

УДК 624.016:624.07.001.5

**ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОКРИТТІВ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

**DEFINITION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF STEEL AND
CONCRETE COMPOSITE GRID-CABLE ROOFS**

Стороженко Л.І., д.т.н., проф., Гасій Г.М., к.т.н., доцент (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

Стороженко Л.И., д.т.н., проф., Гасий Г.М., к.т.н., доцент (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка)

Storozhenko L.I., doctor of technical sciences, professor, Gasii G.M., candidate of technical sciences, associate professor (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University)

Наведено результати визначення оптимальних геометричних параметрів сталезалізобетонних структурно-вантових елементів циліндричних покриттів. Пошук параметрів здійснювалося на основі проведених раніше експериментальних та чисельних досліджень напружено-деформованого стану сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів.

Приведены результаты определения оптимальных геометрических параметров сталезалезобетонных структурно-вантовых элементов цилиндрических покрытий. Поиск параметров осуществлялся на основе проведенных ранее экспериментальных и численных исследований напряженно-деформированного состояния сталезалезобетонных структурно-вантовых покрытий.

Determined the optimal geometric parameters of steel and concrete composite grid-cable elements of semicircular vault roofs. Search parameters was carried based on previous experimental and numerical investigations of stress-strain state of structural-steel-reinforced concrete cable-stayed coatings.

Ключові слова:

Сталезалізобетон, ванта, покриття, проліт, стріла підйому.

Сталезалізобетон, ванта, покриття, пролет, стрела подъема.

Steel and concrete composite, cable, roof, span, arched-book.

Вступ. Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття є новою конструкцією яка вигідно і ефективно поєднує у собі різноманітні матеріали та конструктивні рішення. Створенню сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів передувала велика кількість досліджень [1–3]. Узагальнена динаміка розвитку сталезалізобетонних структурно-вантових конструкцій включала такі етапи [4]: огляд існуючих просторових покриттів; виділення найбільш ефективної конструктивної схеми; пошук способів удосконалення; розроблення різновидів конструктивних рішень; розроблення вузлових з'єднань; удосконалення розроблених конструкцій шляхом переходу на стиснуті армоцементні та розтягнуті вантові елементи; розроблення зразків сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів;

Сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції належать до просторових та призначені для покриття великопролітних промислових та громадських будівель і споруд. Їх поява відповідає розвитку будівельної галузі та потребі у нових ефективних конструкціях.

Постановка проблеми. Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття є просторовою системою, в якій сумісно працюють стрижневі і площинні елементи. Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття включає в себе елементи просторової решітки, верхній та нижній пояси. Особливістю запропонованих конструкцій є те, що верхній пояс виготовляється з залізобетонної або армоцементною плити, а елементи нижнього поясу – зі сталевго канату (ванти) або гнучких стрижнів, що сприймають тільки зусилля розтягу. Сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції є універсальними і можуть застосовуватися при зведенні покриттів різноманітних форм та окреслення, а саме, площині покриття, оболонки, сфери [5–10]. Найбільшої уваги заслуговують покриття позитивної кривизни, а саме, циліндричних оболонок, оскільки у таких конструкціях існує можливість появи в елементах нижнього поясу зусиль стиску, що є категорично недопустимим, оскільки ванти та гнучкі стрижні не працюють на стиск. Тому для таких конструкцій покриття необхідно визначити оптимальні геометричні характеристики, при яких виключалася б можливість появи зусиль стиску в елементах нижнього поясу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що сталезалізобетон універсальний матеріал, який набув широкого застосування [11–14]. Сталезалізобетонні конструкції використовуються як перекриття, покриття, колони, різноманітні плитні конструкції й несучі елементи каркасів будівель та споруд [15, 16]. Велика кількість досліджень присвячена вивченню

напружено деформованого стану сталезалізобетонних структурно-вантових конструкцій [17, 18].

Виділення невіршених раніше частин питання. Спираючись на результати аналізу попередніх досліджень і беручи до уваги, що переважно вивчався напружено-деформований стан сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів [19], питання пошуку оптимальних геометричних параметрів таких покриттів залишається не дослідженим у повній мірі.

Основний текст. В основу таких покриттів покладені сталеві структури, але для більш ефективного та раціонального використання матеріалів верхній та нижній пояси виготовлені з елементів, що надійно працюють, відповідно на зусилля стиску та розтягу. Таким чином, верхній пояс конструкції виготовляється із залізобетонних або армоцементних плит – бетонної плити армованої декількома шарами плетених сіток, а нижній пояс – із сталевого канату. За рахунок таких змін досягається зменшення загальної ваги покриття й трудомісткості у наслідок відсутності складних вузлових з'єднань елементів решітки. Крім того, не має потреби використовувати дорогі покрівельні матеріали та витратити час на їх укладання по верхньому поясу конструкції та пов'язані із цим додаткові витрати, оскільки армоцементна плита, крім основного призначення, виконує огорожувальну функцію та надійно захищає від атмосферних впливів внутрішній простір будівлі.

Структурно-вантове сталезалізобетонне покриття складається з окремих секцій полегшених елементів структури, які містять просторову металеву решітку та жорстку плиту. Полегшені елементи структури покриття поєднуються між собою за допомогою зварювання закладних деталей у верхньому поясі та гнучкими стрижнями (вантами) в нижньому поясі. Елементи решітки поєднуються із плитою зварюванням до закладних деталей або за допомогою болтів. Таке кріплення забезпечує жорсткість конструкції.

Особливістю досліджуваних покриттів є їх широка галузь застосування, однак при проектуванні сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів необхідно особливу увагу приділяти геометричним параметрам, перш за все щоб конструктивне рішення виключало можливість появи зусиль стиску у елементах нижнього пояса.

Пошук необхідних геометричних параметрів зводився до трьох етапів. Перший етап – досліджувалися плоскі моделі, другий і третій етап – просторові моделі. Усі моделі мали однакову висоту базового елемента (рис. 1) [20], та були об'єднані у групи з однаковими базовими параметрами – навантаженням, фізико-механічними характеристиками матеріалів. Досліджувалися конструкції з прольотами 30, 36 та 42 м (рис. 2), у яких змінною характеристикою були кривизна конструкції й спосіб обпирання. Пошук оптимальних геометричних параметрів здійснювався методом кінцевих елементів. Для моделювання розрахункової схеми приймалось рівномірно розподілене навантаження по всій довжині покриття.

При проведенні досліджень циліндричної оболонки на першому етапі було отримано наближені параметри оптимізації, що дозволили використання вантових елементів. Вони характеризуються початковим кутом нахилу базового елемента до горизонту α в межах від 1° до 85° та стрілою підйому конструкції f в межах від 0 до радіуса кривизни конструкції. Ці характеристики були використані для побудови об'ємних моделей подальших досліджень [21].

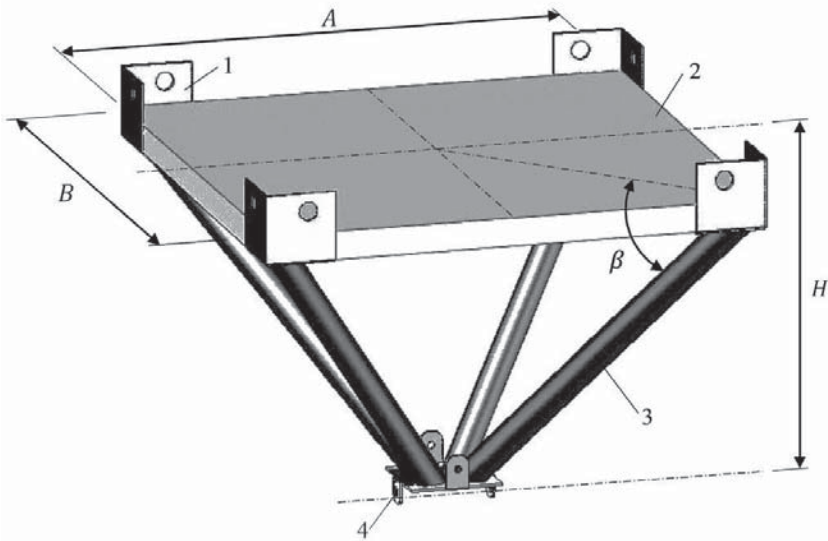


Рис. 1. Полегшений елемент структурної конструкції покриття:
1 – деталь вузла з'єднання; 2 – плити; 3 – стрижень; 4 – деталь вузла з'єднання нижнього пояса; A – довжина; B – ширина; H – висота; β – кут нахилу стрижня

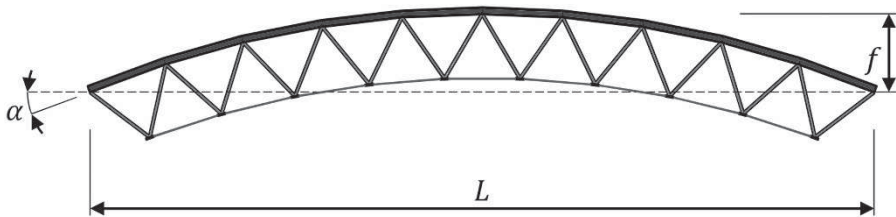


Рис. 2. Схема сталезалізобетонного структурно-вантового покриття:
 L – проліт покриття, приймається рівним 30, 36 та 40 м; α – кут нахилу площини покриття до її горизонтальної проекції, градуси; f – параметр, який визначає кривизну покриття

У результаті другого і третього етапів було отримано остаточні геометричні параметри. У таблиці 1 наведені оптимальні геометричні параметри сталезалізобетонних структурно-вантових елементів для циліндричних покриттів.

Таблиця 1

Геометричні параметри сталезалізобетонних структурно-вантових елементів циліндричних покриттів

| Параметр | Одиниця виміру | Значення | | |
|---|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Проліт, L | м | 30 | 36 | 42 |
| Стріла підйому, f | мм | 1400...1450 | 1460...1570 | 1580...2100 |
| Кут нахилу площини покриття до її горизонтальної проекції, α | градус | 9,0...9,9 | 10,0...10,9 | 11,0...12,3 |

Результатом дослідження є діапазон рекомендованих геометричних параметрів (стріла підйому арки та кут нахилу площини покриття до її горизонтальної проекції) для елементів циліндричних покриттів. Ці параметри можуть застосовуватися також і до інших покриттів позитивної кривизни при дотриманні відповідних умов обпирання.

Висновки. Проведені дослідження дозволили отримати необхідні геометричні параметри сталезалізобетонних структурно-вантових елементів циліндричних покриттів. Використання цих параметрів при проектуванні досліджуваних конструкцій дозволяє виключити можливість появи зусиль стиску в елементах нижнього поясу, що є необхідною умовою при експлуатації сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів. Крім циліндричних, отримані діапазони кутів нахилу та стріли підйому можна застосовувати для інших покриттів позитивної кривизни.

1. Гасій Г.М. Проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій покриття / Г.М. Гасій // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – К.: НДІБК, 2008. – Вип.70. – С. 269 – 277. 2. Гасій Г.М. Розрахунок вузлів сталезалізобетонної структурної конструкції за методом кінцевих елементів / Г.М. Гасій // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 119 – 124. 3. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій: Монографія / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник, Г.М. Гасій, С.О. Мурза – Полтава : АСМІ, 2008. – 262 с. 4. Стороженко Л.І. Просторові сталезалізобетонні структурно-вантові покриття: Монографія /Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, С.А. Гапченко – Полтава: ТОВ "АСМІ",

2015. – 218 с. **5.** Патент на корисну модель 59299 Україна, МПК E04B 1/04 Структурно-вантова сталезалізобетонна балкова конструкція / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; власник ПолтНТУ. №u201012550; опубл. 10.05.2011, Бюл. №9. **6.** Патент на корисну модель 59296 Україна, МПК E04B 1/04 Структурно-вантова висяча система / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; власник ПолтНТУ. №u201012545; опубл. 10.05.2011, Бюл. №9. **7.** Патент на корисну модель 59293 Україна, МПК E04B 1/04 Структурно-вантова сталезалізобетонна аркова конструкція / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; власник ПолтНТУ. №u201012539; опубл. 10.05.2011, Бюл. №9. **8.** Патент на корисну модель 69182 Україна, МПК E04B 1/00 Структурно-вантове склепіння / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; власник ПолтНТУ. №u201110922; опубл. 25.04.2012, Бюл. №8. **9.** Патент на корисну модель 69620 Україна, МПК E04B 1/04 Структурно-вантове купольне покриття / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; власник ПолтНТУ. №u201111574; опубл. 10.05.2012, Бюл. №9. **10.** Патент на корисну модель 70340 Україна, МПК E04B 1/04 Полегшена структурна сталезалізобетонна положиста оболонка / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; власник ПолтНТУ. №u201112978; опубл. 11.06.2012, Бюл. №11. **11.** Gasii G.M. Technological and design features of flat-rod elements with usage of composite reinforced concrete / G.M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №4. – P. 23 – 25. **12.** Storozhenko L.I. Experimental research of strain-stress state of ferrocement slabs of composite reinforced concrete structure elements / L.I. Storozhenko, G.M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №6. – P. 40 – 42. **13.** Гасій Г.М. Трудоемкость монтажа сталежелезобетонных конструкций / Г.М. Гасій // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – Макіївка: ДонНАБА, 2014. – Т.10. – №2. – С. 141–146. **14.** Лапенко О. І. Сучасні прогресивні сталезалізобетонні конструкції / О.І. Лапенко, Г.І. Гришко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научных трудов. Вип. 65. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – С. 314–317. **15.** Нижник О. В. Будівництво сталезалізобетонного безбалкового перекриття / О.В. Нижник // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 144–149. **16.** Стороженко Л. І. Проблеми створення та проектування сталезалізобетонних конструкцій / Л.І. Стороженко // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 129–136. **17.** Гасій Г.М. Експериментальні дослідження структурно-вантових покриттів / Г.М. Гасій // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. – 2014. – Вип. 3(42). – С. 47–51. **18.** Стороженко Л.І. Експериментальне дослідження деформативності окремих несучих елементів сталезалізобетонного структурно-вантового покриття: сб. научных трудов / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2015. – Вип. 82. – С. 219–225. **19.** Стороженко Л.І. Експериментальні дослідження армоцементних елементів покриття / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, С.А. Гапченко, В.В. Волошин // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. – 2014. – Вип. 1(40). – С. 97–103. **20.** Патент на корисну модель 59300 Україна, МПК E04B 1/04 Полегшений елемент структури конструкцій покриття споруд / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; власник ПолтНТУ. №u201012551; опубл. 10.05.2011, Бюл. №9. **21.** Стороженко Л.І. Пошук оптимальних параметрів структурно-вантових сталезалізобетонних покриттів за критерієм напружень розтягу в нижньому поясі: зб. наук. статей / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, Ю.Л. Гладченко // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – 2011. – Вип. 9. – С. 173–179.