

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Жушмана Владислава Вікторовича
**«Математичне та комп'ютерне моделювання контактної взаємодії тіл
складної форми»,**
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 113 Прикладна математика

1. Актуальність обраної теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

Дисертаційна робота Жушмана В.В. присвячена розв'язанню проблеми контактної взаємодії тіл складної форми та є вкрай актуальною у контексті розвитку сучасних науки і техніки. Саме математичне та комп'ютерне моделювання контактних задач знаходить широке застосування у багатьох галузях, таких як: машинобудування, авіація, космонавтика, біомеханіка, енергетика, будівництво, аграрна промисловість тощо.

Проектування і створення конструкцій, механізмів та будівель, моніторинг їх технічного стану та функціональності, оцінка міцності та довговічності для забезпечення безпеки та надійності, модернізація та удосконалення компонентів – все це є доволі витратним, а інколи неможливим, тому актуальна розробка нових підходів, заснованих на використанні математичного та комп'ютерного моделювання до розв'язання таких задач, зокрема тих, що представлені в дисертаційній роботі.

Треба відзначити, що дисертаційні дослідження здійснювалися у відповідності до планів наукових досліджень кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара в рамках наукових тем «Математичне та комп'ютерне моделювання контактної взаємодії тіл складної форми» (номер державної реєстрації № 0119U101053, 2019-2021 рр.), «Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи» (номер державної реєстрації № 0122U001467, 2022-2024 рр.).

2. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів, наданих у дисертаційній роботі

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану наукової проблеми і обґрунтуванні та розробленні основної ідеї і теми дисертації, формуванні мети і завдань дослідження; теоретичному обґрунтуванні і розробленні методів і алгоритмів розв'язання поставлених задач; якісному та кількісному аналізу результатів та їх інтерпретації; оформленні статей та доповідей на наукових конференціях. Результати розрахункових та теоретичних досліджень, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Дисертаційну роботу виконано на сучасному науковому рівні. Достатньо високий рівень обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність забезпечено строгістю і коректністю математичних постановок задач в межах теорії механіки деформівного твердого тіла; фізичною коректністю зроблених у дисертації висновків та їх узгодженням у часткових випадках з відомими результатами інших авторів.

4. Ступінь новизни результатів, їх теоретичне та практичне значення

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- було отримано аналітичні розв'язки задачі про вдавлювання в однорідний та ізотропний пружний півпростір циліндричного абсолютно жорсткого плоского двозв'язного штампа формою близької до кільця (трикутного, шестикутного і восьмикутного) у вигляді розкладання за новим малим параметром;
- створено програмний додаток на мові C++, що розв'язує задачу аналізу і візуалізації результатів, отриманих за аналітичним розв'язком про вдавлювання в однорідний, ізотропний пружний півпростір циліндричного абсолютно жорсткого штампу поперечний переріз якого займає двозв'язну область;
- створено чисельну базу розрахункових моделей для розв'язання задач взаємодії штампу з пружним півпростором. Розроблено нове програмне забезпечення для програмного комплексу ANSYS на пропрієтарній мові програмування для інженерних рішень (APDL) для корегування параметрів комп'ютерної моделі через функціонал, який відсутній в поточному інтерфейсі користувача програмного комплексу ANSYS;
- з використанням програмної системи CLIPS створено та протестовано експертну систему для розв'язання задачі ідентифікації форми поперечного перерізу штампу, що діє на пружний півпростір. Програмне забезпечення розроблено на мові програмування COOL;
- запропоновано підхід для розв'язання задачі ідентифікації форми поперечного перерізу штампу із застосуванням сучасних математичних алгоритмів та інформаційних технологій;
- розроблено узагальнюючий алгоритм, у якому використовуються аналітичні підходи, програмні системи ANSYS, CLIPS, і розроблено програмні додатки, що поєднують всі етапи дослідження в один комплексний продукт.

5. Практичне значення отриманих результатів

Результати дисертаційної роботи призначено для використання, як при проведенні обчислювальних експериментів, так і для розв'язання практичних інженерних задач. Розроблені математичні та комп'ютерні моделі, програмне забезпечення, а також узагальнюючий алгоритм можуть слугувати науково-методичною основою для перспективних розробок в механіці контактної взаємодії для розв'язання задач, що виникають в інженерній практиці при розрахунках контактних характеристик в конструкціях та спорудах.

Теоретичні та практичні положення роботи стали складовою частиною навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання систем та процесів» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика ОП «Комп'ютерне моделювання та технології програмування» та дисципліни «Computer modeling and simulation» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика ОП «Інформатика»). Окремі теоретичні результати було використано при виконанні курсових та дипломних робіт студентами факультету прикладної математики.

6. Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації

Основні положення та результати дисертаційної роботи автора пройшли апробацію і дістали позитивну оцінку на міжнародних та вітчизняних науково-практичних конференціях. Матеріали дисертації достатньо повно опубліковано в 12 друкованих роботах. За темою дисертації опубліковано 5 статей. Дві з них у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus та три статті – у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України категорії Б.

7. Аналіз основного змісту роботи

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, мета та завдання роботи, наведено наукова новизна, практичне значення, особистий внесок дисертанта та апробація роботи. В основу дисертаційної роботи покладено результати, отримані автором під час виконання наукових досліджень, проведених на кафедрі комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

У *першому розділі* проведено детальний аналіз наукових публікацій, присвячених математичному та комп'ютерному моделюванню контактної взаємодії тіл складної форми. Досліджено сучасні підходи до моделювання, розв'язання контактних задач ідентифікації форми контактних площадок. Обґрунтовано вибір напрямку дослідження на основі проведеного огляду.

Другий розділ присвячено розв'язанню задачі контактної взаємодії плоского абсолютно жорсткого двозв'язного в плані штампу та пружного

півпростору. В розділі використовується алгоритм зведення задачі про вдавлювання штампу в пружний півпростір до послідовності задач для кругового кільця. Застосовується метод розкладу за новим малим параметром, що характеризує форму і розміри площадки контакту. Наведено розвинення потенціалу простого шару для двозв'язної області, а також отримано аналітичні розв'язки для штампів різної конфігурації, включаючи трикутні, шестикутні та восьмикутні форми.

У *третьому розділі* розроблено чисельні моделі контактної взаємодії за допомогою системи автоматизованого проектування ANSYS. Створено моделі для однозв'язних та двозв'язних штампів різної конфігурації, і проведено порівняння отриманих результатів з аналітичними розв'язками, що підтвердило їх адекватність. На основі цих моделей створено групи моделей з різними типами та ступенями пошкоджень або зношення. Також розроблено програмне забезпечення на мові APDL для коригування параметрів комп'ютерних моделей за допомогою функціоналу, що відсутній в поточному інтерфейсі користувача програмного комплексу ANSYS.

У *четвертому розділі* представлено розроблену експертну систему на основі програмного інструменту CLIPS, яка автоматизує процес прийняття рішень на основі набору правил та знань. Створено базу знань, що включає інформацію про геометричні характеристики і властивості матеріалів штампів та пружного півпростору, а також про напружено-деформований стан системи штамп-пружний півпростір. Розроблена експертна система дозволяє автоматизувати ідентифікацію поперечних перерізів штампів з плоскою підшовою, що тиснуть на пружний півпростір.

Висновки по роботі чіткі, логічні і витікають із теоретичних та експериментальних даних, отриманих автором.

8. Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, та списку використаних джерел, який налічує 144 позиції. Загальний обсяг роботи становить 131 сторінку, з яких основний текст займає 114 сторінок. У роботі наведено 30 рисунків та 1 таблиця.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Структура подання матеріалу логічна і відповідає вимогам, що пред'являються до наукових праць такого рівня, а також вирізняється послідовністю, системністю та обґрунтованістю та висвітлює основні результати наукових досліджень. Зміст роботи відображає ключові результати проведених наукових досліджень.

9. Зауваження щодо змісту дисертації

В результаті розгляду дисертаційної роботи можна зробити такі зауваження:

1. В дисертаційній роботі приведено лише два порівняльних графіка розподілу нормального тиску для кілець різної ширини (за формою близькою до шестикутного кільця - рис. 3.8 та квадратного кільця - рис. 3.13). Але ж в роботі розглянуто значно більше конфігурацій штампів. Було б доречним навести аналогічні графіки розподілу нормального тиску для кілець різної ширини інших конфігурацій штампів.

2. У програмних пакетах, у тому числі і у програмному комплексі ANSYS, існують спеціальні елементи для проведення обчислень в кутових точках, але в представлений роботі вони не застосовувались. Було б доречним використати саме такі елементи при побудові скінченно-елементних моделей, що наведені в 3 розділі.

3. У роботі недостатньо повно описано процес формування фактів і правил при створенні експертної системи.

4. Автором пропонується узагальнюючий алгоритм для організації комплексного підходу в задачах моделювання контактної взаємодії, але ж треба відзначити про неможливість застосування розв'язання контактних задач іншого класу без додаткового перегляду аналітичного кроку алгоритму.

5. В роботі мають місце деякі описки та невдалі формулювання. Наприклад, в 13-му рядку 4-ї сторінки замість слова «Було» треба писати «Були», в 19-му рядку 25-ї сторінки в слові «п'ятдесят» присутній зайвий м'який знак, в 9-му рядку 29-ї сторінки в слові «розрахунків» пропущена літера «к», в 12-му рядку 74-ї сторінки в контексті речення помилково застосовано термін «напруг» замість «напружень».

Проте, зроблені зауваження не мають принципового характеру, не знижують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи і не можуть суттєво вплинути на загальну позитивну оцінку дисертації.

10. Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота В.В. Жушмана «Математичне та комп'ютерне моделювання контактної взаємодії тіл складної форми» повністю відповідає спеціальності 113 Прикладна математика.

11. Загальні висновки

В цілому, дисертаційна робота Жушмана Владислава Вікторовича є завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Отримані науково обґрунтовані теоретичні та числові результати утворюють нову ланку досліджень механіки деформівного твердого тіла.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, дисертаційна робота Жушмана Владислава Вікторовича «Математичне та комп'ютерне моделювання контактної взаємодії тіл складної форми», що представлена на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика відповідає встановленим вимогам відповідно до наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р. зі змінами від 21.03.2022), а її автор Жушман Владислав Вікторович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри вищої математики, фізики та
загальноінженерних дисциплін
Дніпровського державного
аграрно-економічного університету



Володимир ГОВОРУХА

Підпис В.Б. Говорухи засвідчую:

Вчений секретар Дніпровського державного
аграрно-економічного університету,
доктор фізико-математичних наук,
професор



Олена БЕРЕЗА