

ПРОСТОРОВІ КОНСТРУКЦІЇ ІЗ ЗАМКНЕНИХ ПРОФІЛІВ

В статті представлені нові ефективні сталеві просторові конструкції ферм, арок, рам комплексного застосування, переваги яких полягають у легкості, стійкості з площини, економічності, надійності, скороченні строків будівництва й інвестиційного циклу в цілому, економії енерговитрат при виробництві, транспортуванні та зведенні.

Ключові слова: *сталева ферма, арка, рама, коробчастий переріз.*

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ЗАМКНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

В статье представлены новые стальные пространственные конструкции ферм, арок, рам комплексного применения, главные преимущества которых состоят в легкости, стойкости из плоскости, экономичности, надежности, сокращении сроков строительства и инвестиционного цикла в целом, экономии энергозатрат при производстве, транспортировке и возведении.

Ключевые слова: *стальная ферма, арка, рама, коробчатое сечение.*

THE SPATIAL STRUCTURE OF CLOSED PROFILES

The article presents a new design of steel space trusses, arches, frames, complex application, the main advantages of which are lightness, durability of plane, cost-effectiveness, reliability, reduction of construction period and investment cycle, energy savings in production, transportation and construction.

Keywords: *steel truss, arch, frame, box-shaped section.*

Вступ. При проектуванні сталевих пролітних будівель цивільного і промислового призначення останнім часом набувають поширення просторові сталеві конструкції, які мають суттєві переваги порівняно з традиційними. Головними перевагами такого типу конструкцій є суттєве зниження маси будівель, скорочення тривалості монтажу, одночасно забезпечення економії експлуатаційних витрат. В цілому економічність конструктивних рішень орієнтують на досягнення найбільш раціональних за рівнем показників матеріаломісткості та трудомісткості, фондомісткості будівництва. Підвищити показники ефективності можна за рахунок застосування легких ефективних коробчастих перерізів та нових обрисів ферм, арок та рам з просторовою решіткою.

На сучасному етапі розвитку ринку металевих конструкцій усе більше набирають своєї популярності нові типи перерізів, зокрема, гнуті коробчасті, профільовані та перфоровані

перерізи. Тому популяризація застосування перерізів таких конструкцій стимулює до розроблення ефективних конструктивних елементів та відповідно нормативної бази розрахунку даного типу конструктивних форм. Актуальним питанням на сьогодні в умовах загальнодержавної програми ресурсозбереження є проектування нових конструктивних форм та обрисів конструкцій, застосування сучасних ефективних матеріалів, підвищення стійкості до корозійних руйнувань і довговічності. В будівництві існує необхідність застосовування новітніх технологічних розробок при зведенні суспільних, адміністративних, складських, промислових будівель та споруд.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Комплексному оцінюванню та систематизації існуючих будівельних конструкцій даного типу об'єктів цивільного та промислового призначення присвячено роботи [1 – 6]. Результати дослідження авторів, зокрема комбінованих арочно-стрижньових елементів в плоских конструкціях представлено в [7]. Патентні розробки, в яких розпочато розгляд досліджуваних в статті конструкцій, наведені в джерелах [8 – 9]. До іноземних робіт, де широко представлена низка легких металевих конструкцій, а саме ферм, арок, рам та зазначені переваги та недоліки даного типу конструкцій, можна віднести наступні праці [10– 15].

Не розв'язаною раніше частиною проблеми є те, що при стрімких темпах будівництва у нашій країні збільшується потреба в пошуку нових ефективних, технологічних, ресурсозберігаючих конструктивних форм та перерізів легких металевих конструкцій.

Цілі дослідження. На основі зарубіжного та вітчизняного досвіду застосування легких сталевих конструкцій була сформульована мета дослідження, яка полягає в розробці нових конструктивних рішень ферм, арок, рам і визначенні їх головних переваг порівняно з традиційними рішеннями.

Виклад основного матеріалу. На основі проведених раніше експериментальних та теоретичних досліджень [7] доведено доцільність використання ферм з коробчастими перерізами з паралельними поясами, тому нижче наведено нові конструктивні рішення легких ефективних ферм, арок, рам які можна застосовувати в будівництві об'єктів цивільного та промислового призначення.

Запропонована ефективна конструкція сталеві ферми з просторовим верхнім поясом з використанням труб або замкнених коробчастих перерізів (рис. 1, а) [9].

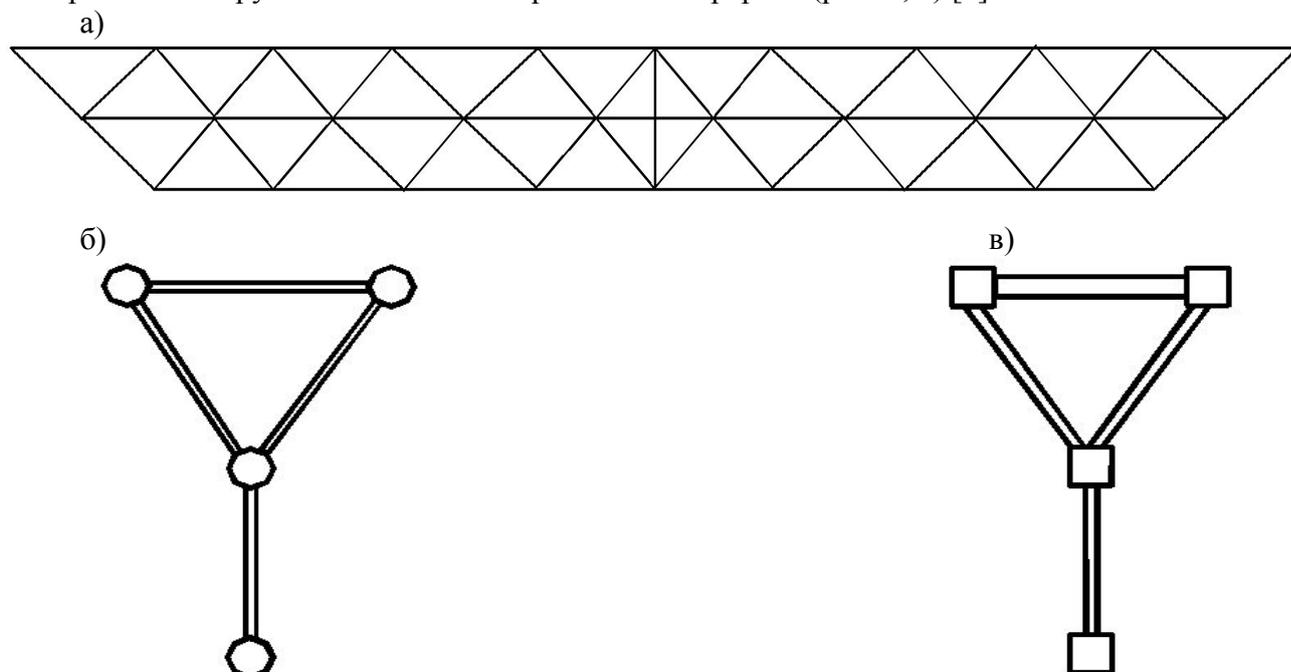


Рисунок 1– Ферма з просторовим верхнім поясом –а – схема ферми з просторовим верхнім поясом; б – переріз ферм з просторовим верхнім поясом із труб; в – переріз ферм з просторовим верхнім поясом із прямокутних профілів

Конструктивна особливість зазначених ферм полягає в тому, що верхній пояс ферми виконано трьохгілковим, що забезпечує стійкість як в площині, так і із площини ферми (рис.1, б, в). Перерізи в усіх випадках виконані з труб або прямокутних профілів. Відстань між гілками поясу складає $(1/6-1/8)$ від висоти ферми і обумовлюється розрахунком стійкості верхнього поясу. Висота ферми залежить від прольоту як для ферм з паралельними поясами і забезпечує відповідну жорсткість конструкції.

В якості наступного етапу застосування замкнених перерізів розглянемо сталеву трьохгілкову просторову ферму (рис.2). Ефективна робота цієї конструкції обумовлена просторовою жорсткістю ферми як в площині, так і із площини ферми. Передбачається розкріплення верхнього поясу ферми прогонами, на котрі кріпиться профільований настил, що створює жорсткий диск покриття. Нижній пояс просторової ферми розкріплюється системою розтяжок, що забезпечує стійкість ферм з площини. Застосування прямокутних перерізів технологічно доцільніше, ніж круглих труб, яким необхідне додаткове обладнання для фігурного нарізання. Конструкції даного типу покривають відповідну площу і більш економічні в комплексному застосуванні для покриття. Просторові ферми мають меншу, ніж плоскі, будівельну висоту, що в деяких випадках суттєво зменшує вартість будівництва.

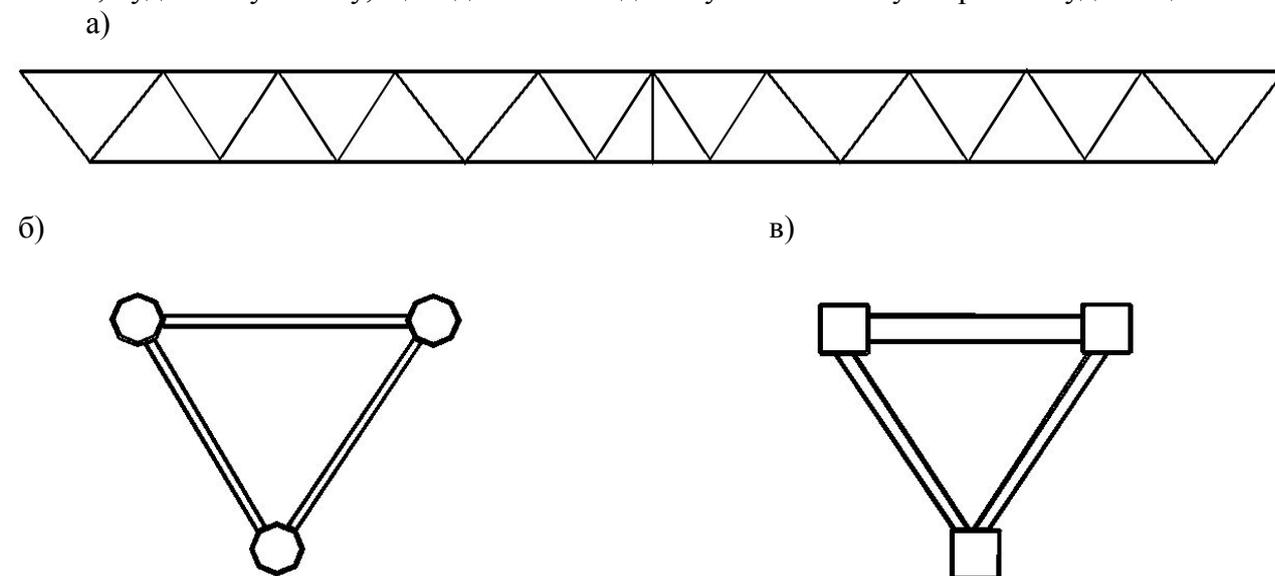


Рисунок 2 – Просторова ферма із замкнених профілів–а – схема ферми із замкнених профілів; б – перерізи ферм із труб; в – перерізи ферм із прямокутних профілів

Розглянемо застосування замкнених перерізів для просторових арокних елементів. На рисунку 3, а представлено арочну просторову ферму та просторову арку (рис.3, б). За витратами металу арочні покриття, як правило, більш економічні, ніж балкові системи.

В ході проведеного дослідження встановлено, що найвигідніша висота арки знаходиться в межах $1/4 - 1/6$ прольоту. Обрис арки має максимально відповідати кривій тиску. Крива тиску в арці від постійного навантаження має параболічний обрис, тому найчастіше форма арки приймається параболічною. Однак, для зручності виготовлення елементи арок іноді окреслюють по дузі кола. У пологих арках дуга кола майже збігається з параболою; в більш високих арках параболу доцільно замінювати поєднанням дуг кіл різних радіусів.

Висота перерізу арки залежить від прольоту і співвідношення між величинами постійного і тимчасового навантаження і приймається для ґратчастих арок в межах $1/30 - 1/60$ прольоту, для суцільних перетинів $1/50 - 1/80$ прольоту.

Перетин наскрізних арок рекомендується призначати постійної висоти, що найбільш повно відповідає характеру зміни зусиль по довжині. Разом з тим існує чимало випадків застосування змінних по висоті перерізів, наприклад, серповидних в дво- і тришарнірних аркових покриттях.

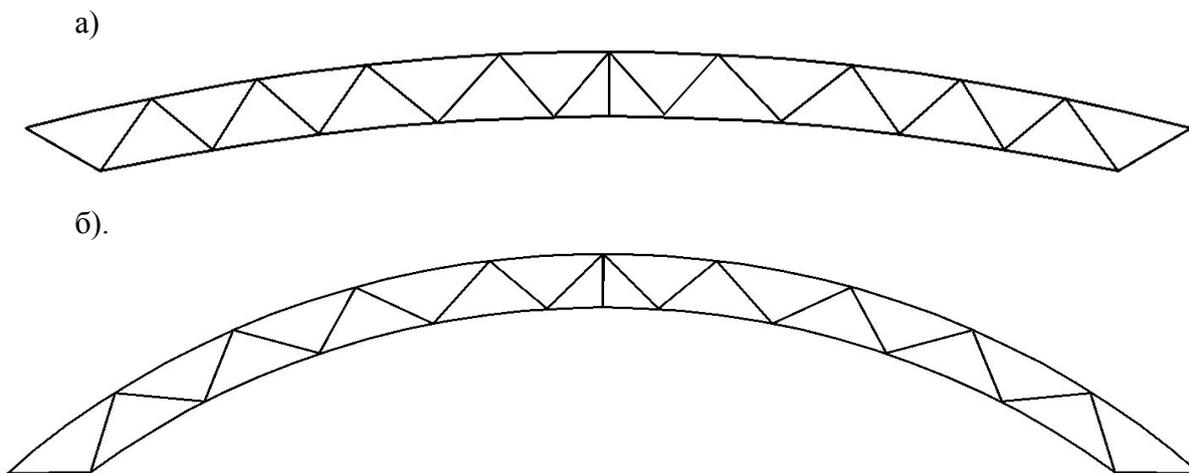


Рисунок 3 – Сталеві просторові абочні конструкції: а – абочна просторова ферма; б – просторова арка

Застосування просторових перерізів із замкнених профілів для рамних конструкцій розглянемо на прикладі традиційних за абрисами безшарнірних (рис.4., а) та двошарнірних рам (рис.4., б). Просторова робота системи з трьох гілок забезпечує жорсткість в площині та з площини рами. Основні переваги рамних покриттів в порівнянні з балочними – менша вага, велика жорсткість і менша висота ригелів. Перетини ригелів рам проектують переважно наскрізними при прольотах до 60 м, особливо при ламаному контурі ригелів. Рамні конструкції ефективні при рівній жорсткості колон і ригелів, що дозволяє перерозподіляти зусилля від вертикальних навантажень і значно полегшити ригелі: в цих випадках висота ґратчастих ригелів може бути прийнята рівною (1/12-1/20) прольоту.

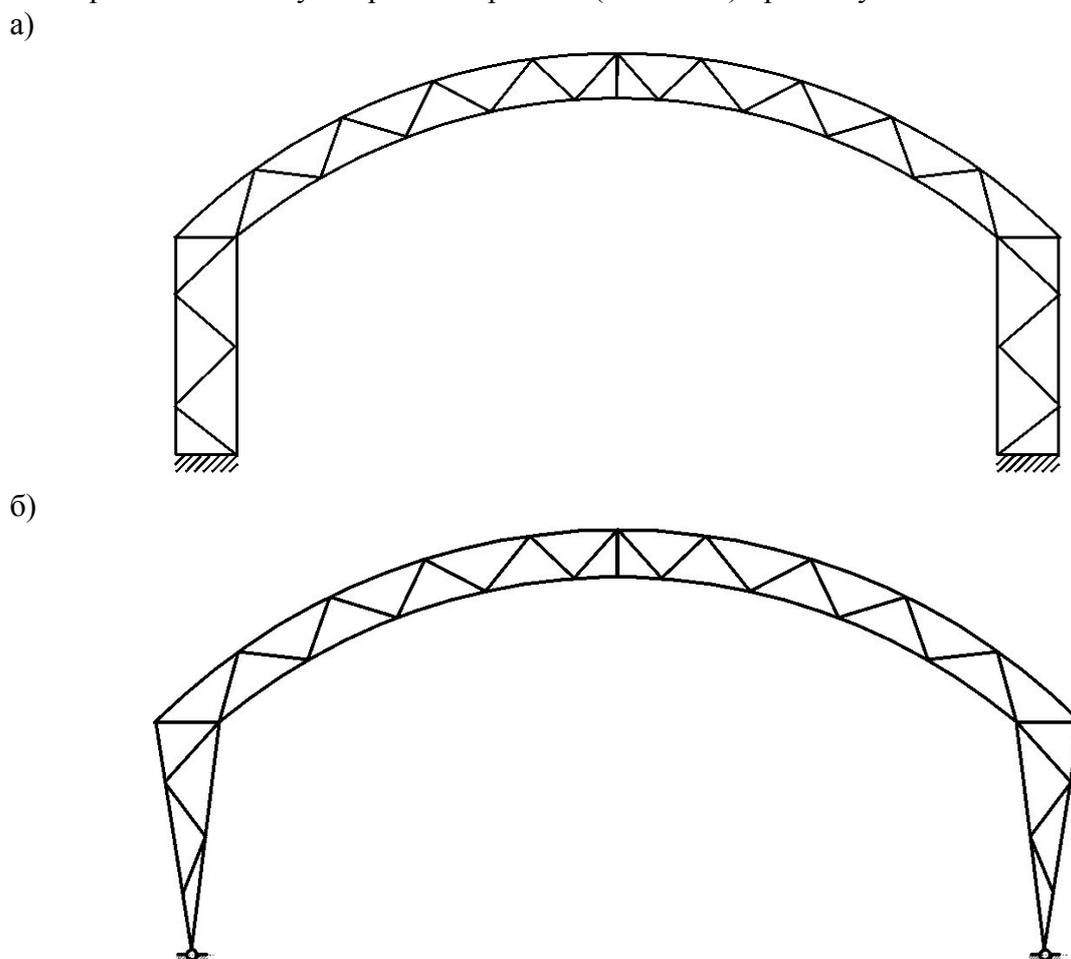


Рисунок 4 – Сталеві просторові рамні конструкції: а – безшарнірна просторова рама; б – двошарнірна просторова рама

Зростання трудомісткості виготовлення просторових конструкцій перекривається зменшенням їхньої матеріаломісткості, що дає можливість отримувати більш економічні конструкції.

В результаті проведеного дослідження було виявлено, що при застосуванні варіанту двошарнірної просторової рами (рис.4., б) можливо зменшити вартість споруди за рахунок зменшення розміру фундаменту.

Висновок. Запропоновані нові конструктивні рішення сталевих просторових ферм, арок і рам, які мають високі характеристики несучої здатності і архітектурної виразності, мінімізують матеріало- та працевитрати. Конструкції даного типу мають підвищені характеристики загальної стійкості окремих елементів і системи в цілому як в площині, так із площини.

Література

1. Бирюлев В.В. Стальные фермы с коробчатыми сечениями стержней, сваренных из уголков / В.В. Бирюлев // Изв. вузов. Сер. стр-во и архитектура. 1973. С. 8 – 14.
2. Металлические конструкции: справ, проектировщика / Под ред. Н.П. Мельникова. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Стройиздат, 1980. 776 с.
3. Абаринев А.А. Особенности работы и расчета ферм из труб / А.А. Абаринев, Н.Б. Козьмин, А.Ф. Кузнецов // Пром. стр-во. 1970. № 6. С. 32 – 36.
4. Павлов А.Б. Методологические основы современной системы принципов формообразования строительных конструкций / А.Б. Павлов, В.М. Фридкин // Academia. Архитектура и строительство / МГСУ. – 2010. – No 1. – С. 70-73.
5. Кузнецов, В.В. Типизация и стандартизация металлических конструкций / В.В. Кузнецов, В.В. Ларионов, Б.Г. Павлов и др. // Сборник научных трудов / ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова. – М., 1987. – 133 с.
6. . Ю.И.Кудишин. Металлические конструкции: учебн. / Ю.И Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатъева и др. – 11-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 688 с.
7. Пічугін С.Ф. Застосування комбінованих ааточно-стрижньових елементів в плоских конструкціях / С.Ф. Пічугін, В.П. Чичулін, К.В. Чичуліна // Зб. Наук. Пр.: Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди – Вип.28. – Рівне: НУВГП, 2014. – С. 399-404. (міжнародний стандартний серійний номер ISSN 2218-1873)
8. Пат. 98332 Україна, МПК (2006) E 04 C 3/02. Ресурсоекономна комбінована металева конструкція / Пічугін С.Ф., Чичулін В.П., Чичуліна К.В.; власник : Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № u201411961; заявл. 05.11.2014; опубл. 27.04.2015. – 4 с.
9. Пат. 98331 Україна, МПК (2006) E 04 C 3/02. Комбінована металева конструкція ферми / Пічугін С.Ф., Чичулін В.П., Чичуліна К.В.; власник : Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № u201411960; заявл. 05.11.2014; опубл. 27.04.2015. – 4 с.
10. Plate-Girder Construction (Classic Reprint) // Isamu Hiroi. – Publisher "book on demand", 2015. – 116 p.
11. Notes on Plate-Girder Design (Classic Reprint) // Clarence W. Hudson. – Publisher "book on demand", 2015. – 96 p.
12. Mechanics of the Girder // John Davenport Crehore. – Publisher "book on demand", 2015. – 594 p.
13. Modified method of Prestressing Steel Trusses by inducing Lack of fit // Ponnada Markandeya Raju and Thonangi Raghuram Sandeep.– LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 168 p.
14. Chord Bearing Capacity in Long-span Tubular Trusses // Brian Kozy.– Scholars' Press, 2013. – 172 p.
15. Advanced Analysis of Steel Frames // Huu-Tai Thai.– Scholars' Press, 2012. – 180 p.