

---

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

---

УДК 624. 014

**І. О. Склярів,**  
асистент**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАМНИХ КАРКАСІВ ЗІ ЗВАРНИХ  
ДВОТАВРІВ ІЗ ГНУЧКОЮ СТІНКОЮ**

*У статті виконано аналіз ринку ефективних сталевих конструкцій в Україні, зроблено огляд існуючих сучасних конструктивних форм сталевих рамних каркасів зі зварних двотаврів змінної жорсткості. Доведено переваги та значну перспективу використання тонкостінних двотаврів з умовною гнучкістю стінки вище 6, наведено методику розрахунку таких конструкцій.*

**Ключові слова:** *рами змінної жорсткості, зварні двотаври, двотаври з гнучкою стінкою, розрахункові умови міцності, сталеві каркаси.*

**И. А. Склярів,**  
ассистент**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАМНЫХ КАРКАСОВ ИЗ СВАРНЫХ  
ДВУТАВРОВ С ГИБКОЙ СТЕНКОЙ**

*В статье выполнен анализ рынка эффективных стальных конструкций в Украине, обзор существующих современных конструктивных форм стальных рамных каркасов из сварных двутавров переменной жесткости. Доказаны преимущества и перспективы использования тонкостенных двутавров с условной гибкостью стенки выше 6, приведена методика расчета таких конструкций.*

**Ключевые слова:** *рамы переменной жесткости, сварные двутавры, двутавры с гибкой стенкой, расчетные условия прочности, стальные каркасы.*

**I. O. Skliarov,**  
assistant**THE PERSPECTIVES OF FRAME STRUCTURES DEVELOPMENT  
MADE OF WELDED I-BEAMS WITH FLEXIBLE WALL**

*The author analyses the market of efficient steel structures in Ukraine. The overview of existing structural steel frame structures made of welded variable stiffness I-beams is discussed in the article. The advantages and considerable prospects of using thin-walled I-beams with conventional flexible wall above 6 are also proved here. The calculation technique of such structures is presented by the author.*

**Keywords:** *structures of variable stiffness, welded I-beams, I-beams with flexible wall, firmness design conditions, steel frameworks.*

**Актуальність теми.** Металеві конструкції, зокрема, легкі несучі сталеві конструкції прольотами до 60 м, користуються підвищеним попитом у зв'язку з розвитком у нашій країні виробничих підприємств, спортивних та видовищних комплексів, крупних торгово-розважальних центрів та інших будівельних об'єктів. Внаслідок цього актуалізується питання підвищення ефективності конструкцій, індустріальності їх виготовлення та швидкості монтажу. У сучасному

---

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

---

динамічному ринковому господарстві через вступ України до кількох торгових зон та спілок склалася досить несприятлива для вітчизняного виробництва металевих конструкцій ситуація: ринок наповнений пропозиціями іноземних підприємств, які нав'язують не тільки свої матеріали, забезпечуючи комплексне постачання несучих та огорожувальних конструкцій, а і свій інтелектуальний супровід. Звісно, для інвесторів це зручніше, але при цьому відбувається виведення капіталу з країни, кількість вітчизняних заводів будівельних конструкцій поступово зменшується, і крім того – поступово знижується рівень наукових та інженерних кадрів країни. Адже при проектуванні реальних конструкцій, спостереженні за їх зведенням та роботою зростає кваліфікація фахівців будівельної галузі. При цьому постає актуальне науково-практичне завдання: підвищити ефективність металевих конструкцій таким чином, щоб вітчизняні заводи без принципового переобладнання могли конкурувати із зарубіжними виробниками. Це дозволить зберегти виробничі потужності країни, ліквідує відток капіталу і, що найголовніше, дозволить утримати на високому рівні науковий потенціал у галузі.

**Виклад основного матеріалу.** Одним з напрямів підвищення ефективності металевих конструкцій будівель є застосування сучасних конструктивних форм, які реалізують останні досягнення науки і техніки. До таких конструкцій на сьогодні можна віднести елементи зварного двотаврового перерізу змінної жорсткості, конструкції з холодногнутих тонкостінних профілів, просторові стержневі та мембранні системи. Останні три мають певні обмеження у застосуванні: конструкціями з холодногнутих профілів поки що існує можливість перекривати незначні прольоти, стержневі системи зазвичай вимагають досить суттєвого будівельного об'єму, а мембранні конструкції мають підвищену деформативність. Тож найбільшу перспективу та універсальність мають конструкції зі зварних двотаврів. Через переважну дію згинальних моментів у більшості каркасів великих прольотів критерієм ефективності є співвідношення між моментом інерції (чи моментом опору) та площею перерізу, чим це значення вище, тим вища ефективність конструкції. Максимальне значення моменту інерції у двотавровому перерізі забезпечують полиці, стінка ж через розміщення на осі симетрії служить більше для з'єднання полиць та сприйняття дотичних напружень. Тож найкращим шляхом збільшення ефективності двотаврових перерізів є підвищення тонкостінності конструкції. Але обмеження щодо гнучкості стінки, які встановлює [1], стримують використання тонкостінних перерізів. Одним варіантом вирішення цієї проблеми є збільшення жорсткості стінки шляхом використання гофрованої форми стінки (рис. 1).

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

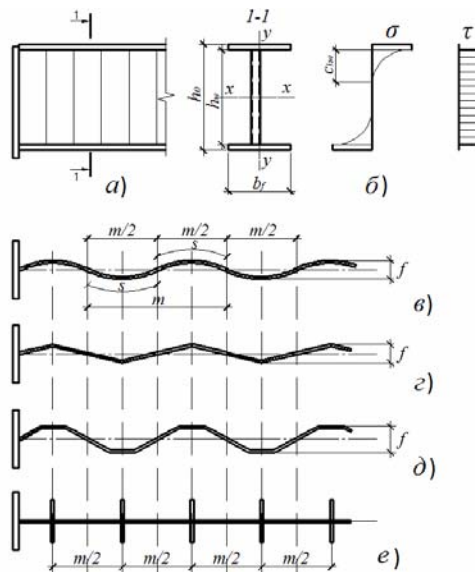


Рис. 1. Балка з гофрованою стінкою: а) - загальний вигляд; б) - розподіл нормальних і дотичних напружень; в), г), д) - відповідно синусоїдні, трикутні і трапецевидні гофри; е) - розрахункова схема стінки

Впровадження конструкцій з гофрованою стінкою на даний момент досить широке (рис. 2), адже на території України побудовано два заводи, які спеціалізуються на їх виготовленні. Проте ці заводи побудовані іноземними компаніями, капітал від їх виробничих потужностей виходить за межі країни. При цьому якісно виготовити двотаври з гофрованою стінкою на звичайному неспеціалізованому заводі майже неможливо – технологія вимагає спеціального режиму зварювання та значної автоматизації процесу. Тож, попри значні переваги, конструкції з двотаврів із гофрованою стінкою проблеми підвищення конкурентоспроможності вітчизняних заводів не вирішують.

На відміну від конструкцій з гофрованою стінкою, для виготовлення двотаврів з підвищеною умовною гнучкістю стінки від 6 до 12 особливих умов щодо виготовлення немає.



а)



б)

Рис. 2. Конструкції рам з гофрованою стінкою: а) виробничий цех у м. Бориспіль Київської обл.; б) виробничо-складський цех фірми KNAUF.

При цьому ефективність їх знаходиться майже на одному рівні. Таких конструкцій, імпортованих з-за кордону, на території України в останні роки побудовано багато (рис. 3).

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

а)



б)

Рис. 3. Каркаси зі зварних двотаврів змінного перерізу: а) монтаж сталевих конструкцій рамного каркаса; б) будівництво логістичного центру у м. Обухів Київської обл.

Виготовляють металеві конструкції в основному з високоміцних сталей. У процесі зведення таких каркасів участь наших інженерів полягає лише в узгодженні цих конструкцій та експертному заключенні щодо виконання умов нормативних документів. Проектуванню їх вітчизняними інженерами перешкоджає відсутність нормативної бази розрахунку чи хоча б експериментальної бази, яку мають іноземні компанії. Через актуальність та економічну обґрунтованість на кафедрі металевих та дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури проведено ряд теоретичні та експериментальні дослідження роботи цих конструкцій [1-8].

На основі нової фізико-механічної моделі редукованого перерізу запропоновано розрахункову умову міцності (1) тонкостінних двотаврових перерізів (рис. 4).

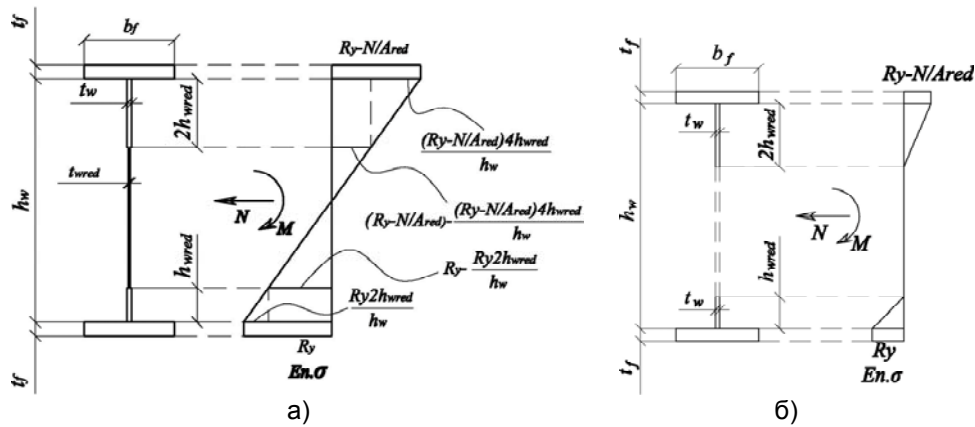
**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

Рис. 4. а) розрахунковий переріз рами з гнучкою стінкою з урахуванням роботи стінки та з виключенням її з роботи; б) епюра нормальних напружень в перерізі.

Враховуючи загальний підхід за будівельними нормами для елементів рам із двотаврів з гнучкою стінкою при відносному ексцентриситеті  $m_x \geq 15$ , пропонується умову перевіряти за формулою:

$$\left| \frac{N}{N_u} \right| + \left( \frac{M_x}{M_{u\phi}} \right)^2 + \left( \frac{Q}{Q_u} \right)^4 \leq \gamma_c, \quad (1)$$

де  $N$ ,  $M_x$ ,  $Q$  – зусилля, що діють у перерізі;  $N_u$ ,  $M_{u\phi}$ ,  $Q_u$  – відповідні граничні значення зусиль.

Граничне значення згинального моменту:

$$M_{u\phi} = R_y \left( 1 - \frac{\alpha}{2} \right) W_{xred}, \text{ де } W_{xred} \text{ – момент опору послабленого перерізу,}$$

що залежить від обраного типу розрахункової моделі перерізу;  $R_y$  – розрахунковий опір сталі;  $\alpha$  – коефіцієнт використання перерізу за стискаючим зусиллям.

Граничне значення стискаючої сили:  $N_u = \varphi A_{red} R_y$ , де  $A_{red}$  – площа послабленого перерізу, що залежить від обраного типу розрахункової моделі перерізу;  $\varphi$  – коефіцієнт поздовжнього згину елемента рами, що розглядається.

Значення граничного значення поперечної сили  $Q_u$  пропонується визначати за відповідною формулою як для балки з гнучкою стінкою за [11].

Витрати сталі в конструкціях із двотаврів з гнучкою стінкою зменшуються не тільки за рахунок зниження товщини стінки. Гнучкість стінки впливає на раціональну висоту перерізу. Проведені в роботі [2] дослідження дають змогу стверджувати, що при використанні тонкої стінки висота збільшується, а через це зменшується необхідна площа полиць двотавра і, відповідно, вага конструкції.

З огляду на нову конструкцію двотаврів з гнучкою стінкою потребують перегляду і підходи до конструювання таких каркасів. У зв'язку з цим авторами [9, 10] розроблено раціональні рішення вузлових з'єднань та конструкцію рами, що найбільш повно дозволяє реалізувати весь потенціал двотаврів з гнучкою стінкою у несучих каркасах будівель.

---

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

---

**Висновок.** Працездатність рам і балок двотаврового перерізу з гнучкою стінкою при статичному навантаженні доведена теоретичними і експериментальними дослідженнями, але нормативної бази для розрахунку рамних елементів з гнучкою стінкою поки що не існує. Саме це є одним із головних завдань розвитку та впровадження рамних конструкцій змінного перерізу як раціональних сталевих каркасів малоенергоємних будівель. Розвиток цієї групи конструкцій дасть змогу звичайним заводам без надскладного обладнання створювати прості у виготовленні, надійні в експлуатації і ефективні за витратами сталі каркаси, які здатні підвищити конкурентноспроможність України на світовому ринку будівельних сталевих конструкцій.

**Література:**

1. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР [действующий с 1982-01-01]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
2. Білик С. І. Раціональні рамні каркаси постійного та змінного двотаврового перерізу з підвищеною гнучкістю стінки / С. І. Білик, І. О. Склярів. – К.: Вид-во «Сталь», 2010. – С. 199-209.
3. Склярів І. О. Раціональна висота перерізу двотаврових рамних конструкцій змінної жорсткості з гнучкою стінкою. Ч. 1/ І. О. Склярів, С. І. Білик. – Одеса, ООО «Внешрекламсервис», 2010. – С. 230-235.
4. Білик С. І. Розвиток теорії розрахунку та проектування рамних каркасів змінного двотаврового перерізу з гнучкою стінкою / С. І. Білик, І. О. Склярів. – К.: КНУБА, 2010. – С. 48-56.
5. Склярів І. О. Питання розрахунку тонкостінних двотаврів у історичному аспекті / І. О. Склярів // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 21. – С. 337-345.
6. Склярів І. О. Ефективна конструкція рами із двотаврів змінного перерізу з гнучкою стінкою. Ч. 2 / І. О. Склярів, С. І. Білик, П. Є. Бабічев. – Одеса, 2011. – С. 35-40.
7. Склярів І. О. Реалізація принципу концентрації матеріалу на прикладі проектування рамних конструкцій змінного перерізу з двотаврів з гнучкою стінкою / І. О. Склярів, С. І. Білик – К.: Вид-во «Сталь», 2011. – С. 78-86.
8. Склярів І. О. Ефективні рішення монтажних вузлів конструкцій із двотаврів з гнучкою стінкою / І. О. Склярів, С. І. Білик, І. Ю. Стрільчик // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 22. – С. 196-204.
9. Склярів І. О. Вибір розрахункового перерізу в рамках змінної жорсткості з суцільною гнучкою стінкою / І. О. Склярів, С. І. Білик. – Вип. 60. – Дніпропетровськ, 2011. – С. 16-20.
10. Патент на корисну модель № 54382 Україна, МПК (2009) Е 04 С 3/00. Металева рама із елементів змінного двотаврового перерізу з гнучкою стінкою / Склярів І. О., Білик С. І., Бабічев П. Є.; заявники і власники Київський національний університет будівництва і архітектури, Склярів І. О., Білик С. І., Бабічев П. Є. – №201004417; заяв. 16.04.10; опубл. 10.11.10, Бюл. № 21.
11. Пат. 56206 Україна, МПК (2006) Е 04 С 3/04. Жорсткий фланцевий вузол рами зі зварних двотаврів з гнучкою стінкою / Білик С. І., Склярів І. О.; заявник і власник Київський національний університет будівництва і архітектури. – №201006230; заяв. 25.05.10; опубл. 10.01.11, Бюл. № 1.

Надійшла 25.11.2011 р.