

УДК 519.6:539.3

ЧИСЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ДВОХ ПРУЖНИХ ТІЛ ЗА НАЯВНОСТІ ПОКРИТТЯ ДИСКРЕТНОЇ СТРУКТУРИ

Ігор Прокопишин¹, Іван Прокопишин^{2,3}, Ольга Соляр²

¹Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів;

²Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів;

³Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Розглянуто просторову задачу про контактну взаємодію двох пружних тіл, одне з яких має дискретне пружне покриття. Між першим тілом і дискретним покриттям другого тіла (основи) виконуються умови одностороннього контакту без тертя, а між покриттям і основою – умови ідеального механічного контакту. Напружено-деформований стан пружних тіл та покриття описують рівняння просторової лінійної теорії пружності. Застосовуючи метод штрафу, отримано слабке формулювання цієї задачі у вигляді нелінійного варіаційного рівняння у гільбертовому просторі та встановлено умови існування і єдиності його розв'язку.

Для розв'язування нелінійного варіаційного рівняння зі штрафом на основі результатів праць [1–3] запропоновано клас паралельних ітераційних методів декомпозиції області (МДО) типу Робіна, які зводять вихідну нелінійну контактну задачу для системи тіл і покриття до паралельного розв'язування на кожній ітерації трьох незалежних лінійних варіаційних рівнянь, що відповідають тривимірним задачам теорії пружності для окремих тіл і покриття з крайовими умовами Робіна на поверхнях можливого контакту. Доведено теореми про збіжність цих методів. Розроблено програмне забезпечення, яке реалізує алгоритми МДО з використанням тривимірних скінченноелементних апроксимацій на білінійних і біквадратичних призматичних елементах.

Отримані методи застосовано до числового дослідження контакту двох тривимірних пружних тіл за наявності дискретного покриття у вигляді системи періодично розташованих тонких пружних паралелепіпедів. Проаналізовано вплив жорсткості і висоти покриття, а також ширини і довжини дискретів на контактні і міжфазні поверхневі напруження. Досліджено еволюцію поверхні контакту при зміні заданого на верхній грані одного з тіл нормального переміщення.

1. Прокопишин І.І., Дияк І.І., Мартиняк Р.М. Числове дослідження задач про контакт трьох пружних тіл методами декомпозиції області // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2013. – 49, № 1. – С. 46–55.
2. Дуяк І.І., Прокопюшин І.І., Прокопюшин І.А. Convergence of penalty Robin – Robin domain decomposition methods for unilateral multibody contact problems of elasticity //

<http://arxiv.org/pdf/1208.6478.pdf>. – 2015. – 33 p.

3. Prokopyshyn I.I., Dyyak I.I., Martynyak R.M., Prokopyshyn I.A. Penalty Robin – Robin domain decomposition schemes for contact problems of nonlinear elasticity // Lect. Notes Comput. Sci. Eng. – 2013. – 91. – P. 647–654.

NUMERICAL ANALYSIS OF CONTACT INTERACTION BETWEEN TWO ELASTIC BODIES WITH COATING OF A DISCRETE STRUCTURE

We consider a 3D problem of contact between two elastic bodies, one of which has a discrete elastic coating. With the use of a penalty method, we obtain a weak formulation of this problem in the form of a nonlinear variational equation. For solving the penalty variational equation of the contact problem, we propose a class of parallel iterative Robin type domain decomposition algorithms and prove theorems on their convergence. The program implementation of the algorithms is made using 3D finite element approximations on bilinear and biquadratic prismatic elements. The numerical analysis of developed methods is performed for the problem of contact interaction between two 3D elastic bodies with discrete coating in the form of a system of periodically located thin elastic parallelepipeds. The influence of the rigidity and the height of the coating, as well as of the width and the length of discretized elements on the contact and the interfacial stresses is investigated.