

УДК 517 (07)

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ПЛАСТИН З ОТВОРАМИ СКЛАДНОЇ ФОРМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ R-ФУНКЦІЙ ТА ВАРІАЦІЙНИХ МЕТОДІВ

Лідія Курпа, Вікторія Ткаченко, Тетяна Шматко

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут» (Україна)*

kurpalidia@gmail.com; viktoryatkachenko@gmail.com; ktv_ua@yahoo.com

Аналіз наукової літератури, присвяченої розрахунку на стійкість та визначенню критичного навантаження багатошарових пластин, свідчить про актуальність даної проблеми для пластин з отворами різної геометричної форми. Складність розв'язання цієї проблеми обумовлена тим, що за наявності отворів докритичний стан пластини не є однорідним і його врахування є необхідним для правильного визначення критичного навантаження. В [1, 2] запропоновано підхід для дослідження параметричних коливань багатошарових пластин симетричної структури з прямокутним та круглим вільними отворами, який суттєво використовував теорію R-функцій [3] та варіаційні методи. Тут цей підхід розвинено для багатошарових пластин антисиметричної структури за наявності закріплених або вільно опертих отворів, які мають складну геометричну форму. В цьому випадку залежності між зусиллями, моментами та деформаціями мають більш складний вигляд і, як наслідок, вихідні рівняння та граничні умови також ускладнюються. Алгоритм розв'язування задачі містить такі ж етапи, як і у випадку пластин симетричної структури, а саме:

1. Визначення докритичного стану пластини;
2. Знаходження критичного навантаження;
3. Розв'язок задачі про лінійні коливання багатошарової пластини, що навантажена в серединній площині;
4. Розв'язання нелінійної задачі про коливання композитної пластини;
5. Дослідження параметричних коливань пластини під дією періодичного навантаження, побудова скелетних кривих;
6. Побудова зон динамічної стійкості (нестійкості) [4], визначення амплітуд коливань в зонах параметричного резонансу.

Слід зазначити, що пункт 4, пов'язаний з розв'язанням нелінійної задачі, суттєво складніший, ніж у випадку пластин симетричної структури. Метод зведення вихідної системи руху з частинними похідними до нелінійної системи звичайних диференціальних рівнянь для багатошарових пластин

антисиметричної структури буде складнішим. Саме це питання привертає особливу увагу в даній роботі.

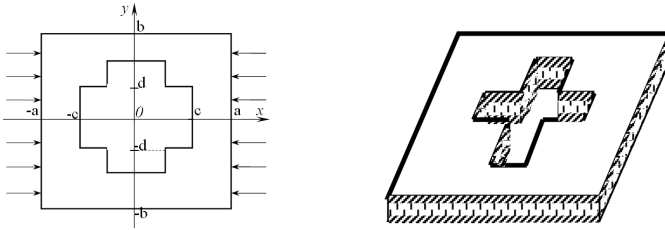


Рис. 1

Запропонований алгоритм протестовано на пластинах з прямокутним вільним отвором та застосовано для пластин з хрестоподібним закріпленням або вільно опертим отвором (рис. 1). Вивчено вплив геометричних та фізичних параметрів на амплітудно-частотні залежності та області динамічної стійкості пластини.

1. Курпа Л.В., Мазур О.С., Шматко Т.В. Применение теории R-функции к решению нелинейных задач динамики многослойных пластин. – Харьков: «НТУ ХПИ», 2016. – 492 с.
2. Awrejcewicz J., Kurpa L., Mazur O. Dynamical instability of laminated plates with external cutout // Int. J. Non-linear Mech. – 2016. – **81**. – P. 103-114.
3. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наук. думка, 1982. – 552 с.
4. Болотин В.В. Динамическая устойчивость упругих систем. – Москва: Гостехиздат, 1956. – 500 с.

INVESTIGATION OF THE STABILITY OF LAMINATED PLATES WITH CUTS OF A COMPLEX SHAPE BY THE R-FUNCTIONS THEORY AND VARIATIONAL METHODS

The laminated plates with cuts of a complex form are studied with meshless approach, based on combined application of the R-functions theory and variational methods. The proposed method is developed for thin plates of an antisymmetric form along thickness. Mathematical formulation is presented within the framework of classical nonlinear theory of plates using Kirgoff-Love's hypothesis. In order to investigate the laminated plates with a complex cut and different boundary conditions, the corresponding solution structures and admissible functions were constructed. The software was developed and tested on many problems. In particular, the obtained results were compared with available ones for a cross three-layered plate with free rectangular cut. For plates with cuts of a complex form effect of different geometrical and physical parameters was studied. Various types of fastening, geometry of the plate and different materials properties are considered. The non-dimensional buckling load, instability regions and response curves are presented for plates with complex form of cut.