

## **НОВІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ СТАЛЕВИХ ПРОГОНІВ ДВОТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ З ГОФРОВАНОЮ СТІНКОЮ**

Лазнюк М.В.

ТОВ „ПЕМ Україна”, Zeman Group  
м. Київ, Україна

**АНОТАЦІЯ:** В статті обговорюються проблеми проектування сталевих прогонів двотаврового перерізу з гофрованою стінкою в сейсмонебезпечних районах.

**АННОТАЦИЯ:** В статье обсуждаются проблемы проектирования стальных прогонов двутаврового сечения с гофрированной стенкой в сейсмоопасных районах.

**ABSTRACT:** The article highlights the issues of designing in earthquake-prone areas the I-profile steel purlins with corrugated web.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** двотаври з гофрованою стінкою, прогони, метод скінченних елементів.

Одним із ключових моментів підвищення надійності сталевих каркасів будівель і споруд в сейсмонебезпечних районах є зниження їх власної ваги. Використання зварних сталевих конструкцій двотаврового перерізу з гофрованою стінкою, що виготовляються на Україні за допомогою технологій австрійської фірми ZEMAN [1, 2], дозволяє не лише зменшити витрати сталі, але й суттєво підвищити надійність роботи таких конструкцій при сильних землетрусах за рахунок високої енергопоглинаючої здатності гофрованої стінки.

Як відомо, оптимальний крок сталевих рам (кроквяних ферм) прольотом 18...42 м складає 9...12 м [3]. Для великопрольотних будівель рекомендований крок рам (ферм, арок) збільшується до 18...24 м [4]. Використання гнутих и прокатних профілів в якості прогонів при такому прольоті стає неможливим або не раціональним із-за різкого збільшення витрат сталі. Застосування решітчастих прогонів, а також перфорованих

двотаврів або балок с гнучкою стінкою довжиною 12 м и більше стримується багатьма факторами: збільшенням трудовитрат на виготовлення і монтаж конструкцій, наявністю «хлопунів» в гнучких стінках та ін.

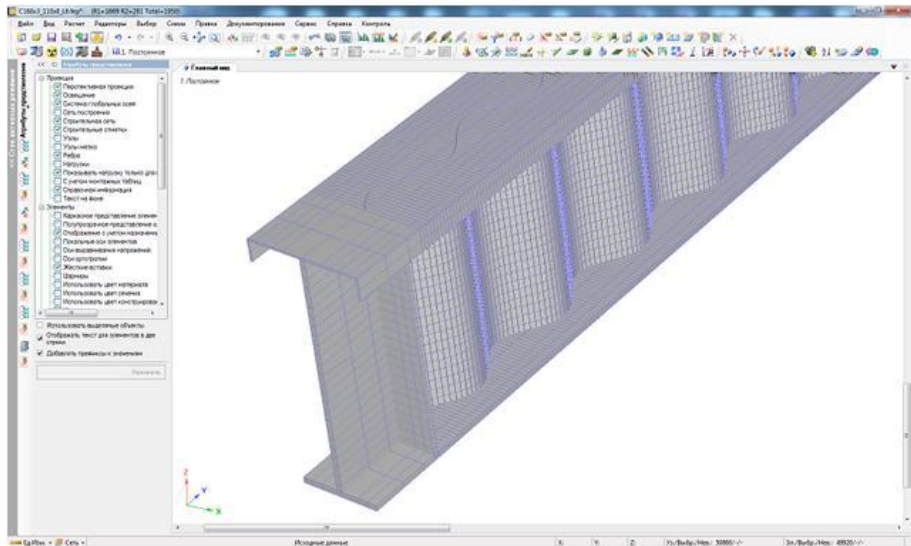


Рис. 1. Моделювання SIN-балочних прогонів за допомогою ПК ЛИРА

Полегшення конструкцій, зниження ваги металу досягаються багатьма сучасними прогресивними прийомами, серед яких в даній роботі розглядалися:

1. Застосування найбільш ефективних видів прокату, зокрема, застосування холодноформованих профілів із тонкого листового металу. Застосування гнутих профілів із тонкого листового металу потребує іншого підходу до конструкції на всіх стадіях її створення: розрахунку, проектування, виготовлення і монтажу. Умови виготовлення профілів і елементів із них мають значно більший вплив на техніко-економічні результати, ніж при використанні звичайних конструкцій. Якщо не враховувати ці умови, може статися так, що рішення, раціональне з точки зору витрат матеріалу, із-за вартості конструкції буде нерентабельним. Профілювання тонколистового прокату призводить до подорожчання конструкцій, що з нього виготовляються. Оскільки легкі конструкції не повинні бути дорожче звичайних, не можна приймати в якості найважливішого і єдиного критерію економію матеріалу. Необхідна ще і стандартизація елементів, врахування трудомісткості виготовлення і монтажу, а особливо врахування подальших експлуатаційних витрат тощо.


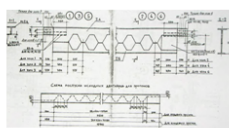
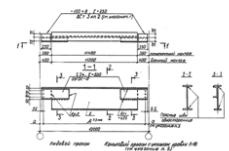
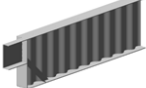
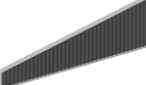
Найбільш придатну область застосування конструкцій із гнутих профілів визначають, виходячи із конструктивних умов (виготовлення, захисту від корозії і т.п.), міцності і статичних умов (величини прольоту, навантаження тощо), економічних показників, експлуатаційних умов і естетичного сприйняття.

Крім використання тонких гофрованих стінок товщиною 2 мм (існують технологічні передумови і маємо приклад використання у практиці будівництва гофрованої стінки товщиною 1,5 мм), в якості поясів замість листового прокату розглядається можливість застосування холодногнутих швелерів товщиною 4...6 мм (рис. 1). Необхідність такого рішення зумовлена необхідністю підвищення загальної стійкості прогонів при використанні покрівельних сендвіч-панелей, що на відміну від профільованого настилу, не являються жорстким диском і не розкріплюють стиснений пояс прогонів.

2. Пошук та оптимізація основних параметрів конструкції, розмірів перерізів, знаходження ефективних формоутворень і параметрів її окремих елементів з використанням сучасних математичних методів із застосуванням ЕОМ.

Таблиця 1

Порівняння запропонованих SIN-прогонів із типовими конструкціями

Найменування/ескіз	Навантаження, кН/м.п.	Висота прогона, мм	Кількість елементів, шт.	Вага, кг	Економія	Примітки
	7,9 (6,2)	>1500	22	340 (285)	17,9% (9,5)	Проблеми при транспортуванні
	7,75	455	6	381	26,8%	
	8,3	512	7	290	3,8%	
	8,3	512	11	279 (258)	ВЗЯТИЙ ЗА ОСНОВУ	(для південних районів)
	8,3	764	6 (8)	255кг	-	

Моделювання нових ефективних конструктивних рішень прогонів із зварних двотаврів з гофрованою стінкою (SIN-балок) виконувалось з використанням методу скінченних елементів за допомогою ПК ЛИРА [5]. Знайдені рішення (табл. 1) надають економію сталі 9,5...26,8% у порівнянні з серійними конструкціями прогонів (Серія 1.462.3-17/85, Серія 1.462.3-22 Вип.1, Вип.2). Існують конструктивні та технологічні передумови для подальшого зниження витрат сталі, основні із яких розглянуто нижче.

Окрему увагу при скінченно-елементному моделюванні було приділено пошуку простих у виготовленні і неметалоємких вузлів сполучення прогонів із кроквяними конструкціями (табл. 1; рис. 2).



Рис. 2. Конструктивне рішення сполучення SIN-балочних прогонів із наскрізними ригелями

3. Концентрація матеріалу, як в основних несучих системах, так і в окремих її елементах (концентрація матеріалу дозволяє знижувати не тільки витрату сталі за рахунок більш раціонального забезпечення стійкості, жорсткості, витривалості і інших властивостей конструкції, зменшення конструктивних коефіцієнтів, але також трудомісткість виготовлення і монтажу).

Використання сталей підвищеної і високої міцності (може забезпечувати в ряді випадків до 60...70 % загальної економії металу [3]) впливає на конструктивну форму і методи виготовлення конструкцій. Потрібно шукати такі форми, при яких ефект від використання сталей

підвищеної міцності буде найбільший. Адаже відомо [3], що при застосуванні високоміцних сталей збільшується питома трудомісткість виготовлення і монтажу, тому при визначенні ефективності високоміцних сталей необхідно кожену конструкцію розглядати в комплексі будівлі. Такий підхід повинен бути загальним для всіх конструкцій, і тому ефективність високоміцних сталей в першу чергу залежить від призначення, тобто від величини корисних навантажень і атмосферних впливів.

Стосовно питання використання високоміцних сталей і сталей підвищеної міцності, насамперед зверталася увага до розтягнутих поясів прогонів. На даний момент розглядаються технічні і технологічні аспекти можливості використання нових сталей S420M/ML, S460M/ML згідно [6].

Наразі виготовлено зразки для натурних випробувань запропонованих конструкцій. Деякі нові конструктивні рішення прогонів двотаврового перерізу з гофрованою стінкою вже використовуються у практиці будівництва.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Исследование сейсмостойких каркасов из стальных двутавров с гофрированной стенкой с помощью ПК ЛИРА / [Лазнюк М.В., Мартынюк А.Я., Евзеров И.Д. и др.] // Будівельні конструкції: зб. наук. пр. – Вип. 76. - К.: ДП НДІБК, 2012. – С. 149–153.
2. Siokola, W. Wellstegträger. Herstellung und Anwendung von Trägern mit profilierten Steg. Stahlbau 66, 1997. - Heft 9. - P. 595.
3. Строительные металлические конструкции. Из опыта применения высокопрочных сталей и гнутых профилей / под. общей ред. Я.М. Лихтарникова. – Д.: Донбасс, 1970. – 92 с.
4. Металеві конструкції / [Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В. та ін.]. – Видання друге, перероб. та допов. – К.: Сталь, 2010. – 869 с.
5. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций. Курсовое и дипломное проектирование. Исследовательские задачи: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / [Барабаш М.С., Лазнюк М.В., Мартынова М.Л., Пресняков Н.И.] / под ред. проф. Нилова А.А. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 328 с.
6. Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 4. Технічні умови постачання термомеханічнооброблених зварюваних дрібнозернистих сталей (EN 10025-4:2007, IDT): ДСТУ EN 10025-4:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – V, 17 с. – (Національний стандарт України).

## REFERENCES

1. Research of seismic frameworks from steel dowblebeam with the corrugated wall by means of CS LIRA /[Laznuk M.V., Martynuk A.Y., Evzerov E.D. and other] // Building Constructions: collection of scientific articles. – Vol. 76. - K.: NIISK, 2012. - P. 149-153.
2. Siokola, W. Wellstegträger. Herstellung und Anwendung von Trägern mit profilierten Steg. Stahlbau 66, 1997. - Heft 9. - P. 595.
3. Build metallic constructions. From experience of application of high durable steel and bent types / under. general red. Ya.M. Likhtarnikova. - D.: Donbass, 1970. – 92 p.
4. Steel constructions / [Nilov O.O., Permyakov V.O., Shuma-novskiyi O.V. and other]. – Second edition, proc. and compl. – K.: Steel, 2010. – 869 p.
5. Modern technologies of calculation and planning of metallic and wooden constructions. Course and diploma planning. Research tasks: train aid for stud. higher educational establishments / [Barabash M.S., Laznuk M.V., Martynova M.L., Presnyakov N.I.] / under red. Nilova A.A. – M.: Edit. ASB, 2008. – 328 p.
6. Wares hotrolled from construction steel. Part 4. Specificatons of supplying with termo mashined treated weld-fabricated fine-grained steel (EN 10025-4:2007, IDT): DSTU EN 10025-4:2007. – [Valid from 2009-01-01]. – K.: Derzspozuvstandart of Ukraine, 2010. - V, 17 p. – (State Standart of Ukraine).

Стаття надійшла до редакції 20.07.2014 р.