

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ СТАЛЕВИХ ДВОТАВРОВИХ БАЛОК В СКЛАДІ ПОХИЛИХ ПОКРІВЕЛЬ

D.Z. Bykiv, I.M. Pidgurskyi Ph.D., A.M. Kos, Mahdi Oussama

ASSESSMENT OF STRENGTH AND STIFFNESS PARAMETERS OF STEEL I-BEAMS IN INCLINED ROOF STRUCTURES

У сучасному будівництві зростає потреба у використанні полегшених сталевих каркасів великопролітних будівель, які здатні забезпечувати високі експлуатаційні показники при зниженні їх матеріало- та трудомісткості [1]. Одним із перспективних типів є перфоровані сталеві двотаврові балки, які завдяки своїм особливостям виготовлення мають більшу висоту поперечного перерізу, а характеристики міцності та жорсткості є кращим в порівнянні із суцільними балками такої ж ваги [2].

Похилі покрівлі мають кращі характеристики жорсткості, аніж вільно обперті горизонтальні балки. Проте у перфорованій стінці двотавра створюються локальні зони концентрації напружень [3], а геометричні варіації, зокрема двосхила (рис. 1(а)) та аркова (рис. 1(б)) форми, суттєво впливають на розподіл зусиль вздовж балки. Тому дослідження напружено-деформованого стану (НДС) балок похилих покрівель відіграє важливу роль при оцінці їх параметрів міцності та жорсткості з метою подальшої оптимізації конструкції.



а)



б)

Рисунок 1. Сталеві перфоровані двотаврові балки похилих покрівель: а) двосхилі; б) аркові

У роботі виконане чисельне моделювання методом скінчених елементів (МСЕ) в програмному комплексі ANSYS двотаврових сталевих балок із перфорованою стінкою для горизонтальної, двосхилої та аркової форми. Проліт будівлі прийнято 24 м, навантаження визначено від ваги покрівлі виробничої будівлі, снігового покриву та власної ваги конструкції, і становило 6,6 кН/м. Всі балки досліджувались при жорсткому заземленні їх країв.

За початкову (первісну) балку, з якої виготовлено перфоровані, прийнято двотавр ІРЕ 400, після розрізання і зварювання, висота перфорованої балки становила 657,6 мм, а діаметр отворів – 518 мм з кроком 570 мм. З конструктивних умов, для виконання жорсткого закріплення балок до колон, в карнизних та гребеновому вузлах виконані елементи жорсткості – вута. Ухил двосхилої покрівлі прийнято 5°, а аркова має підйом який відповідає двосхилій балці.

У роботі проаналізовано прогини балок, розподіли еквівалентних напружень вздовж верхніх та нижніх полиць, розподіл еквівалентних напружень навколо отворів перфорації і зміна їх максимальних значень вздовж балок. Для кожної балки досліджені варіанти їх роботи без вут та з вутами.

Порівняння жорсткості балок показало, що горизонтальна перфорована балка має найбільший прогин (80,5 мм), тоді як двосхила і аркова – в 2,4 рази і в 2,7 разів менший відповідно. Встановлення вут забезпечило зменшення прогинів для горизонтальної та двосхилої в 1,5 рази, а для аркової – в 1,3 рази.

Максимальні еквівалентні напруження в нижній полиці виявлено переважно на відстані близько 3-ох м від опори. Для горизонтальної балки фіксувалося також суттєве зростання напружень біля опор (127 МПа) та в центрі прольоту (94 МПа). Аркова балка демонструвала найвищу концентрацію напружень у нижній полиці (177 МПа) біля опори, що в 1,4 рази більше, ніж у горизонтальної. Використання вут дало змогу зменшити середні значення напружень у нижній полиці в 1,9 рази для горизонтальної балки, в 1,3 рази – для двосхилої та в 1,5 рази – для аркової.

У верхній полиці найменших максимальних значень напружень зазнає двосхила балка (в 1,5 рази менші ніж в горизонтальній), а найменших середніх значень напружень зазнає аркова балка (в 1,4 рази менші ніж в горизонтальній). Конструктивні елементи в карнизних та гребеновому вузлах зменшують значення максимальних та середніх значень еквівалентних напруження в верхньому поясі в 1,1-1,3 рази.

Отвори перфорації є зонами концентрації напружень в стінці двотавра. Найбільші значення еквівалентних напружень (понад 690 МПа) виявлено в горизонтальній балці навколо крайнього отвору. Тоді як для двосхилої та аркової балки, максимальні напруження навколо крайнього отвору були меншими в 1,4 рази та 2,8 рази відповідно. Встановлено, що максимальні значення напружень навколо отворів перфорації зменшуються вздовж балки, від краю до середини, в 1,6-5,6 разів. Встановлення конструктивних елементів (вут) значно знижують напруження навколо крайніх отворів: для горизонтальної балки в 4,1 рази, для двосхилої – в 5,2 рази, для аркової – в 5 разів.

Висновки. Результати аналізу підтверджують, що форма перфорованої балки суттєво впливає на її НДС. Двосхила та аркова форми демонструють кращі показники жорсткості та рівномірності розподілу напружень порівняно з горизонтальною. Встановлення вутів в карнизних та гребеновому вузлах значно підвищує ефективність усіх типів балок, зменшуючи деформації, максимальні та середні значення напружень, а також їх концентрацію навколо крайніх отворів.

Література

1. Биків, Д., Кос, А., Підлужний, О., Підгурський, І., Підгурський, М. Методи виготовлення сталевих перфорованих двотаврових балок з регулярною та нерегулярною структурою отворів. *Матеріали І Міжнар. наук.-техн. конф. „Прикладна механіка“*, 6-7 червня 2024 р. Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 76–79.
2. Pidgurskyi I., Slobodian V., Bykiv D., Pidgurskyi M. (2021) Investigation of the stress-strain state of beams with different types of web perforation. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 103, no 3, pp. 79-87.
3. Pidgurskyi M., Pidgurskyi I., Stashkiv M., Ihnatieva V., Danylchynko S., Bykiv D., Pidluzhnyi O. (2023) Peculiarities of studying the stress-strain state of structural steel perforated beams using the finite element method. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 111, no 3, pp. 126-138.