

ВІДГУК

офіційного опонента доктора фізико-математичних наук, професора Безвершого О.І.
на дисертацію Дьомічева Костянтина Едуардовича
«Метод дослідження елементів конструкцій з функціонально-неоднорідних матеріалів
при великих деформаціях»,
поданої на здобуття наукового ступеня
доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Сучасні деталі, пристрої та елементи конструкцій, які виготовляються з функціонально-неоднорідних матеріалів та мають властивість пам'яті форми і ведуть себе псевдо-пружно-пластично, в процесі виготовлення та експлуатації можуть перебувати під впливом складного нестационарного силового й температурного навантаження.

Нерівномірний нагрів тіл у поєднанні з силовими чинниками може призводити до великих деформацій матеріалу та до складних процесів деформування.

Для моделювання поведінки таких елементів конструкцій з функціонально-неоднорідних матеріалів потрібно визначати нестационарний термомеханічний стан тіла не лише на псевдо-пружній стадії деформування, а й далеко за межею пружності.

Існуючі моделі поведінки таких елементів конструкцій не враховують нелінійні геометричні співвідношення та не зовсім придатні для ефективного використання при великих деформаціях.

Існуючі чисельні методи розв'язання таких нестационарних задач термомеханіки призводять, як правило, до значних обчислювальних труднощів, пов'язаних із розв'язанням великих систем алгебраїчних рівнянь, і не завжди бувають ефективні. Ці обставини суттєво ускладнюють моделювання термочутливих конструкцій з функціонально-неоднорідних матеріалів, які знаходяться під дією нестационарного складного навантаження.

Дослідження останніх років свідчать про те, що перспективними методами для моделювання поведінки тіл під дією нестационарного складного навантаження є методи розщеплення і сплайн-колокації, які дозволяють будувати більш точні розв'язки як за часом, так і по координатах.

Таким чином, актуальною є наукова проблема створення математичних моделей, розробка та застосування методів і засобів комп'ютерного моделювання поведінки

елементів конструкцій з функціонально-неоднорідних матеріалів при великих деформаціях. Обраний підхід до вирішення цієї проблеми ґрунтується на розширенні класу математичних моделей з урахуванням особливостей процесів, що протікають при великих деформаціях, та розробці ефективного методу чисельного моделювання нестационарних термомеханічних процесів у функціонально-неоднорідних матеріалів.

Дисертаційна робота виконана відповідно до постанови Президії НАНУ від 20.12.13 №179 «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019–2023 рр.», а саме – пп. 1.3.1.1. «Методи розрахунку та дослідження напружено-деформованого стану, у тому числі при наявності дефектів різного походження» та пп. 1.3.1.5. «Механіка взаємодії полів різного походження в матеріалах і елементах конструкцій», а також Постанови КМУ від 07 вересня 2011 року № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року», а саме – «Найважливіші фундаментальні проблеми фізико-математичних і технічних наук».

Той факт, що дисертаційна робота також виконувалась в рамках держбюджетних досліджень у Дніпровському державному технічному університеті «Створення чисельного методу дослідження міцності елементів конструкцій на основі урахування теплових та мікромеханічних ефектів» (номер державної реєстрації № 0110U002305) та «Методи дослідження міцності елементів конструкцій із функціонально-неоднорідних матеріалів, чутливих до виду термонапруженого стану» (номер державної реєстрації № 0113U000379). підкріплює її наукову та практичну актуальність.

Наукова новизна, обґрунтованість і достовірність наукових висновків і рекомендацій

Розглянуту дисертацію виконано на високому науковому рівні, зокрема, в ній:

- розроблено новий ефективний метод розв'язання нестационарних просторових задач теорії пластичності у випадку деформування функціонально-неоднорідного матеріалу при великих деформаціях;
- вперше запропоновано й експериментально обґрунтовано нову нелінійну феноменологічну модель поведінки псевдо-пружно-пластичних матеріалів з пам'яттю форми, в якій враховується тепло, що виділяється в процесі фазових переходів у тілі;

- вперше запропоновано на ділянці діаграми матеріалу близької до ідеальної пластичності застосовувати феноменологічну теорію пластичної течії для матеріалів з майданчиком плинності;
- узагальнено співвідношення теорії пластичності та теорії течії з кінематичним і трансляційним зміцненням на випадок деформування термо-псевдо-пружно-пластичного матеріалу;
- запропоновано нові інтерполяційні формули (на основі теорії напружених сплайн-функцій) для описання ділянок діаграми матеріалу при розвантаженні з довільної точки;
- поставлено і розв'язано новий клас задач про нестационарне деформування просторових тіл зі сплавів, що мають властивості пам'яті форми, термо-псевдо-пружно-пластичності при значних деформаціях;
- виявлено нові механічні ефекти, пов'язані з урахуванням локального тепловиділення в процесі фазових перетворень у тілах з псевдо-пружно-пластичних матеріалів;
- доведено збіжність уточненої ітераційної процедури розв'язання нестационарних просторових задач теорії пластичності у випадку деформування функціонально-неоднорідного пластичного матеріалу при великих деформаціях;
- вперше в рамках запропонованого методу врахована можливість зміни форми й розмірів тіла при великих деформаціях.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість та достовірність результатів наведених у дисертації, забезпечується коректністю та строгістю математичних постановок задач у рамках механіки деформівного твердого тіла; застосуванням обґрунтованих чисельних методів розв'язання поставлених задач; узгодженістю та збігом одержаних розв'язків з відомими в літературі результатами, отриманими за допомогою інших методів; відповідністю результатів і висновків до фізичної суті задач та узгодженістю з експериментальними даними.

Наукова новизна підтверджена пріоритетними вітчизняними та зарубіжними публікаціями.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці методу чисельного моделювання процесів деформування в нелінійних просторових тілах з

функціонально-неоднорідних матеріалів (зокрема, матеріалів з пам'яттю форми та псевдо-пружно-пластичністю) при великих деформаціях.

Використаний при цьому апроксимаційний апарат двовимірних сплайн-функцій дозволяє з більшою точністю враховувати складні залежності властивостей матеріалів від термо-механічних процесів, які в них відбуваються, а також створювати нові різницеві схеми підвищеної точності.

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Дніпровського державного технічного університету при викладанні навчальної дисципліни «Математичне моделювання технологічних процесів», Національного авіаційного університету при викладанні дисциплін «Сучасні комп'ютерні технології в фізиці» та «Методи математичної фізики». Також результати досліджень використані й впроваджені в ТОВ «LAB01».

Повнота викладення здобувачем основних результатів дисертаційної роботи в публікаціях

Основні результати дисертації опубліковано у 44 працях, серед яких 2 монографії, 2 статті у періодичних виданнях, що включені до наукометричної бази Scopus, 18 статей у наукових фахових виданнях України та зарубіжних наукових періодичних виданнях, що віднесені до інших (відмінних від Web of Science) міжнародних наукометричних баз даних (з яких 3 – одноосібних), 24 наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дослідження на наукових конференціях, симпозіумах, конгресах. Серед них статті у наукових журналах індексованих у міжнародній наукометричній базі Scopus, дві монографії, одинадцять статей у закордонних англійськомовних фахових виданнях, п'ять статей у наукових фахових виданнях України та 24 тези доповідей у матеріалах міжнародних конференцій. Із представлених публікацій 3 є одноосібними науковими працями дисертанта.

В цих публікаціях основні положення та результати дисертації викладені достатньо повно. В працях, які опубліковано у співавторстві, коректно відображено особистий внесок дисертанта, а також забезпечені посилання на публікації інших авторів.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 346 сторінок

машинописного тексту, з них 268 сторінок основного тексту, 26 рисунків, список використаних джерел з 262 найменувань та додатки.

У вступі представлена загальна характеристика роботи і проведено аналіз досліджень наукової проблеми; обґрунтована актуальність дисертаційної роботи та її зв'язок із науковими програмами; сформульована мета й завдання дослідження; окреслено новизну отриманих результатів та їх практичне значення; наведено дані про апробацію результатів роботи та публікації її основного змісту, а також особистий внесок здобувача в публікаціях у співавторстві; зроблено короткий опис структури дисертації.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану проблеми математичного моделювання поведінки функціонально-неоднорідних матеріалів. Зроблено огляд літературних джерел за темою дисертаційного дослідження. Проведено аналіз існуючих моделей фазових перетворень, які можуть мати місце у функціонально-неоднорідних матеріалах. Проаналізовано критерії, за якими можна класифікувати фазові перетворення в матеріалах.

Розглянуто методи чисельного розв'язання задач для тіл з псевдо-пружно-пластичних матеріалів. Сформульовано задачі дисертаційного дослідження.

У другому розділі наведено повну систему рівнянь та розроблено метод визначення пружно-пластичного нестационарного напружено-деформованого стану тривимірних тіл з функціонально-неоднорідних матеріалів при великих деформаціях. Зроблена математична постановка задачі дослідження.

У третьому розділі досліджується та розв'язується новий клас задач термомеханіки для функціонально-неоднорідних матеріалів. Розв'язано ряд задач для тіл з псевдо-пружно-пластичного матеріалу при нестационарному навантаженні. Виконано порівняння з відомими результатами. Перший параграф присвячено обробці відомих експериментальних результатів і описанню діаграм напруження – деформація для функціонально-неоднорідних матеріалів як при активному навантаженні, так і при розвантаженні. У другому параграфі в геометрично нелінійній постановці розглянуто задачу про розповсюдження хвилі фазового переходу в одновимірному стрижні при його розтягуванні.

У четвертому розділі проведено розв'язання ряду задач нового класу, де досліджена поведінка тіл з функціонально-неоднорідних матеріалів при великих деформаціях (задача про згин пластини скінченних розмірів при наявності великих пластичних деформацій, досліджено локальний вигин тривимірного стержня

прямокутного перерізу при наявності великих пластичних деформацій, розглянуто поведінку пластини з бічним розрізом при локальному розтягуванні).

У п'ятому розділі проведено оцінку точності обчислень та ефективності розробленого нового методу розв'язання задач термомеханіки при значних пластичних деформаціях. Сформовано та доведено відповідну теорему на випадок наявності кінцевих деформацій.

У додатках наведені допоміжні результати (апроксимації діаграми матеріалу, деякі експериментальні результати, інше), акти про впровадження результатів у навчальний процес закладів освіти.

Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації

Дисертація стилістично та орфографічно написана грамотно, стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує легкість та доступність їх сприйняття. Оформлення дисертації відповідає вимогам встановленим законодавством України.

Поряд з вказаними позитивними рисами дисертаційна робота має ряд недоліків:

- 1) У дисертації недостатньо повно розкрито питання представлення термо-пружних параметрів, як функцій від температури (стор. 34).
- 2) В дисертаційній роботі вказані лише переваги створеного методу, моделі, але відсутня інформація про недоліки або труднощі реалізації програмними засобами.
- 3) В розділі 1 дисертації наведені різні методи розв'язання систем диференціальних рівнянь термомеханіки, що більше відноситься до аналізу чим до здобутків дисертанта.
- 4) В розділі 4 дисертації розв'язано ряд нових практичних задач, але не наведено аргументів, як ці задачі обиралися.
- 5) З тексту автореферату не зрозуміло, які моделі середовища використовувались в програмі ABAQUS.
- 6) В граничних задачах, в яких враховується фазове перетворення, виникає необхідність побудови границі перетворення. З автореферату не зрозуміло як ця границя визначається при чисельному розв'язанні задачі.
- 7) В тексті автореферату згадується, що в деяких випадках при пластичній деформації можливо утворення шийки, але умови її виникнення не обговорюються.

8) В дисертаційній роботі і тексті автореферату ряд граматичних помилок (кінцевих розмірів, різниць, елементів і т.д, а не скінченних, числових методів, а не чисельних і т.д.)

Вказані недоліки не є принциповими і не знижують загального високого рівня виконання дисертаційної роботи.

Загальна оцінка дисертації

На підставі аналізу автореферату, дисертаційної роботи, авторських публікацій за темою роботи, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Дьомічева Костянтина Едуардовича на тему «Метод дослідження елементів конструкцій з функціонально-неоднорідних матеріалів при великих деформаціях» є завершеною науково-дослідною роботою яка виконана на високу рівні. За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, практичною цінністю результатів робота відповідає вимогам щодо докторських дисертацій, зокрема «Порядку про присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінетів Міністрів України від 24 липня 2013 року №567 (зі змінами), а її автор, Дьомічев Костянтин Едуардович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри інформаційних систем і технологій

Національного транспортного університету

О.І.Безверхий

Підпис д.ф.-м.н., проф.Безвершого О.І.

засвідчую вчений секретар

Національного транспортного університету

професор



О.І. Мельниченко