УДК 539.3

**Характер напружень для неідеального контакту на поверхні сфероїдального включення при дії повздовжнього розтягу та чистого згину**

# Т. Бубняк, к. ф.-м. н.

ORCID 0000 – 0002 – 2814 – 8571

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Вирішення задач капітальногобудівництва інженерних споруд пов’язане в першу чергу із раціональним використанням виділених коштів. У пошуках шляхів підвищення якості будівництва важливу роль відіграє дослідження довговічності будівельних матеріалів і конструкцій, які зазнають комплексного впливу умов експлуатації. Залізобетонні конструкції, облицювальні та гідроізоляційні матеріали, лаки, фарби та ін. змінюються під дією зовнішніх факторів: опадів, змін температури, сонячних променів, що веде до зміни міцнісних характеристик конструкцій.

Важливою є проблема отримання достовірної інформації про розподіл напружень в матеріалах чи елементах конструкцій з врахуванням реальної картини міжфазної взаємодії, що пов’язано з використанням ефективних методів розв’язку просторових задач теорії пружності [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**. Дослідження просторових задач теорії пружності для однорідних ізотропних та анізотропних тіл у загальній постановці пов’язане з математичними труднощами із-за складності побудови розв’язку системи диференціальних рівнянь у частинних похідних, який задовольняє граничні умови.

Метод Фур'є є одним із ефективних методів розв’язку задач теорії пружності. Він базується на представленні загальних розв’язків рівнянь рівноваги через потенціальні функції. Застосування методу Фур’є є використання різних представлень розв’язку рівнянь Ламе через гармонічні функції, що дозволяє шукати розв’язок у вигляді рядів [2].

Важливі результати в розв’язку задач теорії пружності отримані в роботах Ю.М. Коляно, В.Л. Рвачова, І.О. Мотовиловця, К.В. Солянік-Красса, Я.С. Підстригала, Ю.М. Подільчука та багатьох інших вчених.

**Постановка завдання**. У роботі розглядається задача про розподіл напружень необмеженого трансверсально-ізотропного середовища, яке містить анізотропне, відносно механічних і теплових властивостей, включення у формі стиснутого сфероїда при дії вздовж осі OZ повздовжнього розтягу і чистого згину. На межі розділу фаз пропонуються умови неідеального механічного контакту.

**Виклад основного матеріалу**. Розглянемо задачу про розподіл напружень необмеженого трансверсально-ізотропного середовища, яке містить анізотропне, відносно механічних і теплових властивостей, включення у формі стиснутого сфероїда за повздовжнього розтягу. На межі розділу фаз пропонуються умови неідеального механічного і теплового контактів.

Ефективним методом розв’язку просторових задач теорії пружності є метод Фур’є, який базується на представленні загального розв’язку рівнянь рівноваги через потенціальні функції. Цей метод дозволяє шукати розв’язок у вигляді рядів, наприклад за функціями Лежандра, або інтегралів від гармонічних функцій з невідомими коефіцієнтами чи густинами [3].

Розв’язок просторової задачі за заданих граничних умов на поверхні включення лінійного силового і температурного полів зводяться до розвинення шуканих потенціальних функцій в тригонометричні ряди за приєднаними функціями Лежандра першого і другого родів

Фj(*x*,*y*,*z*j)=− −, (j=1,2,3), (1)

де  − невідомі сталі, які знаходяться із граничних умов.

Для знаходження загального розв’язку рівнянь рівноваги у випадку дійсних різних коренів характеристичного рівняння, складеного за коефіцієнтами системи рівнянь рівноваги, використовується представлення через потенціальні функції [4,5]

 (2)

У (2) коефіцієнти *k*1, *k*2 виражаються через коефіцієнти рівнянь рівноваги та корені характеристичного рівняння.

Задовольняючи граничні умови, отримуємо нескінченну систему лінійних алгебраїчних рівнянь для визначення коефіцієнтів розкладу, яка має збіжний розв’язок [5].

Розрахунок термонапруженого стану трансверсально-ізотропного середовища зі сфероїдальним включенням під дією лінійного температурного поля проводився в умовах неідеального контакту для матеріалів із пружними характеристиками:

включення – (1010н/м2) ; ; ; ; ;

середовище − (1010н/м2) ; ; ; . Усі інші  як для включення, так і для середовища.

Локальний характер напружено-деформівного стану на поверхні трансверсально-ізотропного середовища з включенням у вигляді сфероїда зображено на рисунку.



**Висновки.** На основі аналізу отриманих числових результатів виявлено такі механічні особливості, зумовлені порушенням умов спаю на границі розділу фаз:

* наявність включення у формі стиснутого сфероїда в пружному трансверсально-ізотропному середовищі за неідеального механічного контакту у випадку повздовжнього розтягу вздовж осі ОZ залежно від відношення осей сфероїда не суттєво впливає на концентрацію напружень прямуючи до номінальних значень (суцільні криві);
* концентрація нормальних і кругових напружень має стискаючий характер, прямуючи до номінальних значень із збільшенням співвідношення осей сфероїда (штрихові лінії).

**Бібліографічний список**

1. Подильчук Ю. Н. Граничные задачи статики упругих тел. −

 *Пространственные задачи теории упругости и пластичности* : в 5 т. Київ: Наук. думка, 1984. Т.1. 303 с.

2. Соколовський Я. И. Напряженное состояние трансверсально-изотропной среды со сфероидальным включением при неидеальном механическом контакте./ Я. И. Соколовський, Т. И. Бубняк / *Теоретическая и прикладная механика.* 1995. Вып. 25. С. 17-26.

3. Соколовський Я. І. Просторова задача трансверсально-ізотропного середовища із сфероїдальним включенням при неідеальному механічному контакті./ Я. І. Соколовський Я. І., Т.І. Бубняк / *Доп. НАН України*. 1996. № 9. С. 45-50.

4. Бубняк Т. І. Концентрація нормальних напружень у включенні за дії лінійного температурного поля. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2018. № 19. С. 46-48.

5. Бубняк Т.І. Розподіл напружень на поверхні порожнини у трансверсально-ізотропному середовищі. *Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2020. № 21. С. 5-9.