

УДК 004.942+536.2+539.3

КОНСТРУКТИВНА ТЕРМОЧУТЛИВІСТЬ ПРЯМОКУТНИХ ПЛАСТИН

Олександр Горечко, Надія Заводовська

*Національний університет «Львівська політехніка»,
Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України*

oleksandr.m.horechko@lpnu.ua, nadiyahor@gmail.com

Прямокутні пластини є розповсюдженими елементами інженерних конструкцій в різних галузях машинобудування, будівництва та електроніки. З огляду на це проведено чимало досліджень їх термопружного стану для моделей, що враховують залежність теплових і механічних характеристик матеріалу від температури [1]. З класичних лінійних задач термопружності відомо, що зміна температурного режиму пластини, закріпленої в нерухомих опорах, призводить до натягу (стиску) пластин у їх площині, що має вплив на вібраційні характеристики поперечних коливань. У цій роботі досліджено такий вплив на значення власних частот та динамічної реакції попередньо нагрітих пластин. Аналіз проводився аналітичним і числовим методами для моделей тонких пластин і пружного тіла при різних варіантах кріплення пластини.

Найпростішими розглянутими задачами з використанням моделі тонких пластин були задачі аналізу власних частот поперечних коливань прямокутних пластин, закріплених в неподатливих опорах, при зміні їх температурного режиму. Для випадку шарнірного опирання двох протилежних країв пластини, рівномірно підігрітої (охолодженої) після закріплення, отримано аналітичний розв'язок. Показано значний вплив температурних напружень на власні частоти пластини.

Аналогічно розглядалися задачі знаходження власних частот для системи прямокутних пластин з різних матеріалів, закріплених паралельно у пружній конструкції. Температура кожної з пластин при нагріванні окремих складових такої системи джерелами тепла знаходилась наближено методом теплового балансу. Власні частоти попередньо навантажених внаслідок нерівномірності нагріву пластин конструкції шукались в припущенні про постійність температурних зусиль вздовж будь-якої з осей координат в площині пластини. Досліджено вплив нагріву однієї з пластин в стаціонарному та нестаціонарному режимах на зміну власних частот пластин системи.

Задачі визначення власних частот попередньо навантажених внаслідок нагріву пружних елементів конструкцій при їх моделюванні згідно з теорією термопружності для тривимірного пружного тіла розв'язувались числовими методами з використанням пакетів мультифізичного моделювання. Розглядались прямокутні панелі не тільки при довільному кріпленні країв, але й випадки їх кріплення системою симетрично розташованих в площині панелі отворів, при рівномірному полі температур та знайденому в припущенні лінійної задачі теплопровідності. Для часткових випадків задач, змодельованих раніше за теорією пластин та відомих з літератури прикладах початково ненапружених пластин і окремих прикладах напружених пластин, що мають точний розв'язок [2], проведена перевірка точності обчислення власних частот. Показана однакова залежність зміни основної частоти зі зміною температури для задачі нагріву панелі, защемленої по чотирьох отворах в кутах, та защемленої по усіх краях панелі.

Розглянута також задача знаходження динамічної реакції попередньо навантажених внаслідок нагріву прямокутних пластин на ударний імпульс. Побудовано аналітичний розв'язок динамічної задачі для нагрітих прямокутних пластин при опиранні по двох протилежних краях та довільних крайових умовах на решті країв. Моделювання динамічної поведінки пластини в тривимірній постановці проводились за допомогою числових методів. Проаналізовано вплив температури на динамічні характеристики пластин. Показано, що перегрів пластини суттєво впливає не тільки на значення власних частот, але й амплітуду згинних деформацій та напружень при ударних навантаженнях.

1. Кушнір Р.М., Попович В.С., Процюк Б.В. Про розвиток досліджень термомеханічної поведінки термочувливих тіл // Мат. методи та фіз.-мех. поля. – 2016. – 59, № 3. – С. 7–27.
2. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Том 3. Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – Москва: Машиностроение, 1968. – 568 с.

CONSTRUCTIVE THERMAL SENSITIVITY OF RECTANGULAR PLATES

A problem on finding the eigenfrequencies and dynamic reaction to the shock pulse of rectangular plates preloaded due to heating is considered. The influence of temperature on the dynamic characteristics of the plates modeled according to the theory of plates and a three-dimensional elastic body was analyzed. In the case of the theory of plates, the solution to the dynamic problem is constructed for rectangular plates, supported on two opposite edges and with arbitrary boundary conditions on the remaining edges. The analysis was carried out using numerical methods when solving similar problems for three-dimensional elastic bodies and arbitrary fastening along the edges or holes.