

## РЕЦЕНЗІЯ

*на дисертаційну роботу Дзундзи Наталії Сергіївни*

*на тему: «Напружено-деформівний стан пружних шаруватих тіл та середовищ з ортотропними шарами», представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика»*

### **Актуальність дисертаційного дослідження.**

На сьогоднішній день використання анізотропних композитних (багатошарових) матеріалів є одним із перспективних напрямів у будівництві, машинобудуванні та металургійній галузях, що вимагає розробки ефективних методів дослідження напружено-деформованого стану таких конструкцій з урахуванням особливостей матеріалів. Отже проблеми визначення напружено-деформованого стану ортотропних шарів та багатошарових ортотропних основ, вирішенню яких і присвячена представлена дисертаційна робота, є актуальними як з теоретичної так і з практичної точки зору.

Дисертаційне дослідження виконано в рамках планової науково-дослідної теми, що виконується на математичному факультеті Запорізького національного університету: “Чисельні та аналітичні методи розв’язання диференціальних та інтегральних рівнянь задач механіки деформівного твердого тіла” (номер державної реєстрації 0121U114696).

### **Наукова новизна.**

В дисертаційній роботі для визначення напружено-деформованого стану отримано розрахункові формули для ортотропних шару, півпростору, двошарового та багатошарового тіла в умовах плоскої деформації. Розроблено підхід до розв’язання першої основної граничної задачі плоскої теорії пружності для багатошарової основи з ортотропними шарами, який враховує особливості ортотропного матеріалу і дозволяє отримувати аналітичні розв’язки. Вперше поширено метод функцій податливості, розроблений для багатошарових основ з ізотропними шарами, на задачі для багатошарових основ з ортотропними шарами, а також вперше виведені рекурентні формули

функцій податливості для багат шарової ортотропної основи та проведене їх дослідження.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Практична значимість дисертаційної роботи полягає у можливості безпосереднього використання розроблених в роботі підходів при дослідженні напружено-деформівного стану шаруватих структур з ортотропними шарами. Використання отриманих результатів для проєктування та аналізу конструкцій з ортотропних матеріалів, зокрема при розрахунках будівельних конструкцій, авіаційних і космічних апаратів, дозволить підвищити надійність і довговічність таких конструкцій, а також оптимізувати їхні механічні характеристики.

Окрім того, частина матеріалів з дисертаційного дослідження були впроваджені в освітній процес Запорізького національного університету при викладанні дисципліни «Математичні моделі механіки суцільного середовища».

### **Повнота викладу результатів дисертаційного дослідження в опублікованих працях.**

За темою дисертаційної роботи опубліковано шість статей, одна з них – у виданні, індексованому в наукометричній базі Scopus, чотири – в наукових фахових виданнях України, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 113 «Прикладна математика», одна – у закордонному періодичному виданні. Апробація результатів дисертаційного дослідження засвідчується участю у вітчизняних наукових конференціях, що підтверджується 5 тезами доповідей і однією публікацією у матеріалах закордонної міжнародної конференції.

Наукові результати, наведені здобувачкою в дисертації в повному обсязі відображено у зазначених в роботі наукових публікаціях, доповідях конференцій. Усі наукові праці здобувачки Дзундзи Н.С. виконані на високому науковому рівні, описані в статтях дослідження зрозумілі та чітко

структуровані. Особистий внесок здобувачки до публікацій за співавторством вагомий.

### **Оцінка змісту дисертації та її основних положень.**

Дисертація складається з анотації українською та англійською мовами, списку опублікованих праць за темою дисертації, вступу, чотирьох розділів, висновків за результатами дисертаційного дослідження, списку використаних джерел та додатку.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету, завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі висвітлено огляд літератури та аналіз сучасного стану проблеми визначення напружено-деформівного стану ортотропних шаруватих тіл та середовищ. На основі даного аналізу зроблено висновки, щодо ефективності розглянутих методів і необхідності поширення методик у подальших наукових дослідженнях для ортотропних тіл та середовищ.

У другому розділі описано загальну схему розв'язання основних крайових задач механіки деформівного твердого тіла для визначення напружено-деформівного стану пружного ортотропного шару та ортотропного півпростору в умовах плоскої деформації методом інтегрального перетворення Фур'є. Отримані аналітичні та числові розв'язки задач про дію поверхневого навантаження на шарі і півплощині. Наведені розрахунки конкретних задач, для різних матеріалів, побудовано графіки та виконано їх аналіз.

У третьому розділі наведено чисельно-аналітичні розв'язки задач про визначення напружено-деформівного стану двошарового тіла, що складається з ортотропного шару, зчепленого з півпростором, за умови плоскої деформації. Отримані розв'язки за запропонованим підходом були порівняні з розв'язками, отриманими методом скінчених елементів за допомогою скінченно-елементного пакету QFEM, результати цього порівняння демонструють ефективність застосованого підходу.

У четвертому розділі містяться результати дослідження напружено-деформівного стану багатошарової ортотропної основи. Запропонований підхід розв'язання першої основної граничної задачі плоскої теорії пружності для визначення напружено-деформівного стану в будь-якій точці багатошарової ортотропної основи враховує особливості властивостей ортотропного матеріалу і дозволяє отримувати чисельно-аналітичні розв'язки. Поширено метод функцій податливості для багатошарової ортотропної основи, отримані рекурентні формули функцій податливості та проведено їх дослідження. Наведені числові розв'язки конкретних задач для тришарової основи та проведено їх аналіз.

У висновках до дисертації сформульовано основні отримані у роботі наукові результати.

У додатку наведено акт впровадження дисертаційного дослідження в освітній процес при викладанні дисципліни «Математичні моделі механіки суцільного середовища» в Запорізькому національному університеті.

#### **Дискусійні положення та зауваження до дисертації.**

Загалом, позитивно оцінюючи теоретичне і практичне значення отриманих дисертаційних результатів, варто відзначити такі зауваження до змісту.

1. Було б доцільно дослідити за розробленою у роботі методикою граничний перехід, розрахувавши об'єкт з ізотропних матеріалів й порівнявши отримані розв'язки з відомими результатами, отриманими іншими дослідниками.
2. У всіх аналітичних викладках та практичних розрахунках вважалось, що осі ортотропії займають частинне положення по відношенню до напрямку прикладеного навантаження та характерних меж елементів об'єкта, що розраховується. В дисертації не обговорюється можливість застосувати отримані співвідношення при розв'язанні задачі для більш загального випадка.

3. При розв'язанні задач методом скінченних елементів вагоме значення має точність обчислень: в роботі не наведено якою вона задавалась і як контролювалась.
4. Не описано як моделювались нескінченні розміри шарів методом скінченних елементів.
5. У роботі всі числові коефіцієнти записані через розділову крапку, доцільне було б записувати через кому.

**Висновок.**

Дисертаційна робота Дзундзи Наталії Сергіївни на тему «Напружено-деформівний стан пружних шаруватих тіл та середовищ з ортотропними шарами» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням. Представлена до захисту дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. Авторка Дзундза Наталія Сергіївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

**Рецензент:**

доктор технічних наук,  
професор,  
завідувач кафедри фундаментальної  
та прикладної математики  
Запорізького національного університету

Сергій ГРЕБЕНЮК