

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 624.012.41

Г. М. ГАСІЙ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Конструкції з металу, дерева та пластмас», Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий просп., 24, Полтава, Україна, 36011, ел. пошта grigoriigm@gmail.com, ORCID 0000-0002-1492-0460

### ДИНАМІКА РОЗВИТКУ, СУТНІСТЬ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

**Мета.** У будівництві з'явилася необхідність створення нових конструкцій, зокрема просторових систем покриття, застосування яких сприятиме економії матеріалів й зменшенню трудомісткості технологічних процесів монтажу та виготовлення. Узагальнивши результати попередньо проведеного теоретичного дослідження існуючих типів просторових конструкцій, у роботі потрібно знайти перспективні напрями розвитку нових конструкцій, які були б позбавлені недоліків аналогів із одночасним забезпеченням економічного ефекту за рахунок раціонального використання матеріалів та енергозбереження. **Методика.** Для досягнення поставленої мети було виконано дослідження конструктивних рішень різних просторових систем – аналіз вітчизняних та закордонних патентних баз, результатів експериментальних випробувань та теоретичних досліджень. **Результати.** Висвітлено основні етапи розвитку нового типу просторової конструкції – просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції; наведено інформацію про особливості її будови. Просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції – абсолютно новий вид просторових несучих систем, які завдяки оригінальному конструктивному рішенням мають широку галузь застосування. Базовим елементом створених конструкцій є модульний елемент, який має форму наскрізної піраміди та складається з плити й трубчастих стрижнів. Модульні елементи виробляються в заводських умовах. З просторових модулів можуть виготовлятися прямолінійні та криволінійні конструкції, а також різні несучі системи та їх комбінації. **Наукова новизна.** Автором сформульовано концепцію оригінальних конструктивних форм та їх несучих елементів. Запропоновано і створено нові види просторових структурно-вантових конструкцій для будівель та споруд різного призначення. **Практична значимість.** Розроблені структурно-вантові конструкції мають широку галузь застосування: вони можуть використовуватися для промислового та цивільного будівництва. Застосування створених конструкцій при будівництві будівель і споруд дозволяє отримати значний економічний ефект за рахунок раціонального використання матеріалів та заощадження енергоресурсів на стадії виготовлення й монтажу.

*Ключові слова:* пластина; труба; стрижень; модуль; верхній пояс; нижній пояс

#### Вступ

З урахуванням стану сучасної будівельної галузі та гострої потреби в нових ресурсоекономічних і енергоощадних конструкціях логічним і закономірним вирішенням проблеми є розроблення нових конструктивних рішень.

Просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції – новий вид просторових несучих систем з оригінальним конструктив-

ним рішенням, основне застосування яких – покриття будівель і споруд різного призначення, у тому числі великопролітних ангарів аеропортів, машинних галерей, депо, доків, споруд гірничої та металургійної промисловості, спортивних арен, стадіонів [3] тощо.

Огляд останніх джерел і публікацій показав, що з-поміж нині існуючих ефективних конструкцій найчастіше виділяють просторові рішення та композитні конструкції, особливість

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

яких полягає у поєднанні плит зі стрижневими елементами [1, 2].

Зважаючи на викладене, ідея об'єднати новим способом в одну цілісну конструкцію традиційні елементи – плити і стрижні, є оригінальною.

**Мета**

Розробити нову концепцію оригінальних та ефективних просторових конструкцій і їх несучих елементів та вирішити проблему їх створення.

**Методика**

Для досягнення поставленої мети та встановлення перспективних напрямів розвитку нових конструкцій було проведено ґрунтовний та всебічний аналіз різноманітних конструктивних рішень просторових систем, вітчизняних та закордонних патентних баз, результатів експериментальних випробувань та теоретичних досліджень.

**Результати**

Просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції об'єднують у собі переваги структурних, висячих і композитних конструкцій. Відмінною рисою, яка виокремлює просторову структурно-вантову сталезалізобетонну конструкцію з-поміж інших в окремий вид є її будова. Будова конструкції дозволяє максимально ефективно і раціонально використовувати міцнісні властивості будівельних матеріалів.

Отриманню такої конструкції передувала довготривала робота з пошуку оптимальних способів поєднання різнотипних елементів та шляхів удосконалення існуючих конструктивних рішень. Динаміку розвитку просторових сталезалізобетонних структурно-вантових конструкцій можна відобразити узагальненою блок-схемою (рис. 1).

Першим кроком у зміцненні намірів створити новий вид конструкцій та першим етапом у їх розвитку було отримання узагальнюючих відомостей про особливості, переваги та недоліки існуючих конструкцій будівель і споруд різного призначення. До конструкцій, які привернули увагу, належать сталезалізобетонні

конструкції та просторові системи. З огляду на вимоги, які висуваються до сучасних будівельних конструкцій, з-поміж всього різноманіття конструктивних рішень згаданих видів конструкцій, перспективними є сталезалізобетонні плити, структурні плити і вантові системи.

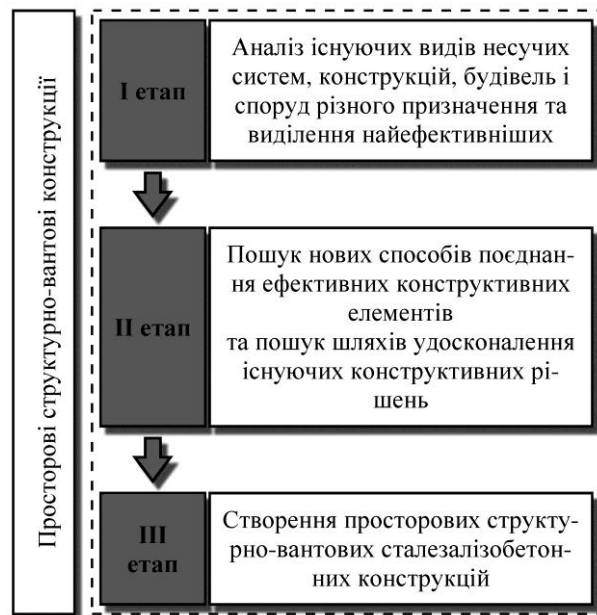


Рис. 1. Узагальнена блок-схема розвитку просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій

Fig. 1. Generalized block scheme of the development of steel and concrete composite cable space frames

сталезалізобетонні конструкції, завдяки поєднанню міцнісних властивостей сталі і бетону є надійними, жорсткими та мають високу несучу здатність. До того ж в таких конструкціях реалізовано принцип раціонального використання матеріалів. Останнім часом сталезалізобетонні конструкції з-поміж інших видів конструкцій зазнають найчастіших удосконалень і модифікацій конструктивних рішень та форм перерізів. Зважаючи на це, їх галузь застосування постійно розширюється. Ефективно застосовуються сталезалізобетонні конструкції і для зведення просторових несучих системи, зокрема покриттів, а результати огляду існуючих просторових сталезалізобетонних покриттів та їх досліджень є цьому підтвердженням [6, 9, 11–14].

Що стосується структурних плит, то до їх переваг відносять: просторову роботу; здат-

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ність перерозподіляти внутрішні зусилля; стійкість до динамічних навантажень та локальних пошкоджень. При цьому такі конструкції є порівняно легкими, дозволяють перекривати значні прольоти, мають архітектурну виразність, а елементи таких конструкцій працюють на осьові зусилля, що беззаперечно сприяє раціональному використанню матеріалів [4].

Стосовно вантових конструкцій слід зазначити, що вони мають аналогічні переваги, що і структурні, а саме: низьку вагу; можливість перекривати значні прольоти; роботу елементів на осьові зусилля, при чому лише розтягу [10].

Проаналізувавши досвід застосування, результати експериментальних і теоретичних досліджень та особливості роботи таких конструкцій, було зроблено висновок про доцільність пошуку шляхів позбавлення від їх недоліків з метою створення нових ефективних поєднань конструктивних елементів.

Процес пошуку нових способів поєднання несучих елементів та удосконалення існуючих конструктивних рішень сформував другий етап розвитку просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій. На цьому етапі, окрім прямих спроб винайти новий спосіб поєднання конструктивних елементів та принципи їх взаємного розташування у просторі, основна увага була приділена аналізу недоліків розглянутих конструкцій та шляхів їх вирішення.

Першочерговим завданням при розробленні нової конструкції шляхом удосконалення існуючих було вирішення спільної для більшості досліджуваних конструкцій проблеми, яка полягала в надмірній складності вузлових з'єднань. Актуальність вирішення цього питання визначається ще й тим, що несуча здатність та надійність вузлів визначає загальну несучу здатність та надійність конструкції в цілому. У сталезалізобетонних конструкціях ця проблема полягає в необхідності застосування різноманітних анкерних засобів [5] у перерізах сполучення сталевих деталей та бетону, а це загалом обтяжує і ускладнює конструкцію. Інколи для забезпечення сумісної роботи сталевих елементів та бетону в комбінованих сталезалізобетонних конструкціях виникає необхідність застосування сталевих профілів, зокрема двотаврових, до яких приварюються анкерні засоби, що збільшує вагу конструкції. У конструкціях та-

кого типу спільну роботу сталевих елементів та бетону також можна забезпечити шляхом сумісного бетонування, внаслідок чого утворюються інтегровані системи. Саме такий спосіб забезпечення сумісної роботи сталевих частин конструкції і бетону, зокрема сталевих стрижневих елементів і залізобетонних плит, є перспективним напрямком розвитку нових конструкцій.

У структурних плитах складність вузлових з'єднань є надзвичайно гострим питанням, оскільки вона визначає загальну складність, вагу, вартість та трудомісткість зведення таких покриттів. Спираючись на результати аналізу досліджень вузлових з'єднань структурних плит, встановлено, що найефективнішим рішенням вузла з'єднання є конструкція із застосуванням коннекторів, які виготовлені у вигляді фасонних деталей, але при цьому необхідно знайти їх оптимальну конфігурацію, яка дозволить звести до мінімуму загальну довжину зв'язного шва чи кількість болтів у з'єднанні.

У вантових конструкціях основним недоліком є їх деформація та здатність до провисання від власної ваги при похилому положенні та великій довжині, тому перспективним напрямком модифікації таких конструкцій є пошук оптимальної довжина елементів та ефективного положення в просторі. Цього можна досягти шляхом поєднання вантових елементів із жорсткими в комбінованих конструкціях. Корисним у вирішенні цього питання також може бути світовий досвід проектування архітектурних форм та конструкцій, в яких успішно застосовуються елементи, що за функціональним призначенням схожі з вантами. Найвідомішими представниками таких конструкцій є системи тансегріті [15]. У таких системах реалізується ідеальне використання властивостей конструктивних елементів. Це системи, які складаються з гнучких і жорстких стрижнів, відповідно гнучкі сприймають лише розтяг, а жорсткі – стиск. Очевидно, що ідея тансегріті може бути корисною в розробленні нових будівельних конструкцій.

Щодо пошуку нових форм та способів поєднання конструктивних елементів, основна увага була приділена стрижневим і плитним елементам та їхнім комбінаціям.

Загалом, конструкції, які позбавлені згаданих недоліків шляхом удосконалення, розгля-

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

далися як нові конструктивні рішення, які слугували основою для створення просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій.

Узагальнюючи отримані дані двох перших етапів, був чітко сформований прообраз майбутньої конструкції. Перш за все, це конструкція, одним зі складових елементів якої повинен бути стрижневий елемент, який працюватиме лише на осьові зусилля. Залежно від того, які будуть діяти зусилля: стиску чи розтягу, стрижень може бути жорстким або гнучким. Прообраз нової конструкції за положенням стрижневих елементів у просторі представляє двопоясну трубчасту стрижневу решітку (рис. 2). Однак, зважаючи на те, що розроблена решітка за будовою нагадувала існуючі структурні конструкції, то виникла необхідність проведення модифікацій і удосконалень, які б дозволили стве-

рджувати про розроблення нової конструкції. Першою була ідея структурних сталезалізобетонних конструкцій, які виготовлялися б у вигляді структурних плит з монолітною залізобетонною плитою. Проаналізувавши можливість такого вдосконалення зроблено висновок, що такий підхід дозволяє знизити витрати сталі за рахунок заміни сталевих елементів верхнього пояса на залізобетонні. Ефективність такого рішення підтверджується ще й тим, що у двопоясних конструкціях елементи верхнього пояса працюють на стиск, а як відомо, бетон добре працює на такий вид зусиль, тому раціональніше б у такому випадку застосовувати саме його. Отже, першим удосконаленням прообразу нових просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій була заміна верхнього стрижневого трубчастого пояса на плитні залізобетонні елементи.

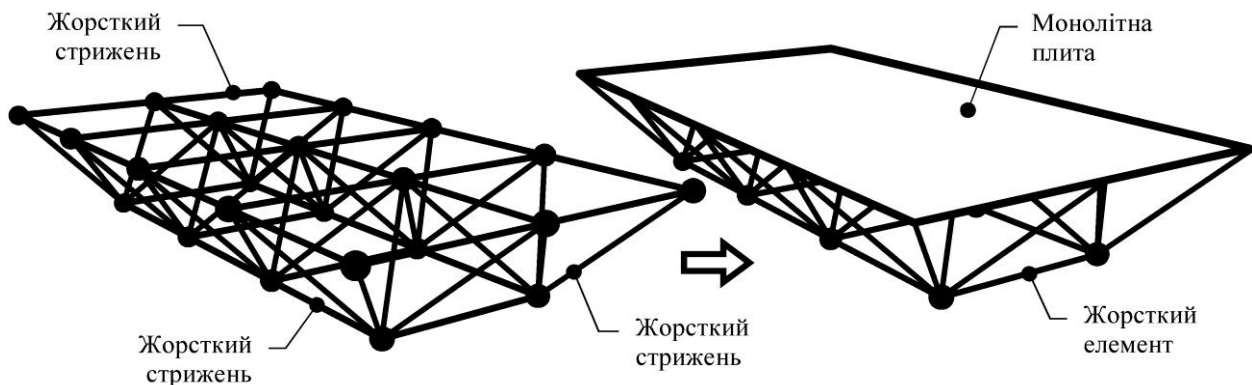


Рис. 2. Удосконалення стрижневої решітки

Fig. 2. Improvement of the rod lattice

Відштовхуючись від ідеї заміни елементів одного типу на елементи іншого типу (у залежності від виду внутрішніх зусиль), було прийнято рішення провести модифікацію нижнього пояса шляхом заміни жорстких трубчастих стрижнів на гнучкі, оскільки елементи нижнього пояса у конструкціях такого типу працюють на розтяг, то у такому випадку раціональніше застосовувати саме гнучкі елементи. Таким чином було розроблено плитно-стрижневу систему з гнучкими і жорсткими елементами, яка повністю відповідає положенням розробленої концепції нової конструкції. Однак, така систе-

ма не була гнучкою до формоутворення криволінійних поверхонь і мала утруднену технологію зведення, тому подальшим кроком у розвитку просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій був поділ розробленої плитно-стрижневої конструкції на модульні елементи заводського виготовлення (рис. 3). Таким чином було розроблено новий вид будівельних конструкцій – просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції [8]. Заключною стадією створення таких конструкцій була розробка вузлових з'єднань.

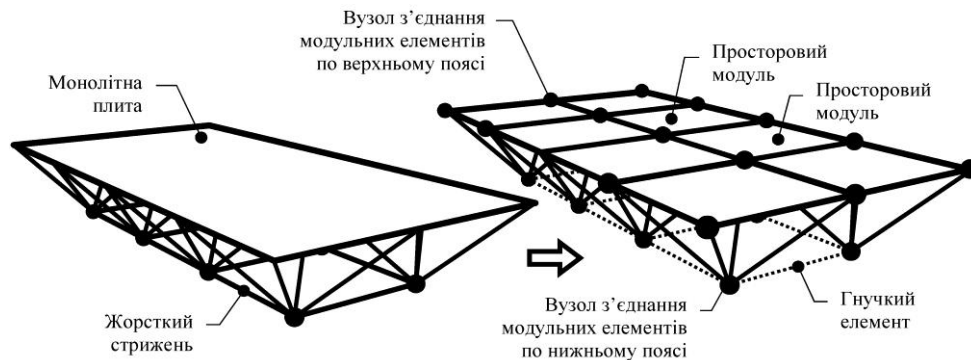


Рис. 3. Створення просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції

Fig. 3. Creation of steel and concrete composite cable space frames

Отже, розроблена конструкція є збірною двопоясною системою, що складається з просторових сталезалізобетонних модулів і гнучких елементів. Верхній пояс виготовляється з плит, які залежно від армування можуть бути залізобетонними, армоцементними чи сталезалізобетонними. Нижній пояс виготовляється у вигляді вант, що призначені сприймати лише зусилля розтягу. Особливістю розроблених конструкцій є те, що вони поєднують у собі переваги композитних, структурних і вантових конструкцій, а також при їх зведенні немає потреби в улаштуванні покрівлі, оскільки верхній пояс одночасно виконує дві функції: несучу і огорожувальну, тому внутрішній простір будівлі надійно захищений від атмосферних та інших зовнішніх впливів.

#### Наукова новизна та практична значимість

Основна ідея розроблених конструкцій полягає в набутті ними високих міцнісних характеристик та техніко-економічних показників за рахунок поєднання ефективних конструктивних рішень, елементи яких працюють тільки на стискання або тільки на розтягнення. В основі розроблених конструкцій закладено використання принципу модульності елементів, тобто застосування багаторазово повторювальних конструктивних елементів повного заводського виготовлення.

Мета розробки просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій полягала в отриманні за рахунок об'єднання переваг та позбавлення недоліків найближчих аналогів нових конкурентоздатних рішень розробки пок-

риттів будівель і споруд, у тому числі різноманітних оболонок та інших просторових форм.

Сутність розроблених конструкцій полягає у новому способі поєднання конструктивних елементів, у результаті чого досягається суміщення несучої і огорожувальної функцій, скорочення термінів будівництва, раціональна просторова робота та жорсткість, здатність до розбирання та повторного збирання без руйнування елементів чи вузлів конструкції.

Слід також зазначити, що розроблені конструкції мають простіший спосіб забезпечення сумісної роботи елементів, ніж звичайні сталезалізобетонні конструкції; менш складні у виготовленні й улаштуванні вузли з'єднання, ніж традиційні структурні конструкції; меншу деформативність, ніж вантові конструкції. До того ж розроблені конструкції є архітектурно виразними, мають низьку вагу, є ресурсоекономічними [7], ніж інші види конструкцій при аналогічних розмірах та несучій здатності.

Застосовуючи розроблені конструкції, можна зводити покриття різних розмірів і форм.

#### Висновки

На основі узагальнених даних, що отримані у результаті аналізу теоретичних та експериментальних досліджень існуючих конструктивних рішень, їх особливостей проектування та конструювання, переваг та недоліків, було запропоновано концепцію нових ефективних несучих систем, у відповідності до якої розроблено новий вид конструкцій – просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції.

За результатами теоретичних досліджень розроблених конструкцій було встановлено їх

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ефективність, порівняно з аналогами, виявлено ряд технологічних і конструктивних переваг, які відображені в наступних висновках:

1. До основних конструктивних особливостей просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій відноситься те, що вони є модульними збірними системами, в яких реалізовано принцип раціонального використання матеріалів завдяки оригінальному поєднанню несучих стрижневих і плитних елементів та ефективному використанні їх фізико-механічних властивостей, зокрема просторове поєднання у суцільну конструкцію жорстких стиснутих та гнучких розтягнутих стрижнів. Окрім цього, до їх особливостей належить багатofункціональність елементів конструкції, зо-

крема суміщення несучої та огорожувальної функцій у верхньому поясі.

2. До переваг технологічно характеру просторових структурно-вантових конструкцій відносяться: проста будова конструкції та не складна конструкція болтових вузлів з'єднання; проста технологія виготовлення модульних елементів та монтажу конструкції, яка не передбачає застосування складних та вартісних ріштувань та опалубних робіт.

Важливим є те, що для виготовлення нових конструкцій окрім сталі та бетону можуть використовуватися абсолютно різні види матеріалів (природні, композитні, полімерні).

Запропонована концепція та розроблені рішення захищені патентами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вибранець, Ю. Ю. Міцність і деформативність комбінованих металевих систем, об'єднаних у сумісну роботу зі залізобетонною плитою : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Вибранець Юрій Юрійович ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів, 2016. – 158 с.
2. Краснов, С. М. Удосконалення систем прогонних будов пішохідних мостів при динамічному впливі : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Краснов Сергій Миколайович ; Харк. нац. ун-т буд-ва й архітектури. – Харків, 2015. – 268 с.
3. Стороженко, Л. И. Особенности конструкции и технологии монтажа новых пространственных сталежелезобетонных структурно-вантовых покрытий / Л. И. Стороженко, Г. М. Гасий, С. А. Гапченко // Восточно-европ. журн. передовых технологий. – 2014. – № 1 (70), т. 4. – С. 67–72. doi: 10.15587/1729-4061.2014.26041.
4. Chilton J. Space grid structures / J. Chilton. – Boston : Architectural Press, 2000. – 180 p.
5. Dan, D. Theoretical and experimental study on composite steel–concrete shear walls with vertical steel encased profiles / D. Dan, A. Fabian, V. Stoian // J. of Constructional Steel Research. – 2011. – Vol. 67. – Iss. 5. – P. 800–813. doi: 10.1016/j.jcsr.2010.12.013.
6. Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab / H. S. Abbas, S. A. Bakar, M. Ahmadi, Z. Haron // Gradevinar. – 2015. – Vol. 67, No. 3. – P. 225–233. doi: 10.14256/JCE.1112.2014.
7. Gasii, G. Estimate of technical and economic benefits of a new space composite structure / G. Gasii, O. Hasii, O. Zabolotskyi // MATEC Web of Conferences. – 2017. – № 116. doi: 10.1051/mateconf/201711602014.
8. Gasii, G. M. Types of steel and concrete composite cable space frames / G. M. Gasii // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 6 (66). – P. 158–165. doi: 10.15802/stp2016/90514.
9. Johnson, R. P. Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns, and Frames for Buildings / R. P. Johnson. – 3rd ed. – Oxford : Blackwell, 2004. – 252 p.
10. Krishna, P. Cable-suspended roofs: second edition / P. Krishna, P. N. Godbole. – New Delhi : McGraw-Hill Companies, 2013. – 304 p.
11. Nathan, W. A Composite Structural Steel and Prestressed Concrete Beam for Building Floor Systems / W. Nathan. – Lincoln : University of Nebraska, 2012. – 112 p.
12. Oehlers, D. J. Composite Steel and Concrete Structures: Fundamental Behavior / D. J. Oehlers, M. A. Bradford. – Oxford : Elsevier, 2013. – 588 p.
13. Perera S. V. T. J. Shear capacity of composite deck slabs with concrete filled steel tubes : Ph.D thesis / S. V. T. J. Perera ; University of Moratuwa. – Muratuwa, 2008. – 59 p.
14. Tang, R. Q. The static study on steel truss concrete slab composite structure / R. Q. Tang, Y. Huang // J. of Guizhou University. – 2013. – Vol. 5. – 23 p.
15. Zhang, J. Y. Tensegrity Structures: Form, Stability, and Symmetry / J. Y. Zhang, M. Ohsaki. – Tokyo : Springer Japan, 2015. – 300 p. doi: 10.1007/978-4-431-54813-3.

Г. М. ГАСИЙ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Конструкции из металла, дерева и пластмасс», Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский просп., 24, Полтава, Украина, 36011, эл. почта grigoriigm@gmail.com, ORCID 0000-0002-1492-0460

## ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ, СУЩНОСТЬ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Цель.** В строительстве появилась необходимость создания новых конструкций, в частности пространственных систем покрытия, применение которых будет способствовать экономии материалов и уменьшению трудоемкости технологических процессов монтажа и изготовления. Обобщив результаты предварительно проведенного теоретического исследования существующих типов пространственных конструкций, в работе необходимо найти перспективные направления развития новых конструкций, которые были бы лишены недостатков аналогов с одновременным обеспечением экономического эффекта за счет рационального использования материалов и энергосбережения. **Методика.** Для достижения поставленной цели были выполнены исследования конструктивных решений различных пространственных систем – анализ отечественных и зарубежных патентных баз, результатов экспериментальных испытаний и теоретических исследований. **Результаты.** Освещены основные этапы развития нового типа пространственной конструкции – пространственной структурно-вантовой сталежелезобетонной конструкции; приведена информация об особенностях ее строения. Пространственные структурно-вантовые сталежелезобетонные конструкции – совершенно новый вид пространственных несущих систем, благодаря оригинальному конструктивному решению имеют широкую область применения. Базовым элементом созданных конструкций является модульный элемент, имеющий форму сквозной пирамиды и состоящий из плиты и трубчатых стержней. Модульные элементы производятся в заводских условиях. С пространственных модулей могут изготавливаться прямолинейные и криволинейные конструкции, а также различные несущие системы и их комбинации. **Научная новизна.** Автором сформулирована концепция оригинальных конструктивных форм и их несущих элементов. Предложены и созданы новые виды пространственных структурно-вантовых конструкций для зданий и сооружений различного назначения. **Практическая значимость.** Разработанные структурно-вантовые конструкции имеют широкую область применения: они могут использоваться для промышленного и гражданского строительства. Применение созданных конструкций при строительстве зданий и сооружений позволяет получить значительный экономический эффект за счет рационального использования материалов и сбережения энергоресурсов на стадии изготовления и монтажа.

*Ключевые слова:* пластина; труба; стержень; модуль; верхний пояс; нижний пояс

G. M. GASII<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Structures from Metal, Wood and Plastics», Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pershotravnevyi Av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, e-mail grigoriigm@gmail.com, ORCID 0000-0002-1492-0460

## DEVELOPMENT, ESSENCE AND SCOPE OF APPLICATION OF STEEL AND CONCRETE COMPOSITE CABLE SPACE FRAMES

**Purpose.** In construction there is a need to create new structures, including spatial coverage systems, the use of which will save materials and reduce the complexity of assembling processes and manufacturing. Summarizing the results of preliminary theoretical study of existing types of spatial structures, purpose of the article is to find perspective directions for the development of new structures, which would be deprived of the drawbacks of analogues while ensuring the economic effect due to the rational use of materials and energy saving. **Methodology.** To achieve this purpose, the research of constructive solutions of various spatial systems was carried out. There were analyzed domestic and foreign patent databases and the results of experimental tests and theoretical studies. **Findings.** The main stages of development for a new type of spatial structure (steel and concrete composite cable space

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

frames) are highlighted. Information on the features of its structure is given. Steel and concrete composite cable space frames are a completely new type of spatial bearing systems, which, due to the original constructive decision, have a wide field of application. The basic element of created designs is the modular element that has the shape of a thorough pyramid and consists of a plate and tubular rods. Modular elements are manufactured in factories. Flat and curved designs, as well as various bearing systems and their combinations can be made from modulus. **Originality.** The author has formulated a concept of original constructive forms and their supporting elements. New types of spatial structural and cable structures for buildings and constructions of different purposes were proposed and created. **Practical value.** Designed steel and concrete composite cable space frames have a wide field of application, they can be used for industrial and civil construction. The use of created structures in the construction of buildings and structures can provide a significant economic effect due to the rational use of materials and energy saving at the stage of manufacturing and installation.

*Keywords:* plate; tube; rod; module; top chord; bottom chord

## REFERENCES

1. Vybranets, Y. Y. (2016). *Strength and strain of combined metal systems, composite with concrete plate*. (PhD thesis). Available from Lviv Polytechnic National University.
2. Krasnov, S. N. (2015). *Enhancement of pedestrian superstructure under dynamic influence*. (PhD thesis). Available from Kharkiv National University of Construction and Architecture.
3. Storozhenko, L. I., Gasii, G. M., & Gapchenko, S. A. (2014). Design features and technology of installation of new spatial constructions of composite grid-cable coverings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4, 1(70), 67-72. doi:10.15587/1729-4061.2014.26041
4. Chilton, J. (2000). *Space grid Structures*. Boston: Architectural Press.
5. Dan, D., Fabian, A., & Stoian, V. (2011). Theoretical and experimental study on composite steel-concrete shear walls with vertical steel encased profiles. *Journal of Constructional Steel Research*, 67 (5), 800-813. doi:10.1016/j.jcsr.2010.12.013
6. Abbas, H. S., Bakar, S. A., Ahmadi, M., & Haron, Z. (2015). Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab. *Gradevinar*, 67 (3), 225-233. doi:10.14256/JCE.1112.2014
7. Gasii, G., Hasii, O., & Zabolotskyi O. (2017). Estimate of technical and economic benefits of a new space composite structure. *MATEC Web of Conferences*, 116. doi:10.1051/mateconf/201711602014
8. Gasii, G. M. (2016). Types of steel and concrete composite cable space frames. *Science and Transport Progress*, 6 (66), 158-165. doi:10.15802/stp2016/90514
9. Johnson, R. P. (2004). *Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns, and Frames for Buildings*, (3d ed.). Oxford: Blackwell.
10. Krishna, P., & Godbole, P. N. (2013). *Cable-suspended roofs*, (2nd ed.). New Delhi: McGraw-Hill Companies.
11. deWit, N. (2012). *A Composite Structural Steel and Prestressed Concrete Beam for Building Floor Systems*. (Master's thesis). Lincoln: University of Nebraska.
12. Oehlers, D. J., & Bradford, M. A. (2013). *Composite Steel and Concrete Structures: Fundamental Behavior*. Oxford: Elsevier.
13. Perera, S. V. T. J. (2008). *Shear capacity of composite deck slabs with concrete filled steel tubes*, (PhD thesis). Available from University of Moratuwa, Sri Lanka.
14. Tang, R. Q., & Huang, Y. (2013). The static study on steel truss concrete slab composite structure. *Journal of Guizhou University*, 5.
15. Zhang, J. Y., & Ohsaki, M. (2015). *Tensegrity Structures: Form, Stability, and Symmetry*. Tokyo: Springer Japan. doi:10.1007/978-4-431-54813-3

Стаття рекомендована до друку д.т.н., проф. Л. І. Стороженко (Україна); д.т.н., проф. Д. О. Банніковим (Україна)

Надійшла до редколегії: 06.06.2017

Прийнята до друку: 12.09.2017