

# НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПЛАСТИН З ПІДКРІПЛЕНИМИ ПРЯМОКУТНИМИ ОТВОРАМИ РІЗНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ВІДНОСНО НАПРЯМКУ ДІЇ ЗУСИЛЛЯ РОЗТЯГУ

<sup>1</sup>Інститут технічної механіки

Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,  
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: hudramovich@i.ua

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
пр. Гагаріна, 72, 49010, Дніпро, Україна; e-mail: hart@ua.fm

Створено комп'ютерні моделі для розрахунку пружних прямокутних пластин з підкріпленими прямокутними видовженими отворами, які перебувають під дією одновісних зусиль розтягу, при різній орієнтації отворів щодо напрямку дії цих зусиль. Матеріали пластини і смугових підкріплюючих елементів відрізняються. Комп'ютерне моделювання проведено з використанням методу скінченних елементів в складі стандартного пакету прикладних програм. Досліджено вплив механічних і геометричних параметрів пластин і підкріплень, орієнтації отворів (кута повороту відносно напрямку дії зусиль) на напружено-деформований стан пластини. Встановлено залежність коефіцієнта концентрації напружень в пластині від орієнтації отвору, співвідношення модулів пружності матеріалів пластини і підкріплень (модуль пружності матеріалу підкріплення в 3 рази більше (або менше), ніж модуль пружності матеріалу пластини). Моделюються пластини з отворами, розташованими під кутами 60°, 45° і 30° відносно напрямку дії навантаження. Матеріали пластини і підкріплення деформуються в пружній області. Показано, що вдалий вибір геометричних та жорсткісних характеристик параметрів підкріплень, пластини і орієнтації отворів може істотно знизити концентрацію напружень в пластині. Побудовано картини розподілу інтенсивності напружень у перерізах пластини, що проходять уздовж однієї зі сторін отвору, та концентрації напружень в околі кутових точок отворів. Отримані в роботі результати можуть бути використані для розв'язання задач оптимізації тонкостінних прямокутних пластин з видовженими отворами, що мають смугові підкріплення по краях, при мінімальних витратах матеріалу для включень.

**Ключові слова:** підкріплення, пластина, отвір, напруження, деформації, коефіцієнт концентрації напружень, метод скінченних елементів.

1. Вайнберг Д. В. Концентрация напряжений в пластинах около отверстий и выкружек. К.: Техника, 1969. 220 с.
2. Гарт Э. Л., Панченко С. В. Численный анализ напряженно-деформированного состояния пластины с прямоугольным отверстием, подкрепленным треугольными накладками. Вісник Дніпропетровського ун-ту. Сер.: Механіка. 2015. Т. 2. Вип. 24. С. 39–47.
3. Гудрамович В. С. Влияние отверстий на предельные состояния элементов тонкостенных металлических оболочечно-пластинчатых конструкций. Вісник Дніпропетровського ун-ту. Сер.: Механіка. 2014. Т. 22. Вип. 18. С. 47–60.
4. Гудрамович В. С., Гарт Е. Л., Панченко С. В. Вплив смугових накладок на напружено-деформований стан пластини з видовженим прямокутним отвором. Техніческая механика. 2018. № 1. С. 13–19.
5. Гудрамович В. С., Гарт Э. Л., Струнин К. А. Моделирование процесса деформирования пластины с упругими протяженными включениями на основе метода конечных элементов. Техніческая механика. 2014. № 2. С. 12–23.
6. Гузь А. Н. Методы расчета оболочек. В 5 т. Т. 1. Теория оболочек, ослабленных отверстиями. К.: Наук. думка, 1980. 636 с.
7. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с.
8. Лизин В. Т., Пяткин В. А. Проектирование тонкостенных конструкций. М.: Машиностроение, 1994. 384 с.
9. Моссаковский В. И., Кваша О. М. Конструкція та розрахунок люків, які не викликають концентрації напружень у сферичних оболонках. Прикладна механіка. 1959. Т. 5, № 4. С. 371–378.
10. Оден Дж. Т., Цурпал. И. А. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. М.: Мир, 1976. 464 с.
11. Преображенский И. Н. Вырезы в несущих конструкциях. М.: Машиностроение, 1984. 112 с.

Отримано 30.11.2018,  
в остаточному варіанті 14.12.2018.