

ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВИХ ПОКРИТТІВ

Стороженко Л.І., Гасій Г.М., Гапченко С.А.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Наведено методику проектування сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів з визначенням оптимальних геометричних параметрів конструкції. Досліджено напружено-деформований стан конструкції теоретичним та експериментальним шляхом. На основі проведених досліджень запропоновані конструкції сталезалізобетонного структурно-вантового покриття типових розмірів.

Ключові слова: структура, ванти, сталезалізобетон, покриття, напружено-деформований стан, оптимізація.

Постановка проблеми. Сучасний етап зведення будівель та споруд як в Україні, так і в усьому світі характеризується впровадженням новітніх та ефективних конструкцій. Разом із цим постає проблема розроблення методики проектування цих конструкцій. До таких конструкцій належить сталезалізобетонне структурно-вантове покриття. Ефективність таких конструкцій полягає у зменшенні витрат цементу й сталі порівняно з аналогічними залізобетонними конструкціями і, як наслідок, загальної ваги. Об'єднання сталі й бетону для сумісної роботи дозволяє отримати композитний матеріал – армоцемент, з потрібними характеристиками міцності та техніко-економічними показниками.

Внаслідок незаперечних переваг, раціональної просторової роботи та високої техніко-економічної ефективності сталевих структурних покриттів, рішення об'єднати їх із армоцементом для сумісної роботи є перспективним напрямом розвитку будівельних конструкцій. Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття є комплексним, в якому сумісно працюють сталеві, вантові елементи та армоцементна плита. Використання таких конструкцій в будівництві потребує більш детальних досліджень та їх удосконалення. Особливістю запропонованих конструкцій є те, що верхні стиснуті пояси перехресних ферм сталеві структури замінені армоцементною плитою, а елементи нижнього поясу – на ванти або гнучкі стрижні, що сприймають тільки зусилля розтягу. Для ефективної роботи таких конструкцій покриття необхідно визначити їх оптимальні геометричні характеристики.

Тому вирішення питання розроблення методики проектування сталезалізобетонного структурно-вантового покриття за умови забезпечення високого рівня несучої здатності при низькій масі є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поступове впровадження сталезалізобетону в будівництво та постійне вдосконалення існуючих конструкцій породжує велику кількість досліджень [1, 2, 4, 5, 7-12, 14]. Значну увагу приділено дослідженню напружено-деформованого стану існуючих сталезалізобетонних конструкцій [3, 13]. Широко вивчаються конструкції зі стрічковим армуванням і різноманітні сталезалізобетонні елементи плоских покриттів [6]. Практично не до-

сліджуються просторові сталезалізобетонні конструкції, винятком є дослідження армоцементних конструкцій. Експериментальним та теоретичним шляхом встановлено ефективність використання армоцементу в конструкціях покриттів громадських і промислових будівель [6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. На основі аналізу існуючих досліджень виявлено переваги сталезалізобетонних покриттів. Складність проектування запропонованих конструкцій залежить від їх конструктивного рішення. Для підвищення інтересу до цих конструкцій необхідно дослідити основні питання, що стосуються особливостей запропонованих конструкцій, їх різновидів та конструктивного рішення.

Для впровадження запропонованих конструкцій в будівництво, необхідно вирішити проблему пошуку оптимальних геометричних параметрів покриття, які б задовольняли умови його роботи.

Мета статті. Визначення оптимальних геометричних параметрів запропонованих конструкцій при яких в елементах нижнього поясу виникають зусилля розтягу.

Виклад основного матеріалу. Структурно-вантове сталезалізобетонне покриття складається з окремих секцій, котрі поєднуються із полегшених елементів структури [6]. Полегшені елементи структури покриття поєднуються між собою за допомогою зварювання закладних деталей у верхньому поясі та гнучкими стрижнями (вантами) в нижньому поясі.

Для вирішення поставленої проблеми було розроблено програму теоретичних та експериментальних досліджень. Теоретичне дослідження зводилося до трьох етапів, перший етап – досліджувалися плоскі моделі, другий і третій етап – просторові моделі. При прийнятті геометричних розмірів дослідних зразків з метою зменшення трудомісткості досліджень застосовано теорію подібності, тому всі моделі мали висоту полегшеного елемента структури $H=1,5$ м (рис. 1) [9]. Зразки були об'єднані у групи із однаковими базовими параметрами: навантаження та фізико-механічні характеристики матеріалів. Досліджувалися конструкції з прольотами 30, 36 та 42 м, в яких змінною характеристикою була кривизна конструкції та спосіб її спирання. Приймалися дві схеми об-

Таблиця 1

Оптимальні параметри сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів

Параметр	Одиниця виміру	Значення		
Прольот, 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

Джерело: розробка авторів

пирання: з шарнірно-нерухомими та шарнірно-рухомими в'язями.

Для моделювання розрахункової схеми приймалось рівномірно-розподілене навантаження по всій довжині покриття.

При проведенні досліджень циліндричної оболонки на першому етапі отримано наближені параметри оптимізації, що дозволяють використовувати вантові елементи. Для першого варіанта обпирання вони характеризуються початковим кутом нахилу «модуля» до горизонту у межах $0^\circ - 85^\circ$ та стрілою підйому конструкції f (рис. 2). Ці характеристики зведено до таблиці 1 та використано при побудові об'ємних моделей у подальших дослідженнях.

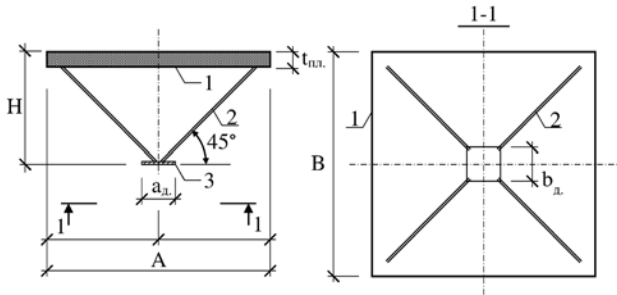


Рис. 1. Полегшений елемент структурної конструкції покриття:

1 – армоцементна плита; 2 – сталеві стрижні; 3 – елемент нижнього пояса у вигляді сталеві пластина з товщиною t , мм; H – висота полегшеного елемента, м; A та B – розміри у плані полегшеного елемента, м; a_d та b_d – розміри сталеві пластина, м; $t_{пл.}$ – товщина армоцементної плити, м.

Джерело: розробка авторів

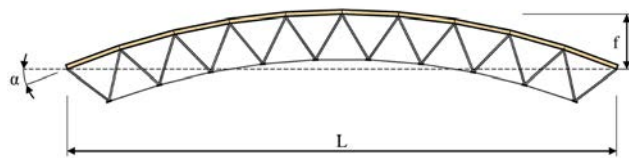


Рис. 2. Основні досліджувані геометричні параметри сталезалізобетонного структурно-вантового покриття:

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

Джерело: розробка авторів



Рис. 3. Узагальнена діаграма розподілу внутрішніх зусиль від навантаження в елементах сталезалізобетонного структурно-вантового покриття для зразків прольотом 30, 36 та 42 м

Джерело: розробка авторів

Далі аналогічно дослідженням плоскої схеми, моделюється просторова секція положистої оболонки (рис. 4) з прольотами 30, 36, 42 м., в яких змінною характеристикою є кривизна конструкції, що знаходяться в межах оптимальних параметрів наведених у табл. 1.

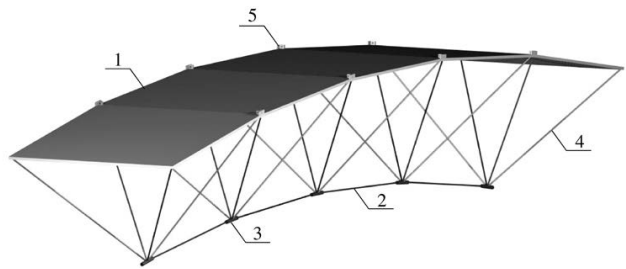


Рис. 4. Фрагмент аркового сталезалізобетонного структурно-вантового покриття попередньо укрупнених із полегшених елементів:

1 – армоцементна плита; 2 – нижній пояс із вантів; 3 – вузол з'єднання вантів структурної решітки; 4 – стрижні структурної решітки; 5 – вузол з'єднання армоцементних плит

Джерело: розробка авторів

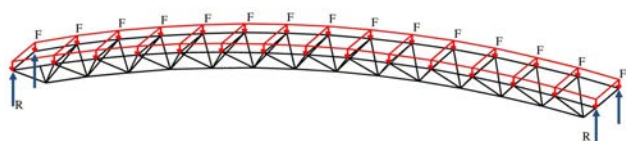


Рис. 5. Розрахункова схема секції покриття прольотом 42 м з навантаженням F на плиту

Джерело: розробка авторів

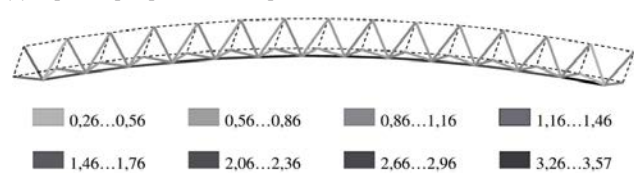


Рис. 6. Розподіл внутрішніх зусиль в елементах секції сталезалізобетонного структурно-вантового покриття прольотом 42 м зі змінним параметром $\alpha=8,36^\circ$

Джерело: розробка авторів

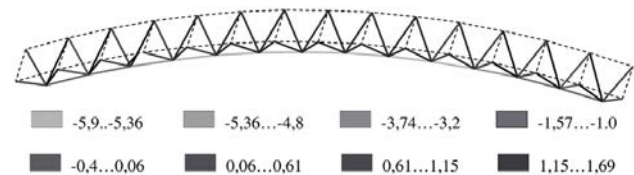


Рис. 7. Розподіл внутрішніх зусиль в елементах секції сталезалізобетонного структурно-вантового покриття прольотом 42 м зі змінним параметром $\alpha=12,37^\circ$

Джерело: розробка авторів

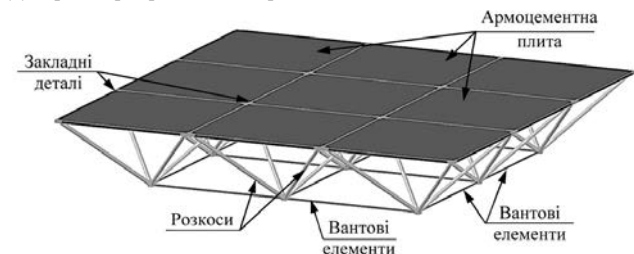


Рис. 8. Фрагмент покриття з гнучкими вантами

Джерело: розробка авторів

Завершальним етапом оптимізації параметрів конструкції є моделювання поведінки структурно-вантового покриття в цілому (рис. 8). Розрахункова схема моделюється аналогічно попереднім. При цьому використовуємо параметри, які отримані раніше.

Висновки і пропозиції. На основі дослідження поведінки положистої оболонки, було встановлено, що елементи нижнього пояса сприймають

лише зусилля розтягу з максимальним значенням в середині прольоту. Стрижні решітки сприймають зусилля стиску та розтягу. Верхній пояс конструкції працює на стиск. Зокрема, при рівномірному розподіленому навантаженні:

Застосування вантових елементів доцільно при шарнірно-рухомій схемі обпирання аркової конструкції, тоді у всіх елементах нижнього пояса окремої секції виникають розтягуючі зусилля.

Застосування вантових елементів при шарнірно-нерухомій схемі обпирання аркової конструкції

можливо лише при куті нахилу першого структурного модулю до 12°.

Шарнірно-нерухома схема обпирання дозволяє значно зменшити внутрішні зусилля в елементах решітки та нижнього поясу, проте в елементах верхнього поясу (плиті) виникають значні напруження, а в вузлах спирання значна концентрація напружень.

В вузлах з'єднання структурної решітки та плити виникають значні локальні концентрації внутрішніх зусиль, що необхідно враховувати при розрахунку.

Список літератури:

1. Гасій Г.М. Зведення структурних сталезалізобетонних покриттів / Г.М. Гасій // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – С. 73-74.
2. Гасій Г.М. Монтаж структурно-вантових сталезалізобетонних оболонок / Г.М. Гасій // Проблеми сучасного будівництва: Матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів. – Полтава 2012. – С. 274-275.
3. Гасій Г.М. Напружено-деформований стан структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій покриття / Г.М. Гасій // Проблеми сучасного будівництва: Матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів. – Полтава 2012. – С. 121-122.
4. 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.
5. 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.
6. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник, Г.М. Гасій, С.О. Мурза. – Полтава: АСМІ, 2008. – 262 с.
7. Особливості сталезалізобетонних структурних покриттів та їх будівництва / Л.І. Стороженко, Л.І. Сердюк, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник, Г.М. Гасій // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць. – Полтава: ПолтНТУ. – 2006. – Вип. 18. – С. 90 – 96.
8. Пат. 59293 Україна, МПК E04B 1/04. Структурно-вантова сталезалізобетонна аркова конструкція / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; патентовласник Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – № u201012539; опубл. 10.05.2011. Бюл. № 9.
9. Пат. 59300 Україна, МПК E04B 1/04. Полегшений елемент структури конструкцій покриття споруд / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; патентовласник Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – № u201012551; опубл. 10.05.2011. Бюл. № 9.
10. 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
11. 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.
12. Стороженко Л.І. Особливості роботи структурно-вантових покриттів / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, С.А. Гапченко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научных трудов. Вып. 69.-Дн-вск, ПГАСА, 2013. – С. 488-491.
13. Стороженко Л.І. Результати експериментальних досліджень сталезалізобетонного структурного покриття / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, Г.М. Гасій // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2008. – Вип. 16. – С. 376-381.
14. Стороженко Л.І. Структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції покриттів / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. // Зб. наук. статей. Вип. 9. – Кривий Ріг: КТУ, 2011. – С. 168-172.

Стороженко Л.І., Гасій Г.М., Гапченко С.А.

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация

Приведена методика проектирования сталежелезобетонных структурно-вантовых покрытий с определением оптимальных геометрических параметров конструкции. Исследовано напряженно-деформированное состояние конструкции теоретическим и экспериментальным путем. На основе проведенных исследований предложены конструкции сталежелезобетонного структурно-вантового покрытия типовых размеров.

Ключевые слова: структура, ванты, сталежелезобетон, покрытие, напряженно-деформированное состояние, оптимизация.

Storozhenko L.I., Gasiy G.M., Gapchenko S.A.

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

DESIGN OF COMPOSITE STRUCTURE CABLE COVERINGS

Summary

The methods of design of composite structures cable coverings with obtain optimal geometric parameters the construction. The stress-deformed state of the finite element method. Based on the researches suggested a standard sizes a composite structures cable coverings.

Keywords: a structure, a steel cable, composite, covering, the stress-strain state, optimization.