

ВІДГУК
офіційного опонента
Дісковського Олександра Андрійовича

на дисертаційну роботу **Шматко Тетяни Валентинівни** «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Функціонально-градієнтні (ФГ) сендвіч пластини та пологі оболонки в останні роки є найбільш затребуваними елементами для виробництва сучасних тонкостінних конструкцій. Функціонально-градієнтні матеріали (ФГМ) є однією з найбільш перспективних технологій, оскільки дозволяють гнучко варіювати механічні та фізичні характеристики матеріалу по товщині конструкції. ФГ сендвіч пластини та пологі оболонки забезпечують високе співвідношення міцності до ваги, покращені аеродинамічні та теплові властивості, а також підвищену стійкість до навантажень і пошкоджень. Це робить їх незамінними для створення ракетно-космічної, авіаційної та машинобудівної техніки, а також для конструкцій, що працюють в екстремальних умовах.

Незважаючи на значний прогрес у дослідженні ФГМ, низка важливих питань залишається нерозв'язаною. Основні труднощі пов'язані з дослідженням статичної та динамічної поведінки ФГМ оболонок та пластин складної форми, особливо в умовах нелінійного деформування, пористості, змінної товщини та складних граничних умов. Також актуальними залишаються задачі стійкості та нелінійних коливань ФГМ конструкцій, особливо в умовах дії нерівномірних стискаючих навантажень. Точні аналітичні розв'язки таких задач у загальному випадку є неможливими, а чисельні методи потребують удосконалення для врахування важливих факторів.

ВХ 101/2025

Від 10.04.2025 р.

У цьому контексті розробка нових чисельно-аналітичних методів дослідження лінійних і нелінійних коливань та стійкості ФГМ оболонок та пластин є актуальною науково-технічною проблемою. Використання теорії R-функцій у поєднанні з варіаційними методами дозволяє значно розширити можливості комп'ютерного моделювання таких конструкцій та розробити нові підходи їхнього дослідження.

Актуальність тематики підтверджується виконанням роботи у рамках державних та міжнародних наукових проєктів, зокрема:

- ДР №0105U000573 (2005–2007) – дослідження лінійних та нелінійних задач механіки композитних пластин і оболонок;
- ДР №0108U001443 (2008–2011) – розробка методів розв'язання задач нелінійної динаміки пластин та оболонок;
- ДР №0111U002260 (2011–2013) – дослідження стійкості багатошарових пластин і оболонок;
- Міжнародний проєкт NATO SPS CoMetA G6176 (2023–2025) – розробка композитних метаматеріалів для аерокосмічних конструкцій.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у докторській дисертації.

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, обґрунтовані використанням строгого математичного апарату, аналітичних методів опису математичних моделей статичного та динамічного процесів деформування ФГМ пологих оболонок та пластин, з урахуванням геометричної нелінійності, пористості, пружної основи в рамках існуючих теорій; порівнянням в окремих випадках з відомими розв'язками, чисельними розрахунками та експериментальними даними інших авторів; аналізом фізичної суті розв'язків та чіткою відповідністю отриманих результатів фізичному змісту задач.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розробці ефективного чисельно-аналітичного підходу для дослідження статичного та

динамічного стану елементів конструкцій, виготовлених із сучасних функціонально-градієнтних матеріалів. До основних пунктів наукової новизни слід віднести наступні:

1. Розроблено новий підхід розв'язання лінійних коливань ФГМ пологих оболонок і пластин зі складною формою плану в рамках трьох теорій (класичної та уточнених зсувних деформаційних теорій першого та третього порядків). Важливо, що запропонований підхід розроблено як для одношарових, так і сендвіч оболонок з урахуванням пористості, пружної основи, методів гомогенізації, змінної товщини. Особливістю запропонованого методу є те, що він базується на використанні теорії R-функцій та варіаційних методах, що суттєво підвищує ефективність існуючих методів, завдяки можливості побудови системи базисних функцій, які точно задовольняють головним граничним умовам у разі будь-якої геометричної форми плану оболонки та способу її закріплення.

2. Запропоновано алгоритм розв'язання задач про геометрично нелінійні коливання пологих оболонок та пластин. За даним алгоритмом вихідна нелінійна система диференціальних рівнянь зводиться до одного або системи звичайних нелінійних рівнянь другого порядку. Отримано нові варіаційні постановки допоміжних задач, розв'язок яких сприяє такому зведенню.

3. Отримані аналітичні формули для обчислення елементів матриць, за допомогою яких визначаються зусилля, моменти та перерізуєчі сили пластин та пологих оболонок, виготовлених з ФГМ. Ці аналітичні формули отримані для одношарових і сендвіч структур з урахуванням типу ламінації, пористості, пружної основи та різних законів гомогенізації.

4. Одним із важливих результатів роботи є розроблений метод дослідження стійкості та коливань стиснутих пластин та оболонок. Особливістю запропонованого методу є можливість врахування

неоднорідного докритичного стану. З цією метою було запропоновано варіаційні постановки задачі про визначення докритичного стану. Як і в попередніх випадках, запропонований метод базується на використанні теорії R-функцій, тому може бути застосованим для широкого класу ФГМ елементів, які відрізняються геометрією, способом стискуючого навантаження, умовами закріплення, різними схемами ламінації шарів.

Особливої уваги заслуговує велика кількість задач, розв'язок яких представлено у вигляді графіків та таблиць. Це вдалося виконати завдяки розробленому автором програмному забезпеченню для системи POLE-RL.

Практичне значення результатів, наведених в дисертаційній роботі. Отримані в роботі чисельні розв'язки та розроблений математичний апарат доцільно використовувати в інженерній практиці при розрахунках власних частот елементів тонкостінних конструкцій зі складною формою плану та різними способами закріплення, в тому числі для оболонок з вирізами та отворами різної форми. Наведені таблиці та графіки також можуть бути використані для порівняння результатів, отриманих за допомогою інших наближених методів. Особливо це стосується сендвіч пористих ФГМ елементів змінної товщини, елементів, які знаходяться на пружній основі, мають різні схеми розташування шарів та виготовлені із різних сумішей. Знайдені аналітичні вирази для обчислення зусиль та моментів, можуть бути використаними дослідниками, які займаються проблемами розрахунку ФГМ пластин та пологих оболонок незалежно від форми плану та виду граничних умов.

Результати дисертації були використані при виконанні декілька держбюджетних тем, гранту НАТО. Розроблені аналітичні й чисельні методи дослідження ФГМ пластин та оболонок зі складною формою плану та різними умовами закріплення доцільно використовувати в навчальному процесі при викладанні курсу «Математична фізика», «Сучасні методи

розв'язання крайових задач» та інші при підготовці фахівців ступеня магістра і ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика» згідно освітньої програми «Комп'ютерне та математичне моделювання».

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Вважаю, що деяким недоліком представленої роботи є той факт, що автор мало уваги приділив розв'язанню задач про згин ФГМ пологих оболонок і пластин та визначенню їх напружено-деформованого стану. Доцільно було би дослідити вплив пористості, пружної основи, схем гомогенізації та інших чинників на величини прогинів та напруження.

2. У роботі більшої уваги приділено жорстко закріпленим елементам конструкцій. Практично не було розглянуто задач про коливання оболонок складної геометричної форми за умови вільного краю.

3. Автором вирішена велика кількість складних задач, та зроблено висновки по кожній з них. Але не надано загальних практичних рекомендацій, стосовно впливу тих чи інших параметрів на динамічну поведінку.

4. У роботі достовірність отриманих результатів для власних частот оболонкових елементів конструкцій перевіряється порівнянням аналогічних результатів, отриманих за допомогою інших методів, в тому числі з МСЕ. Бажано було б надати більше інформації та пояснень про ці розрахунки.

Зауваження, що висловлені вище, не стосуються актуальності проведених досліджень, наукової новизни, достовірності та практичної цінності отриманих результатів і тому не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи в цілому та можуть бути врахованими у подальшій роботі здобувача.

Відповідність змісту реферату основним положенням дисертаційної роботи.

Зміст реферату повністю відображає основні положення дисертаційної роботи та відповідає змісту розділів дисертації, містить основні результати виконаних досліджень і дає змогу достатньо повно оцінити наукову новизну і практичну цінність. Стиль викладання матеріалу у дисертації та реферату відповідає загальноприйнятим вимогам.

Докторська дисертаційна робота не містить матеріалів, викладених у кандидатській дисертації здобувача. Плагіат відсутній.

Повнота викладення результатів дисертаційних досліджень у опублікованих працях.

Всі наукові результати дисертаційної роботи опубліковані, апробація результатів є достатньою, отже вимоги пунктів 8 Постанови КМУ від 17.01.2021 р. №1197 виконані.

У відкритому друці за темою дисертаційної роботи опубліковано 74 наукові праці у відомих іноземних та вітчизняних фахових журналах та доповідались на багатьох міжнародних конференціях.

Висновок про дисертацію в цілому та відповідність її чинним вимогам.

На підставі вище викладеного, вважаю, що дисертаційна робота **Шматко Тетяни Валентинівни** «Математичне моделювання та розробка чисельно-аналітичних методів дослідження функціонально-градієнтних пологих оболонок та пластин з використанням теорії R-функцій» є завершеною науковою працею. У ній містяться нові наукові результати, що спрямовані на розв'язання важливої науково-технічної проблеми, пов'язаною з розробкою ефективних чисельно-аналітичних методів дослідження статичної та динамічної поведінки елементів конструкцій, виготовлених із сучасних матеріалів, на основі математичних моделей, які

враховують особливості процесів їх деформування: нелінійності, наявності пористості, пружної основи, розподілення об'ємних часток складових ФГМ, геометрії та виду умов закріплення. Результати дисертаційної роботи відповідають меті та поставленим завданням.

Реферат відображає основний зміст роботи. Тема, зміст та результати дисертаційної роботи відповідають паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

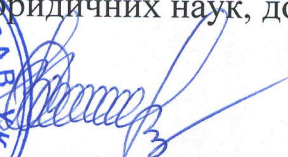
Вважаю, що за актуальністю теми, високим науковим рівнем виконаних досліджень, науковою новизною та практичною цінністю отриманих результатів, представлена дисертаційна робота виконана із дотриманням принципів академічної доброчесності та відповідає вимогам пунктів 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» від 17.11.2021 №1197, а її автор – Шматко Тетяна Валентинівна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 –математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент,
професор кафедри інформаційних технологій
Дніпровського державного університету
внутрішніх справ
доктор технічних наук, професор



О.А. Дісковський

Особистий підпис проф. Дісковського О.А. засвідчую
Учений секретар секретаріату Вченої ради Дніпровського державного
університету внутрішніх справ, кандидат юридичних наук, доцент
27.03.2025

В.В. Сичова