

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Шевельової Наталії Володимирівни

**«Взаємодія колінеарних тріщин на межі поділу п'єзоактивних
матеріалів із різними електричними умовами на їхніх берегах»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії за
спеціальністю 113 Прикладна математика

Актуальність теми дисертації.

Проблеми, що розглянуті в дисертаційній роботі Шевельової Н.В. є, без сумніву, актуальними, оскільки композиційні п'єзоактивні матеріали дуже широко використовуються на практиці і часто причиною їх руйнувань є дефекти на межі поділу матеріалів. На теперішній час існує велика кількість робіт, в яких досліджені поодинокі тріщини між двома пружними ізотропними, анізотропними або п'єзоелектричними матеріалами. Бібліографія таких статей досить повно наведена в даній дисертаційній роботі. В той же час значний практичний інтерес являє дослідження систем тріщин між п'єзоелектричними та п'єзоелектромагнітними матеріалами. Вирішення цих питань є більш складною задачею ніж для окремих тріщин, особливо, коли типи крайових умов на різних тріщинах різні. По цій причині вказані проблеми вивчені недостатньо і потребують подальшої розробки. Оскільки вищевказані важливі проблеми набули подальшого розвитку в даній дисертаційній роботі, то її тематику можна вважати актуальною і практично важливою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Актуальність дисертаційного дослідження підтверджується також тим, що дисертаційне дослідження проводилося у відповідності з планами наукових досліджень в науково-дослідній лабораторії механіки руйнування та пластичного деформування матеріалів кафедри теоретичної та прикладної механіки механіко-математичного факультету Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара в рамках держбюджетної теми 1-655-21 «Моделі та методи визначення параметрів руйнування п'єзоактивних та п'єзопасивних композитів з дефектами на межі поділу матеріалів», номер державної реєстрації № 0121U109767, 2021– 2023 рр.

Формулювання наукової задачі, нове вирішення якої одержане в дисертації. *Мета роботи* полягає в розвитку аналітичних методів

розв'язання плоских та антиплоских задач для п'єзоактивних біматеріальних тіл з колінеарними міжфазними тріщинами при різних електричних та магнітних умовах на їхніх берегах, а також в аналізу електромагнітомеханічного стану п'єзоелектромагнітних біматеріальних тіл з довільними системами тріщин на межах поділу різнорідних компонент.

Для досягнення цієї мети авторка вирішила наступні завдання:

- отримала аналітичні представлення механічних, електричних та магнітних компонент через кусково-аналітичні функції для п'єзоактивних матеріалів у плоскому та антиплоскому випадках;
- сформулювала за допомогою цих представлень задачі лінійного спряження і побудувала їхні аналітичні розв'язки для конкретних типів навантажень, наборів тріщин та умов на їхніх берегах;
- аналітично визначила механічні напруження на межі поділу матеріалів поза тріщинами, а також стрибки переміщень, електричного та магнітного потенціалів в області тріщин;
- отримала аналітичні формули для визначення швидкості звільнення енергії при розвитку тріщин та проаналізувати залежності цих параметрів від зовнішнього навантаження, довжин тріщин, їхнього розташування та характеристик матеріалів.

Вважаю, що

- *Об'єкт дослідження* – процеси деформування та руйнування п'єзоелектричних та п'єзоелектромагнітних біматеріальних з'єднань із системами тріщин на межах поділу різнорідних компонент, та
- *Предмет дослідження* – критичні параметри для систем міжфазних тріщин у п'єзоактивних композитах при різних електричних та магнітних умовах на берегах тріщин адекватно відображають коло завдань, що розв'язуються в даній роботі..

Наукова новизна отриманих автором результатів. Вважаю, що наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. *Запропонована нова методика* дослідження двох колінеарних тріщини між двома п'єзоелектричними матеріалами під дією антиплоского механічного навантаження та плоского електричного поля при умові, що одна з тріщин є електропровідною, а інша електропроникною..

2. *Розв'язано нову антиплоску задачу для п'єзоелектромагнітного біматеріалу з двома тріщинами на межі поділу різнорідних компонент при різних електричних та магнітних умовах на берегах різних тріщин.*
3. *Сформульовано та розв'язано нову плоску задачу для довільної системи колінеарних електро- та магнітопроникних тріщин між двома п'єзоелектромагнітними матеріалами під дією змішаного механічного навантаження.*
4. *Розроблена нова методика дослідження скінченної множини тріщин на межі поділу п'єзоелектромагнітних матеріалів при умові, що береги тріщин покриті механічно м'якими електродами із заданим електричним зарядом і нульовою магнітною індукцією.*

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в роботі методи й алгоритми дозволяють використовувати їх для дослідження механічних, електричних і магнітних полів у п'єзоактивних біматеріалах із пошкодженнями типу міжфазних тріщин. Ці результати дозволяють оцінити вплив зовнішніх факторів на можливість розвитку пошкоджень та вказати шляхи підвищення тріщиностійкості композитних конструкцій. Точні аналітичні розв'язки, отримані в роботі, які описують локальні зони поблизу тріщин і кутових точок можуть служити еталонними при розробці й апробації чисельних методів розв'язання задач вказаного класу для тіл кінцевих розмірів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Дисертаційна робота відповідає вимогам до досліджень такого рівня. Роботу виконано на належному науковому рівні.

Вважаю, що одержані результати в достатній мірі є обґрунтованими і достовірними. Це забезпечується строгістю та коректністю постановок задач, використанням точних методів теорії функцій комплексної змінної для їх розв'язання, порівнянням в часткових випадках із відомими точними розв'язками. Додає впевненості в правильності розроблених методик та алгоритмів також відповідність результатів розв'язання нових задач фізичній суті досліджуваних явищ.

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором особисто або за його безпосередньої участі. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням, виконаним автором самостійно відповідно до програми його досліджень. Зокрема, дисертантом проведено пошук та аналіз літературних джерел;

побудова аналітичних розв'язків сформульованих разом із науковим керівником математичних моделей, їх чисельна реалізація та ілюстрація одержаних результатів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота містить вступ, огляд літератури, 5 розділів, висновки та список використаних джерел, що містить 119 найменувань на 13 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 136 сторінок, обсяг основного тексту – 122 сторінки. Робота містить 26 рисунків та 11 таблиць.

У вступі обґрунтований вибір теми дослідження, сформульована мета дослідження, його наукова новизна, проведено аналіз публікацій за проблематикою дисертації та визначено внесок досліджень інших авторів до розвитку цього напрямку.

У першому розділі досліджено взаємодію електропровідної та електропроникної колінеарних тріщин уздовж межі поділу двох п'єзоелектричних матеріалів під дією антиплоского механічного навантаження та плоского електричного поля.

У другому розділі розглянуто задачу про взаємодію двох штампів з плоскими підшвами, один з яких жорстко зчеплений із ізотропною півплощиною, а другий знаходиться з нею в умовах гладкого контакту.

У третьому розділі вивчено електромагнітомеханічний стан двох спаяних між собою п'єзоелектромагнітних півпросторів з двома тріщинами на межі поділу матеріалів під дією антиплоского механічного навантаження та електричного і магнітного полів в площині, ортогональній фронтам тріщини..

У четвертому розділі досліджено систему електро- і магнітопроникних тріщин довільної довжини і розташування між двома п'єзоелектромагнітними півпросторами.

П'ятий розділ присвячений аналізу біматеріального простору, що складається з двох магнітоелектропружних півпросторів зі скінченним набором тріщин уздовж межі поділу матеріалів, береги яких покрито електродами.

Висновки по роботі чіткі, логічні і впливають із теоретичних даних та результатів чисельних експериментів, отриманих авторкою.

Проте до дисертаційної роботи є деякі зауваження.

1. В таблиці 1.3 наведені значення ШЗЕ у вершинах тріщин для надзвичайно малої відстані між тріщинами і різних значеннях електричного поля. Викликає сумніви зміна значень G_b в залежності від електричного поля, оскільки вершина b відноситься до електропроникної тріщини. Як це розуміти?
2. Стосовно цієї ж таблиці: Яка буде поведінка ШЗЕ при необмеженому зближенні вершин тріщин?
3. У другому абзаці сторінки 10 при описі електромагнітопроникної і електромагнітопровідної тріщин авторка переплутала їхні властивості, хоч в україномовному варіанті анотації все правильно.
4. На ст. 36 авторка вказує: «Враховуючи те, що функція $\Phi_1(z)$ є аналітичною за межами відрізків $[c, a]$ та $[b, d]$, і використовуючи задані значення напружень і електричних полів на нескінченності, отримуємо з (1.4), (1.5) наступну умову для функції $\Phi_1(z)$ на нескінченності». З моєї точки зору, рівняння (1.5) не використовується при отриманні вказаної умови для функції $\Phi_1(z)$ на нескінченності, тому (1.5) в цьому реченні можна було б опустити.
5. У більшості розділів дисертації і нормальні, і дотичні напруження позначаються буквою «сігма» з відповідними індексами, але в розділі II для позначення дотичних напружень використана буква «тау». Це в деякій мірі утруднює розуміння роботи.
6. У роботі є деякі описки, що не впливають на розуміння тексту дисертації:
 - на сторінці 13 «The practical significance» повторюється двічі;
 - у другому розділі при розгляді задачі для штампа використовується невідома функція $\phi(x)$, а у формулі (2.24) для цієї функції використано позначення $\phi_1(x)$;
 - у реченні перед рівнянням (4.15) посилання повинно бути на (4.12), а не на (4.11).


Висловлені зауваження не знижують позитивної оцінки роботи в цілому, а також розроблених авторкою основних наукових положень, висновків та отриманих результатів проведених досліджень.

Зміст дисертації відповідає вимогам, що висуваються до наукових робіт такого рівня. Текст дисертації є оригінальним, а її структура цілком узгоджується з назвою, метою і завданням дослідження. Зміст та результати дисертації відповідають спеціальності 113 Прикладна математика.

Загальний висновок. Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних авторкою наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, дисертаційна Шевельової Наталії Володимирівни «Взаємодія колінеарних тріщин на межі поділу п'єзоактивних матеріалів із різними електричними умовами на їхніх берегах», що представлена на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика відповідає встановленим вимогам відповідно наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. зі змінами від 21.03.2022), а її авторка Шевельова Наталія Володимирівна заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри прикладної математики
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

 Тетяна КАГАДІЙ

Підпис професора Кагадій Т.С.
засвідчую

Вчений секретар Вченої ради
НТУ «Дніпровська політехніка»



 Таїсія КАЛЮЖНА