

УДК 624.014

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ АРОЧНО-СТРИЖНЬОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ПЛОЩИННИХ КОНСТРУКЦІЯХ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРОЧНО-СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЛОСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ

THE USAGE OF VAULTED CANES IN PLANAR STRUCTURES

Пічугін С.Ф., д.т.н., проф., Чичулін В.П., к.т.н., доц., Чичуліна К.В., к.т.н.
(Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Пичугин С.Ф., д.т.н., проф., Чичулин В.П., к.т.н., доц., Чичулина К.В., к.т.н.
(Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка)

Pichugin S.F., Doctor of Engineering, professor, Chichulin V.P., Candidate Engineering, Chichulina K.V., Candidate Engineering (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University)

В статті проаналізовані результати розрахунку напружено-деформованого стану легких комбінованих аочно-стрижньових систем з застосуванням гнутих зварних квадратних або прямокутних труб. Представлені аочні системи надають можливість отримувати оптимальні за матеріаломісткістю конструкції.

В статье проанализированы результаты расчета напряженно-деформированного состояния легких комбинированных аочно-стержневых систем с использованием гнутых сварных квадратных или прямоугольных труб. Представленные аочные системы предоставляют возможность получать оптимальные за материалоемкостью конструкции.

The article dwells on the calculation data of strain-stress state in light-weight combined vaulted bar systems by applying bent welded square or rectangular pipes. The represented arch systems allow to receive the best possible resource-demanding constructions.

Ключові слова:

Комбінована конструкція, аочно-стрижньовий елемент, прогін, решітка, напружено-деформований стан.

Комбинируемая конструкция, арочно-стержневой элемент, прогон, решетка, напряженно-деформированное состояние.
Combined construction, arched-cored element, tuning-up, grate, strain-stress state.

Стан питання та задачі дослідження. Перші сталеві ародні конструкції з'явилися ще в 40-х роках ХІХ-го сторіччя і дістали широкого використання в сучасних умовах (мости, промислові та громадські будівлі, ангари, склади тощо). Але технічні особливості для решітчастих та суцільностінчастих ародних систем досить суперечливі. А саме те, що в решітчастих конструкціях існує необхідність концентрації металу в найбільш напружених зонах, але за рахунок невеликої довжини швів вони більш економічні, ніж арки з суцільною стінкою, які потребують для свого виготовлення автоматизованої технологічної лінії, що здорожує такі конструкції.

Головним з багатьох шляхів підвищення ефективності будівництва є розробка та удосконалення нових прогресивних полегшених конструктивних форм, застосування яких, дозволяє суттєво поліпшити техніко-економічні показники. Останнім часом великої популяризації дістали різноманітні комбіновані системи, які включають до свого складу елементи різного напружено деформованого стану. Дослідження нових конструктивних форм з застосуванням прогресивних технологій і матеріалів, нові алгоритми розрахунку чисельними методами, досягнення в області будівельної механіки відкрили шляхи до широкого розповсюдження комбінованих систем закордоном. Але в нашій країні вони недостатньо вивчені, внаслідок відсутності експериментальних та теоретичних досліджень. Тобто, характер дійсної роботи комбінованих систем потребує детального вивчення.

На основі аналізу досвіду проектування та будівництва комбінованих конструкцій в покриттях будівель різноманітного призначення та порівняння з традиційними балочними конструкціями, виявлено, що саме ародні системи мають суттєву кількість переваг. Розтягнуті арки більш економічні, ніж стиснуто-зігнуті, а застосування стрижньових елементів призводить до підвищення жорсткості конструкції в цілому. Робота ародної конструкції на розтяг зі згином розвантажує стрижньові елементи, що дозволяє в подальшому знизити їх матеріаломісткість.

Основними задачами приведених нижче досліджень є: дослідження напружено-деформованого стану конструктивних рішень комбінованих ародних систем на основі чисельних методів; удосконалення таких конструктивних рішень з метою зниження витрат матеріалу; отримання раціональних несучих та огорожувальних систем;

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Дослідженням ародних та комбінованих ародних систем займалися переважно російські науковці, а саме Кисельов Д.Б. [1], Динник А.Н. [2], Кисельов В.А. [3], Бойко А.Л. [4], Жидков К.Є. [5], Заврієв К.С. [6], Пискорский Л.Ф. [7],

Сингаєвський П.М. [8], Дривінг А.Я [9] та інші. В роботі Кисельова Д.Б. [1] приведені дослідження роботи комбінованої арочної системи з урахуванням геометричної нелінійності та послідовності монтажу. Киселев Д.Б. провів ряд експериментальних та теоретичних досліджень особливостей роботи комбінованої арочно-вантової системи. На основі результатів наукових досліджень Жидкова К.Є. [5] була розроблені нові типи арок з листовою просторовою решіткою. До списку робіт українських авторів, присвячених дослідженням арок належать роботи Супрунюка В.В. [10], який розробив та провів відповідні дослідження ефективної конструкції сталюї попередньо напруженої перфорованої арки; Білик С.І. [11] здійснив пошук раціональних форм рам і арок з елементами змінного перерізу каркасів будівель універсального призначення. В ряді останніх зарубіжних джерел, які характеризують роботу комбінованих арок систем під різними видами навантажень є роботи Saitoh V. [12], Schlaich J. [13].

Виклад основного матеріалу. В ході проведеного аналізу літературних джерел та попередніх досліджень [14], з метою пошуку нових сучасних ефективних систем, представлені конструктивні рішення комбінованих арочно-стрижньових конструкцій з застосуванням гнутих зварних квадратних або прямокутних труб.

Представлені форми прогонів (прольотом 12 м, висотою 0,4 – 0,6 м), які пропонується впроваджувати в легких покрівлях (холодних або утеплених) вздовж профільованого настилу для кроквяних конструкцій (рис. 1).

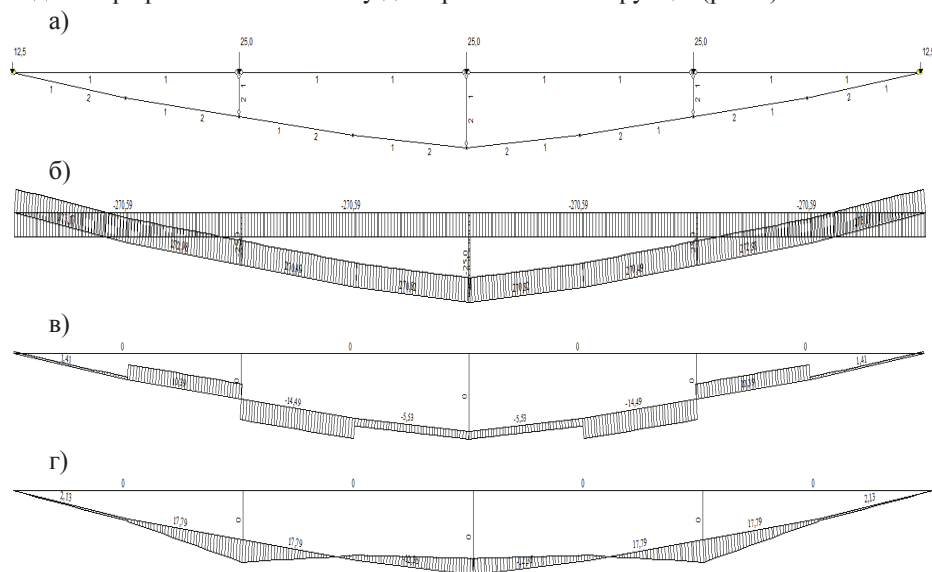


Рис. 1. Арочно-стрижньовий прогін: а – розрахункова схема; б – епюра поздовжніх сил; в – епюра поперечних сил; г – епюра моментів

Елементами представленої аочно-стрижнєвої конструкції прогону є вигнута вниз арка, що працює на основні зусилля розтягу із врахуванням моменту і поперечної сили.

В такій конструкції прогону верхній центрально-стиснутий пояс зігнуто-розтягнута арка складається з гнутих зварних квадратних труб перерізом 60 – 80 мм, товщиною 4 мм. Елементи розпірок виконуються з труб квадратного перетину розміром 30 – 40 мм, товщиною 3 – 4 мм та працюють на невеликий центральний стиск і здебільшого добираються за граничною гнучкістю. Дані прогони потрібно розкріплювати з площини тяжами, як загально прийнято, для даного типу конструкцій.

Вузли такої конструкції виконуються без фасонки за виключенням опорних вузлів, де можливе використання фасонки в залежності від опирання (зверху або збоку).

Другою конструктивною складовою аочно-стрижнєвої конструкції є комбінована форма з нижнім аroachним елементом (нижній пояс у вигляді арки), центрально-стиснутим верхнім поясом і розпірками (рис. 2).

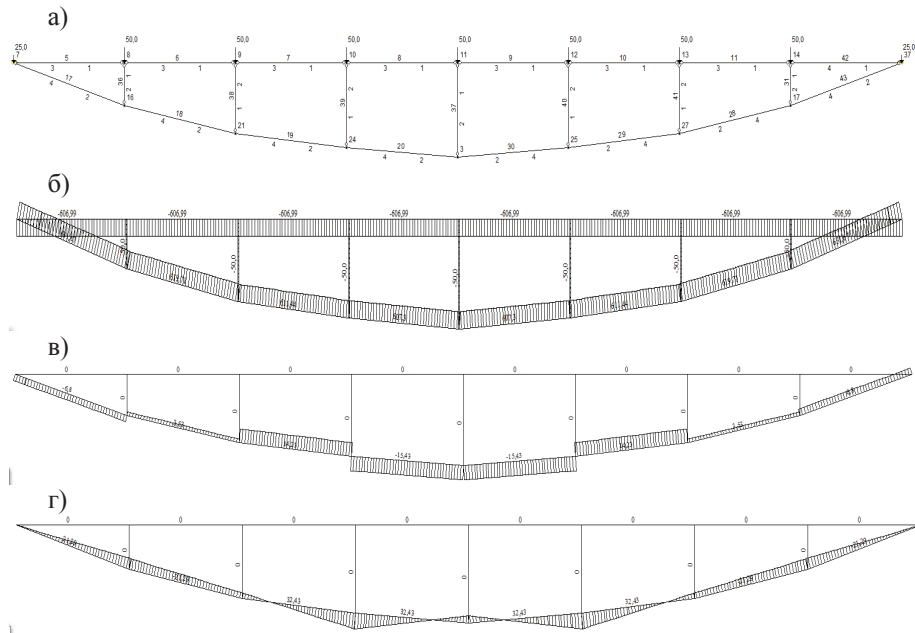


Рис. 2. Комбінована конструкція з нижнім аroachним елементом: а – розрахункова схема; б – епюра поздовжніх сил; в – епюра поперечних сил; г – епюра моментів

Представлена конструкція кроком 24 м, висотою 2 – 3 м має досить велику кількість переваг. Вони полягають у тому, що розпірки підбираються

на невелике стискаюче зусилля, здебільшого за гнучкістю. Елемент нижнього поясу – розтягнута арка, де вплив поперечної сили і моменту не суттєвий. Пояси з гнутих зварних квадратних труб мають перерізи 120 – 200 мм, а розпірки – 60 – 80 мм.

Для підвищення жорсткості конструкції існує можливість застосовувати комбіновану арочно-стрижньову решітчасту конструкцію кроком 24 м, висотою 2 – 3 м, тобто розпірки замінюються розкідною системою (рис. 3).

Характеризуючи дійсну роботу представлених конструкцій, відмітимо, що можливо прикладання позаузлового зосередженого або розподіленого навантаження як для нижнього, так і для верхнього поясу. Тобто, при проектуванні існує необхідність врахування позацентрового стиску і розтягу відповідно для поясів конструкції.

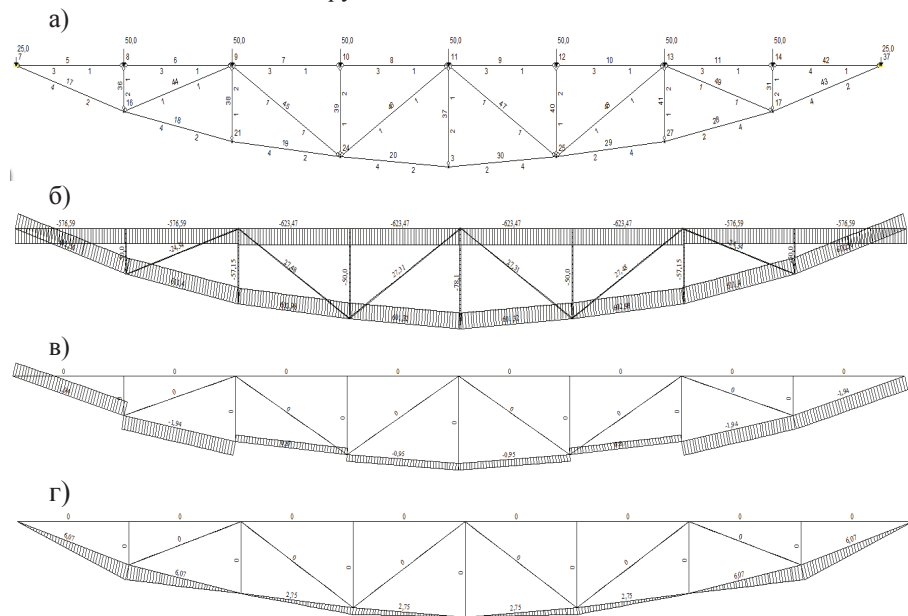


Рис. 3. Арочно-стрижньова решітчаста конструкція: а – розрахункова схема; б – еюра поздовжніх сил; в – еюра поперечних сил; г – еюра моментів

Висновки. Обґрунтовані результати розрахунку напружено-деформованого стану легких комбінованих арочно-стрижньових систем з застосуванням гнутих зварних квадратних або прямокутних труб, які виявили, що застосування таких систем для громадських будівель надає можливість монтувати у будь-якій точці нижнього поясу конструкції підвісної стелі, або технологічні конструкції в промислових будівлях тощо. Робота нижнього поясу, як розтягнутої арки та решітки на невеликі розпірні

зусилля, у порівнянні зі звичайними кроквяними фермами з паралельними поясами, надає можливість отримувати досить економічні та раціональні кроквяні конструкції.

1. Киселев Д.Б. Работа комбинированной арочной системы с учетом геометрической нелинейности и последовательности монтажа: автореф. дис. на соискание уч. степ. канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / Д.Б. Киселев. – Москва, 2009. – 24 с. 2. Динник А.Н. Устойчивость арок М.: Гостехиздат, 1946. – 128 с. 3. Киселев В.А. Рациональные формы арок и подвесных систем. М.: Гос. изд. лит. по стр. и арх., 1953. – 356 с. 4. Бойко А.Л. Арочные фермы с односторонними связями // Строительная механика и расчет сооружений. 1978. – № 5. – С. 69 – 71. 5. Жидков К.Е. Разработка и исследование арочных конструкций с листовой пространственной решеткой: автореф. дис. на соискание уч. степ. канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / К.Е. Жидков. – Воронеж, 1999. – 22 с. 6. Завриев К.С. Расчет арочных мостов. М.: Гострансжелдориздат, 1956. – 116 с. 7. Пискорский Л.Ф. К вопросу оптимального проектирования арок // Вопросы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 1978. – Вып. 21. – 87 с. 8. Сингаевский П.М., Кожевников Е.Н., Караджи К.М. К определению оптимальной геометрической схемы некоторых комбинированных арочных ферм с гибкой решеткой // Известия ВУЗов. «Строительство и архитектура». 1971. – №4. – С. 14 – 18. 9. Дривинг А.Я. Устойчивость деформированных состояний круговых арок. // V Всесоюзная конференция по проблемам устойчивости в строительной механике. – Москва, 1977. – С. 31 – 33. 10. Супрунюк В.В. Стальні попередньо напружені перфоровані арки: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук : спец. 05.23.01 / В.В. Супрунюк – Львів, 2007. – 20 с. 11. Білик С. І. Формоутворення рам і арок з елементами змінного перерізу каркасів будівель універсального призначення / С. І. Білик // Науково-практичні проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій : зб. наук. статей / МНС України, КНУБА. – К., 2002. – Вип. 5. – С. 159–164. 12. Saitoh M. Recent Developments of Hybrid Tension Structures // Proceeding of the IASS Symposium. Copenhagen, Denmark, vol. II., 1991. P. 177 – 186. 13. Schiaich J., Wagner R. Hybrid tension structures // Proceedings of the IASS International Symposium. Milano, Italia, vol. 2., 1995. P. 717 – 732. 14. Пічугін С.Ф. Удосконалення конструктивних форм балок з профільованою стінкою / С.Ф. Пічугін, К.В. Чичуліна // Промислове будівництво та інженерні споруди, 2013. – №1. – С. 23 – 27.