

СТРУКТУРНО-МОДУЛЬНИЙ МЕТОД ФУНКЦІЙ СТРИБКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ СТРУКТУР З ТОНКИМИ СТРІЧКОВИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ ЗА НЕЛІНІЙНОГО ФРИКЦІЙНОГО КОНТАКТУ

Роман Кушнір¹, Георгій Сулим², Йосиф Піскозуб³

^{1,2}Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів,
dyrector@iapmm.lviv.ua, ²gtsulym@gmail.com,

³Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, yosyf.z.piskozub@lpnu.ua,
Краківський технологічний університет, м. Краків, yosyf.piskozub@pk.edu.pl

Тонкі неоднорідності різноманітної фізичної природи у вигляді дефектів або конструкційних чи функціональних елементів практично завжди порушують однорідну будову матеріалів і тіл. Визначення напружено-деформованого стану (НДС) та інших параметрів таких структур, підданих впливу різноманітних силових чинників є складною та важливою проблемою. Задачі такого типу у разі нелінійності фізико-механічних властивостей таких неоднорідностей, неідеального контакту між складовими та невизначеність області їх контакту у разі можливості її порушення вивчені цілком недостатньо. Метою даного напрямку досліджень є розвиток структурно-модульного методу функцій стрибка та побудова математичних моделей тонких включень-прошарків, в т.ч. багатшарових, матеріал яких має істотно нелінійні деформаційні властивості, за різного навантаження тіла при умові нелінійного фрикційного контакту між складовими елементами композиту.

Досліджено НДС безмежного ізотропного масиву, що складається з двох півпросторів з пружними сталими G_1, G_2 , на межі яких вздовж відрізка $L' = [-a; a]$ розташоване стрічкоподібне включення довільної фізичної природи товщиною $2h \ll 2a$ (рис.1). Величина й напрямок дії зовнішніх силових чинників (рівномірно розподілених на нескінченності напружень, зосереджених сил, гвинтових дислокацій), що здійснюють поздовжній зсув масиву, змінюються квазістатично. На верхній та нижній ділянках контакту включення і матриці приймаємо умови кінематичного дотикового третьового контакту [1-4], які передбачають, що в усіх точках L' в певний момент часу t за умови

$$|\sigma_{yz}(x, \pm 0, t)| < \tau_{yz}^{\max}(x, 0, t) \quad (\sigma_{yy} < 0) \quad (1)$$

виконуються умови ідеального контакту

$$w(x, +h, t) = w(x, -h, t), \quad \sigma_{yz}(x, +h, t) = \sigma_{yz}(x, -h, t), \quad (2)$$

а на деякій ділянці $L'' = [-b; b]$, ($b \leq a$) дотичні напруження (зусилля тертя) дорівнюють

$$\sigma_{yz}(x, \pm 0, t) = -\operatorname{sgn}(w(x, -0, t) - w(x, +0, t)) \tau_{yz}^{\max}(x, V(t)), \quad (3)$$

де $\tau_{yz}^{\max}(x, V(t), t) = -\alpha(x, V(t))\sigma_{yy}(x)$ ($\sigma_{yy} < 0$), $\alpha(x, V(t))$ – кінематичний коефіцієнт тертя, $V(t)$ – швидкість проковзування поверхонь контакту.

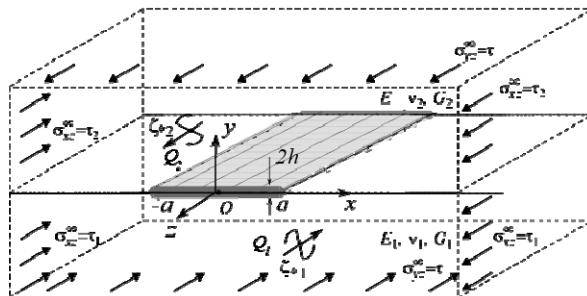


Рис.1. Геометрична та силова структура задачі

Значення кінематичного коефіцієнту тертя істотно нелінійно залежить від швидкості фрикційного проковзування поверхонь контакту [1-4] і тому розв'язування задачі наяв відміння від часткового випадку закону тертя Амонтона-Кулона вимагає ітеративного узгодження цього значення як жорсткості контакту, так і моменту часу.

1. Gnecco E., Bennewitz R., Gyalog T., Loppacher C., Bammerlin M., Meyer E., Guntherodt H. J. Velocity dependence of atomic friction // Phys. Rev. Lett. – 2000. – **84**. – P. 1172–1175.
2. Popov V.L., Gray J.A.T. Prandtl-Tomlinson model: History and applications in friction, plasticity, and nanotechnologies // ZAMM. Z. Angew. Math. Mech. – 2012. – **92**, 9. – P. 683–708.
3. Prandtl L. Ein Gedankenmodell zur kinetischen Theorie der festen Körper // ZAMM. – 1928. – **8**. – P. 85–106.
4. Tomlinson G. A. A molecular theory of friction // Phil. Mag. – 1929. – **7**. – P. 905–939.

STRUCTURAL-MODULAR METHOD OF JUMP FUNCTIONS FOR STUDYING THE DEFORMATION OF COMPOSITE STRUCTURES WITH THIN RIBBON INCLUSIONS UNDER NONLINEAR FRICTIONAL CONTACT

This study considers development of the structural-modular method of jump functions and construction of mathematical models of thin inclusions-layers, including multilayers, the material of which has significantly nonlinear deformation properties, under different body loads under the condition of nonlinear frictional contact between the constituent elements of the composite.

я