

# ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ СТІНКИ-ПЕРЕМИЧКИ ПЕРФОРОВАНОЇ БАЛКИ З КРУГЛИМИ ОТВОРАМИ

М. І. Підгурський, В. В. Слободян, Ю.А. Рудяк\*

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

\*Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, Україна

Cellular beams were modeled using Finite Element Method in the SolidWorks2013 software suite and imported into ANSYS Workbench 15.0. The considered distribution of stresses in the wall-jumper of a cellular beams is considered. Studies have shown that in the jumper wall there is a curvilinear distribution of normal stresses.

Перфоровані балки – легкі і ефективні металеві конструкції. Завдяки нескладним операціям розпуску стінки двотавра по ламаній лінії, розсування отриманих частин з наступним зварюванням їх по виступах 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 ÷ 2,0 рази. Ці якості, у поєднанні з компактністю, високим ступенем транспортабельності, пристосованістю до автоматичного виготовлення, роблять такі балки конкурентоздатними з решітчастими конструкціями [1].

Варто зазначити, що наявність отворів в стінці прокатних двотаврів дозволяє розмістити інженерні комунікації в межах висоти балки перекриття. Таким чином, може бути зменшена висота будівлі і знижені експлуатаційні витрати [2].

Недоліками перфорованих балок є концентрація напружень в зварних швах і в області наскрізних отворів, а також наявність ослаблених зон в зонах отворів, які можуть втратити стійкість [3].

Найбільш небезпечним буде переріз, ослаблений перфорацією, тому розподіл напружень в цій зоні представляє найбільшу зацікавленість. Дослідженням розподілу напружень в перерізі ослабленому отвором, займалися багато авторів, результати досліджень приведені в численних публікаціях.

Питанням розподілу напружень в стінці балки присвячено значно менше теоретичних і експериментальних досліджень. Однак великі значення нормальних і дотичних напружень в цих зонах, що викликані періодичною зміною перерізу балки по довжині та збільшення висоти стінки можуть призвести до втрати стійкості стінки перемички.

Незважаючи на те, що в нинішній час накопичений значний досвід в експлуатації та проектуванні перфорованих балок, питання місцевої стійкості стінки-перемички та оцінки концентрації напружень залишаються доволі актуальними і практично не висвітленими в нормах проектування [4].

У роботі [5] було розглянуто розподіл нормальних напружень в перемичці при відносній висоті отвору (0,7 ... 0,8) висоти балки. Розрахунки показали, що розподіл напружень в перерізі посередині перемички між шестикутними отворами в балці при двох варіантах завантажень (дві зосереджені сили і рівномірно розподілена) є практично ідентичним.

У даній роботі розглянуто розподіл напружень у стінках перфорованих балок з круглими отворами, які часто застосовують у будівництві.

Досліджувався напружено-деформівний стан в стінці шарнірно закріпленої балки з однорядною перфорацією, прольотом 12м, з рівномірно розподіленим навантаженням в 600кН на всю довжину балки. Моделювання проводилось в програмному комплексі SolidWorks, а розрахунки в Ansys Workbench 15.0 методом скінчених елементів, з розміром елементів сітки тетраєдрів 20 мм.

Розглянута балка виготовлена з низьколегованої сталі 09Г2С класу С345 (прокатний двотавр №60Б2 (рис.1)).

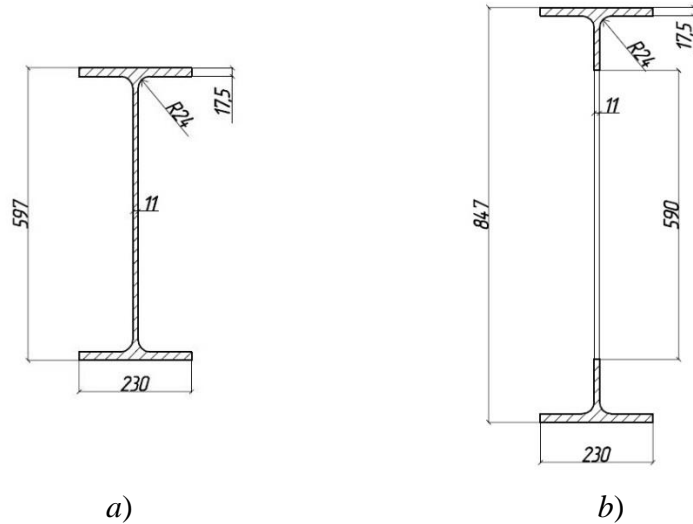


Рис. 1 – Перерізи балок: *a)* прокатної двотаврової балки №60Б2; *b)* перфорованої балки з висотою отвору 590 мм.

Проектна балка мала наступні геометричні параметри  $c=270\text{мм}$ ,  $d=590\text{мм}$ ,  $b=240\text{мм}$ ,  $S=830\text{мм}$ ,  $H=847\text{мм}$ ,  $h=597\text{мм}$ ,  $h_1=173,5\text{мм}$ ,  $h_2=423,5\text{мм}$  (рис. 2, *a*).

Нормальні напруження  $\sigma_z$  оцінювались посередині прольоту в чотирьох перерізах стінки-перемички 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 (рис. 2, *b*).

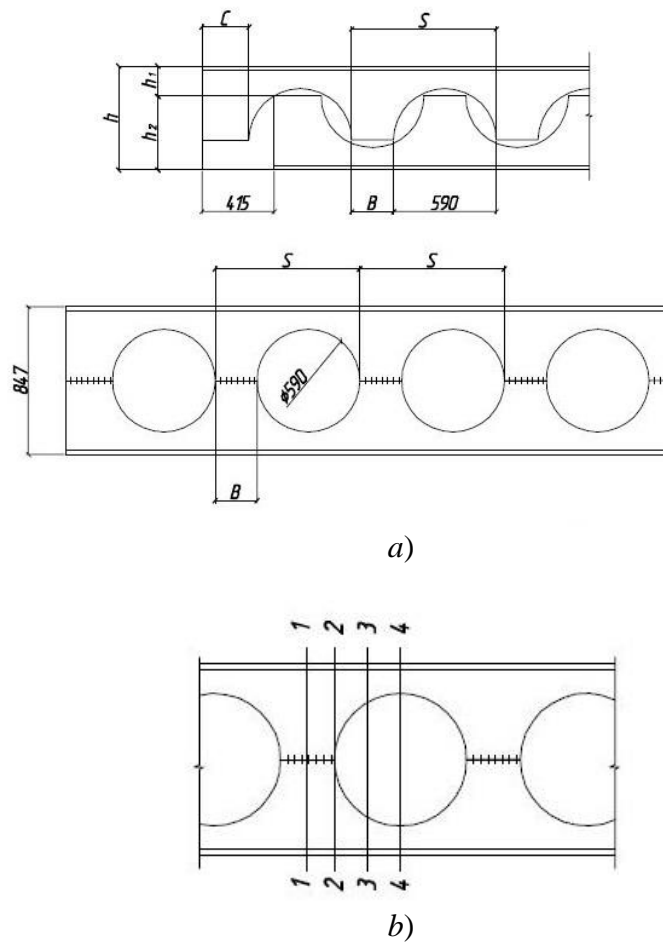


Рис. 2. Схема різання (*a*), схема перерізів для оцінки напружень  $\sigma_z$  (*b*).

По висоті стінки поділена на характерні точки з кроком 3,82см. Результати розрахунку МСЕ для розглянутої перфорованої балки показано на рисунку 3.

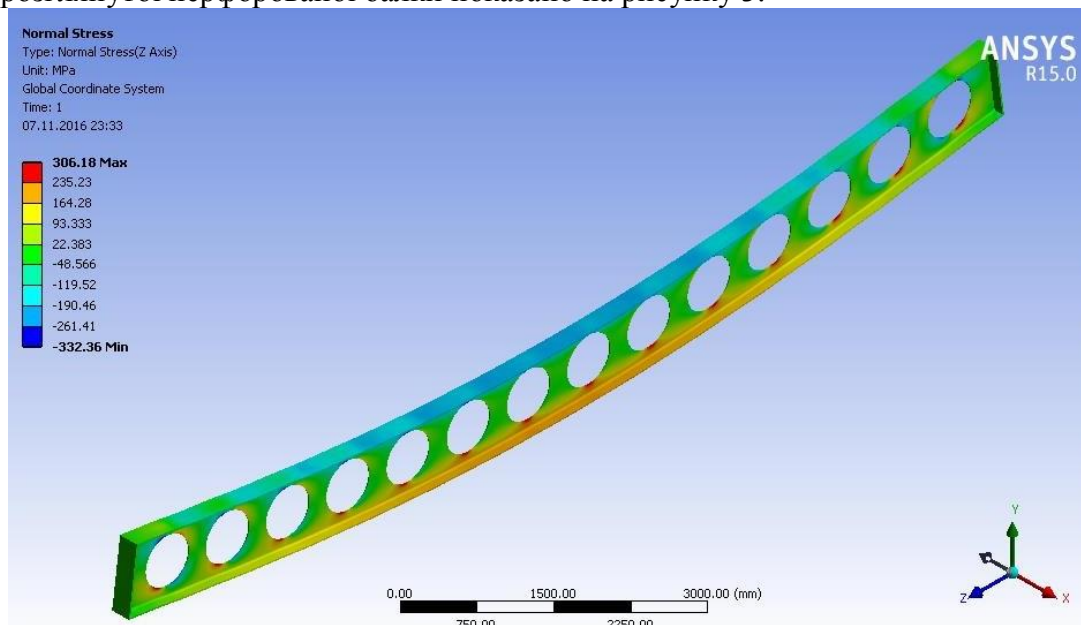


Рис. 3. Нормальні напруження у розглянутій перфорованій балці.

У таблиці 1 представлено значення напружень в кожному досліджувальному перерізі.

Таблиця 1.

Значення нормальних напружень у характерних перерізах стінки-перемички перфорованої балки

Характерні точки по висоті стінки	Координата висоти характерної точки, см	Значення напружень в перерізі 1-1, МПа	Значення напружень в перерізі 2-2, МПа	Значення напружень в перерізі 3-3, МПа	Значення напружень в перерізі 4-4, МПа
1	38,2	-178,9	-179,7	-187,6	-205,2
2	34,38	-142,2	-144,7	-168,3	-217,3
3	30,56	-106,4	-108,3	-140,7	-272,2
4	26,74	-72,5	-70,9	-98,6	
5	22,92	-42,4	-35,6	-30,2	
6	19,1	-18,4	-7,7		
7	15,28	-2,6	7,3		
8	11,46	5,4	8,5		
9	7,64	6,5	3		
10	3,82	3,3	0,3		
11	0	1,6	0		
12	3,82	-6,4	-1,2		
13	7,64	-9,7	-4,9		
14	11,46	-8,7	-11,1		
15	15,28	-0,8	-11		
16	19,1	15,5	3,9		
17	22,92	39,8	32,4	23,7	
18	26,74	70,4	68,5	95,7	
19	30,56	104,8	106,6	139,9	282
20	34,38	141,4	143,9	167,8	219,7
21	38,2	179,2	179,8	187,2	205,6

На основі отриманих результатів побудовано епюри нормальних напружень у перерізах 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 (рисунок 4).

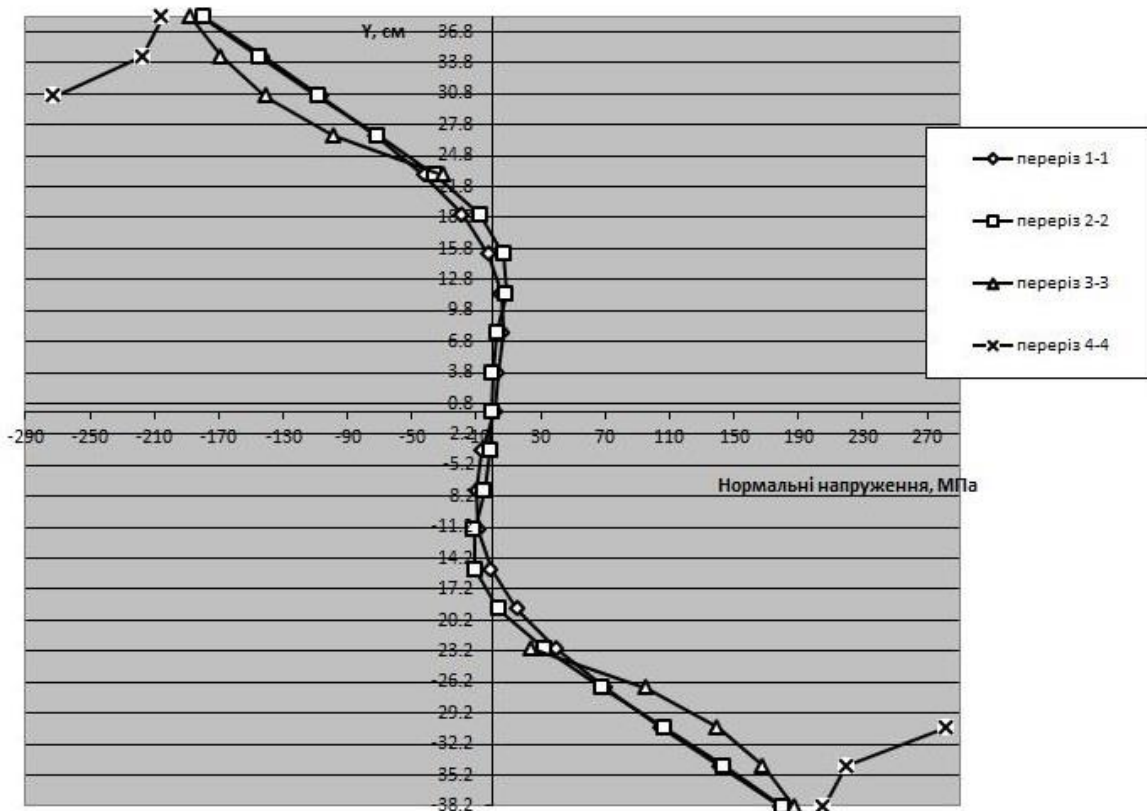


Рис. 4. Епюри нормальних напружень  $\sigma_z$ .

Аналізуючи наведені вище результати, можна дійти висновку, що в перерізах 1-1, 2-2, 3-3 епюри напружень співпадають. Слід зазначити, що в перерізі 4-4 спостерігається зростання значення напружень ближче до отвору, що є наслідком зміни перерізу стінки. Варто зазначити, що розподіл напружень є криволінійним і відрізняється від звичайного, розрахованого за формулами опору матеріалів, де напруження змінюються за лінійним законом. Отримані результати є важливими для оцінки НДС перфорованих балок з круглими отворами.

### Література

1. Скляднєв А. І. Пути підвищення ефективності применения перфорованих балок / А. І. Скляднєв // Изв. Вузов. Строительство и архитектура №10 – 1981. – С. 11-15.
2. Пименов А. С. Оптимальное проектирование перфорованных балок / А. С. Пименов, И. С. Холопов, А. В. Соловьев // Транспортное строительство. Вестник транспорта Поволжья, 2009. – №1. – С. 69-74.
3. Підгурський М. І. Дослідження напружено–деформівного стану підсилених перфорованих балок з круглими отворами / М. І. Підгурський, В. В. Слободян, // Зб. тез доповідей ХІХ наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 18-19 травня 2016р.), Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – С.149-150.
4. Добрачев В. М. Распределение напряжений в стенке-перемычке перфорованной балки / В. М. Добрачев, Е. В. Литвинов // Изв. Вузов. Строительство №10 – 2002. – С. 124-128.
5. Притыкин А. И. Разработка методов расчета и конструктивных решений балок с однорядной и двухрядной перфорацией стенки.: дис. ... доктора техн. наук : 05.23.01 / Притыкин А. И. – К., 2011. – 331 с.