

Відгук офіційного опонента
на дисертаційну роботу Стреляєва Юрія Михайловича
«Розв'язання контактних задач про взаємодію пружних тіл з
урахуванням тертя Кулона у квазістатичній постановці», подану на
здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність теми дисертації

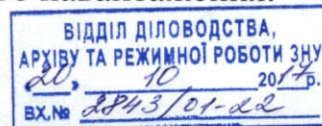
При дослідженні міцності та зносостійкості поверхонь різних механічних систем і конструкцій, що перебувають в умовах контактної взаємодії, часто виникає необхідність врахування тертя між цими поверхнями. Складність контактних задач теорії пружності з врахуванням кулонівського тертя обумовлена тим, що на поверхні контакту тіл виникають зони зчеплення і проковзування, конфігурації яких заздалегідь невідомі. Іншою обставиною, що суттєво ускладнює пошук аналітичних і числових розв'язків таких задач, є необхідність врахування історії навантаження взаємодіючих тіл. Хоча досягнуто значні результати у дослідженні контактної взаємодії пружних тіл за наявності тертя, однак існуючі підходи до розв'язання тривимірних контактних задач, в яких ураховується історія навантаження тіл, не є універсальними та потребують подальшого розвитку та вдосконалення. Тому дисертаційна робота Стреляєва Ю. М. «Розв'язання контактних задач про взаємодію пружних тіл з урахуванням тертя Кулона у квазістатичній постановці», яка присвячена розробці нового підходу до розв'язання контактних задач з урахуванням тертя й історії навантаження, є актуальною як в теоретичному, так і в прикладному сенсі.

Предмет дисертаційного дослідження обрано на підставі аналізу публікацій в галузі механіки контактної взаємодії, з якого випливає, що тривимірні контактні задачі про взаємодію пружних тіл при наявності тертя між ними з урахуванням історії їхнього навантаження вивчені недостатньо.

Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації запропоновано підхід до розв'язання тривимірних квазістатичних контактних задач про взаємодію двох пружних тіл з урахуванням тертя, який базується на новій модифікації крайових умов квазістатичної контактної задачі. У результаті визначення контактних напружень на кожному кроці дискретного процесу навантажування тіл зведено до нелінійних граничних інтегральних рівнянь, для яких вдалося довести єдиність розв'язку, виконати регуляризацію та довести збіжність ітераційного процесу, що використовується для їхнього наближеного розв'язання. Правомірність запропонованої модифікації постановки контактної задачі підтверджено відомими даними та числовими розрахунками.

Розв'язано низку просторових контактних задач про взаємодію пружних тіл з урахуванням тертя за різних історій їхнього навантаження.



Обґрунтованість та вірогідність наукових положень та висновків

дисертації впливає з коректності постановки задачі, використання відомих положень класичної теорії пружності та функціонального аналізу, застосування апробованих числових методів. Про достовірність отриманих результатів свідчить також строге математичне обґрунтування основних етапів запропонованого підходу, зокрема, доведення теорем про єдиність розв'язку та регуляризацію нелінійних інтегральних рівнянь контактної задачі, доведення теореми про збіжність ітераційного процесу, який використовується для їхнього наближеного розв'язання. Отримані в роботі наближені розв'язки контактних задач цілком узгоджуються з відомими в літературі.

Теоретична важливість та практичне значення отриманих результатів

У дисертаційній роботі запропоновано та строго математично обґрунтовано новий підхід до розв'язання широкого класу квазістатичних задач про контактну взаємодію пружних тіл за наявності тертя. Важливе значення має виконане в роботі дослідження впливу історії навантаження контактуючих тіл на розподіл контактних напружень, меж області контакту та зони зчеплення. Отримані результати можуть бути використані для розрахунків контактної жорсткості та міцності елементів механізмів і конструкції, що перебувають в умовах фрикційної контактної взаємодії.

Апробація та повнота опублікування результатів дисертації

Дисертаційні дослідження пройшли апробацію на трьох міжнародних і одній всеукраїнській наукових конференціях.

У повному обсязі результати дисертації були заслухані та обговорені на наукових семінарах у Запорізькому національному університеті, Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України та Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара.

Основні результати дисертації достатньо повно опубліковані у 6 статтях, серед яких 5 статей у виданнях, що є фаховими у галузі фізико-математичних наук з механіки деформівного твердого тіла, та 1 стаття у виданні, що індексується в міжнародних наукометричних базах даних.

Автореферат правильно і достатньо повно відображає зміст, основні положення, результати та висновки дисертаційної роботи.

Стиль викладу дисертації та її відповідність паспорту спеціальності

Дисертація має чітку логічну структуру, добре структурована, матеріал викладено чітко та послідовно. Наведені в роботі рисунки та таблиці вдало ілюструють основні положення та результати.

За темою і змістом дисертація відповідає паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла (фізико-математичні науки).

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Запропонований підхід не є раціональним при розв'язанні статичних та осесиметричних контактних задач, оскільки у випадку статичної задачі на кожному кроці розв'язується фактично одна і та ж задача, а у випадку осесиметричної задачі не враховується симетрія, використання якої могло би у декілька разів зменшити кількість рівнянь і невідомих у нелінійній системі алгебричних рівнянь.

2. У задачі про контакт кулі та півпростору, матеріали яких однакові, аналітичний розв'язок Міндліна характеризується дисертантом як статичний і після отримання числових розв'язків для двох різних історій навантаження робиться висновок, що розв'язку Міндліна відповідає комбіноване навантаження і не відповідає просте навантаження. Але це і так очевидно, оскільки розв'язок Міндліна будувався за умови комбінованого навантаження. Ті висновки, які були зроблені після отримання числового розв'язку у випадку простого навантаження, безпосередньо впливають із його аналітичного вигляду, який можна отримати шляхом наступних міркувань. Завдяки однако- вим пружним сталим кулі та півпростору має місце повне зчеплення в області контакту, а розподіли нормальних і дотичних контактних напружень, взаємний вплив яких у даному разі виключається, мають пропорційні епюри Герца з коефіцієнтом пропорційності, рівним відношенню зовнішніх нормальних та дотичних зусиль. Саме з цим розв'язком слід було порівнювати числовий розв'язок, отриманий у разі простого навантаження (рис. 1, б автореферату). Розбіжність між цими розв'язками у центральній частині області контакту обумовлена використанням гіпотези, за якою нормальні контактні напруження в законі тертя замінюються відповідними значеннями цих напружень, визначеними на попередньому кроці навантаження. Тому на останньому кроці навантаження процес простого навантаження штучно замінюється комбінованим навантаженням. Щоб позбавитись цієї похибки, треба зменшити часовий проміжок між двома останніми кроками у декілька разів.

3. У задачі про вдавлення штампа в пружний півпростір висновки про те, коли задача є статичною, а коли квазістатичною, можна зробити і без розв'язання задачі. Дійсно, задача є статичною, якщо подошва штампа плоска, тому, що кругова зона зчеплення всередині області контакту утворюється відразу та при збільшенні навантаження залишається незмінною. У випадку заокругленого краю штампа задача буде статичною тільки тоді, коли зона зчеплення на початковому етапі навантаження міститься всередині плоскої частини подошви штампа, а кільцева область заокруглення є настільки вузькою, що не впливає суттєво на розв'язок задачі. Радіус зони зчеплення при цьому буде таким, як і у випадку штампа з плоскою подошвою.

4. У задачі про вдавлення циліндричного штампа з плоскою основою в пружний півпростір не можна погодитись з висновком дисертанта про те, що розбіжність його розв'язку з розв'язком Тьорнера на краю області контакту пояснюється, зокрема, тим, що Тьорнер нехтував впливом дотичних кон-

тактичних напружень на розподіл контактної тиску. Це нехтування є відомим принципом, який всебічно дослідив Спенс і показав, що його використання практично не приводить до похибок у разі помірного рівня тертя і якщо коефіцієнт Пуассона не є близьким до нуля. Отже, висока точність розв'язку Тьорнера забезпечується відповідним вибором коефіцієнта тертя, рівним 0,07, і коефіцієнта Пуассона, рівним 0,44.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи і не зменшують ступеня обґрунтованості та вірогідності основних результатів та висновків.

Висновок

Дисертація Стреляєва Ю.М. є цілісною завершеною науковою працею, в якій виконано актуальне наукове завдання – розробка, обґрунтування і реалізація підходу до наближеного розв'язання квазістатичних просторових контактних задач про взаємодію пружних тіл з урахуванням тертя.

Вважаю, що за актуальністю, новизною, обсягом і науковим рівнем досліджень, теоретичною та практичною цінністю результатів, повнотою їх опублікування і апробації дисертація «Розв'язання контактних задач про взаємодію пружних тіл з урахуванням тертя Кулона у квазістатичній постановці» відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р., № 1159 від 30 грудня 2015 р. та № 567 від 27 липня 2016 р.), а її автор Стреляєв Юрій Михайлович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Завідувач науково-дослідного сектору
механіки спряжених хвильових полів
Київського національного
університету імені Тараса Шевченка
доктор фізико-математичних наук, професор

В. І. Острик

В. І. Острик

ПІДПИС ЗАСВІДЧЕНО
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
КАРАУЛЬНА НА
18.10.21



В. І. Острик