

УДК 624.072.014.2

М. Підгурський, д.т.н., проф., М. Сташків, к.т.н., доц., І. Підгурський, к.т.н., доц., В. Сенчишин, к.т.н., О. Підлужний асп., Д. Биків, магістр, В. Слободян, інж., О. Підвисоцький, магістр, В. Гоголюк, магістр

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ПЕРФОРОВАНИХ БАЛОК З ОДНОРЯДНИМ ТА ДВОРЯДНИМ РОЗТАШУВАННЯМ ОТВОРІВ

M. Pidgurskyi, Dr., Prof., M. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof., I. Pidgurskyi, Ph.D., Assoc. Prof., V. Senchishin, Ph.D., Assoc. Prof., O. Pidluzhnyi Ph.D. student, D. Bykiv, master, V. Slobodian, eng., O. Pidvysotskyi, master, V. Hoholiuk, master

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

RESEARCH OF THE STRENGTH OF CELLULAR BEAMS WITH A SINGLE AND DOUBLE ROW ARRANGEMENT OF OPENINGS

Abstract. Cellular beams with circular openings were modeled using the finite element method. The distribution of stresses in the perforation zones of the beam with round openings for the single-row and double-row variants was obtained. A comparative analysis of these beams was carried out for perforated beams of almost the same weight. Recommendations for increasing the durability of beams with perforations of various configurations are provided.

Застосування перфорованих балок при спорудженні будівель і споруд приводить до зниження ваги конструкцій і робить такі балки конкурентоздатними з решітчастими конструкціями. Крім технічних переваг перфорація створює ще й кращий естетичний вигляд, а використання різноманітних форм перфорованих елементів є цікавим архітектурно-будівельним рішенням інтер'єру.

Перфорована балка – це конструкція, яку отримують з прокатного двотавра після його зигзагоподібного розрізання і зварювання виступів стінки. Це дозволяє значно збільшити висоту балки у порівнянні з вихідним профілем. Несуча здатність таких перфорованих балок в 1,3 – 1,5 рази перевищує несучу здатність початкових профілів за рахунок збільшення моментів інерції в $1,5 \div 2,0$ рази.

У будівлях та спорудах широко застосовуються перфоровані балки з шести- та восьмикутними вирізами, у тому числі балки з дворядною перфорацією. За останній час у будівництві широко застосовуються інші форми вирізів – овальні, синусоїдальні і, найчастіше, круглі. Таке різноманіття конструктивних рішень засвідчує, що пошук раціональних форм балок з перфорованими стінками продовжується і є далеким від завершення. Вибір оптимальних варіантів можливий лише після аналізу впливу геометричних особливостей вирізів на напружено-деформівний стан та стійкість балок. Застосування дворядної перфорації шестикутними отворами, як показали дослідження, дозволяє підвищити міцність, жорсткість і стійкість балок завдяки більш рівномірному розподілу матеріалу в їх стінці.

У зв'язку з цим проведено порівняльні властивості балок з одно- та дворядною круглою перфорацією стінок методом скінчених елементів.

Розглянуто шарнірно закріплені балки прольотом 12м з рівномірно розподіленим навантаженням $q=50\text{кН/м}$. Балки виготовлені з низьколегованої сталі 09Г2С з механічними характеристиками $\sigma_y = 380 \text{ МПа}$ та $\sigma_u = 530 \text{ МПа}$. Формоутворюючим профілем для балок з однорядною перфорацією є прокатний двотавр № 60Б2, а для балок з дворядною перфорацією – прокатний двотавр №70Б1.

Зазначимо, що для порівняльного аналізу моделювались балки з майже однаковою вагою (табл. 1). Для цього були підібрані отвори діаметром 590 мм.

Відстань між отворами у балках з однорядною перфорацією складала 240 мм, а з дворядною – 52 мм (рис. 1)

Балки моделювались у програмному комплексі SolidWorks. Оцінка напружено-деформівного стану здійснювалась за допомогою як програмного пакету прикладних програм SolidWorks, так і ANSYS. При оцінці НДС в зонах вирізів присутня концентрація напружень, тому в цій області важливо правильно вибрати розмір скінченного елемента. Він повинен бути суттєво меншим розміру перетинки між вирізами. Особливо це стосується дворядної перфорації, у якій вирізи розташовуються у шаховому порядку. У зв'язку з цим створювалась модель з глобальною сіткою елементів розміром 40,8 мм з її згущенням біля вирізів з величиною скінченного елемента 2,6 мм. Для балок з однорядною перфорацією стінки розмір скінченного елемента глобальної сітки становив 86 мм, а біля вирізів – 2,4 мм.

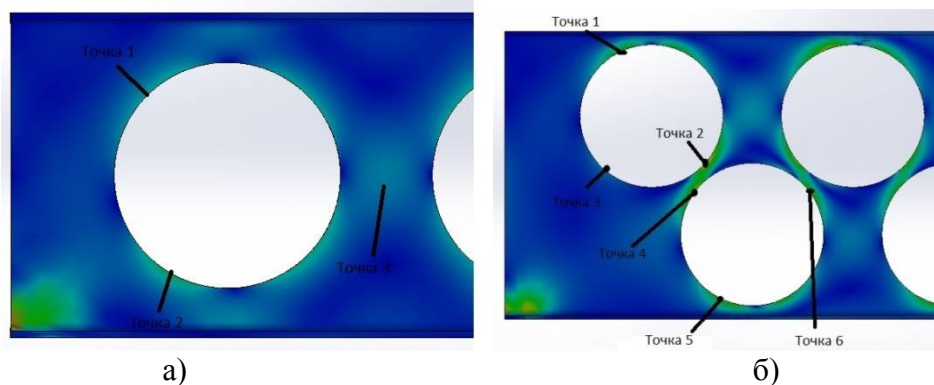


Рис. 1. Фрагмент розподілу напружень в перетинах між круглими вирізами при:
а) однорядній перфорації стінки; б) дворядній перфорації стінки.

Порівняльний аналіз майже однакових за вагою перфорованих балок показує (табл. 1), що максимальний прогин у балках з дворядною перфорацією при оцінці жорсткості є в 1,65 раз меншим, а критична сила при оцінці загальної стійкості є в 1,31 рази вищою, ніж у балках з однорядною перфорацією стінки. Також у таких балках меншими є максимальні напруження в полицях.

Табл. 1. Порівняльний аналіз розрахунку балок з круглою перфорацією.

Тип перфорації	Критерії порівняння						
	діаметр вирізів, мм	кількість вирізів	вага перфорованої балки, кг	висота перфорованої балки, мм	максимальний прогин, мм	критична сила, кН/м	максимальні напруження у перемичках, МПа
однорядна	590	14	937,8	847	44,6	14,6	307,9
дворядна	590	27	861,0	1191	27,1	19,0995	400,4

Таким чином, у порівнянні з однорядною перфорацією, утворена балка з дворядним розташуванням круглих вирізів (за однакової ваги) буде мати більшу висоту і відповідно вищу міцність і жорсткість, що свідчить про перспективність застосування таких конструкцій.

Аналізуючи картини напружень балок з однорядною та дворядною перфорацією (рис. 1) зазначимо, що у балках з дворядною перфорацією напруження у перемичках є суттєво вищими (табл. 1). Це пояснюється меншою шириною перемичок при дворядному розташуванні отворів. Встановлення коректних розмірів вирізів та відстаней між ними є вирішальними при конструюванні балок з дворядною перфорацією стінок, особливо для конструкцій, що зазнають циклічного навантаження. Одним з можливих варіантів підвищення їх довговічності таких конструкцій за умов циклічного навантаження є підсилення отворів.