ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Ревенка Віктора Петровича «Напружено-деформований стан локально навантажених пружних тіл з циліндричними та плоско-паралельними межами», представлену на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з науковими програмами, планами і темами. Однорідні і багатошарові пружні тіла з циліндричними та плоско-паралельними межами є найбільш поширеними конструкційними елементами, які застосовуються у різних галузях сучасної інженерної науки. Вони поєднують у собі легкість, велику міцність і стійкість, тому часто їх використовують у корпусах різноманітних машин і приладів, платформах і рамах, підкріплювальних або технологічних елементах, перекриттях будівельних конструкцій, які знаходяться під дією різноманітних локальних навантажень. Відомі на сьогодні підходи вивчення пружної рівноваги таких тіл спрямовані, зазвичай, на побудову розв'язків крайових задач для деяких конкретних типів нелокальних навантажень і не переслідують мети встановлення характеристик напруженого стану у випадку, коли довільні зовнішні зусилля задані на всій поверхні. Побудова розв'язку крайових задач для пружних тіл з циліндричними та плоско-паралельними межами, особливо у тривимірному формулюванні, є до кінця не вирішеною проблемою і потребує нових підходів до моделювання їх напружено-деформованого стану. Побудова адекватних моделей їх напруженого стану, подання розв'язку крайових задач та розвиток ефективних методів дослідження двовимірного або тривимірного напружено-деформованого стану однорідних або багатошарових елементів конструкцій вимагає врахування широкого спектру властивостей матеріалів, крайових умов, умов спряження шарів та характерних особливостей геометрії досліджуваних тіл. У зв'язку з цим постає потреба у розробці нових аналітично-числових методів, які дадуть змогу врахувати дію різноманітних локальних навантажень, заданих на різних поверхнях однорідних або багатошарових циліндричних тіл, та задовольнити умови контакту прилеглих шарів. Отже, дисертаційна робота Ревенка В.П., в якій запропоновано нові ефективні методи дослідження дво- та тривимірного напруженого стану циліндричних тіл та прямокутних пластин, є актуальною як з точки зору оцінки міцності та надійності елементів конструкцій за умов їх експлуатації, так і з точки зору розвитку аналітично-числових методів розв'язування крайових задач механіки деформівного твердого тіла.

Це засвідчує і те, що дисертаційна робота розроблялася відповідно до держбюджетних і цільових досліджень Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України: «Моделювання напруженого стану технічних і природних структур з дефектами і врахуванням теплових полів та контактних процесів» (№ д/р 0107U000360, 2007–2011 рр.); «Математичні моделі та методи дослідження напруженого стану неоднорідних тіл та тіл з покриттями за дії силових і теплових навантажень та наявності дефектів і залишкових деформацій» (№ д/р 0109U008764, 2010–2013 рр.); «Чисельно-аналітичні методи дослідження напруженого стану та міцності неоднорідних тонкостінних структур з недосконалостями на основі уточнених моделей за дії статичних і динамічних навантажень» (№ д/р 0111U009686, 2012–2016 рр.).

Наукова новизна роботи полягає перш за все у розробленому новому високоточному універсальному аналітично-числовому методі розв'язання двовимірних та тривимірних крайових задач теорії пружності для тіл з циліндричними та плоско-паралельними межами, локально навантажених на різних поверхнях. Для розробки цього методу в дисертаційній роботі вперше:

- запропоновано фізично обґрунтоване подання загального розв'язку крайових задач теорії пружності для тіл з циліндричними та плоско-паралельними межами, шляхом розділення на основний напружений стан і зліченні ряди самозрівноважених однорідних розв'язків;
- доведено, що загальний розв'язок рівнянь теорії пружності у криволінійній ортогональній системі координат містить три незалежні гармонічні функції та наведено його вигляд;
- побудовано загальні розв'язки рівнянь теорії пружності у циліндричній системі координат, які явно містять біля однієї гармонічної функції або тільки поздовжню, або радіальну змінну, що дало змогу знайти відповідні однорідні розв'язки;
- розв'язок тривимірних крайових задач для циліндричних тіл, шляхом відокремлення кутової змінної, зведено до розв'язання більш простих двовимірних задач;
- встановлено числові критерії збіжності запропонованих наближених розв'язків, у вигляді сум рядів за неортогональними функціями, до точного розв'язку; показано, що одне числове значення – знайдений мінімум узагальненої квадратичної форми – служить оцінкою точності задоволення всіх крайових умов та умов контакту;
- створено аналітично-числову методику наближеного задоволення всіх крайових умов і умов контакту прилеглих шарів за допомогою однорідних розв'язків, яка

визначення невідомих коефіцієнтів суми ряду зводять до пошуку мінімумів відповідних узагальнених квадратичних форм;

- розроблено комп'ютерні алгоритми і програми аналітичного знаходження інтегралів, скінченні суми яких визначають коефіцієнти узагальнених квадратичних форм, що дозволило суттєво підвищити точність і швидкодію методу;
- отримано розв'язки низки задач теорії пружності для пружних тіл з циліндричними та плоско-паралельними межами, під дією локальних навантажень, та здійснено ґрунтовний числовий аналіз закономірностей розподілу компонент напруженого стану в цих тілах.

У сукупності одержані результати повністю відповідають сформульованій меті роботи та належним сином вирішують поставлені в дисертаційній роботі завдання.

Наукова та практична цінність роботи. Теоретичну цінність роботи складає розроблений аналітично-числовий метод розв'язання двовимірних і тривимірних задач теорії пружності. Дисертаційна робота вносить вклад в розробку аналітично-числового моделювання розв'язків складних крайових задач теорії пружності оскільки в ній аналітичні методи, зокрема, (дослідження повноти і лінійної незалежності знайдених розв'язків, побудова загальних подань розв'язку рівнянь Ляме, спектральні задачі на визначення власних значень і т.п.) ефективно поєднані з розробленими і протестованими числовими алгоритмами і комп'ютерними методиками розрахунку напруженого стану циліндричних тіл, прямокутних пластин і призм. Побудовані математичні подання напружено-деформованих станів тіл з циліндричними та плоско-паралельними межами і розроблені методи дослідження відповідних крайових задач дають змогу будувати аналітичні та аналітично-числові розв'язки актуальних задач механіки деформівного твердого тіла, які, внаслідок універсальності запропонованого підходу, будуть зручними для теоретичних та інженерних застосувань.

Розроблений метод дозволив вивчити особливості полів напружень і переміщень у суцільному та двошаровому циліндрах і прямокутних пластинах, безпосередньо в околі прикладених сил, які моделюються локально розподіленими навантаженнями. Окремі теоретичні результати роботи використані при виконанні держбюджетних тем за відомчим замовленням НАН України. Практична цінність роботи полягає у встановленні важливих, з погляду інженерно-технічних застосувань, закономірностей розподілу компонент напруженого стану в циліндричних тілах, прямокутних пластинах і призмах в залежності від геометричних розмірів, характеристик локальних навантажень (безрозмірної ширини, форми і положення, міри відхилення від прямокутного розподілу, значень максимального

навантаження і кількості зон їх локального прикладання) та пружних характеристик окремих шарів.

Одержані в роботі результати та висновки можуть бути використані та розвинуті в дослідженнях напруженого стану однорідних та неоднорідних тіл, які проводяться в наукових і освітніх закладах України, зокрема Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, Інституті механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України, Інституті проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України та інших установах.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, результатів та висновків дисертації забезпечується коректністю та строгістю математичних постановок розглянутих задач; використанням фундаментальних положень та класичних співвідношень лінійної теорії пружності; точному задоволені всіх співвідношень теорії пружності; застосуванням апробованих методів математичної фізики та числового аналізу; задоволенням усіх крайових умов і умов контакту із контрольованою точністю; відповідністю висновків фізичній суті досліджуваних явищ; узгодженням отриманих у окремих випадках результатів з відомими в літературі та отриманими іншими методами.

Повнота викладу основних положень дисертації в публікаціях і авторефераті та їх апробація. Основний зміст дисертації викладено в 39-ти наукових статтях у фахових виданнях та збірниках з переліку ДАК МОН України, у тому числі 12 статей у виданнях, що реферуються міжнародною наукометричною базою Scopus. За матеріалами дисертаційної роботи зроблено низку доповідей на відомих міжнародних науково-технічних конференціях з механіки деформівного твердого тіла та семінарах провідних у цій галузі наукових установ. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла, затвердженого ДАК України.

Автореферат повністю та ідентично за змістом відображає основні наукові положення та висновки дисертаційної роботи.

Зауваження до роботи:

1. У випадку багатошарових тіл значний інтерес з точки зору оцінки міцності конструкції представляє розподіл напружень в околі межі контактів шарів. Проте в дисертаційній роботі цьому питанню приділено недостатню увагу.

2. Для підсилення аргументування висновків про достовірність отриманих автором нових результатів про розподіл напружень бажано було б провести порівняння результатів з відомими розв'язками задач про напружено-деформований стан циліндрично-шаруватих тіл.

3. Останнє зауваження має характер побажання. Оскільки запропонований автором підхід вимагає проведення великих за обсягом обчислень, зокрема

знаходження власних функцій, обчислення спеціальних функцій, тощо, було б цікавим оцінити його трудомісткість у вигляді певних кількісних показників.

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок. Дисертація Ревенка В.П. «Напружено-деформований стан локально навантажених пружних тіл з циліндричними та плоско-паралельними межами» є завершеним науковим дослідженням. У ній розв'язано актуальну наукову проблему, пов'язану з розробкою ефективного аналітично-числового методу розв'язання дво- та тривимірних крайових задач теорії пружності для однорідних або багатошарових циліндричних тіл, прямокутних пластин і призм, навантажених на різних поверхнях, та визначені їх напружено-деформованих станів за дії локальних навантажень. Отримані в роботі розв'язки крайових задач теорії пружності є важливими як з теоретичних міркувань так і з можливостей їх практичного використання. Робота виконана на рівні вимог, які ставить до докторських дисертацій МОН України. За обсягом виконаних досліджень, актуальністю та новизною отриманих результатів, їх науковою та практичною значимістю дисертаційна робота Ревенка В.П. відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", а її автор заслуговує на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент, завідувач
кафедри прикладної математики
Львівського національного університету
імені Івана Франка,
Заслужений працівник освіти України,
доктор фізико-математичних наук, професор Я.Г. Савула

Підпис професора Савули Я.Г. засвідчую.
Вчений секретар ЛНУ імені Івана Франка
кандидат філологічних наук, доцент О.С.Грабовецька