

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Глухова Андрія Юрійовича** «Поширення вісесиметричних пружних хвиль в шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями при проковзуванні шарів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

**Актуальність теми дисертації.** Наукове обґрунтування принципів та практики конструювання композитів є необхідною передумовою створення матеріалів з наперед заданими властивостями, які значно перевершують властивості класичних матеріалів або взагалі відсутні в них. Це зумовлює значний інтерес до дослідження широкого кола наукових проблем, що стосуються композитних матеріалів. Одна з таких проблем – дослідження процесів, пов'язаних з поширенням пружних хвиль в шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями, що може бути корисним, зокрема, при визначенні акустичними методами неруйнівного контролю властивостей композиту і рівня попередніх напружень, зумовлених особливостями процесу виготовлення.

В дисертаційній роботі вперше розв'язана задача про поширення вісесиметричних пружних хвиль у шаруватих композитних матеріалах з однорідними початковими напруженнями при проковзуванні шарів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження, що проведені в дисертаційній роботі, виконано у відповідності з науковими темами Інституту механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України: 1.3.1.397 «Дослідження динамічних процесів в шаруватих матеріалах та неоднорідних елементах конструкцій» (№ держреєстрації 0115U005699) і 1.3.1.409 «Сучасні проблеми механіки матеріалів і елементів конструкцій з внутрішньою структурою та дефектами» (№ держреєстрації 0117U000699).

Аналіз отриманих в роботі результатів дозволяє зробити наступні висновки щодо їх новизни, обґрунтованості і практичного значення.

**Наукова новизна та основні наукові результати дослідження** полягають у тому, що:

1) вперше дано постановку задач про поширення вісесиметричних пружних хвиль у шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями за умови проковзування шарів;

2) розвинуто метод дослідження процесу поширення хвиль в шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями за умови проковзування шарів;

3) отримано нові дисперсійні співвідношення для квазіпоперечних та квазіпоздовжніх хвиль, що поширюються вздовж шарів, а також їхні довгохвильові наближення;

4) розроблено алгоритми та програмне забезпечення для чисельного дослідження отриманих дисперсійних рівнянь;

5) отримано розв'язки нових задач тривимірної лінеаризованої теорії поширення пружних хвиль в тілах з початковими напруженнями;

6) побудовано двосторонню оцінку для фазової швидкості вісесиметричних хвиль на основі одержаних числових результатів;

7) встановлено й проаналізовано нові загальні закономірності поширення пружних хвиль у шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями при умові проковзування шарів.

**Практичне значення результатів дослідження** полягає в тому, що в дисертаційній роботі для високоеластичних композитних матеріалів періодичної структури отримані чисельні результати для випадку повного контакту шарів та випадку повного проковзування шарів, що дає можливість визначити діапазон фізичних величин, що визначають динамічні процеси в композиційних матеріалах при реальному контакті між шарами. Отримані оцінки можуть бути використані у інженерній практиці.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків та рекомендацій.** Всі висновки досліджень отримані в результаті коректно поставленої задачі у рамках лінеаризованої теорії пружності, з залученням строгого математичного апарату, надійних чисельних методів і програмного забезпечення. Одержані результати перевірялись на еталонних задачах даного класу.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел із 211 найменувань. Повний обсяг дисертації викладений на 120 сторінках, що включають 70 рисунків. Структура і об'єм роботи відповідають вимогам до кандидатських дисертацій.

У *вступі* подано загальну характеристику дисертації; розкрито стан наукової проблеми, обґрунтовано актуальність теми дисертації, її

зв'язок з науковими програмами; сформульовано мету роботи, задачі і методи дослідження; відзначено наукову новизну, практичну цінність і достовірність одержаних результатів; наведено дані про апробацію та публікацію результатів дисертаційної роботи, а також короткий опис структури дисертації.

У *першому розділі* наведено детальний огляд літератури за темою дисертації.

У *другому розділі* в рамках тривимірної лінеаризованої теорії пружності для тіл з початковими напруженнями викладені в досить загальній формі співвідношення пружності, рівняння руху та граничні умови для стисливих та нестисливих тіл із пружним потенціалом довільної форми відповідно до теорії скінченних (великих) початкових деформацій і до двох варіантів теорії малих початкових деформацій. Для випадку однорідного початкового стану приведені представлення загальних розв'язків просторових задач.

У *третьому розділі* дана постановка задач про поширення вісесиметричних пружних хвиль в шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями при проковзуванні шарів та викладено методику розв'язання таких задач для стисливих і нестисливих тіл. Проведено дослідження закономірностей поширення хвиль у стисливих та нестисливих шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями при проковзуванні шарів у випадку однорідного початкового стану. Одержано нові дисперсійні співвідношення для квазіпоперечних і квазіповздовжніх хвиль, а також їхні довгохвильові наближення.

У *четвертому розділі* чисельно досліджуються розв'язки дисперсійних рівнянь для випадку повного контакту шарів нестисливого композитного матеріалу, та аналогічні розв'язки дисперсійних рівнянь для випадку повного проковзування шарів. Для проведення числового аналізу розглядалися пружні потенціали Трелоара і Бартенєва-Хазановича. В роботі також проведено порівняння процесів поширення плоскої та осесиметричної пружних хвиль в нестисливому композитному матеріалі. Результати показують незначну відмінність в значеннях фазової швидкості плоскої квазіпоперечної хвилі та вісесиметричної квазіпоперечної хвилі. В певних діапазонах частот швидкість плоскої і вісесиметричної хвиль співпадають або дуже близькі.

В цілому дисертаційна робота Глухова А. Ю. є завершеним науковим дослідженням. Автореферат дисертації повністю відповідає змісту роботи і її основним положенням. Тексти дисертації та автореферату викладені на належному науковому рівні. Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають її меті.

**Апробація результатів роботи та публікації.** Автор має 19 наукових публікацій за матеріалами дисертації, з яких 6 – у міжнародних та фахових виданнях.

Основні положення і результати дисертації доповідались на 5 всеукраїнських та 8 міжнародних конференціях.

В опублікованих наукових працях достатньо повно викладені основні результати дисертаційної роботи.

**Зауваження.** За змістом роботи можна зробити такі зауваження:

1) Формулювання, які стосуються мети і задач дослідження, містять, зокрема, фразу про «розробку алгоритмів та програмного забезпечення для чисельного дослідження отриманих дисперсійних рівнянь». Проте у викладеному в дисертаційній роботі матеріалі власне розробці чисельних алгоритмів приділено, на мій погляд, недостатньо уваги.

2) В дисертаційній роботі відсутні чисельні дослідження і результати для стисливих матеріалів.

3) Результати отримані дисертантом дуже добре проілюстровані, робота містить велику кількість графіків і рисунків, які, на жаль, не аналізуються детально в тексті дисертації.

4) При оформленні дисертаційної роботи, дисертант використовує шрифти різної висоти в різних формулах, що дещо ускладнює сприйняття матеріалу.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи і не зменшують ступеня обґрунтованості та вірогідності основних результатів та висновків.

**Висновок.** Дисертація Глухова А.Ю. є цілісною та завершеною науковою роботою, в якій вирішене наукове завдання, що полягає у дослідженні загальних закономірностей поширення акустичних хвиль у шаруватих середовищах з початковими напруженнями з врахуванням проковзування шарів. За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною та практичною цінністю

результатів дисертаційна робота Глухова А.Ю. на тему «Поширення вісесиметричних пружних хвиль в шаруватих композитних матеріалах з початковими напруженнями при проковзуванні шарів» відповідає вимогам п. 11 і п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 року, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Глухов Андрій Юрійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент  
завідувач кафедри теоретичної та прикладної механіки  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка МОН України  
доктор фізико-математичних наук, професор

Я.О. Жук

