

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Максим'юка Олександра Всеволодовича на тему:
«Чисельне дослідження формозмінення просторових тіл
напіваналітичним методом скінченних елементів»,
що подається на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 13 «Механічна інженерія»,
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

1. Обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи та зв'язок із науковими програмами, планами й темами

Визначення напружено-деформованого стану (НДС) криволінійних неоднорідних призматичних тіл на сьогоднішній день виконується із застосуванням чисельних методів, серед яких найбільшого поширення здобув метод скінченних елементів (МСЕ) та його модифікація напіваналітичний метод скінчених елементів (НМСЕ). Питання розв'язання задач геометрично та фізично нелінійного деформування, на основі НМСЕ при термосиловому навантаженні, не знайшло достатнього відображення в наукових дослідженнях. Тому вирішення зазначеної проблеми є актуальною задачею будівельної механіки. Об'єкти, що розглядаються в даній дисертації, є тонкостінні, масивні, комбіновані просторові тіла складної форми та структури. Чисельний розрахунок таких тіл доцільно виконувати на основі моментної схеми скінчених елементів (МССЕ). Аналіз результатів, отриманих вітчизняними і іноземними вченими свідчить, що розв'язання задач в такій постановці не знайшло широкого відображення в наукових публікаціях. Зважаючи на викладене, тема дисертаційної роботи Максим'юка О.В. є актуальною.

Дисертаційна робота виконана у відповідності до загального плану наукових досліджень кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) і Науково-дослідного інституту будівельної механіки КНУБА (НДІБМ КНУБА) за темами 1ДБ-2019 «Створення комп'ютерних технологій дослідження несучої здатності просторових тіл складної форми з тріщинами на основі енергетичних критеріїв руйнування» (2019-2021 рр., № держ. реєстрації 0119U004841), 2ДБ-2019 «Чисельні методи дослідження та прогнозування нелінійних коливань, динамічної стійкості та кризових явищ і хаотичної поведінки пружних систем» (2019-2021 рр., № держ. реєстрації 0119U002578), 1ДБ-2020 «Теорія і методи чисельного дослідження динамічного

фізично та геометрично нелінійного деформування просторових тіл» (2020-2022 рр., № держ. реєстрації 0120U001011), 5ДБ-2022 «Теорія і методи дослідження неізотермічного фізично нелінійного деформування просторових тіл обертання з урахуванням динамічного навантаження» (2022-2024 рр., № держ. реєстрації 0122U001709), що виконувались за напрямком 05 – «Нові комп'ютерні засоби та технології інформатизації суспільства» за дорученням МОН України. Автор брав безпосередню участь у виконанні цих науково-дослідних робіт.

2. Обґрунтованість наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність

Наведені в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є достовірними та належно обґрунтованими. Для цього автором проведені необхідні теоретичні та чисельні дослідження.

Автором виконано достатньо широкий аналіз літературних джерел із досліджуваної тематики.

Дисертація вміщує достатню кількість розрахункових схем, графічного пояснювального матеріалу, таблиць. У дослідженнях використано чисельне моделювання різного виду конструкцій при термосиловому навантаженні НМСЕ з використанням сучасних програмних комплексів.

Загальні висновки дисертації відповідають сформульованій меті роботи та поставленим задачам дослідження.

3. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Наукові результати, викладені в дисертації, отримані автором самостійно та мають достатній рівень новизни.

Розвиток теорії пластичності на випадок великих деформацій та успіхи в галузі дослідження процесів пластичного формозміни пов'язані з роботами Амандосова, Баженова, Горлача, Гуляра, Кукоджанова, Левитаса, Малініна, Лее. У більшості випадків розгляд пружно-пластичного деформування просторових об'єктів як при малих, так і при великих пластичних деформаціях, пов'язаний із значними математичними та експериментальними труднощами. Такі дослідження найбільше доцільно проводити на основі залучення чисельних методів. Найбільшого поширення при аналізі напружено-деформованого стану просторових конструкцій набув МСЕ. Значно розширити можливості МСЕ на дослідження просторових тіл дозволив його напіваналітичний варіант. Суть НМСЕ полягає у поєднанні скінченно-елементної дискретизації в площині одного з перерізу тіла з

розкладанням у ряд за безперервними, гладкими базисними функціями вздовж третьої координати.

4. Оцінка змісту та завершеності дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури та додатків. Робота обсягом 158 сторінок друкованого тексту, з яких 131 сторінка основного тексту, 24 сторінок списку літератури та 3 сторінки додатків. Робота ілюстрована 7 таблицями та 56 рисунками. Список використаних джерел містить 191 найменування, з них 92 кирилицею та 99 латиницею.

Перший розділ присвячений отриманню розв'язувальних рівнянь напіваналітичного методу скінчених елементів для дослідження неоднорідних криволінійних призматичних тіл. Наведено основні співвідношення просторової задачі теорії пружності в прямокутній декартовій системі координат, теорії пластичного течії для ізотропного матеріалу, що зміцнюється за умови плинності Мізеса і теорії зміцнення. В усіх співвідношеннях враховується залежність властивостей матеріалу від температури.

У **другому розділі** описані алгоритми розв'язання систем лінійних та нелінійних рівнянь напіваналітичний метод скінчених елементів, корекції напружень при виникненні деформацій пластичності та повзучості.

У **третьому розділі** виконано чисельне вивчення збіжності розв'язків, одержуваних з урахуванням розробленого підходу. Розглянуто широке коло тестових задач для тіл з плавно і стрибкоподібно мінливими фізичними та геометричними характеристиками в пружній та пружно-пластичній постановці.

У **четвертому розділі** викладено результати чисельного розв'язання задач, що мають прикладне значення. Вивчено напружено-деформований стан трубчастого елемента з прямокутним вирізом в умовах термосилового навантаження, дослідження впливу товщини фланця на характер розвитку зон пластичності в корпусній деталі, розглянуто напружено-деформований стан смуги у процесі протягування.

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладання, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідають вимогам МОН.

5. Наукове та практичне значення виконаного дослідження

Дисертаційна робота містить нові наукові обґрунтовані результати як теоретичного, так і практичного значення, що дозволяє розв'язувати конкретне

наукове завдання (у галузі знань 13 «Механічна інженерія») при розрахунку деталей машинобудування з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності. Розроблена методика реалізована у вигляді комплексу програм та може бути використана у проектно-конструкторській практиці при аналізі напружено-деформованого стану криволінійних призматичних конструкцій з урахуванням залежності характеристик матеріалу від температури, великих пластичних деформацій та деформацій повзучості. Широкі можливості застосування методики та програм ілюструються розв'язанням низки складних прикладних задач.

6. Повнота відображень основних положень дисертації у наукових публікаціях

За результатами досліджень опубліковано 16 наукових праць, у тому числі: одна монографія, 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 6 – у наукових фахових виданнях України категорії «А», яке цитується у реферативній базі Web of Science.

Основні положення та результати досліджень були апробовані на 5 міжнародних наукових конференціях.

В опублікованих працях повністю розкрито сутність та зміст наукових положень, представлених до захисту. У співавторських публікаціях особистий внесок дисертанта відображено відповідно до отриманих ним особисто результатів.

7. Дотримання вимог академічної доброчесності

За результатами звіту подібності щодо перевірки на плагіат дисертаційна робота Максим'юка О.В. є результатом самостійних досліджень здобувача та не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають посилання на відповідні джерела. Отже, порушення академічної доброчесності відсутні.

8. Дискусійні положення

Погоджуючись із цінністю представленої до захисту дисертаційної роботи для науки і практики, вважаю за доцільне звернути увагу на зауваження щодо тексту роботи:

1. Існують поняття мір деформацій Фінгера і Коші. Новожилов з цього приводу опублікував роботу про залежність напружень і деформацій в енергетичному розумінні. Ці компоненти інваріантні?
2. В роботі використовується термін «добре узгодження» при порівнянні результатів розрахунків, отриманих за допомогою розробленого методу, та

відомих з наукової літератури. Проте, коректніше було б вказати відсотки відхилень отриманих числових значень.

3. Не зрозуміло мету зменшення величини модуля пружності при розв'язанні нелінійних рівнянь.
4. Якщо говорити про цінність впровадження результатів дисертації на рівні створення самостійних програмних комплексів, то це досить дискусійне питання. З іншого боку, в представленій роботі суттєво розширено клас задач напіваналітичного метода скінченних елементів. Тому отримані чисельні алгоритми, я так вважаю, можуть зацікавити розробників таких визнаних професійних пакетів як ANSYS, SOLIDWORKS, ABAQUS та інші, які базуються на теорії МСЕ.

9. Загальний висновок

Наведені до дисертаційної роботи зауваження не мають суттєвого впливу на загальну позитивну оцінку виконаної роботи, що, безперечно, є актуальним і має цінність для науки і практики.

Дисертаційна робота на тему «Чисельне дослідження формозмінення просторових тіл напіваналітичним методом скінченних елементів» є закінченою, містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення, розв'язані в роботі задачі мають істотне значення для механічної галузі знань та відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) і «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022р., а її автор Максим'юк Олександра Всеволодович заслугою присудження наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Рецензент

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри будівельної механіки
Київського національного університету
будівництва і архітектури

Максим ВАБШЦЕВИЧ