

УДК 624.074

## ПРОСТОРОВЕ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННЕ СТРУКТУРНО-ВАНТОВЕ ПОКРИТТЯ

СТОРОЖЕНКО Л. І.<sup>1</sup>, *д.т.н, проф.*,  
ГАСІЙ Г. М.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доцент*

<sup>1</sup> Кафедра конструкцій з металу, дерева та пластмас, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, ORCID ID: 0000-0002-3764-5641

<sup>2\*</sup> Кафедра організації і технології будівництва та охорони праці, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, e-mail: grigoriigm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1492-0460

**Анотація. Ціль.** Умови існуючої економіки і стан вітчизняного та світового будівництва породжують необхідність пошуку нових конструкцій, зокрема покриттів, які б задовольняли сучасним вимогам. Важливим моментом у пошуку конструктивних рішень нових конструкцій є використання надійних і сучасних матеріалів. До матеріалів, що володіють такими властивостями відносять сталь, сучасні бетони та армоцемент, ефективність використання останнього в просторових конструкціях покриття давно відома. Ефективність розроблених конструкцій, також залежить від використання матеріалів та забезпечення умов роботи їх на властиві для себе зусилля, таким чином, сталь раціонального використовувати в стрижневих системах, а армоцемент та залізобетон – в площинних. Враховуючи це, рішення об'єднати стрижневі і площинні елементи в одній цілісній просторовій конструкції та подальшого її дослідження з метою широкого впровадження в практику вітчизняного й зарубіжного будівництва є актуальним і перспективним напрямком розвитку будівельних конструкцій. **Методика.** На основі теоретичних досліджень стану сучасного будівництва просторових та сталезалізобетонних конструкцій виділити найбільш перспективні та ефективні конструктивні рішення. Враховуючи фізико-механічні властивості матеріалів і властивості конструктивних елементів запропонувати та розробити новий вид просторових покриттів. **Результати.** Запропоновано та розроблено нові просторові конструкції – сталезалізобетонні структурно-вантові покриття з виділенням їх основних переваг та конструктивних особливостей. **Наукова новизна.** Розроблені нові ефективні конструкції покриттів, які призначені для перекриття великопролітних будівель та споруд. **Практична значимість.** Розроблені сталезалізобетонні структурно-вантові покриття призначені для промислового та цивільного будівництва. Застосування розроблених конструкцій для зведення покриття великопролітних будівель та споруд дозволяє отримати значний економічний ефект за рахунок раціонального використання матеріалів.

**Ключові слова:** структура, сталезалізобетон, вант, просторове покриття.

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОЕ СТРУКТУРНО-ВАНТОВОЕ ПОКРЫТИЕ

СТОРОЖЕНКО Л. И.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
ГАСИЙ Г. М.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доцент*

<sup>1</sup> Кафедра конструкций из металла, дерева и пластмасс, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, ORCID ID: 0000-0002-3764-5641

<sup>2\*</sup> Кафедра организации и технологии строительства и охраны труда, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, e-mail: grigoriigm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1492-0460

**Аннотация. Цель.** Условия существующей экономики и состояние отечественного и мирового строительства порождают необходимость поиска новых конструкций, в частности покрытий, отвечающих современным требованиям. Важным моментом в поиске конструктивных решений новых конструкций является использование надежных и современных материалов. К материалам, обладающим такими свойствами относят сталь, современные бетоны и армоцемент, эффективность использования последнего в пространственных конструкциях покрытия давно известна. Эффективность разработанных конструкций, также зависит от использования материалов и обеспечения условий работы их на свойственные для себя усилия, таким образом, сталь рационального использовать в стержневых системах, а армоцемент и железобетон - в плоскостных. Учитывая это, решение объединить стержневые и плоскостные элементы в одной целостной пространственной конструкции и дальнейшего ее усовершенствования с целью широкого внедрения в практику отечественного и зарубежного строительства является актуальным и перспективным направлением развития строительных конструкций. **Методика.** На основе теоретических исследований состояния современного строительства пространственных и сталезалезобетонных конструкций выделить наиболее перспективные и эффективные конструктивные решения. Учитывая физико-механические свойства материалов и свойства конструктивных элементов предложить и разработать новый вид пространственных покрытий. **Результаты.**

Предложены и разработаны новые пространственные конструкции - сталежелезобетонные структурно-вантовые покрытия с выделением их основных преимуществ и конструктивных особенностей. *Научная новизна.* Разработаны новые эффективные конструкции покрытий, которые предназначены для перекрытия большепролетных зданий и сооружений. *Практическая значимость.* Разработанные сталежелезобетонные структурно-вантовые покрытия предназначены для промышленного и гражданского строительства. Применение разработанных конструкций для возведения покрытия большепролетных зданий и сооружений позволяет получить значительный экономический эффект за счет рационального использования материалов.

**Ключевые слова:** структура, сталежелезобетон; вант, пространственное покрытие.

## SPACE STEEL AND CONCRETE COMPOSITE GRID-CABLE ROOF

STOROZHENKO L. I. <sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

GASII G. M. <sup>2\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor*

<sup>1</sup> Department of Structures from Metal, Wood and Plastics, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 24, Pershotravnevyi avenue, Poltava 36011, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-3764-5641

<sup>2\*</sup> Department of Organization and Technology of Building and Health Safety, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 24, Pershotravnevyi avenue, Poltava 36011, Ukraine, e-mail: grigoriigm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1492-0460

**Abstract. Purpose.** Terms of the existing economy and the state of the domestic and global construction generate the need to find new designs, including coatings that would meet modern requirements. An important aspect in finding constructive solutions for new designs is the use of reliable and advanced materials. To materials with such properties include steel, new concrete and ferrocement, the effectiveness of the latter in space structures has long been known. The effectiveness of the developed structures also depends on the use of materials and provide them to the conditions of work at peculiar for itself the stress, so steel rational use of space grids and ferrocement and concrete in slabs. Considering this, the decision to combine the space grid and slabs in an integral space design and further its research to a wide implementation in practice of domestic and foreign construction are relevant and promising direction of building structures. **Methodology.** Based on theoretical studies of the current state of construction and space steel and concrete composite structures identify the most promising and effective designs. Given the physical and mechanical properties of materials and properties of structural elements offer and develop a new type of space coverings. **Findings.** Proposed and developed new space structures – steel and concrete composite grid-cable roofs with the release of their main advantages and design features. **Originality.** The new efficient construction roofs that appointment for covering large-span buildings. **Practical value.** Developed steel and concrete composite grid-gable roofs appointment for industrial and civil construction. Applications developed designs for the construction of large-span covering objects provides a significant economic benefit through the efficient use of materials.

**Keywords:** structure, steel and concrete composite construction, gable, space grid.

**Постановка проблеми.** У будівництві загалом та зокрема при зведенні покриттів завжди існувала проблема трудомісткості робіт та перевитрат матеріалів у наслідок їх не раціонального використання. Такий стан речей у будівництві склався через невідповідність існуючих застарілих конструктивних рішень сучасним вимогам галузі. Ці фактори безпосередньо впливають на загальну вартість та тривалість проекту, тому з'явилася необхідність удосконалення та пошуку нових конструкцій покриття, які б дозволи значною мірою досягти економії матеріалів та зменшити трудомісткість технологічних процесів. До таких конструкцій належать сталеалізобетонні, тому питання пошуку нових і ефективних конструктивних рішень просторових сталеалізобетонних покриттів є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що сталеалізобетон універсальний матеріал, який набув широкого застосування [1–3, 8–10].

Сталеалізобетонні конструкції використовуються як перекриття, покриття, колони, різноманітні плитні конструкції й несучі елементи каркасів будівель та споруд [4–7, 11–13].

**Виділення невирішених раніше частин питання.** Спираючись на результати аналізу попередніх досліджень й беручи до уваги, що сталеалізобетон переважно використовується для виготовлення площинних конструкцій або окремих несучих елементів, то питання пошуку нових просторових покриттів залишаються не дослідженим у повній мірі.

**Постановка завдання.** Запропонувати й розробити нові конструкції просторових покриттів із застосуванням сталеалізобетону, які б ураховували та відповідали всім потребам сучасного будівництва, зокрема, ефективному та раціональному використанні матеріалів й простоті виготовлення.

**Основний матеріал.** Розвиток будівельної галузі супроводжується впровадженням новітніх та

ефективних матеріалів. Об'єднання таких матеріалів для сумісної роботи дозволяє отримати конструкцію покриття з потрібними характеристиками міцності та техніко-економічними показниками.

Просторове сталезалізобетонне структурно-вантове покриття є новим типом конструкцій, яке розроблене авторами. Сутність запропонованого покриття полягає у раціональному й ефективному використанні матеріалів та їх властивостей. Покриття складається із модульних елементів з'єднаних у цілісну конструкцію за допомогою болтових з'єднань. Конструктивно покриття включає в себе нижній й верхній пояси та просторову стрижневу решітку. Верхній пояс має площинну форму і виготовляється з плит, які залежно від армування можуть бути залізобетонними або армоцементними. Нижній пояс є гнучким, а його елементи призначені лише на сприйняття зусиль розтягу, тому він виготовляється із сталевих канатів (вантів). Решітка має просторову будову і складається з стрижнів виготовлених із сталевих труб. За рахунок такого рішення досягається зменшення загальної ваги покриття й трудомісткості. Крім того, немає потреби використовувати дорогі покрівельні матеріали та витрачати час на їх укладання, оскільки верхній пояс, крім основного призначення, виконує огорожувальну функцію та надійно захищає від атмосферних впливів внутрішній простір будівлі.

Застосування сталезалізобетонних структурно-вантових конструкцій дає змогу монтувати покриття різноманітної кривизни та розмірів у плані, оболонки та куполи. Кривизна досягається за рахунок зміни довжини нижнього пояса.

Базовим елементом покриття є полегшений елемент структури (рис. 1). Він складається з плити та структурної решітки. Покриття виготовлені з полегшених елементів, об'єднують у собі переваги існуючих просторових конструкцій.

Сумісна робота сталевих і бетонних елементів забезпечується за рахунок їх об'єднання в процесі бетонування. Перед бетонуванням попередньо виготовлену просторову решітку (рис. 2) укладають на поверхню у перевернутому положенні (рис. 3).

Із модульних елементів збираються сталезалізобетонні структурно-вантові покриття (рис. 4).

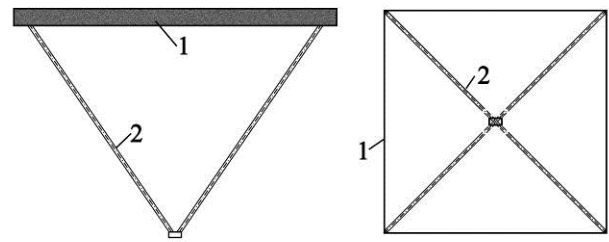


Рис. 1 – Модульний елемент покриття / Unit of roof:

1 – плита; 2 – решітка



Рис. 2 – Просторова решітка / Space grid

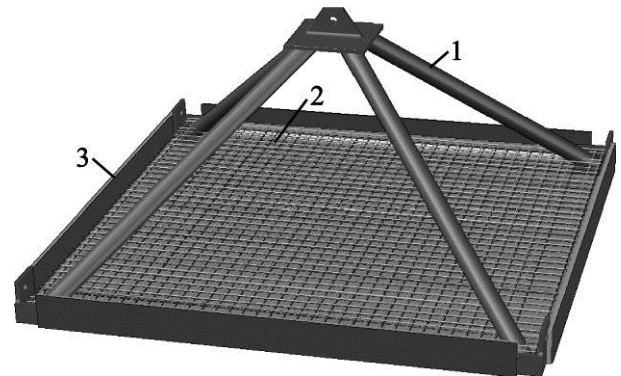


Рис. 3 – Бетонування модуля / Concreting of module:

1 – просторова решітка; 2 – арматурна сітка; 3 – опалубка

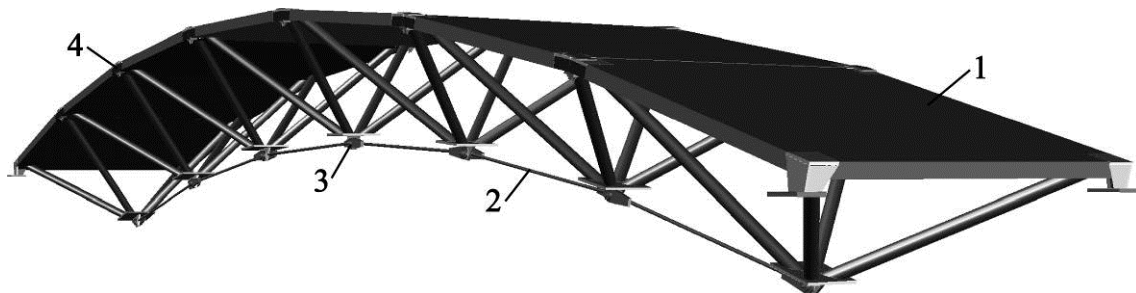


Рис. 4 – Фрагмент сталезалізобетонного структурно-вантового покриття / Part of steel and concrete composite grid-cable roof:

1 – модульний елемент; 2 – вант; 3 – вузол з'єднання по нижньому поясі; 4 – вузол з'єднання по верхньому поясі

Полегшені елементи структури повністю виготовляються у заводських умовах, що суттєво зменшує загальну тривалість й трудомісткість будівельних робіт, при цьому не використовуються складні та громіздкі стенди й опалубка. Залежно від прольоту, який необхідно перекрити, полегшені елементи попередньо укрупнюються в окремі секції.

**Висновки.** Просторові сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції можуть мати різноманітну форму, зокрема, оболонки, аркові й плоскі конструкції. Кожна з конструкцій має свої особливості, але є спільні переваги: економія

матеріалів, низька маса, надійність, поєднання у собі несучих та огорожувальних функцій. Основна особливість сталезалізобетонного структурно-вантового покриття полягає в тому, що за рахунок поєднання полегшених елементів структури болтовим з'єднанням і сталевим канатом забезпечується сумісна робота конструкції в цілому та з'являється можливість створення просторових конструкцій із довільним окресленням, а за рахунок зміни довжини затяжок регулюється кривизна системи.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Єфіменко В. І. Аналіз сучасного стану конструювання будівель зі сталезалізобетонними конструкціями / В. І. Єфіменко, О. А. Паливода // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2013. – Вип. 25. – С. 549–554.

Efimenko V. I., Palyvoda O. A. Analiz suchasnoho stanu konstruyuvannya budivel' zi stalezalizobetonnyimi konstruktsiyami [Analysis of the current state of the construction of buildings with reinforced concrete structures]. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy, 2013, issue 25, p.p. 549–554

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/rmkbs\\_2013\\_25\\_76.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/rmkbs_2013_25_76.pdf)

2. Лапенко О. І. Сучасні прогресивні сталезалізобетонні конструкції / О. І. Лапенко, Г. І. Гришко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научных трудов. Вип. 65. – Дн-ск: ГВУЗ «ІГАСА», 2012. – С. 314–317.

Lapenko O. I., G. I. Gryshko. Suchasni prohresyvni stalezalizobetonni konstruktsiyi. [Modern advanced steel and concrete composite construction] Stroytel'stvo, materialovedeniye, mashynostroeniye: sb. nauchnykh trudov, issue 65 – Dn-sk: HVUZ «PHASA», 2012, p.p. 314–317.

<http://er.nau.edu.ua:8080/handle/NAU/11605>

3. Настоящий В. А. Світовий досвід впровадження сталезалізобетонних конструкцій в будівництво / В. А. Настоящий, В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік, В. В. Яцун // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2012. – Вип. 1. – С. 49–52.

Nastoyaschiy V. A., Darienko V. V., Skrynnik I. O., Yacun V. V. Svitovyy dosvid vprovadzhennya stalezalizobetonnykh konstruktsiy v budivnytstvo [World experience of introduction of composite construction in building]. Zbirnyk naukovykh prats' [Poltav'skoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Ser.: Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2012, issue 1, p.p. 49–52.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2012\\_1\\_8.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2012_1_8.pdf)

4. Нижник О. В. Будівництво сталезалізобетонного безбалкового перекриття / О. В. Нижник // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 144–149.

Nizhnik O. V Budivnytstvo stalezalizobetonnoho bezbalkovoho perekryt'tya [Construction of steel and concrete composite girderless floor] Budivsel'ni konstruktsiyi, 2013, issue 78(1), p.p. 144–149

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko\\_2013\\_78\(1\)\\_22.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko_2013_78(1)_22.pdf)

5. Нижник О. В. Будівництво сталезалізобетонного каркаса багатопверхових будівель із безбалковим перекриттям / О. В. Нижник // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2014. – Вип. 3(1). – С. 127–131.

Nizhnik O. V Budivnytstvo stalezalizobetonnoho karkasa bahatopoverkhovykh budivel' iz bezbalkovym perekryt'tyamy [Building of steel reinforced concrete of framework of multistory building with girderless floor] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltav'skoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2014, issue 3(1). p. 127–131.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2014\\_3\(1\)\\_21.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2014_3(1)_21.pdf)

6. Семко О. В. Вузол з'єднання монолітного залізобетонного перекриття зі сталезалізобетонною колоною з використанням фасонок / О. В. Семко, А. О. Дмитренко, Т. А. Дмитренко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2011. – Вип. 1. – С. 161–165.

Semko O. V., Dmytrenko A. O., Dmytrenko T. A. Vuzol z'yednannya monolitnoho zalizobetonnoho perekryt'tya zi stalezalizobetonnoyu kolonoyu z vykorystanniam fasonok [Joint of connection of monolithic ferro-concrete blocking with a steel-concrete column with use of plates] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltav'skoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2011, issue 1. p.p. 161–165.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2011\\_1\\_31.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2011_1_31.pdf)

7. Семко О. В. Про результати натурних випробувань сталезалізобетонних ригелів / О. В. Семко, Д. В. Бібік // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім.

Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2011. – Вип. 1. – С. 166–170.

Semko O. V., Bibik D. V. Pro rezultaty naturnykh vyprobuvan' stalezalizobetonnykh ryheliv [About the results of the full-scale experiment of composite steel concrete beams] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2011, issue 1. p.p. 166–170.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2011\\_1\\_32.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2011_1_32.pdf)

8. Стороженко Л. І. Нові сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2014. – Вип. 1. – С. 91–96.

Storozhenko L. I., Gasii G. M., Gapchenko S. A. Novi stalezalizobetonni struktorno-vantovi konstruktsiyi [The new composite and space grid cable-stayed construction] Zbirnyk naukovykh prats' [Poltavs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratyuka]. Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo, 2014, issue 1, p.p. 91–96.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb\\_2014\\_1\\_14.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpgmb_2014_1_14.pdf)

9. Стороженко Л. І. Проблеми створення та проектування сталезалізобетонних конструкцій / Л. І. Стороженко // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 129–136.

Storozhenko L. I., Problemy stvorenniya ta proektuvannya stalezalizobetonnykh konstruktsiy [Problems of construction and design steel and concrete composite constructions] Budiveln'i konstruktsiyi, 2013, issue 78(1), p.p. 129–136.

[http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko\\_2013\\_78\(1\)\\_20.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/buko_2013_78(1)_20.pdf)

10. Gasii G. M. Technological and design features of flat-rod elements with usage of composite reinforced concrete [Electronic resource] / G. M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry, 2014, №4, p.p. 23–25.

<http://www.metalljournal.com.ua/assets/Journal/5.2014.pdf>

11. Jia-Bao Yan, J. Y. Richard Liew, Min-Hong Zhang, K. M. A. Sohel. Experimental and analytical study on ultimate strength behavior of steel-concrete-steel sandwich composite beam structures. Materials and Structures, May 2015, Volume 48, issue 5, pp 1523–1544.

<http://link.springer.com/article/10.1617/s11527-014-0252-4>

12. Megan Rowe, Mark A. Bradford. Partial Shear Interaction in Deconstructable Steel-Concrete Composite Beams with Bolted Shear Connectors. Design, Fabrication and Economy of Metal Structures, 2013, pp 585–590.

[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-36691-8\\_87](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-36691-8_87)

13. Tao Chen, Xianglin Gu, Hua Li. Behavior of steel-concrete composite cantilever beams with web openings under negative moment. International Journal of Steel Structures, March 2011, Volume 11, issue 1, pp 39–49.

<http://link.springer.com/article/10.1007/S13296-011-1004-8>

Статья поступила в редколлегию 11.08.2015