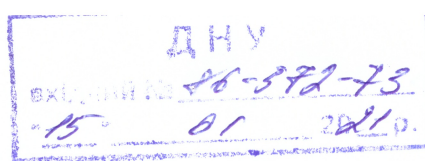


ВІДГУК



офіційного опонента на дисертаційну роботу **Зеленського Анатолія Григоровича** «Варіант математичної теорії нетонких пружних пластин і пологих оболонок при статичному навантаженні», що подана на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність дисертації. Різноманітного типу нетонкі пружні пластини та оболонки є одними з найпоширеніших елементів навантажених конструкцій, механізмів і приладів різноманітного цільового призначення. Це зумовлено їхньою раціональною матеріаломісткістю та можливістю забезпечення необхідної жорсткості у певних напрямках, котрі визначаються особливостями умов експлуатації. Як правило, жорсткість у заданому напрямку вказаних конструктивних елементів регулюється шляхом підбирання пружних характеристик використовуваного матеріалу під час виготовлення.

Дослідженню пружного лінійного та фізично нелінійного деформування пластин та оболонок при статичному навантаженні на основі класичних та узагальнених моделей присвячена значна кількість праць, в яких наведені аналітичні та чисельні розв'язки. Водночас зазначені моделі не враховують просторовий напружено-деформований стан, зокрема податливість до трансверсального стиснення, що притаманно нетонким пластинам і оболонкам, виготовлених із сучасних матеріалів, таких як армовані композити на полімерній основі. Також в більшості з них нехтують компонентами тензора пружності, що відповідають поперечним деформаціям. Вказане може призвести до значних похибок при проектних розрахунках реальних пластинчатих і оболонкових конструкцій як на міцність, так і на деформативність. Тому цілком вмотивованою є необхідність вдосконалення існуючих і розроблення нових математичних моделей та методів розрахунку лінійного та фізично нелінійного деформування пружних нетонких пластин і оболонок. Відмітимо, що вказані конструктивні елементи, в силу недостатньої на даний час вирішеності проблем знаходження розв'язків відповідних крайових задач для

рівнянь в часткових похідних у скінченних двовимірних областях, що зумовлено труднощами створення на даний час відповідного математичного апарату, досліджені в неповній мірі. Наведене підтверджує актуальність теми дисертаційної роботи А.Г. Зеленського.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації забезпечуються: математичною та фізичною коректністю формулювання граничних задач; строгим математичним підходом до їх розв'язування з формулюванням і доведенням відповідних теорем про збіжність рядів і єдиність розв'язку; дослідженням точності розв'язків з використанням методів математичного аналізу та теорії рядів; аналітичними граничними переходами, які приводять до результатів, отриманих за використання відомих теорій пластин і оболонок; верифікацією запропонованої методології отримання розв'язків граничних задач на тестових прикладах; порівняннями з деякими точними результатами, відомими в літературі, які отримані при застосуванні інших апробованих теорій пластин і оболонок.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному:

1. Зроблено ґрунтовну класифікацію в історичному та предметному аспектах теорій деформування і методів розрахунку міцності оболонок і пластин з огляду на потреби відповідних рівнів технічних засобів.
2. Розроблено методологію формальної побудови з тривимірних рівнянь теорії пружності двовимірних співвідношень на серединній поверхні оболонки, що описують її напружено-деформований стан з урахуванням усіх компонент тензорів деформацій та напружень.
3. Досліджені властивості, отриманих методом розвинення за поліномами Лежандра при точному задоволенні крайових умов на лицевих поверхнях за лінійного та фізично нелінійного деформування, систем диференціальних рівнянь (СДР) рівноваги нетонких однорідних транстропних пластин та пологих оболонок.

4. Сформульовані постановки крайових задач для отриманих СДР, що складають основу запропонованого автором нового варіанту математичної теорії (МТ) однорідних і шаруватих пружних лінійних та фізично нелінійних за Каудерером пластин і пологих оболонок.
5. Уперше розроблено новий метод інтегрування СДР рівноваги високих порядків нетонких однорідних і шаруватих фізично лінійних і нелінійних пластин, що базується на алгебраїчних, диференціальних та операторних перетвореннях СДР і методі зведення їх до однорідних (для лінійних елементів) і неоднорідних (для лінійних і нелінійних елементів) диференціальних рівнянь 2-го порядку.
6. З використанням методів збурень і послідовних наближень розроблений новий наближений метод зведення СДР рівноваги пологих оболонки з довільною товщиною до рекурентної послідовності СДР рівноваги пластин за згинного та плоского деформувань.
7. Збіжність рядів за поліномами Лежандра для переміщень і напружень обґрунтована шляхом доведення відповідних теорем.
8. Для запропонованого варіанту МТ товстих трансропних пластин отримана низка частинних і загальних розв'язків СДР, зокрема з урахуванням крайових ефектів.
9. На основі отриманих числових результатів автором зроблені висновки про межі застосовності теорій С.П. Тимошенка та Е. Рейснера й запропонованого варіанту МТ в залежності від крайових умов, типу навантаження та геометричних характеристик однорідних, дво- і тришарових трансропних, ортотропних і фізично нелінійних пластин і пологих оболонки.

Теоретичне та практичне значення отриманих результатів.

Теоретичне значення полягає в побудові нових варіантів математичної теорії деформування нетонких пластин і оболонки та розробленні нових аналітичних методів розв'язування відповідних граничних задач.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання їх в НДІ, проектних організаціях та в інших дослідних установах високоточних розрахунків і проектування сучасних конструкцій. Це дасть змогу створювати надійні та довговічні споруди і конструкції з високою питомою міцністю і жорсткістю. Використання в практичних цілях матеріалів дисертаційної роботи підтверджено актом впровадження результатів досліджень у ООО “Укррезервуарсервіс”.

Повнота викладу наукових положень, висновків, результатів і рекомендацій в опублікованих роботах. За темою дисертації опубліковано 100 наукових праць (85 праць в одноосібному авторстві), з яких 64 наукові статті (52 статті в одноосіб. авт.): 51 стаття – у фахових виданнях України з фізико-математичних і технічних наук (46 в одноосіб. авт.), з яких 29 статей у фахових виданнях України з фізико-математичних наук (26 в одноосіб. авт., 1-а з яких входить у міжнародні наукометричні бази); 6 статей (5 в одноосіб. авт.) у зарубіжних англomовних виданнях: 1 стаття в **Scopus** (в одноосіб. авт.); 3 статті (в одноосіб. авт.), які входять до міжнародних наукометричних баз: **Index Copernicus, RS Global, Google Scholar** та ін.; 2 статті (1 стаття в одноосіб. авт.) у зарубіжних колективних **англomовних монографіях** сумарним об’ємом 56 с.; 2 статті у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз (1 стаття в одноосіб. авт.); 5 статей (у співавторстві) у наукових виданнях України і 36 тез доповідей (33 тези в одноосіб. авт.).

Представлені публікації роботи в повній мірі відображають основні положення та результати дисертаційної роботи. Робота апробована на багатьох наукових конференціях і семінарах різного рівня. Автореферат оформлено згідно з вимогами ДАК МОН України. Він добре структурований і відповідає змісту дисертації, достатньо для розуміння відображає основні положення та висновки дисертаційної роботи.

Оцінка змісту дисертаційної роботи. Зміст дисертації по розділах детально висвітлений у авторефераті. Тому вважаю, що немає необхідності повторюватись. У *висновках* наведено підсумки досліджень і вказано основні

результати. У додатках містяться формули, коефіцієнти, оператори, диференціальні рівняння, таблиці, графіки, перелік публікацій за темою дисертації, довідка про впровадження результатів.

Дисертація Зеленського А.Г. є завершеною науковою працею, в якій вирішена актуальна наукова проблема побудови нових варіантів математичної теорії статичного деформування нетонких пружних лінійних та фізично нелінійних за Каудерером однорідних і шаруватих пластин й пологих оболонок та розроблення нових аналітичних методів розв'язання граничних задач.

Зауваження до дисертації.

- При постановці проблеми побудови варіанту МТ однорідних трансропних пластин (Розділ 3) автором розглянуто лише два види крайових умов на бічних поверхнях (торцях). У випадку пологих оболонок (Розділ 5) вони не наведені. Хоча більш важливими з практичної точки зору є мішані крайові умови на торцях оболонок і пластин, коли узагальнені зусилля та переміщення взаємозв'язані.
- Об'єм дисертаційної роботи можливо був би меншим, якби спочатку була побудована теорія пологих оболонок, а граничним переходом за геометричними параметрами отримувалась МТ деформування нетонких пластин.
- Автору дисертаційної роботи варто було б у вступі навести коротке тлумачення «математична теорія» стосовно оболонок і пластин, оскільки він широко використовується в різноманітних галузях науки.
- Дуже багато вжито при написанні дисертації скорочень, що значно утруднює розуміння суті окремих її частин. Деяких скорочень і означень можна було б уникнути, оскільки вони є загальноприйнятими (класичними).
- У роботі наявні деякі стилістичні та орфографічні неточності. Зокрема вживаються вирази «гранична задача» і «крайова задача» в одному і тому ж розумінні та ін. На сторінці 39 не означені символи $d_0, d_{10}, d_{20}, d_{30}, d_{40}$.

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальний висновок.

На підставі аналізу автореферату, дисертаційної роботи, авторських публікацій за темою роботи можна зробити висновок, що робота виконана на належному теоретичному та науковому рівні, представлені в дисертації наукові та практичні результати, дозволяють кваліфікувати їх як науково-обґрунтовані розробки, а тому дисертаційне дослідження Зеленського А.Г. відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук, зокрема «Порядку про присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами). Враховуючи все вищезазначене можна зробити висновок, що автор дисертації – Зеленський Анатолій Григорович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент

Завідувач відділу моделювання
композитних структур і складних
систем Інституту прикладних
проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України,

доктор фізико-математичних наук, професор

М.В. Марчук

Підпис д.ф.-м.н., професора М.В.Марчука засвідчую:

Вчений секретар Інституту прикладних проблем механіки і математики
ім.Я.С.Підстригача НАН України
кандидат фіз.-мат. наук



О.З.Кравчишин