

коефіцієнтів названих СЛАР. Такий спосіб чисельного аналізу досить широкого класу практично важливих задач суттєво прискорює час їх розв'язання.

1. Гарасим Я.С., Остудін Б.А. Наближене розв'язування деяких граничних задач теорії потенціалу методом інтегральних рівнянь без використання кубатурних формул// Вісн. Львів. ун-ту. Сер. мех.-мат. 1997. Вип. 46. С. 73-82. 2. Sybil Yu.M. Three dimensional elliptic boundary value problems for an open Lipschitz surface// Математичні студії. 1997. Т. 8. № 2. С. 79-96.

УДК 517.958:519.6

Н.П. Головач, І.І. Дияк

АЛГОРИТМ ОБЧИСЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙУ ЗАДАЧІ ТЕРМОПРУЖНОСТІ ПМГЕ

Проводиться дослідження квазістатичної задачі термопружності на основі застосування прямого методу граничних елементів (ПМГЕ) в однорідній та ізотропній області V із границею S на основі рівнянь

$$\partial_j \Sigma_{ij} = 0, \quad x \in V, \quad (1)$$

$$\Sigma_{ij} n_j = T_i, \quad x \in S_t \quad (2)$$

$$u_i = \tilde{u}_i, \quad x \in S_u \quad (3)$$

$$\text{де } \Sigma_{ij} = \sigma_{ij} + \frac{\alpha E \theta}{1 - 2\nu} \delta_{ij}; \quad T_i = t_i + \frac{\alpha E \theta}{1 - 2\nu} n_i.$$

Тут σ_{ij} - компоненти тензора напружень; t_i - компоненти поверхневих навантажень; θ - приріст температури; α - коефіцієнт температурного розширення; E - модуль Юнга; ν - коефіцієнт Пуасона і δ_{ij} - символ Кронекера.

Крім цього, має місце закон Гука

$$\Sigma_{ij} = \lambda E_{kk} \delta_{ij} + 2\mu E_{ij} \quad (4)$$

та співвідношення Коші

$$E_{ij} = \frac{1}{2}(\partial_i u_j + \partial_j u_i), \quad (5)$$

де λ і μ - коефіцієнти Ламе, E_{ij} - компоненти тензора деформації.

Для розв'язання вище сформульованої задачі (1)-(5) необхідне задання

- а) геометрії границі області розв'язання задачі;
- б) теплофізичних характеристик матеріалу (α, ν, E);
- в) розподілу температури в області V . (Розв'язок задачі нестационарної теплопровідності отриманий ПМГЕ [1] на тій же гранично-елементній сітці);
- г) граничних умов;

Основні співвідношення ПМГЕ для задачі термопружності мають вигляд [2]

$$c_{ij}(x)u_j(x) = \frac{\alpha E}{1-2\nu} \int_V \partial_j U_{ij}(x, y) \theta(y) dv_y + \int_S U_{ij}(x, y) t_j(y) ds_y - \int_S T_{ij}(x, y) u_j(y) ds_y. \quad (6)$$

Де U_{ij} - фундаментальний розв'язок [2].

Тут розглянемо питання, пов'язані з обчисленням інтегралу впливу температурного поля. Запишемо ядро

$$\partial_j U_{ij} = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{4\pi E(1-\nu)R^2} (y_i - x_i).$$

Порядок сингулярності вище записаного ядра є $\frac{1}{R}$.

Інтегрування по області доданку з даним ядром, при обчисленні поля переміщень, не створює додаткових обчислювальних труднощів. Проте вони з'являються у випадку обчислення компонентів тензора напружень, тому що інтеграл, який враховує вплив температурного навантаження матиме порядок сингулярності $\frac{1}{R^2}$. Пропонується спосіб обчислення інтегралу на основі використання формули Гріна з врахуванням рівняння нестационарної теплопровідності. Дана методика дозволяє звести інтеграл до обчислення двох граничних інтегралів та інтегралу по області з ядром, порядок сингулярності якого $\frac{1}{R}$ [3]. Чисельно задачу квазістатичної термопружності досліджуємо ПМГЕ у постановці Бубнова-Гальоркіна [2].

Для апробації запропонованої схеми врахування впливу температурного поля розв'язана задача термопружності для

пластини, умови навантаження, якої зображено на рис. 1. Тут q – заданий тепловий потік.

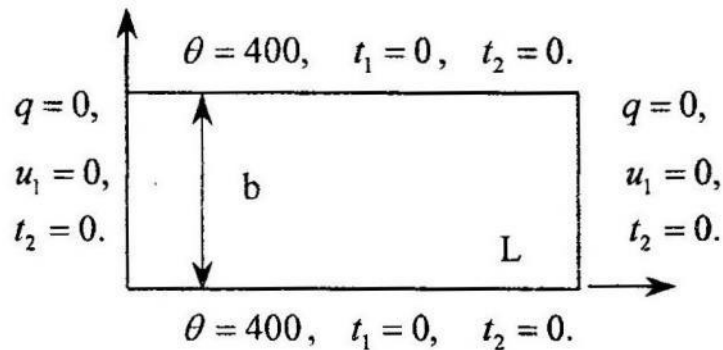


Рис. 1

Обчислення проводились для наступних параметрів
 $E = 5,668 \times 10^{10} \frac{H}{m^2}$; коефіцієнт теплопровідності
 $k = 8,19 \times 10^{-5} \frac{m^2}{c}$;

$$\nu = 0,37; \alpha = 2,786 \times 10^{-5} \frac{1}{C^0}; \quad b = 0,05m; \quad L = 0,2m.$$

Апроксимація проводилась на 100 лінійних ізопараметричних граничних елементах.

На рис. 2 подано результат чисельного обчислення напружень $\sigma_{11}(\nu - 1)/\alpha E$ на лінії $x = 0,1m$ у два моменти часу.

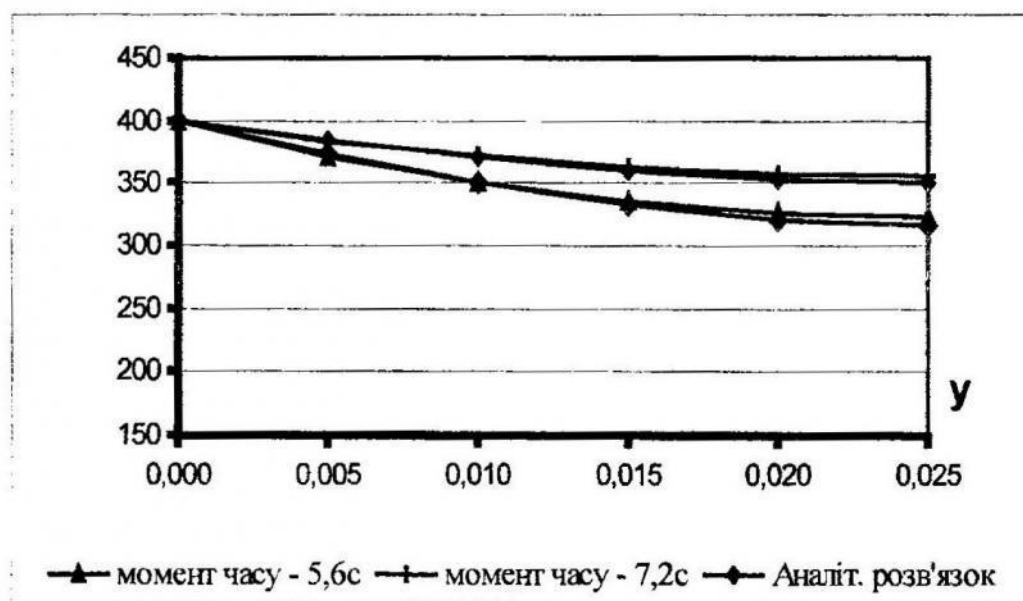


Рис.2

Як видно із наведених графів, чисельні результати добре узгоджуються з аналітичним розв'язком [4]. Максимальна відносна похибка становить не більше 2%, що свідчить про ефективність запропонованого підходу.

І.Головач Н.П. Застосування прямого методу граничних елементів для чисельного розв'язання задачі нестационарної теплопровідності. // Вісн. ЛДУ. Сер.мех.-мат. 1995. Вип.42. С.96-101. 2. Головач Н.П., Дияк І.І. Прямий метод граничних елементів чисельного розв'язування задачі термопружності. // Вісн. ЛДУ. Сер.мех.-мат. 1996. Вип.44. С.57-62. 3. Chaudouet A. Three-dimensional transient thermo-elastic analyses by the BIE method. // Int. J. Num. Meth. Eng., 1987, Vol. 24, pp. 25-45. Sládek V, Sládek J. Computation of thermal stresses in quasi-static non-stationary thermoelasticity using boundary elements. // Int. J. Num. Meth. Eng., 1989. Vol. 28., pp. 1131-1144.

УДК 519.689

В.В. Головащенко, В.В. Лихочвор, Г.Г. Цегелик

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Нами проводиться робота над розробкою експертної системи підтримки прийняття рішень вибору оптимальної технології вирощування с.-г. культур – “ТехноЕксперт”. Предметною областю для розробки прототипу цієї експертної системи була вибрана технологія вирощування озимої пшениці.

Згідно з класифікацією, поданою в [1], “ТехноЕксперт” належить до експертних систем консультаційного типу, тому що основною функцією даної експертної системи є надання порад щодо вибору оптимальної технології вирощування тієї чи іншої с.-г. культури упродовж усього технологічного циклу – від вибору посівної площі до збирання урожаю [2].

Загальна структура експертної системи “ТехноЕксперт” подана на рис.1.