

несистематического характера), техническое состояние оценивается как *неудовлетворительное* (физический износ 41 – 60 %), а степень повреждения каменной кладки оценивается как *среднее* (снижение несущей способности до 25 %).

Каменные распорные конструкции характеризуются как *непрочные и неустойчивые* (III категория), если степень ослабления пространственной устойчивости конструкции оценивается как *существенная* (повреждения опорной части и массива конструкции имеют систематический характер), техническое состояние оценивается как *аварийное* (физический износ 61 % и выше), а степень повреждения каменной кладки оценивается как *сильное* (снижение несущей способности до 50 %).

Категория прочности и устойчивости железобетонных арок конструкций и сводов устанавливается по выше приведенной методике, причем степень повреждения железобетонных конструкций определяется на основе поверочных расчетов с учетом имеющихся повреждений и дефектов.

Установлено, на обследованных объектах-представителях, что распорные конструкции характеризуются, преимущественно, как прочные и устойчивые (категория I) – 62 %; как недостаточно прочные и устойчивые (категория II) – 31 %, непрочные и неустойчивые (категория III) – 7 %.

#### Література.

- Осипов С. А. Исследование строительно-технологических характеристик арок конструкций и сводов памятников архитектуры Украины. Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов: материалы международной научно-практической конференции (4-6 июня 2013 г., г. Йошкар-Ола). – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технический университет, 2013. С. 30 – 35
- Акимов-Перетц Д. Я. Статика сооружений. II отдел. Теория и расчет арок / Акимов-Перетц Д. Я. – Л. : «Кубуч», 1995. – 344 с.
- Перепечин Н. В. Теория арок / Н. В. Перепечин – М. : Трансжелдориздат, 1937. – 291 с.

- Осипов С. А. Классификация характерных дефектов и повреждений арок конструкций и сводов памятников архитектуры. Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник. Вип. 41// Київ, КНУБА, 2013. С. 313–318

- Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций / Под ред. А. А. Шишкина. – М. : Стройиздат, 1973. – 287 с.

- Бойко М. Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий / Бойко М. Д. – Л. : Стройиздат, 1975. – 331 с.

- Барашиков А. Я. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд; навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / А. Я. Барашиков, О. М. Малишев – К.: Основа, 2008. – 320 с.

- Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений. – М. : Стройиздат, 1984. – 36 с.

#### АНОТАЦІЯ

У статті приведена класифікація аркових конструкцій і склепін по категорії міцності і стійкості на основі сумісного аналізу їх конструкцій і конструктивної схеми, ступеня ослаблення просторової жорсткості, а також ступеня пошкодження масиву кам'яної кладки і загального технічного стану конструкцій.

Ключові слова: категорії міцності і стійкості, технологія, реставрація, пам'ятники архітектури, склепіння, арки.

#### ANNOTATION

The article describes the classification of arched constructions and vaults by category of strength and stability on the basis of a joint analysis of their structure and the constructive scheme, the degree of weakening of spatial stability, as well as the extent of damage array of masonry and general technical condition of structures.

Keywords: Categories of strength and stability, technology, restoration, monuments of architecture, vaults, arches.

УДК 624.014

**С.Ф. Пічугін**, д.т.н., професор  
**В.П. Чичулін**, к.т.н., доцент  
**К.В. Чичуліна**, к.т.н.

Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка

## НОВІ РЕСУРСОЕКОНОМНІ КОМБІНОВАНІ КОНСТРУКЦІЇ З ГОФРОВАНОЮ СТІНКОЮ

В статті проведений аналіз існуючих арок конструкций з гофрованою стінкою, виявлені їх переваги та недоліки. Представлена нова сталева комбінована конструкція, яка складається з верхнього та нижнього поясів (арочний елемент) у вигляді квадратних труб та стінки з тонколистової гофрованої сталі. Виявлені основні шляхи зниження матеріаломісткості легких

арочних конструкцій за рахунок гофрування.

**Ключові слова:** комбінована конструкція, арочний елемент, гофрована стінка, труба квадратного перерізу

**Постановка проблеми.** В умовах сьогодення пріоритетним питанням в будівництві, яке постає на стадії варіантного проектування є вибір конкурентоспроможного конструктивного рішення. Розглядаючи окрему підгалузь сталевих конструкцій, треба відмітити, що основною проблемою є пошук оптимальних легких конструкцій, які б при мінімальних витратах матеріалів та вартості їх виготовлення відповідали вимогам естетичності, міцності, стійкості, надійності та інших експлуатаційних якостей. Серед масиву таких конструкцій можна виділити ресурсоекономні легкі арочні конструкції, які не отримали розповсюдження в нашій країні. Існує можливість зниження маси таких конструкцій за рахунок гофрування стінок, пошуку нових ефективних перерізів, але це питання недостатньо досліджене і потребує детального вивчення.

**Аналіз останніх досліджень.** До останніх робіт російських науковців присвячених пошуку нових конструктивних рішень та дослідженню роботи арочних конструкцій з гофрованою стінкою різного обрису, можна віднести роботи Рибкіна І.С. [8, 10], Жидкова К.Е., Зверева В.В. [3 – 5], Степаненко А.Н. [11 – 12]. Із ряду іноземних джерел можна виділити роботу В. Johansson, R. Maquoi та інших авторів [13], яка присвячена пошуку нових легких конструктивних форм та визначенню математичного механізму розрахунку гофро-конструкцій.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Розробка нових легких конструктивних рішень комбінованих конструкцій, які за сумісництво виконували б несучі та огорожувальні функції, скоротили вартість, матеріальні витрати сталі та термін зведення, зменшити трудомісткість, тобто виявити ряд суттєвих переваг порівняно з традиційними рішеннями.

**Формулювання цілей статті.** На основі порівняльного аналізу сучасних конструктивних рішень арочних форм, розробити свої ефективні варіанти арочних конструкцій з гофрованою стінкою багатофункціонального призначення.

**Виклад основного матеріалу.** Проведений аналіз існуючих конструктивних форм арок з гофрованою стінкою надав можливість виявити ряд їх переваг та недоліків. В [1, с. 115] розглядається суцільностінчата арка двотаврового перерізу, яка складається з товстих поясів і тонких стінок з листової сталі, що призведе до суттєвих складностей в зварюванні. Такий конструктивний хід, з нашої точки зору, не раціональним, оскільки виникає необхідність встановлення додаткових ребер жорсткості або збільшення товщини стінки. В

авторських свідоцтвах [2, 9] розглядаються способи виготовлення криволінійних тонкостінних елементів на прикладі арок з рулонної сталі. Вітчизняний науковець Остріков Г.М. пропонує з метою зменшення матеріаломісткості в початковій стадії виконувати прикріплення одного з поясів до попередньої гофрованої стінки, після чого приєднують другий пояс і виконують сумісний згин в площині стінки, на останньому етапі прикріплюють незакріплені пояс [2]. Відомим конструктивним рішенням є двотаврнірна металева арка двотаврового поперечного перерізу зі стінкою, гофрованою в радіальному напрямленні [6, с. 228 – 230], але така конструктивна форма має ряд недоліків, зокрема, підвищена матеріаломісткість за рахунок суцільного гофрування з постійною висотою і кроком гофрів (рис.1, а, б). З метою пошуку ефективної за матеріаломісткістю конструкції та розширення області застосування, підвищення технологічності конструкції суцільностінчатої арки з поздовжньою кривизною Железнов Ю.Д., Такки В.Ф. та інші пропонують нову форму суцільностінчатої арки (рис.1, в) [7]. Вона складається з двох поясів та з'єднуючої гофрованої стінки, що в поперечному перерізі утворює двотавр. Кут при вершині кожного гофра в такій конструктивній формі складає не менш, ніж  $120^{\circ}$ , на гранях гофрів виконані жорстко з'єднані з поясима внахлест лапки, відігнуті перпендикулярно площині гофра. Така конструктивна форма призводить до економії металу за рахунок використання відносно тонкої стінки та надає можливість використання різного роду матеріалів і типу з'єднань (на клею, на заклепках, на дюбелях, точковим зварюванням, токами високої частоти тощо).

Альтернативним рішенням суцільностінчатих арок є варіант з двох арок з жорсткістю, яка варіюється (рис.2) Рибкіна І.С. [8, 10]. Автор запропонував в першому варіанті металеву арку двотаврового перерізу, двотаврної типу, зі стінкою змінної товщини з радіально гофрованих ділянок та поздовжніх ділянок, які мають перфорацію. Винахід автора також передбачає другий варіант – це конструкція металевої арки, яка підсилена системою розкосів та стійок, стінка в даному випадку підсилена ребрами жорсткості в місцях дії максимальних поперечних сил. Профіль гофрів може бути різного обрису, зокрема трапецієвидний, трикутний і хвилястий.

Російські науковці Жидков К.Е., Зверев В.В. [3 – 5] спираючись на дослідження проведені в ЛГТУ (м. Липецьк), розробили нові технічні рішення на основі об'ємно-формованого тонколистового прокату, в тому числі арочні конструкції з листовою просторовою решіткою.

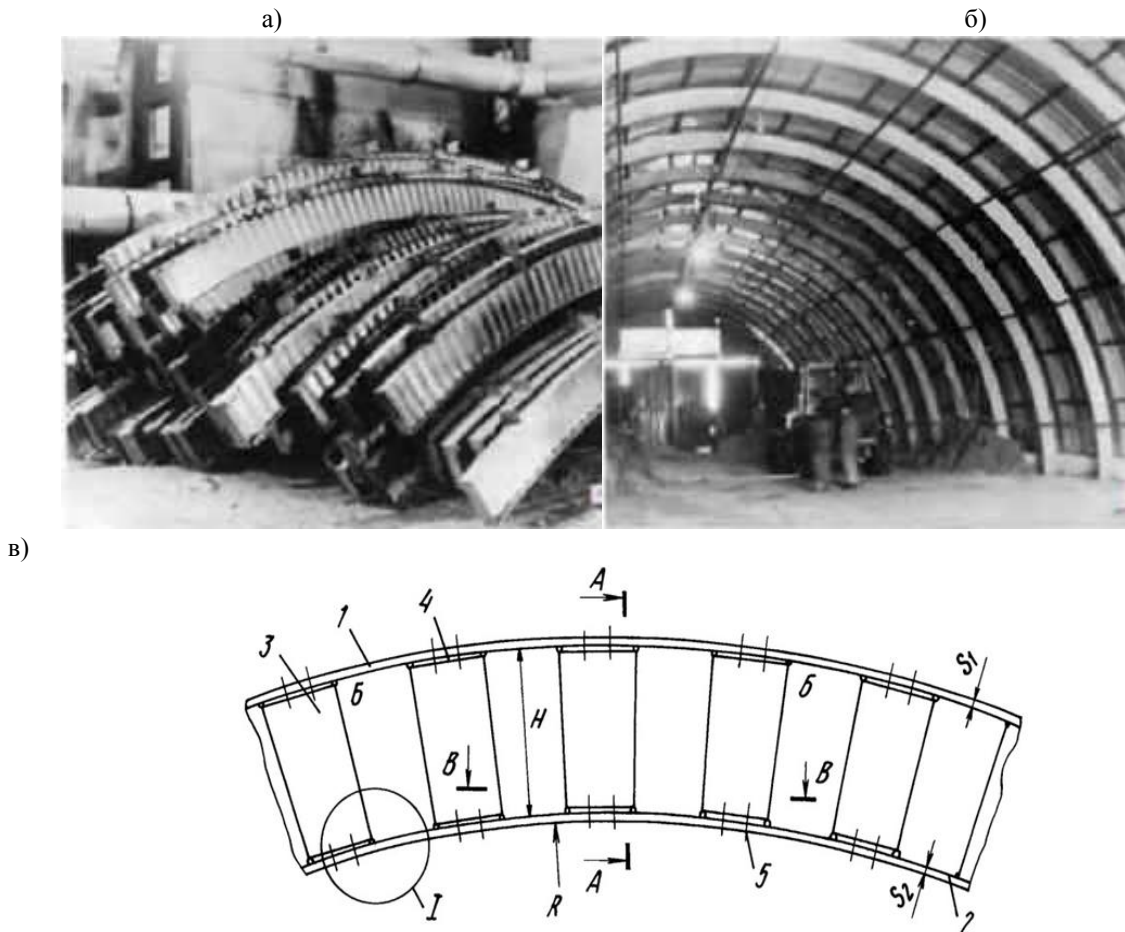


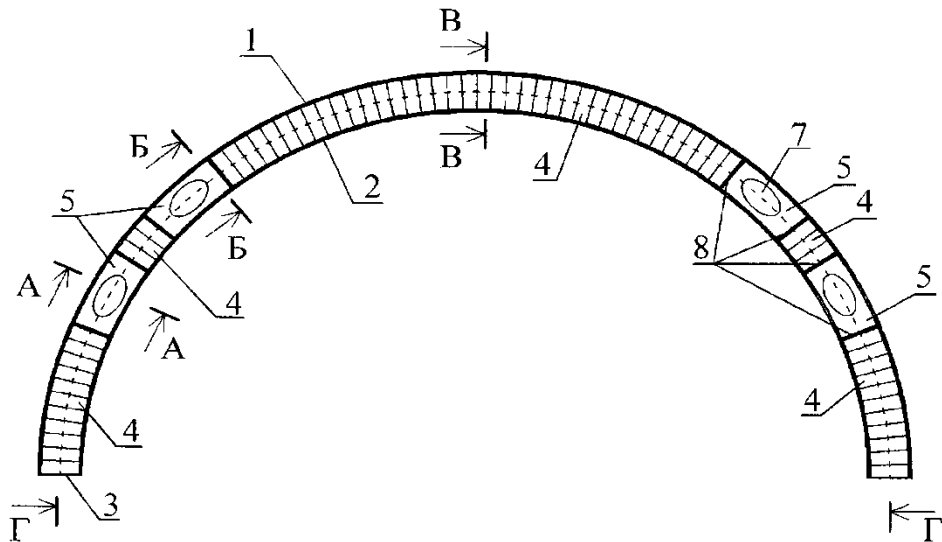
Рис.1. Напівциліндричне покриття з арочним каркасом: а) елементи арок з гофрованою стінкою; б) загальний вид монтажу арочного каркасу; в) суцільностінчата арка, вид збоку

В своїх роботах Степаненко А.Н. [11 – 12] проведено ґрунтовне теоретичне та експериментальне дослідження напруженого та критичного стану прямолінійних двотаврових стиснутих та зігнутих стрижнів з тонкою хвилястою стінкою, а також стрижнів, які зігнуті по дузі кола в площині стінки. Керуючись теорією тонкостінних пружних стрижнів В.З. Власова та передбачаючи, що двотавровий стрижень складеного перерізу з хвилястою стінкою буде тонкостінним просторовим стрижнем, автор аналітичним шляхом визначає його дійсний напружено-деформований стан. В результаті проведених досліджень двотаврових стрижнів виявлено, що найбільш раціональним є поперечне гофрування стінок, оскільки при виключенні стінки з роботи стрижня на нормальні напруження, поперечне гофрування значно підвищує стійкість стінки та жорсткість стрижня.

Розглядаючи традиційні форми арочних конструкцій, відмітимо, що їх суцільні елементи працюють як стиснуто зігнуті та додатково сприймають поперечні сили. Для такого типу стиснуто зігнутих арок оптимальним конструктивним рішенням вважається двотавровий переріз з суцільною стінкою. Застосування гофрованих стінок в

арках складеного двотаврового перерізу, на наш погляд, є досить суперечливим, оскільки гофрована стінка сприймає поперечну силу, а для сприйняття поздовжньої сили існує конструктивна необхідність застосування додаткових елементів, наприклад, розкідної решітки (рис. 2, б). Такий конструктивний хід підвищує вартість арки, збільшує металоемність та трудомісткість виготовлення таких типів конструкцій. Отже, застосування суцільного гофрування стінок, як в арках, так і в колонах не забезпечить необхідний техніко-економічний ефект і як наслідок, є не досить раціональним. Якщо розглянути конструкцію ферми, нижній пояс якої працює як розтягнуто зігнутий елемент, а верхній пояс працює на стиск (для випадку без стінки – центральний стиск, а у загальному випадку позацентровий стиск), існує можливість застосування в даних конструкціях гофрованої стінки, яка б сприймала поперечні навантаження і розкріплювала пояси новоутвореної комбінованої конструкції. Для такого виду конструкцій жорсткість гофрованої стінки в поздовжньому напрямку буде мінімальною, разом з тим ці зусилля будуть сприймати тільки пояси, а суттєва частка поперечних сил буде сприйматися гофрованою стінкою сумісно з поясами. Гофрована стінка також розкріплює пояси у площині конструкції.

а)



б)

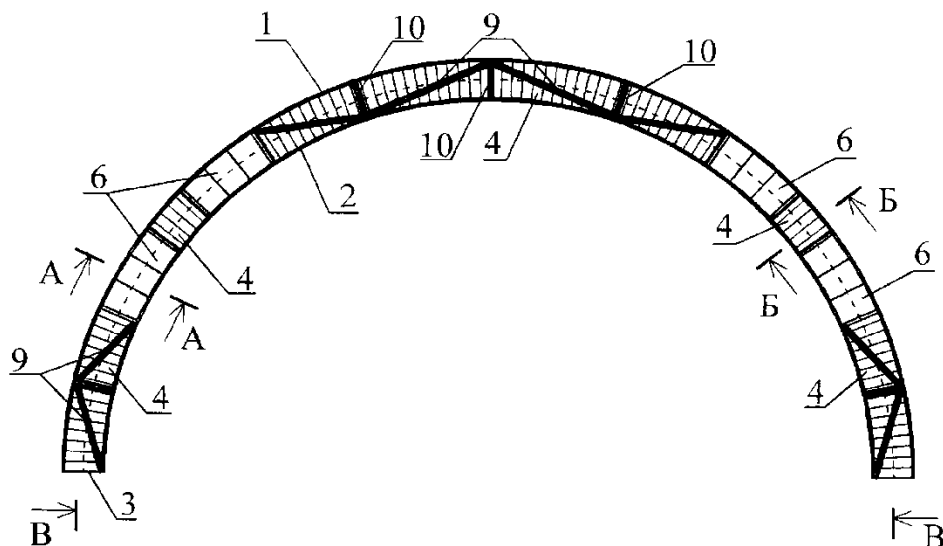


Рис. 2. Арки з жорсткістю стінки, яка варіюється: а – з наявністю перфорованих ділянок та ребер жорсткості; б – з наявністю основних та другорядних гофрованих ділянок

Примітки: 1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3 – стінка; 4 – радіально гофровані ділянки; 5 – поздовжні ділянки; 6 – другорядні гофровані ділянки стінки; 7 – перфорація поздовжніх ділянок; 8 – радіальні ребра жорсткості; 9 – система розкосів; 10 – стойки

На основі проведеного аналізу (рис. 3.) представлена ресурсоекономна комбінована конструкція з верхнім та нижнім поясами у вигляді квадратних труб, останній працює як арочний елемент. Припорні ділянки таких конструкцій необхідно виконувати з застосуванням звичайних сталевих листів, що забезпечить більшу несучу здатність на дію поперечних сил, а гофрування виконувати в прольотних ділянках. Відмітимо, що при умові сприймання локальних зосереджених навантажень конструкцією існує необхідність встановлення ребер жорсткості як в традиційних складених балках, так і в приведених вище комбінованих конструкціях, оскільки вони виконують функції забезпечення загальної стійкості стінки. Приведена комбінована конструкція є альтернативою звичайним балкам і фермам, яка забезпечує економію будівельної висоти (може

одночасно виконувати функцію огорожувальної конструкції), транспортних та монтажних витрат тощо.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу останніх наукових досліджень виявлені шляхи зниження матеріаломісткості легких арочних конструкцій. Запропонована ресурсоекономна комбінована конструкція з поясами у вигляді квадратних труб, застосування якої призводить до суттєвого зменшення витрат матеріалу (відсутня необхідність встановлення поперечних ребер жорсткості, за виключенням при опорних зон та ділянок концентрації значних навантажень), поява можливостей використання сучасного технологічного обладнання, широка варіантність застосування, естетичність та багато інших переваг. Виявлено, що комбіновані конструкції ефективно застосовувати для покриттів з прольотами 8 – 30 м.

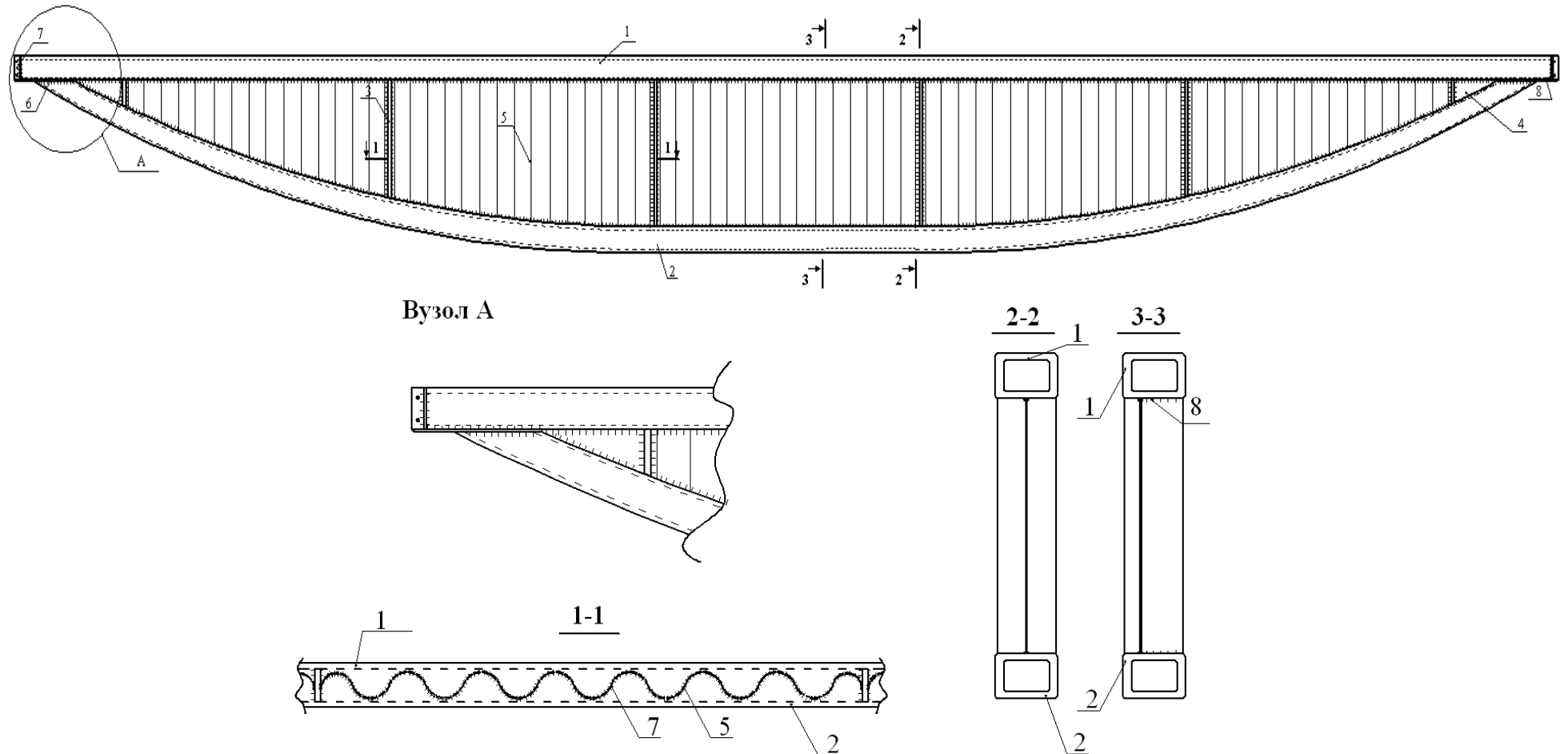


Рис. 3. Ресурсоекономна комбінована конструкція (довжина  $L = 8 \div 30$  м)

Примітки: 1 – верхній пояс з прямокутних труб ( $\square 120 \div 200$  мм); 2 – нижній пояс з прямокутних труб у вигляді арочного елемента; 3 – ребра (товщина  $t = 6 \div 8$  мм); 4 – стінка з суцільного листа (товщина  $t = 6 \div 8$  мм); 5 – гофрована стінка хвилястого обрису (можлива товщина  $t = 2 \div 3$  мм); 6 – опорний лист (товщина  $t = 8 \div 10$  мм); 7 – опорне ребро (товщина  $t = 10 \div 12$  мм); 8 – зварювання кутове (товщина  $t_f = 4 \div 6$  мм)

**Література:**

1. Абаринов А.А. Технология изготовления стальных конструкций [Текст]: учеб. пособие / А.А. Абаринов, В. П. Петров, Е. Е. Рожков. – М. : Госстройиздат, 1963. – 307 с. : ил.
2. Авторское свидетельство СССР N 667658.
3. Жидков К.Е. Разработка и исследование арочных конструкций с листовой пространственной решеткой: дис. на соискание уч. степени кандидата техн. наук: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / К.Е. Жидков. – Воронеж, 1999. – 173 с.
4. Зверев В.В. Эффективные строительные металлоконструкции на основе объемно-формованного тонколистового проката: дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / В.В. Зверев. – Воронеж, 2000. – 395 с.
5. Зверев В.В. Исследование несущей способности и напряженно-деформированного состояния арок с листовой пространственной решеткой / В.В. Зверев, К.Е. Жидков. – Вестник ЛГТУ-ЛЭГИ. Строительство и архитектура. – Липецк, 2000. – С. 4 – 7.
6. Кузнецов В.В. Металлические конструкции. В 3 т. т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений (Справочник проектировщика). – М.: АСВ, 1998, С.228 – 230.
7. Патент РФ 2076177.
8. Патент RU 2386759 С1.
9. RU 2056483 С1.
10. Рыбкин И.С. Совершенствование конструктивных решений, методов моделирования и расчета гофрированных элементов: автореф. дис. на соискание уч. степени кандидата техн. наук. – М.: МГСУ, 2008. – 22 с.
11. Степаненко А.Н. Крутящие и изгибно-крутящие усилия в стальных арках с волнистой стенкой. // Совершенствование методов расчета строительных конструкций зданий и сооружений. –

Хабаровск: ХГТУ, 1997. – С. 106 – 112.

12. Степаненко А.Н. Прочность и устойчивость конструкций из двутавра с волнистой стенкой: дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / А.Н. Степаненко. – Хабаровск: ХГТУ, 2001. – 234 с.

13. Commentary and worked examples to EN 1993-1-5 «Plated structural elements» / В. Johansson, R. Maquoi, G. Sedlacek, C. Muller, D .Beg. – 2007. – 228 p.

**АННОТАЦИЯ**

*В статье проведен анализ существующих арочных конструкций с гофрированной стенкой, выявлены их преимущества и недостатки. Представлена новая стальная комбинированная конструкция, которая состоит из верхнего и нижнего поясов (арочный элемент) в виде квадратных труб и стенки из тонколистовой гофрированной стали. Выявлены основные пути снижения материалоемкости легких арочных конструкций за счет гофрирования.*

*Ключевые слова: комбинированная конструкция, арочный элемент, гофрированная стенка, труба квадратного сечения*

**ANNOTATION**

*In the article there has been performed the analysis of the existing arched constructions with corrugated walls; there have also been defined their advantages and disadvantages. There has been presented a new steel composite structure, which consists of a top boom and a bottom boom (arched element) in the form of square tubing and a wall made of thin sheet corrugated steel. The main ways of reduction in consumption of materials in light arched constructions by means of crimping have also been explored in the article.*

*Keywords: combined construction, arched element, corrugated wall, pipe of square section.*

**УДК 334****Сорокіна Л.В., д.е.н.,****Гойко А.Ф., к.е.н.***Київський національний університет будівництва і архітектури***ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ КАПІТАЛОМ ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*На основі нейронечіткого моделювання розроблено систему штучного інтелекту для виявлення та оцінювання прихованих резервів підвищення ефективності використання капіталу малих будівельних підприємств.*

**Ключові слова:** *система нечіткого висновку, малі будівельні підприємства, позитивний грошовий потік, рентабельність операційного продажу за грошовим потоком, приріст виробничих запасів, питомий приріст дебіторської заборгованості, фінансовий механізм.*