

НЕЛІНІЙНЕ ДЕФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГРАДІЄНТНИХ МАТЕРІАЛІВ, СКЛАДОВІ ЯКИХ МАЮТЬ ЕФЕКТ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ

П.О. Стеблянко

Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України

Проведено узагальнення визначальних нелінійних співвідношень (термопластичність) для функціонально-градієнтних матеріалів (ФГМ), складові яких мають ефект пам'яті форми.

Для коефіцієнтів визначальних співвідношень, що описують залежність характеристик ФГМ від виду навантаження при деформуванні за межами пружності, і проведено верифікацію параметрів матеріалу на базі відомих експериментальних даних для функціональних матеріалів. Для запису визначальних рівнянь тензор деформацій представляється у вигляді суми тензорів пружної і пластичної деформації.

Фізичні рівняння при розв'язанні задач термопластичності вводимо так

$$\sigma_{ij} = a_{ijkl} \varepsilon_{ij} + b_{ij} ,$$

де a_{ijkl} - const в пружному випадку або залежать від параметрів процесу попереднього термопластичного деформування, які для ФГМ та функціональних матеріалів відомим чином може залежати від матеріальних координат тіла і часу.

Для метало-керамічних ФГМ фізико-механічні властивості матеріалу є функціями від об'ємної частки складових матеріалів і можуть бути виражені як

$$P = P_m V_m + P_c V_c, \quad V_m + V_c = 1,$$

де V_m, V_c - об'ємні частки кераміки ⁽¹⁾ та металу ⁽²⁾.

Розглянуто випадки лінійної інтерполяції зміни складових ФГМ по одній з координат та кубічної інтерполяції зміни складових ФГМ.

Узагальнено визначальні співвідношення, що описують залежність характеристик матеріалу від виду навантаження при деформуванні за межами пружності, і проведено верифікацію параметрів матеріалу на базі відомих експериментальних даних для функціональних матеріалів.

Розроблено метод розв'язання стаціонарних задач деформування тіл обертання із матеріалів з ефектом пам'яті форми на основі застосування сплайн-функцій для підвищення точності.

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ДВОХ З'ЄДНАНИХ ТРИКУТНИХ ПЛАСТИН

М.Ю. Борисенко¹, О.В. Бойчук², Н.П. Борейко¹, М.Л. Тікіч¹

¹*Інститут механіки ім. С.П. Тимошенко НАН України, Київ, Україна*

²*Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, Україна*

З'єднані пластинчасті елементи різної геометричної форми, зокрема трикутні пластини, широко застосовуються у конструкціях тонкостінних систем, що входять до складу корпусів машин, надводних і підводних апаратів, літальних та космічних апаратів, а також інших інженерних споруд. У процесі експлуатації такі конструкції зазнають дії статичних і динамічних навантажень різної природи, що зумовлює

необхідність попереднього аналізу їх міцності, стійкості та динамічної поведінки. Особливу увагу при цьому приділяють визначенню частот вільних коливань, оскільки виникнення резонансних режимів може призводити до передчасного руйнування конструкцій. У сучасній інженерній практиці для аналізу динаміки пластинчастих конструкцій широко використовуються системи автоматизованого проєктування (CAD/CAM/CAE), в основу яких покладено метод скінченних елементів (МСЕ/FEM). Одним із ефективних програмних комплексів для таких досліджень є FEMAP із розв'язувачем NX Nastran [1]. Застосування цього підходу дозволяє з достатньою точністю визначати частоти та форми вільних коливань пластин складної геометричної форми [2, 3].

Метою роботи є визначення методом скінченних елементів частот і форм вільних коливань двох ізотропних тонких трикутних пластин, з'єднаних під двогранним кутом φ , за умови вільних країв та еквівалентної маси (рис. 1 а, б). При значенні двогранного кута $\varphi=180^\circ$ дві трикутні пластини утворюють еквівалентну квадратну пластину (рис. 1 в).

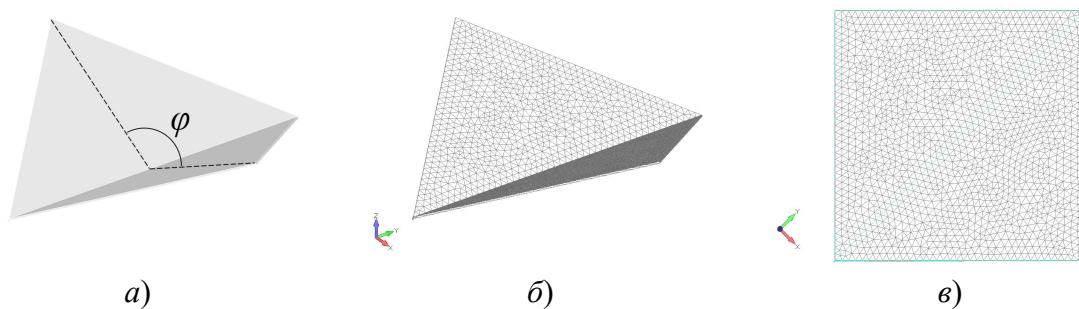


Рис. 1. Геометрична модель двох з'єднаних трикутних пластин: а), б) – загальний випадок; в) – граничний випадок $\varphi=180^\circ$ (квадратна пластина)

Список використаних джерел

1. Dynamic Analysis User Guide: A Comprehensive User Guide for Simcenter Femap and Nastran Users [Електронний ресурс]. Portland, OR : Applied CAX, 2021. URL: www.appliedcax.com (дата звернення: 07.03.2026).
2. Grigorenko, A., Borysenko, M., Boychuk, O., & Boreiko, N. (2024). Numerical Analysis of Free Vibration Frequencies of Hexagonal Plate. In Selected Problems of Solid Mechanics and Solving Methods (pp. 201-220). Cham: Springer Nature Switzerland.
3. Grigorenko, O.Y., Borisenko, M.Y., Boichuk, O.V., & Vasil'eva, L.Y. (2021). Free vibrations of triangular plates with a hole. International Applied Mechanics, 57(5), 534-542.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ТЕРМООБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Є.М. Ірза

*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача
НАН України, 79060, м. Львів, вул. Наукова, 3-б; Evgen_Irza@ukr.net*

Машинобудівні конструкції досить часто піддаються певним тепловим процесам, які пов'язані з їх нагрівом і подальшим охолодженням. У результаті дії температурних полів у них виникають температурні напруження, які можуть перевищувати допустимі значення і призводити до руйнування конструкцій або погіршувати їх експлуатаційні