

УДК 624.072.014

**ЕФЕКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ СТАЛЕВИХ РАМ
ДВОТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ**

**EFFECTIVE SECTIONS OF ELEMENTS OF STEEL
FRAMES OF I-SECTION**

Купченко Ю.В., к.т.н., доц. (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса), Дібров І.О., студент-магістр (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

Kupchenko Y.V., Ph.D., senior lecturer (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa), Dibrov I.A., master's student-degree (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa)

Розглядаються питання застосування рам із двотаврів з гофрованою стінкою, галузі використання таких конструкцій, особливості їх напружено-деформованого стану.

The questions of application of frames made of I-beams with a corrugated wall, areas of application of such structures, and features of their stress-strain state are considered. The features of calculation are considered on durability and stability of elements of frames with the corrugated wall. Additional researches of dependence of tensions of change are needed from transversal force, and also stability of elements of variable section with the corrugated wall. Projected frame by flight 24 meters from elements with the corrugated wall more economical than frame with elements with a continuous wall to 12 %.

Ключеві слова: сталеві рами, двотаврові перерізи, гофровані стінки, стиск, згин, міцність, стійкість.

Keywords: steel frames, I-sections, corrugated walls, compression, bend, strength, stability.

Сталеві рами з двотаврів постійного або змінного перерізу по довжині елемента відомі давно. Це і двотаврові балки із гнучкою стінкою, вимоги до проектування яких були відсутні в державних будівельних нормах [1], а на сьогодні відображені в [2], але з великими обмеженнями по використанню. Це і зварні двотаври змінного перерізу, які дають значний економічний ефект не тільки з позицій зменшення витрат сталі, але і завдяки можливості проектування будівлі з раціональними енергетичними витратами [3]. Бажання отримати ще більш ефективну конструктивну форму елемента рами, в якій тонка стінка буде виконувати свої функції без втрати стійкості (на відміну від балок із гнучкою стінкою), привело до створення балок, в яких для забезпечення місцевої стійкості стінки у поперечному напрямку утворюються гофри (рис. 1). Завдяки високій тонкостінності (товщина стінки 1.5...3 мм, а висота до 1500 мм) такі балки ефективні за витратами сталі. В державних нормах [2], п. 5.2.1 рекомендується застосовувати прогресивні тонколистові конструкції, передбачити технологічність і найменшу трудомісткість виготовлення конструкцій. Національний стандарт України Єврокод 3 [4] також рекомендує широке застосування елементів з ефективними перерізами. Тому використання двотаврових перерізів з гофрованими синусоїдальними стінками є актуальним.

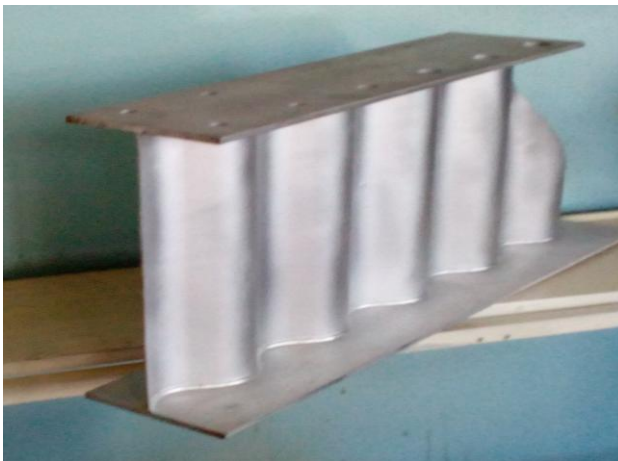


Рис. 1. Елемент двотаврового перерізу з гофрованою (синусоїдальною) стінкою на стенді кафедри МДтаПК ОДАБА

Норми проектування [1] ще не містили вказівок щодо розрахунку елементів з гофрованою стінкою, але конструкції з такими перерізами вже використовували. Державні норми [2] вже мають рекомендації щодо розрахунку балок з синусоїдальною стінкою.

Гофрована стінка, в порівнянні з плоскою гнучкою стінкою, значно довше зберігає місцеву стійкість і тому несуча здатність такого елемента значно вища. Розрахунок на міцність елементів із гофрованою стінкою базується на дослідженнях які вказують, що гофрована стінка сприймає нормальні напруження лише у вузькій зоні біля поясів. Вплив цих ділянок на несучу здатність незначний і його не враховують. Згинальний момент сприймають тільки пояси і перевірку міцності виконують наступним чином:

$$\frac{N}{A_{2fn} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \pm \frac{M}{A_{fn} \cdot h_1 \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (1)$$

де h_1 – відстань між центрами ваги поясів; A_{fn} – менша площа нетто одного з двох поясів двотавра; A_{2fn} – площа нетто двох поясів двотавра.

Елементи рам, які сприймають стиск і згин, перевіряють на стійкість в площині стінки та із площини стінки, як для окремих центрально стиснутих поясів двотавра.

Стійкість стиснутих поясів в площині стінки перевіряють за формулою:

$$\frac{N}{\varphi_f \cdot A_f \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (2)$$

де φ_f – коефіцієнт стійкості, який визначається як для центрально стиснутого стержня в залежності від гнучкості $\lambda = l_{ef}/i_f$, а i_f – радіус інерції стиснутого поясу в горизонтальній площині та l_{ef} – відстань між точками закріплення стиснутого поясу від горизонтальних переміщень; сила стиску в поясі з урахуванням максимального згинального моменту на ділянці між точками розкріплення дорівнює $N = M/h_1$.

Стійкість елемента з гофрованою стінкою із площини стінки перевіряють як для наскрізних стиснутих конструкцій:

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A_f \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (3)$$

де φ_e – коефіцієнт, який визначається як для позациентрового стиснутого стержня в залежності від умовної гнучкості стиснутого поясу і приведенного відносного ексцентриситету $m_{ef} = \eta \cdot m = 6 \cdot M_y / (N_f \cdot b_f)$.

При перевірці стійкості із площини стінки розрахунок проводять без врахування напружень зсуву. Піддатливість гофрованої стінки та її вплив на стійкість стержня, залежність деформацій зсуву від поперечної сили знайти досить складно, бо податливість стінки залежить не тільки від деформацій зсуву, але і місцевої стійкості гофрів. Наведене вище потребує додаткових досліджень, а на сьогодні розрахунок ведуть як для сплошностінчатих стержнів, призначаючи коефіцієнт впливу форми перерізу $\eta = 1$.

Ще більшу економію дасть використання в рамках елементів змінного перерізу із гофрованою стінкою, де косий різ стінки (рис. 2) легко виконується на заводах України за допомогою устаткування роботизованої лінії австрійської фірми "ZEMAN BAUELEMENTE Produktionsgesellschaft mbH" [6].



Рис. 2. Виготовлення двотаврів змінного перерізу із гофрованою стінкою

Стійкість таких елементів на сьогодні перевіряється як для сплошностінчатих двотаврів. Наскільки це дійсно, які розрахункові довжини елементів з гофрованою стінкою змінного перерізу потребує додаткових досліджень.

Данні рекомендації по розрахунку елементів з гофрованими стінками були використані при проектуванні станції технічного обслуговування великовантажного транспорту з поперечною рамою прольотом 24 м. В порівнянні з рамою із сплошностінчатих двотаврів змінного перерізу економія сталі склала по стійкам 12 %, а по ригелям 9 %. Ще більшої економії можна досягти при використанні елементів із гофрованими стінками змінного перерізу при відповідних додаткових дослідженнях стійкості таких елементів.

1. ДБН В.2.6-163:2010 Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу // К.: Мінрегіонбуд України. – 2010. – 220 с.

2. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування // К.: Мінрегіонбуд України. – 2014. – 199 с.

3. Білик С.І Рациональні сталеві елементи рам двотаврового перерізу зі змінною висотою стінки / Білик С.І., Недоходюк І.Д. // Збірник наукових праць УНДПІСК ім. В.М. Шимановського. – К.: – 2009. – Вип. 4. – с. 133...140.

4. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд // К.: Мінрегіонбуд України. – 2011. – 150 с.

5. Нилов А.А. К вопросу о нормативном обеспечении проектирования стальных двутавров с гофрированными стенками / Нилов А.А., Лазнюк М.В., Мартынюк А.Я. // Збірник наукових праць УНДПІСК ім. В.М. Шимановського. – К.: – 2008. – Вип. 1. – с. 44...53.

6. Матеріали сайту <http://bfz.kiev.ua>