

УДК 624.016:620.177

**Воскобійник О.П., Скиба О.В., Шумейко К.О.,
Авраменко Д.О., Пащенко Н.С., Голяк В.В.***Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ ТА
СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ Z-ПОДІБНИХ ПРОФІЛІВ,
ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ЗГИН З КРУЧЕННЯМ**

Актуальність досліджень роботи несучих конструкцій з використанням сталевих тонкостінних холодногнутих профілів. У сучасній вітчизняній і зарубіжній практиці будівництва все більшого поширення отримують будівельні конструкції з використанням сталевих тонкостінних холодногнутих профілів (легкі сталеві конструкції – ЛСТК) [1, 2, 4]. Серед одних з найбільш поширених типів перерізів таких конструкцій слід виділити Z-подібної форми (Z-профілі), область застосування яких – прогони покриттів і стін.

В цілому, використання ЛСТК в несучих конструкціях має ряд особливостей, обумовлених, насамперед їх тонкостінністю і специфічною формою перерізу, внаслідок чого для таких елементів характерні: можливість втрати місцевої стійкості полиць і стінок профілів при поздовжньому згині; робота згинальних та стиснутих елементів з ексцентриситетами, що веде до необхідності врахування при розрахунку деформацій обмеженого кручення; істотна теплопровідність суцільних профілів, що утворюють «містки холоду» в огорожувальних конструкціях. У зв'язку з цим одним із шляхів підвищення несучої здатності розглянутого типу конструктивних елементів може бути їх заповнення легкими бетонами. У цьому випадку, утворені таким способом комплексні (по суті – легкі сталезалізобетонні [3,5]) конструкції, поєднуючи несучу і теплоізоляційну функції, дозволяють найбільш ефективно використовувати переваги кожного з їх компонентів.

Таким чином, основною метою даних досліджень є отримання експериментального обґрунтування ефективності використання ЛСТК в поєднанні з легкими бетонами (легких сталезалізобетонних конструкцій – ЛСЗБК) з метою підвищення місцевої

стійкості конструкцій з тонкостінних сталевих профілів в умовах складних видів деформування – роботи на згин з крученням.

Для вирішення поставлених завдань в рамках даних досліджень були проведені експериментальні дослідження комплексних легких сталезалізобетонних конструкцій, що працюють на згин з крученням.

З метою більш ефективного використання ЛСТК в сучасному будівництві (підвищення несучої здатності при одночасному зменшенні теплопровідності) авторами пропонується заповнювати відкриті порожнини конструкцій зі сталевих тонкостінних профілів легким теплоізоляційним бетоном, створюючи, таким чином, легкі комплексні – сталезалізобетонні конструкції.

З метою дослідження даного питання в ПолтНТУ були проведені експериментальні дослідження, програма яких передбачала випробування як незаповнених (серія ЛСТК_z), так і заповнених бетоном – комплексних легких сталезалізобетонних конструкцій (серія ЛСЗБ), рис. 1. Всі експериментальні зразки являють собою складені балки з двох Z-профілів, з'єднаних між собою саморізами, відкрита порожнина яких заповнювалася полістиролбетоном з об'ємною вагою до 10 кг/м³. Таким чином, тонкостінні сталеві профілі в утвореній комплексній конструкції виконують функції зовнішнього листового армування (табл. 1). З метою забезпечення спільної роботи ЛСТК з бетоном було розроблено кілька способів анкерування елементів комплексного перерізу з використанням горизонтальних (серія ЛСЗБ_г) і вертикальних (V-образних) анкерів (серія ЛСЗБ_в). Всі зразки випробувалися на згин з крученням і являли собою консольні балки, жорстко защемлені на опорі, на вільний край яких прикладалося зосереджене навантаження з плечем в

0,2 м, що створювала крутний момент (рис. 2).

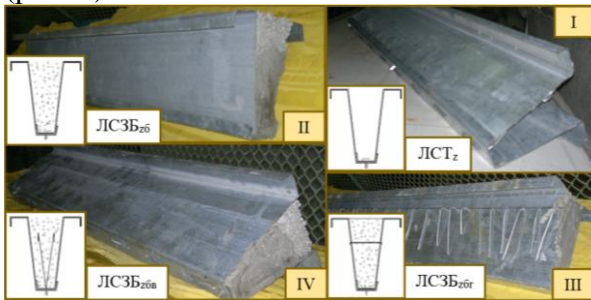


Рис. 1 - Загальний вигляд експериментальних зразків

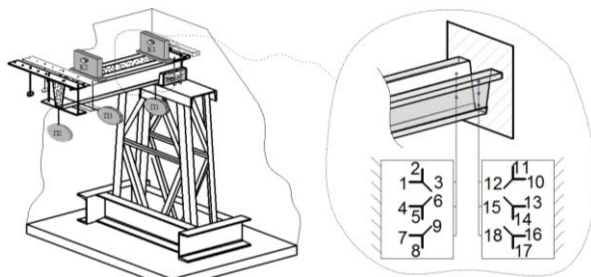


Рис. 2 - Схема експериментальної установки та розміщення вимірювальних приладів

Таким чином, прийнята програма експериментальних досліджень дозволила

змоделювати роботу елементів фасадних балок і крайніх прогонів покриття малоповерхових будівель, а також конструкцій, які піддаються несиметричному завантаженню і працюють в умовах складного напружено-деформованого стану.

Під час проведення випробування для вимірювання прогинів експериментальних зразків у двох взаємно перпендикулярних площинах були встановлені прогиноміри, вимірювання кутів закручування здійснювалося за допомогою двох клинометрів, розташованих по довжині балки, для визначення деформацій використовувалися тензорезистори, розміщені у вигляді розеток. У результаті проведення випробувань було встановлено, що заповнення ЛСТК легким полістиролбетоном практично вдвічі збільшує несучу здатність балок при роботі на згин з крученням. Крім того, для запропонованого типу легких сталезалізобетонних балок характерні зафіксовані значно менші (порівняно з незаповненими сталевими зразками) переміщення при однакових рівнях завантаження (рис. 3).

Таблиця 1 - Конструкція експериментальних зразків

Серія (тип)	Схема поперечного перерізу зовнішнього листового армування, фото	Серія (тип)	Схема поперечного перерізу зовнішнього листового армування, фото
I (ЛСТКz)		III (ЛСЗБzr)	
II (ЛСЗБzb)			IV (ЛСЗБzb)

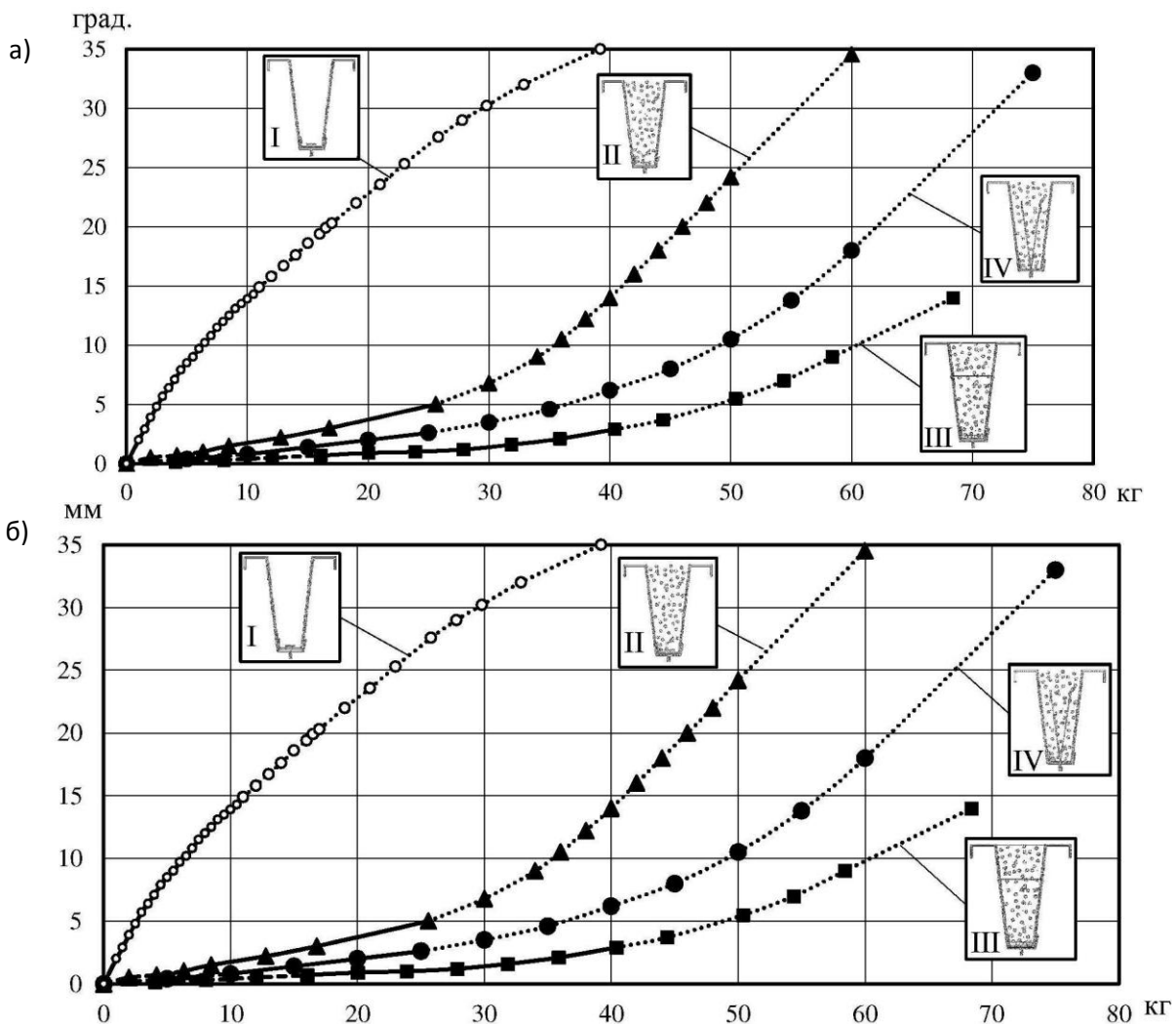


Рис. 3 - Експериментальні залежності переміщення зразків легких сталевих (тип I) та сталезалізобетонних (тип II – IV) балок від навантаження: а) залежність кута закручування від навантаження; б) залежність вертикального прогину від навантаження

Аналізуючи роботу експериментальних зразків, слід зазначити, що для легких сталезалізобетонних балок без анкерних пристосувань (серія ЛСЗБ_з, тип «II») характерним було порушення спільної роботи сталевих зовнішнього армування і бетонного заповнення, що спостерігається вже на ранніх стадіях завантаження, що супроводжувалося відшаруванням сталевих профілів (стілки), що передувало утворенню перших мікротріщин в бетоні. На графіках залежностей переміщень зразків від навантаження (рис. 3) суцільною лінією показано пружну стадію роботи – до утворення перших мікротріщин в бетоні. У цілому для комплексних балок відзначений більш пластичний характер роботи в порівнянні з незаповненими зразками.

Щодо запропонованих способів анкерування компонентів комплексного перерізу, можна зробити висновок, що більш ефективним виявилось використання горизонтальних анкерів (зразки ЛСЗБ_{зт}, тип «III»), при якому несуча здатність балок на 27 % більша, ніж при V-образних анкерах (серія ЛСЗБ_{зв}, тип «IV») і на 46 % більша, ніж у конструкцій без анкерних засобів (серія ЛСЗБ, тип «I»). Аналогічні висновки можна зробити і аналізуючи переміщення дослідних зразків (рис. 3), а також їх характер роботи при завантаженні. Слід також зазначити, що хоча для зразків з різними типами анкерів характерним було більш раннє тріщотворення, воно не супроводжувалося відшаруванням сталевих оболонок, що в цілому підтверджує спільність

роботи частини комплексного перерізу аж до руйнування .

Таким чином, результати проведених експериментальних досліджень підтверджують можливість обліку роботи легких теплоізоляційних бетонів при розрахунку сталезалізобетонних балок з використанням ЛСТК, що особливо актуально для конструкцій покриттів. При цьому відсутність достатнього анкерування сталевих та бетонної частини комплексного перерізу істотно знижує несучу здатність і збільшує деформативність сталезалізобетонного елемента в цілому.

Висновки: результати експериментальних досліджень легких сталевих і сталезалізобетонних конструкцій з Z-образних профілів, що працюють в умовах складного напружено-деформованого стану при дії згину з крученням дозволяють зробити наступні висновки:

1. Заповнення ЛСТК легким полістиролбетоном практично вдвічі збільшує несучу здатність балок при роботі на згин з крученням.

2. Відсутність достатнього анкерування сталевих та бетонної частин комплексного перерізу істотно знижує несучу здатність і збільшує деформативність сталезалізобетонного елемента в цілому. З цієї точки зору

досить ефективним є використання запропонованих у статті горизонтальних анкерів, що практично в 1,5 рази збільшує несучу здатність балок при їх роботі на згин з крученням.

3. Роботу легкого теплоізоляційного бетону слід враховувати при розрахунку сталезалізобетонних балок з використанням ЛСТК, що особливо актуально для конструкцій покриттів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Chung K.F. Analysis and design of lapped connections between cold-formed steel Z sections / K.F. Chung, H.C. Ho // Thin-Walled Structures. – 2005. – Vol. 43. – P.1071–1090.
2. Ho H.C. Experimental investigation into the structural behavior of lapped connections between cold-formed steel Z sections / H.C. Ho, K.F. Chung // Thin-Walled Structures. – 2004. – Vol. 42. – P.1013–1033.
3. Семко, О. В. Легкий бетон для заповнення порожнин легких сталевих тонкостінних конструкцій / О. В. Семко, Д. М. Лазарев, Ю. О. Авраменко // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – К. : НДІБК, 2011. – Вип. 74. – С. 659–666.
4. Yu W.-W. Cold-formed steel design: fourth edition / Wei-Wen Yu, R. A. LaBoube. – New York : John Wiley & Sons Inc., 2010. – 491 p.
5. Авраменко Ю.О. Місцева стійкість сталевих елементів сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01 / Ю.О. Авраменко. – Полтава. – 2012. – 21 с.

УДК 517.9

Мірошніков В.Ю., Медведєва А.В., Ворончіхіна С.О., Олешкевич С.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ВИЗНАЧЕННЯ НДС В ПРУЖНЬОМУ ПОЛУПРОСТОРИ З ЦИЛІНДРОВИМИ ПОРОЖНИНАМИ, ЯКІ ЗАДАНІ В ЦИЛІНДРИЧНИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ ТА МЕЖЕЮ ПОЛУПРОСТОРУ, ЯКА ЗАДАНА В ДЕКАРТОВІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

Розглядаючи просторові задачі теорії пружності, зважаючи на громіздкість і складність обчислень, на сьогоднішній день не достатньо повно досліджено визначення напруження в пружному просторі з декількома циліндровими порожнинами або включеннями. Окремі випадки задачі з осесиметричним об'ємним розширенням одного циліндра досліджені в роботах [1,2].

В даній статті запропонований метод вирішення задачі із заданими переміщеннями на межах циліндрових порожнин розташованих в пружному напівпросторі. Метод заснований на рішенні рівнянь Ляме [1] із застосуванням узагальненого методу Фур'є [4]. За допомогою цього методу дана проблема зведена до нескінченної системи лінійних рівнянь алгебри, яка піддається дослідженню і допускає застосування методу