

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОПРУЖНОГО СТАНУ КОНТАКТУЮЧИХ ТЕРМОЧУТЛИВИХ ТІЛ ЗА СКЛАДНОГО ТЕПЛООБМІНУ

Оксана Вовк

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів,
vovk0108@gmail.com

Урахування термочутливості матеріалів, з яких виготовлені елементи сучасних конструкцій, умов складного теплообміну, силових навантажень, контакту поверхонь тощо приводить до розв'язування нелінійних задач термопружності. Такі задачі через свою складність зумовлюють широке застосування числових або аналітично-числових підходів. Тут для визначення температурних розподілів у квазістатичних задачах термопружності для термочутливих тіл за різних теплових умов використано аналітично-числовий підхід [1], що ґрунтується на використанні перетворень Кірхгофа та Лапласа, методів лінеаризувальних параметрів та послідовних наближень, а також адаптованої формули Пруднікова. На основі отриманих аналітично-числових розв'язків досліджено тепловий та викликаний ним напружений стан низки кусково-однорідних обмежених чи напівобмежених тіл за конвективно-проточного або фрикційного нагрівання.

Нестационарна задача теплопровідності для визначення температурних полів t_j двох контактуючих термочутливих тіл полягає у розв'язанні нелінійного рівняння

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_r^j(t_j) \frac{\partial t_j}{\partial z} \right) = c_v^j(t_j) \frac{\partial t_j}{\partial \tau}, \quad j = \begin{cases} 1, & 0 < z < z_1; \\ 2, & -z_2 < z < 0; \end{cases} \quad (1)$$

за початкових

$$t_j \Big|_{\tau=0} = t_p, \quad (2)$$

крайових

$$\left\{ \lambda_r(t_j) \frac{\partial t_j}{\partial z} - (-1)^j \left(\alpha_j (t_j - t_{cj}) + \sigma \varepsilon_j (t_j^4 - t_{cj}^4) \right) \right\} \Big|_{z=z_j} = 0, \quad (3)$$

та контактних умов: ідеального теплового контакту

$$t_1 \Big|_{z=0} = t_2 \Big|_{z=0}, \quad \left[\lambda_r^{(2)}(t_2) \frac{\partial t_2}{\partial z} - \lambda_r^{(1)}(t_1) \frac{\partial t_1}{\partial z} \right]_{z=0} = g(\tau) \quad (4)$$

або неідеального – шляхом фрикційного нагрівання

$$\left[\lambda_i^{(2)}(t_2) \frac{\partial t_2}{\partial z} - \lambda_i^{(1)}(t_1) \frac{\partial t_1}{\partial z} \right] \Big|_{z=0} = q, \quad (5)$$

$$\left[\lambda_i^{(2)}(t_2) \frac{\partial t_2}{\partial z} + \lambda_i^{(1)}(t_1) \frac{\partial t_1}{\partial z} \right] \Big|_{z=0} = h[t_1 - t_2] \Big|_{z=0}, \quad (6)$$

де α_j – коефіцієнти теплообміну, а ε_j – ступені чорноти поверхонь тіл; $\lambda_i^{(j)}(t_j)$, $c_v^{(j)}(t_j)$ – коефіцієнти теплопровідності та об’ємні теплоємності їх матеріалів відповідно ($j=1,2$); σ – стала Стефана–Больцмана, $g(\tau) = q_0 S_+(\tau_k - \tau)$ – діюче впродовж часу τ_k джерело тепла, $S_+(\tau) = \begin{cases} 1, \tau > 0, \\ 0, \tau \leq 0, \end{cases}$ h – коефіцієнт термічної провідності, $q = fvp$ – питома потужність тертя, f – коефіцієнт тертя, v – швидкість руху одного тіла по поверхні іншого, p – інтенсивність зусиль. Зношуванням поверхонь контактуючих тіл нехтуємо. Зауважимо, що у випадку напівбезмежних тіл, коефіцієнти $\alpha_j \rightarrow 0$ та $\varepsilon_j \rightarrow 0$, а замість умов конвективно-променевого теплообміну (3) отримаємо умови рівності нулю теплових потоків на нескінченості.

Розв’язування такої нелінійної задачі теплопровідності зведено до ітераційного процесу, коли на кожному кроці розв’язуємо лінійну крайову задачу з уточненими на попередньому кроці величинами.

Термопружний стан термочувливих кусково-однорідних структур, в яких температура змінюється лише за однією координатою описується відомими в літературі співвідношеннями [2].

1. *Vovk O.M., Solyar T.Ya.* Thermoelastic state of a thermosensitive half space and a thermosensitive layer in contact under the conditions of complex heat exchange // Journal of Mathematical Sciences. – 2023. – 273. No. 2. – С. 132 – 143.
2. *Подстригач Я. С., Коляно Ю. М.* Неустановившиеся температурные поля и напряжения в тонких пластинках. – Киев: Наук. думка, 1972. – 308 с.

RESEARCH OF THE THERMOELASTIC STATE OF CONTACTING THERMOSENSITIVE BODIES UNDER COMPLEX HEAT EXCHANGE

The thermal and thermoelastic states of thermosensitive piecewise-homogeneous structures under convective-radiative heat exchange with the environment and various types of heating in the contact zone were investigated. To construct solutions of non-stationary heat conduction problems an analytical-numerical approach was used. It is based on the application of the methods of successive approximations, linearizing parameters, and an adapted Prudnikov formula for the inverse Laplace transform.