

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Мисова Костянтина Дмитровича  
«Динамічні задачі кручення пружного двічі-зрізаного конусу»,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю  
113 «Прикладна математика»

**Актуальність роботи.** Вияснення природи та особливостей перебігу хвильових процесів у пружних системах є затребуваним у різних галузях, зокрема будівництві вібро- та сейсмосахисних споруд та енергетичного обладнання, пов'язаному з врахуванням динамічних факторів машино, авіа та кораблебудуванні, медичній інженерії, тощо. Тому актуальною є розробка математичних методів, що дозволяють досліджувати поведінку пружних тіл за динамічних навантажень, та розв'язання задач в нових постановках для різноманітних об'єктів, зокрема з викривленими зовнішніми поверхнями. До такого класу відносяться тіла конічної форми, які широко використовуються в інженерній практиці як різноманітні елементи конструкцій. В більшості випадків такі тіла досліджувались у статичній постановці задач, розгляд динамічного навантаження переважно стосувався конічних тіл з плоскими поверхнями зрізу. Залишалось відкритим питання впливу динамічного, зокрема крутного, навантаження на конічні тіла з викривленими торцями та поверхнями розмежування матеріалів у шаруватій структурі, а також з тонкостінними дефектами, та залучення для опису сферичної системи координат. Тому тема дисертації Мисова К. Д. є актуальною.

**Фундаментальний характер роботи** забезпечується розробкою методів розв'язання інтегральних та інтегро-диференціальних сингулярних рівнянь, до яких зводяться відповідні задачі, застосуванням різноманітних інтегральних перетворень з метою врахування специфіки розв'язків за розгляду різнорідних за формою дефектів. Знайдені розв'язки поставлених задач можуть служити як еталонні під час використання числових методів аналізу задач механіки деформованого твердого тіла для конічних об'єктів або бути використаними під час розв'язання обернених динамічних задач для двічі-зрізаних конусів.

**Практичне застосування результатів дисертації** полягає у визначенні резонансних частот конуса, зокрема шаруватої структури для наближеного аналізу конуса з функціонально градієнтного матеріалу, також розподілів динамічних напружень та коефіцієнтів їх інтенсивності в околі тріщин.

**Обґрунтованість та достовірність наукових результатів та висновків** дисертації Мисова К. Д. забезпечується застосуванням сучасних методів розв'язання задач, використанням відомих математичних моделей, узгодженням окремих результатів з літературними та перевіркою збіжності запропонованих алгоритмів та отриманих даних.

Результати дисертаційної роботи повністю висвітлені в наукових публікаціях автора та апробовані на конференціях різного рівня - як закордонних, так і вітчизняних. Кількість наукових робіт автора відповідає вимогам МОН України щодо публікації **основних результатів дисертації** на здобуття ступеня доктора філософії. У опублікованих роботах повністю розкриті основні наукові результати, що становлять суть дисертаційної роботи.

**За структурою** дисертаційна робота Мисова К. Д. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури, який містить 65 джерел, та додатків. Повний обсяг роботи складає 138 сторінок, у тому числі 116 сторінок основного тексту та 44 рисунки.

У **першому розділі** висвітлено актуальність та поточний стан досліджень стосовно пружних об'єктів кінчної форми.

**Другий розділ** присвячено побудові неперервного розв'язку задачі кручення у частотній області пружного двічі-зрізаного сферичними поверхнями конуса та його розривної версії для врахування стрибків переміщень та їх похідних на поверхнях внутрішнього сферичного або кінчного дефектів. Тоді подання параметрів пружного хвильового поля у пружному двічі-зрізаному сферичними поверхнями конусі з одним з таких дефектів отримано у вигляді суперпозиції отриманих розв'язків. Цим створена теоретична основа для розв'язання конкретних задач.

У **третьому розділі** даються аналітичні співвідношення розв'язку задачі динамічного кручення пружного двічі-зрізаного сферичними поверхнями конуса

зі сферичною тріщиною, у яких стрибки переміщень та їх похідних на поверхнях дефекту знайдено через розв'язання сингулярного інтегрального рівняння методом ортогональних поліномів. Досліджено перші резонансні частоти й динамічні напруження у конусі та вплив на них наявності сферичної тріщини. Проведено розрахунок коефіцієнтів інтенсивності напружень в околі тріщини у залежності від її розміру та частоти навантаження.

В четвертому розділі аналіз поширено на випадок динамічного кручення пружного двічі-зрізаного сферичними поверхнями конуса з кінечною тріщиною. Розв'язок задачі отримано у вигляді аналітичних формул, в яких стрибки переміщення та їх похідних при переході через тріщину знайдені з розв'язання сингулярного інтегро-диференціального рівняння методом ортогональних поліномів. Вплив кінчної тріщини проаналізовано на прикладах розрахунку власних частот та динамічних напружень у конусі та проведено їх якісне співставлення з результатами щодо сферичної тріщини.

П'ятий розділ відведено узагальненню розв'язку щодо динамічного кручення шаруватого двічі-зрізаного сферично пружного конуса. Отримано загальний розв'язок задачі, в якому невідомі константи, відповідальні за умови ідеального контакту шарів, знайдено через явне розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь з використанням ітеративних формул. Встановлено закономірності появи на частотному спектрі резонансних частот для різних комбінації матеріалів складових шарів.

**Наукова новизна.** Автором отримано розривні розв'язки рівняння кручення у частотній області зі стрибками переміщень і їх похідних на кінчній та сферичній поверхнях для моделювання тріщини або тонкого жорсткого включення відповідної форми за динамічного навантаження. Ці розв'язки як суперпозиційні складові використано для опису напружено-деформованого стану від гармонічного у часі кручення двічі-зрізаного пружного конусу з кінчною або сферичною тріщинами. Встановлено залежність власних частот та параметрів хвильового поля двічі-зрізаного конусу від його розмірів. Проаналізовано та порівняно вплив на ці фактори сферичної та кінчної тріщини. Для задачі динамічного кручення пружного сферично шаруватого конусу з

довільною кількістю компонент побудовано аналітичний розв'язок у вигляді ітеративних формул та проаналізовано резонансні властивості шаруватого тіла такої форми.

**До дисертаційної роботи можна зробити такі зауваження:**

1. У тексті слід було уникнути повторення ідентичних формул, які вперше наводяться в загальному формулюванні методу щодо побудови неперервних і розривних розв'язків (розділ 2), а потім дублюються в розділі 3 під час розгляду у конусі сферичної і розділі 4 - кінчної тріщин.
2. Аналіз збіжності розв'язків поглибився б від інформації про вплив на них параметра редукції результуючих співвідношень у вигляді рядів.
3. Акцент у числових результатах робиться на розрахунку власних частот конуса, зокрема із тріщинами, напружень у ньому та інтенсивності напружень в околі дефекту. Однак цікавим також є числовий аналіз деформаційних характеристик, зокрема кута повороту конуса та його зміни вздовж радіальної координати.
4. Кінцеві висновки дисертації вміщують виявлені у розглянутих структурах закономірності якісного характеру, їх доповнення кількісними ефектами також було б корисним, особливо для практичних застосувань.
5. У тексті є незначні термінологічні і граматичні огріхи. Автор вживає «граничні умови» замість «крайові умови», «відсутність напружень на краях тріщини» замість «відсутність напружень на берегах або поверхнях тріщини», «коефіцієнт інтенсивності напружень на берегах тріщини» замість «коефіцієнт інтенсивності напружень в околі кінчиків тріщини», «асимптотичне уявлення» замість «асимптотичне подання», не виділяє комою дієприкметникові звороти на кшталт «навантажень прикладених до...», «накладку прикріплену до...», «конуса послабленого...», «стрибки записані...», тощо.

Загалом дані зауваження не заперечують той факт, що дисертаційною роботою Мисова К.Д. вирішене актуальне завдання в галузі прикладної

математики, а саме впровадження аналітико-числового методу дослідження та аналізу реакції конусного однорідного та кусково-однорідного пружного тіла зі сферичними торцевими та міжфазними поверхнями та за присутності у ньому дефектів на крутне динамічне навантаження.

**Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України щодо присвоєння ступеня доктора філософії.** Входячи із наведеної аргументації вважаю, що дисертаційна робота Мисова Костянтина Дмитровича «Динамічні задачі кручення пружного двічі-зрізаного конусу» є завершеною та новаторською роботою, яку виконано на високому науковому рівні із застосуванням сучасних методів дослідження.

За науковим рівнем, актуальністю, новизною, оформленням та об'ємом дисертація відповідає п.6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою № 44 КМУ від 12 січня 2022 року, та «Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим наказом № 40 МОН від 12 січня 2017 року, а її автор, Мисов Костянтин Дмитрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 – прикладна математика.

Офіційний опонент –

доктор фізико-математичних наук,

професор, головний науковий співробітник

Інституту прикладних проблем механіки і математики

імені Я. С. Підстригача

Національної академії наук України



В. В. Михаськів

