованих розв'язків в системах координат, початки яких зсунуті вздовж осі симетрії.

**У розділі 3** розв'язано крайові задачі для трансверсально-ізотропного сфероїда зі сфероїдальною порожниною в осесиметричній постановці. Побудовано параметричні розв'язки, здійснено зведення задач до нескінченних систем рівнянь, досліджено фредгольмовість відповідних операторів. Чисельні результати знайдено для стиснутого сфероїда з круговою тріщиною. Наведено графіки нормальних напружень в площині тріщини поза її межею в залежності від відносних геометричних розмірів півосей сфероїда.

**У розділі 4** досліджено задачу про напружений стан трансверсально-ізотропного простору з двома паралельними круговими тріщинами, центри яких розташовані на осі анізотропії, а площини збігаються з площиною ізотропії. Вважається, що до тріщин прикладене стале нормальне навантаження. Задачу розв'язано узагальненим методом Фур'є у стиснутих сфероїдальних координатах, що дозволило звести її до нескінченної системи лінійних рівнянь із фредгольмовим оператором. Отримано графіки розподілу нормальних напружень і значення коефіцієнтів інтенсивності напружень, які добре узгоджуються з відомими результатами.

**У розділі 5** досліджено напружений стан трансверсально-ізотропного простору, ослабленого періодичними системами кругових тріщин довільних

розмірів, розташованих у представницьких шарах, перпендикулярних до осі анізотропії. Наведено числові результати, що ілюструють взаємодію між тріщинами.

**У розділі 6** досліджено напружений стан трансверсально-ізотропного простору з періодичними системами кругових антитріщин довільних розмірів, розташованих у представницьких шарах, перпендикулярних до осі анізотропії. Показано, що значення коефіцієнтів інтенсивності напружень для антитріщин слабо залежать від конкретної конфігурації шару

**У висновках** підсумовано основні результати дисертаційної роботи, визначено їх місце в загальному контексті теорії пружності, окреслено перспективи подальших досліджень.

### **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. Це свідчить про достатню апробацію й наукову комунікацію результатів дисертаційної роботи.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

До дисертаційної роботи є кілька зауважень.

1. У бібліографічному огляді (розділ 1) робіт [30-34] сказано про новий підхід у дослідженні тріщин, але не зрозуміло в чому він полягає.
2. Так само, загальні слова без конкретики входять у характеристику робіт [57-59].
3. У деяких роботах, написаних у співавторстві, чомусь фігурує один автор (наприклад, [77]).
4. Українськи чоловічі прізвища потрібно схилити, а не записувати їх у називному відмінку.
5. На стор. 87 немає пояснення (або посилання на розділ 2) до формули (4.2).
6. Формули (4.3), (4.4) записано без посилання на теореми додавання.
7. На стор. 115 після таблиці 6.1 написано «коефіцієнт інтенсивності напруги» замість «коефіцієнт інтенсивності напружень».

Усі зазначені зауваження мають несуттєвий характер і не зменшують цінності дисертаційної роботи, яка відзначається високим рівнем наукової новизни, строгістю математичного апарату та практичною значущістю отриманих результатів.

### **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, не порушує принципів академічної доброчесності, є закінченим науковим дослідженням та відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а її авторка продемонструвала здатність до самостійних наукових досліджень. Отримані результати мають як теоретичну, так і практичну цінність, а тема дослідження — беззаперечну актуальність.

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.

Офіційний опонент:

Докторка фізико-математичних наук, професорка,  
професорка кафедри прикладної математики,  
Національного технічного університету

«Дніпровська політехніка»

19 травня 2025 р.

Тетяна КАГАДІЙ