

## ВУЗЛОВЕ З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОСТОРОВОГО СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ

Гасій Г.М.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Розглянуто конструктивне рішення вузла з'єднання елементів нижнього пояса сталезалізобетонного структурно-вантового покриття. Особливість такого рішення полягає в тому, що вузол складається із з'єднаних між собою гнучких елементів. Елементи виготовлені зі сталевих канатів і мають на кінцях сталеві деталі кріплення. За рахунок такого поєднання елементів нижнього пояса сталезалізобетонного структурно-вантового покриття забезпечується сумісна та надійна робота конструкції в цілому. Запропонований вузол не складний і не трудомісткий у виготовленні й монтажі. Внаслідок застосування сталевих канатів зменшується загальна вага конструкції, досягається значна економія матеріалів, і як наслідок вартість конструкції.

**Ключові слова:** структура, ванти, сталезалізобетон, покриття, болт, просторова конструкція.

**Постановка проблеми.** Сучасний етап зведення будівель та споруд як в Україні, так і в усьому світі характеризується впровадженням новітніх та ефективних 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.

Унаслідок 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 стрижневі елементи та армоцементна плита. Існуючі вузли з'єднання елементів просторових конструкцій є трудомісткими та складними у виготовленні, тому для широко впровадження в практику будівництва запропонованих конструкцій необхідно розробити ефективні вузли з'єднання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Впровадження нових конструкцій породжує велику кількість досліджень [11, 13, 15, 18-20]. Значну увагу приділено дослідженню напружено-деформованого стану конструкції в цілому [4, 14, 16]. Практично не досліджуються окремі деталі та елементи з'єднання просторових сталезалізобетонних конструкцій.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** На основі аналізу останніх публікацій, виявлено не вирішену частину досліджень сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів, а саме розроблення та дослідження ефективних, легких і не трудомістких у виготовленні та монтажі вузлів.

**Мета статті.** Розроблення ефективного вузла з'єднання працюючих на розтяг гнучких елементів нижнього пояса сталезалізобетонного структурно-вантового покриття.

**Виклад основного матеріалу.** Структурно-вантове сталезалізобетонне покриття складається з окремих секцій, котрі поєднуються із полегшених елементів структури (рис. 1) [8]. Полегшені елементи структури покриття поєднуються між собою за допомогою зварювання закладних деталей у верхньому поясі та гнучкими стрижнями (вантами) в нижньому поясі [10].



**Рис. 1. Фрагмент збірної сталезалізобетонного структурно-вантового покриття**  
1 – армоцементна плита; 2 – елементи сталевий структурної решітки; 3 – гнучкі елементи нижнього поясу; 4 – вузол з'єднання гнучких елементів нижнього поясу

Джерело: розробка автора

Сталезалізобетонне структурно-вантове покриття зводиться у збірному варіанті. За рахунок таких конструкцій можуть утворюватися покриття різноманітної кривизни та розмірів у плані [1-3, 5-7, 9, 12, 17]. Кривизна досягається за рахунок зміни довжини сталевих канатів. Тому, виникає потреба застосовувати надійні, легкі та прості у виготовленні вузли з'єднання.

Запропонований вузол з'єднання елементів нижнього пояса виготовляється із застосуванням наконечників, які обтискають кінців сталевих канатів і мають отвори (рис. 2). Така конструкція вузла дозволяє збирати покриття на місці будівництва з елементів повної заводської готовності, що різко знижує трудомісткість збирання й монтажу та не потребує кваліфікованої робочої сили.

Виготовлення елементів конструкції повинно бути висококомплікованим, насамперед це стосується виготовлення фасонних вузлових деталей та обробки кінців канатів. Стрижневі елементи виготовляють у заводських умовах з утворенням отвору в наконечниках. Через ці отвори стрижневі елементи об'єднуються між собою у взаємно перекресних напрямках через болт. Утворений вузол кріпиться за допомогою зварювання до похилих стрижнів структурної решітки через пластину. Виготовлення стрижневих елементів нижнього поясу полягає в нарізанні канату на елементи певної довжини, обробці кінців та збірці вузлових деталей. Виготовлення вузлових деталей включає в себе операції різання сталевих канатів, складання, штампування й обробки наконечників на свердлильних і фрезерних верстаках або кування, штампування з наступною збіркою.

Допустиме відхилення довжини стрижневого елемента від проектного значення знаходиться в межах  $\pm 2$  мм. На різьбі болта, через який з'єднуються канати, не допускаються рвання і викривлення ниток різьблення, якщо вони по глибині виходять за межі середнього діаметра різьби або їх довжина перевищує 8% загальної довжини різьби по гвинтовій лінії.

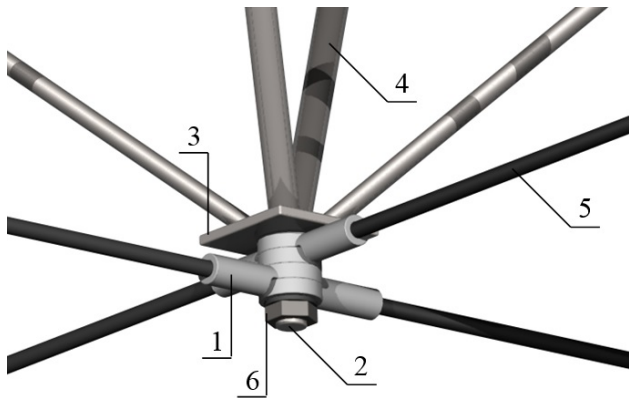


Рис. 2. Вузол з'єднання елементів нижнього поясу зі сталевго канату:

1 – наконечник; 2 – високоміцний болт; 3 – сталевая пластина; 4 – структурна решітка покриття; 5 – елементи нижнього поясу; 6 – гайка.

Джерело: розробка автора

Усі готові вироби рекомендується піддавати прийнятно-здавальним випробуванням, при яких перевіряється якість матеріалів, зварювання, якість різьблення, міцність, твердість, геометричні розміри, якість поверхні, зовнішній вигляд, комплектність і т.д. Запропонована технологія виготовлення вузлів є продуктивною і дозволяє отримувати міцні та надійні елементи.

Просторові конструкції montуються із попереднім укрупненням у секції, блоки або картини, тому перед монтажем покриття необхідно сформувати з окремих елементів заводського виготовлення нижній пояс. Простота збирання нижнього поясу визначається просторовою структурою. На відміну від звичайних металевих конструкцій, з'єднання запропонованих вузлів виконується на одиночних болтах. Для затягування болтів, що сприймають застосовують калібровані ключі. Мала маса елементів і простота з'єднання дозволяє монтувати сталезалізобетонні просторові конструкції без значних капітальних затрат будівельною організацією.

Для підтвердження надійності і ефективності запропонованого вузла були проведені дослідження наконечників. На рис. 3 наведені діаграми розподілу напружень по тілу наконечника, а на рис. 4 наведені діаграми розподілу напружень по тілу вузла з'єднання.

В результаті проведених досліджень було встановлено характер розподілу напружень, місця

концентрації напружень та характер руйнування. Внаслідок отриманих даних було визначено міцність наконечників вантових елементів нижнього поясу сталезалізобетонного структурно-вантового покриття. Було встановлено, що найбільші напруження виникають у місці переходу циліндричної частини наконечника в кільце. На основі відомостей про концентрації напружень було проведено оптимізацію геометричних параметрів наконечника та фізико-механічних властивостей матеріалу.

На основі досліджень було підтверджено ефективність, надійність та міцність з'єднувальних деталей вузла.

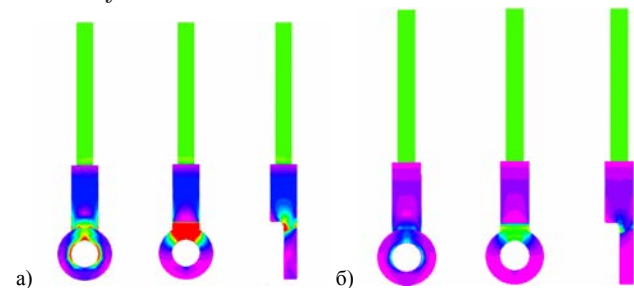


Рис. 3. Розподіл напружень по тілу наконечника:  
а) від руйнівного навантаження;  
б) від розрахункового навантаження

Джерело: розробка автора

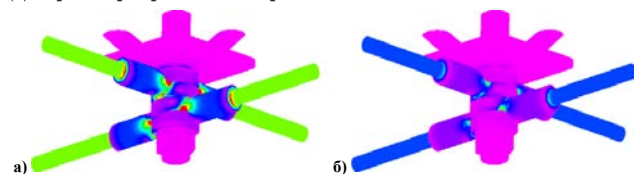


Рис. 4. Розподіл напружень по тілу вузла з'єднання:  
а) від руйнівного навантаження;  
б) від розрахункового навантаження

Джерело: розробка автора

**Висновки і пропозиції.** Вузол з'єднання елементів зі сталевго канату нижнього поясу структурно-вантового покриття є надійним в експлуатації та простий у монтажі. Такі переваги дозволяють ефективно застосовувати такий вузол для з'єднання елементів просторових структурно-вантових покриттів.

Вузол з'єднання елементів зі сталевго канату нижнього поясу структурно-вантового покриття належить до будівництва, зокрема до елементів просторових конструкцій покриття. Використовується для з'єднання по нижньому поясу полегшених структурно-вантових елементів покриття великопролітних промислових та громадських будівель і споруд.

Ефективність запропонованого вузлового з'єднання полягає в загальній економії матеріалів, низькій масі й трудомісткості, легкості та швидкості монтажу.

## Список літератури:

1. Гасій Г.М. Техніко-економічне обґрунтування ефективності потокового методу зведення сталезалізобетонного структурно-вантового покриття [Текст] / Г. М. Гасій // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2014. – Вип. 2(39). – С. 176–177.
2. Гасій Г. М. Зведення структурних сталезалізобетонних покриттів [Текст] : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. / Г. М. Гасій // Актуальні задачі сучасних технологій. – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – С. 73–74.
3. Гасій Г. М. Монтаж структурно-вантових сталезалізобетонних оболонок [Текст] : матер. Всеукр. інтернет-конф. мол. уч. і студ. / Г. М. Гасій // Проблеми сучасного будівництва. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 274–275.
4. Гасій Г. М. Напружено-деформований стан структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій покриття [Текст] : матер. Всеукр. інтернет-конф. мол. уч. і студ. / Г. М. Гасій // Проблеми сучасного будівництва. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 121–122.

5. 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.
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 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.
8. 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.
9. 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.
10. Патент на корисну модель 83704 Україна, МПК E04B 1/00 Вузол з'єднання елементів зі сталевого каната нижнього пояса структурно-вантового покриття / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій; власник ПолтНТУ. № u201303826; опубл. 25.09.2013. Бюл. № 18.
11. Патент на корисну модель 83704 Україна, МПК E04B 1/00 Плита зі сталевим обрамленням сталезалізобетонного структурно-вантового покриття / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій; власник ПолтНТУ. № u201400229; опубл. 10.06.2014. Бюл. № 11.
12. Стороженко Л. І. Особливості конструкції та технології монтажу нових просторових сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів [Текст] / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 1(70). Т.4. – С. 67–72.
13. Стороженко Л. І. Проектування сталезалізобетонних структурно-вантових покриттів [Текст] / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко // Молодий вчений. – 2014. – № 8. Ч.1. – С. 30–32.
14. Стороженко Л. І. Особливості роботи структурно-вантових покриттів [Текст] : сб. научных трудов / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2013. – Вып. 69. – С. 488–491.
15. Стороженко Л. І. Пошук оптимальних параметрів структурно-вантових сталезалізобетонних покриттів за критерієм напружень розтягу в нижньому поясі [Текст] : зб. наук. статей / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, Ю. Л. Гладченко // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – 2011. – Вып. 9. – С. 173–179.
16. Стороженко Л. І. Результати експериментальних досліджень макету структурно-вантової циліндричної оболонки [Текст] : матер. Всеукр. конф. мол. уч. і студ. / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко // Перспективи розвитку будівельної галузі. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 80–85.
17. Стороженко Л. І. Ресурсозберігаючі технології монтажу просторового сталезалізобетонного структурно-вантового покриття [Текст] / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко, М. О. Коршунов // Тези 66-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – Т. 3. – С. 31–32.
18. Стороженко Л. І. Структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції [Текст] : міжвід. наук.-техн. зб. / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко // Будівельні конструкції. – 2013. – Вып. 78. – Кн. 2. – С. 195–200.
19. Стороженко Л. І. Структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції покриттів [Текст] / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. – 2012. – Вып. 3(33). – С. 230–234.
20. Стороженко Л. І. Структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції покриттів [Текст] : зб. наук. статей / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – 2011. – Вып. 9. – С. 168–172.

**Гасій Г.М.**

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

## УЗЛОВЕ СОЄДИНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ

### Анотація

Рассмотрено конструктивное решение узла соединения элементов нижнего пояса сталежелезобетонного структурно-вантового покрытия. Особенность такого решения заключается в том, что узел состоит из соединенных между собой гибких элементов. Элементы изготовлены из стальных канатов и имеют на концах стальные детали крепления. За счет такого сочетания элементов нижнего пояса сталежелезобетонного структурно-вантового покрытия обеспечивается совместная и надежная работа конструкции в целом. Предложенный узел не сложный и не трудоемкий в изготовлении и монтаже. В результате применения стальных канатов уменьшается общий вес конструкции, достигается значительная экономия материалов, и как следствие стоимость конструкции.

**Ключевые слова:** структура, ванты, сталежелезобетон, покрытие, болт, пространственная конструкция.

**Gasii G.M.**

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

## NODE CONNECTION ELEMENTS OF A SPATIAL COMPOSITE COVERING

### Summary

Constructive solution a connection node elements of the lower belt composite grid-cable covering. The peculiarity of this solution lies in the fact that the assembly consists of interconnected flexible elements. Elements are made of steel ropes and has steel fasteners at the ends. Due to this combination of elements of the lower belt composite grid-cable covering is provided a joint and reliable operation of the structure as a whole. Proposed node is not complicated and time consuming in manufacture and assembly. Because of the use of steel wire rope reduces the total weight of the structure, achieved significant savings in material, and hence the cost a construction.

**Keywords:** a structure, a steel cable, composite, covering, bolt, spatial structure.