

## **ВИСЯЧІ ТЕНТОВІ ПОКРИТТЯ. СВІТОВИЙ ДОСВІД БУДІВНИЦТВА ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

*Статтю присвячено тентовій архітектурі. На прикладах історичного світового досвіду будівництва споруд із тентовими покриттями розглядаються переваги та шляхи подальшого розвитку тендової архітектури.*

*Успішний розвиток архітектури в умовах науково-технічного прогресу нерозривно пов'язаний з використанням передових досягнень у різних галузях науки і техніки та, насамперед, із застосуванням прогресивних конструктивних систем та нових ефективних будівельних матеріалів.*

*Серед сучасних будівельних конструкцій найбільш раціональними для споруд середнього прогону та єдино можливими для великопрогонових споруд є просторові системи покриттів. Вони дозволяють без істотного збільшення трудовитрат на виготовлення і витрату матеріалів порівняно з площинними конструкціями звільнити простір, що перекривається, від проміжних опор. При цьому забезпечується універсальність використання будівлі, інтенсивніша його експлуатація, уповільнюється її моральне старіння, створюються необхідні умови для пристосування її до нових функціонально-технологічних процесів.*

*З просторових конструкцій виділяються висячі системи покриттів. Вони економічні, найменш матеріаломісткі, мають багаті об'ємно-пластичні можливості та художньо-декоративні якості. Висячі конструкції - будівельні конструкції, в яких основні несучі елементи, переважно гнучкі (троси, сітки, кабелі, канати, криволінійні нитки з жорстких елементів та ін.), працюють виключно на розтягування, що дозволяє повністю використовувати несучі властивості високоміцних матеріалів (головним чином сталей). Завдяки незначній масі таких конструкцій створюється можливість перекриття величезного простору.*

*Висячі конструкції набули широкого розповсюдження у будівництві. Вони впливають на формування архітектури великопрогонових споруд, їх застосовують у будівлях зі складними об'ємно-просторовими рішеннями, їх пластичні якості збагачують художню палітру архітектора.*

*Успішно застосовуються в будівництві висячі тентові покриття. Комбінація напружених елементів із сталі та сучасних синтетичних матеріалів дозволяють створювати унікальні та ефективні рішення як*

для визначних громадських будівель так і для індустріальних або аграрних споруд.

*Ключові слова:* висячі тентові покриття; тентова архітектура; великопрогонові споруди; просторові конструкції; збірно-розбірні споруди.

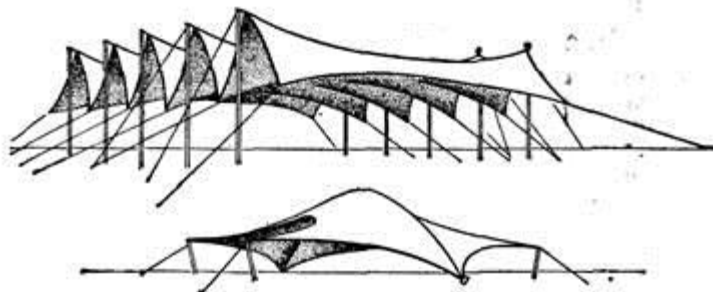
**Постановка проблеми.** Ефективність застосування тентових споруд пояснюється, по-перше, тим, що технічні тканини та плівки дають можливість технічно просто і без значних матеріальних витрат вирішувати низку архітектурно-планувальних та конструктивно-технічних завдань, що виникають при будівництві тимчасових, збірно-розбірних, трансформованих, сезонних та інших видів споруд. По-друге, досягнення в галузі синтезу нових хімічних сполук та виробництві пластичних мас відкрили широкі перспективи для отримання нових типів матеріалів, у тому числі тканин і плівок, які мають усі необхідні для експлуатації будівельні властивості. По-третє, результати теоретичних досліджень у галузі тонкостінних оболонок та використання сучасних потужних систем автоматизованого розрахунку та проектування [8],[10],[11] дають можливість точніше розраховувати та конструювати оболонки, у зв'язку з чим зросла надійність, довговічність та економічність конструкцій.

**Ціль статті.** Метою даної публікації є привернути та відродити увагу всіх суб'єктів будівництва: архітекторів, будівельників, забудовників, до висячих тентових споруд, що є результатом реалізації випробуваних часом ідей на принципово новій науково-теоретичній та матеріально-технічній основі

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Висячі тентові конструкції, що працюють переважно на розтягнення, викликають безумовний інтерес забудовників, інженерів та архітекторів усього світу [1], [2]. Робота на розтягнення, – одна з найвигідніших форм напруженого стану, дозволяє максимально ефективно використовувати властивості міцності таких матеріалів, як високоміцна сталь, тонколистовий метал, синтетичні композитні матеріали, інше. Одночасно робота на розтяг дозволяє значною мірою пом'якшити протиріччя між високою міцністю і деформативністю деяких видів полімерних конструктивних матеріалів. Застосування конструкцій, що працюють на розтягування, дозволяє досягти значних прогонів, підвищити міру індустріальності будівництва, зменшити вагу споруди та досягти значного економічного ефекту порівняно із звичайними плоскими просторовими жорсткими конструкціями [8]. Можливість перекриття великих прогонів [9] без проміжних опор знімає конструктивні обмеження на організацію планування будівлі, що робить споруду універсальною у часі.

Висячі конструкції технологічні у виготовленні, їх можна зводити без підтримуючих риштувань та складних монтажних пристроїв. Пластичність та гнучкість тканинних висячих конструкцій забезпечує унікальність та неповторність архітектурних рішень.

У даний час тентові споруди використовуються майже у всіх галузях цивільного, промислового та сільськогосподарського будівництва. Це всілякі виставкові павільйони, спортивні та видовищні споруди, різні тимчасові укриття, кафе, ресторани, торговельні зали, склади, сховища продуктів сільського господарства.



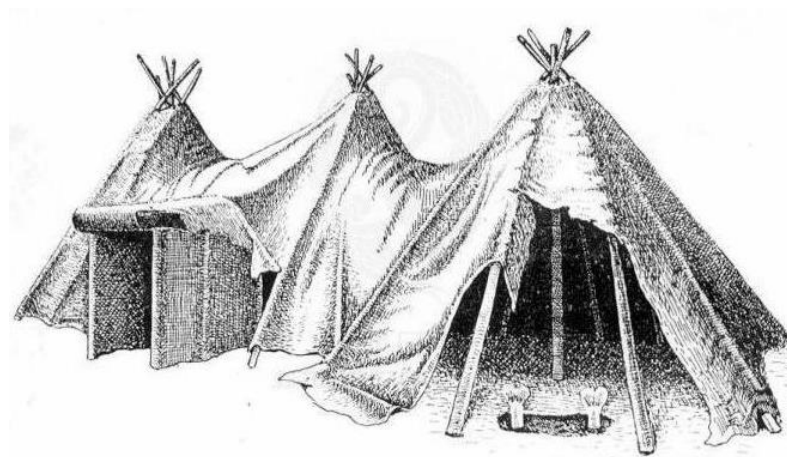
Тентові покриття працюють за принципом однопоясних попередньо напружених сіток і відрізняються від них тим, що попередньо натягнута тканина або плівка є одночасно несучою (напруженою)

та огороджуючою (захисною) конструкцією. Така тканина може бути попередньо натягнута системою тросів або послідовним розташуванням несучих та стабілізуючих тросів. При конструюванні тентових покриттів слід звернути увагу на те, щоб форма покриття забезпечувала швидкий та зручний стік води: затримка стоку води може призвести до утворення водяних мішків, деформації покриття у зв'язку із зміною розрахункових навантажень та розриву тканини. Унікальна геометрична форма тентової оболонки є функцією її напруженого стану. Тому зміна форми призводить до зміни напруженого стану, та навпаки.

Тканинні оболонки сприймають зовнішні навантаження лише у стані попереднього натягу. Недоліками висячих конструкцій є підвищена деформативність систем під дією нерівномірних та знакозмінних експлуатаційних навантажень, а також наявність великих зусиль розпору для погашення яких потрібні потужні опорні конструкції та анкерні пристрої.

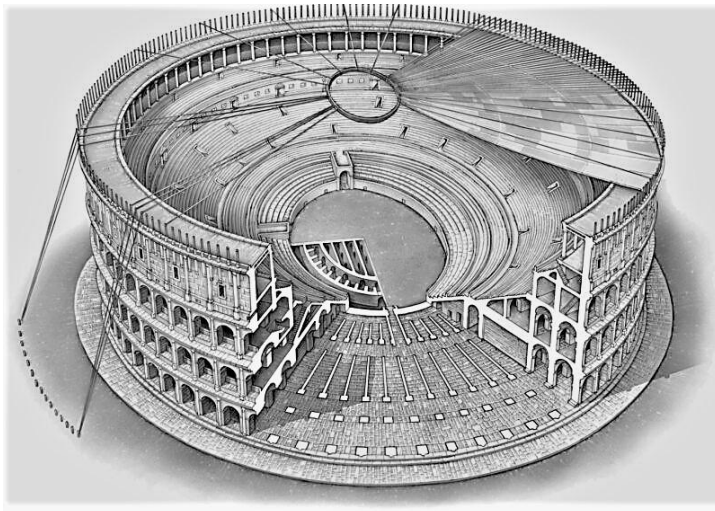
Дослідження та впровадження у практику будівництва прогресивних висячих покриттів здійснюється провідними вченими та інженерами всього світу.

**Основна частина.** Використання тканин для влаштування покриттів



має багатовікову історію. Тентові укриття ведуть свою історію з давніх-давен, коли первісні люди виготовляли собі житла у вигляді каркаса з палиць, обтягнутого шкурами тварин. Залишки цих укриттів - покриті шкірою

«тентові» споруди з кістяними або дерев'яними каркасами, знайдені під час археологічних розкопок по всьому світу. Наші предки успішно використовували конструкції шатрового типу, що виготовляються зі шкіри, тканини, повсті та інших м'яких матеріалів, а для влаштування переправ через річки та ущелини споруджували досить складні конструкції висячих мостів з ліан, канатів тощо.



Колізей дає перший, відомий в історії, приклад сміливого рішення тентових конструкцій у вигляді покриття, що трансформується. Гігантське тканинне покриття (веларіум), що відкривалося та закривалося над глядацькими місцями завдяки складній канатній системі, керувалася робітниками.

Давньоримський письменник Пліній Старший писав: "ніщо в Римі, навіть гладіаторський бій, не дивувало так сильно, як гігантський тент, натягнутий над Колізеєм".

Збереглися відомості про великопрогонне покриття тенту в театрі Одеона в Афінах.



Унікальністю та функціональністю відрізняються збірно-розбірні пересувні споруди кочівників, які на досить високому для свого часу технічному рівні вміли вирішувати питання побуту та забезпечувати комфортні умови існування.

У період популярності цирків-шапіто, збірно-розбірна конструкція натяжного циркового тенту-намету була популярна і незамінна, тому що давала можливість створювати великі просторові структури при мінімумі матеріалів за короткий термін, трансформувати та перевозити покриття, що було легким та малогабаритним у складеному вигляді.

Висячі системи, утворені вантовими конструкціями, для влаштування покриттів будівель у сучасній архітектурі вперше були запропоновані видатним російським інженером та вченим В. Г. Шуховим у 1896 р. у Нижньому Новгороді для перекриття павільйону на Всеросійській художній та промисловій виставці [6].

Великим кроком у розвитку висячих конструкцій стало спорудження 1953 р. покриття криної арени стадіону міста Ралей (Північна Кароліна, США).



Широко відомі проекти одного з провідних фахівців та ентузіастів у галузі висячих покриттів інженера з Німеччини Отто Фрея [3], [4]. Витоки захоплення Отто Фрея натяжними конструкціями та мінімально ресурсомістким дизайном сягають від його досвіду будівництва наметів-укриттів для ув'язнених під час Другої світової війни у таборі для військовополонених неподалік Шартра, Франція. Після закінчення війни він перевів цей досвід в архітектурне захоплення, досліджуючи потенційне застосування наметових споруд в індустріальних масштабах.

Його ідея дизайну – створення архітектури, заснованої на збереженні ресурсів та ефективності будівництва, стала помітним явищем в архітектурі 70-х років минулого сторіччя: павільйон виставки садівництва в Мангеймі, Німеччина, (1975 р.); аеропорт в Джидді (Саудівська Аравія, 1980 р.), тентове покриття над гаванню у м. Бремен (Німеччина), трансформоване тентове покриття над ковзанкою у місті Кон-Флан-Сент-Онорен (Франція), покриття споруд Олімпійського парку в Мюнхені (1972 р.), покриття павільйону Німеччини на виставці у Монреалі, Канада, (1967 р.) та багато інших об'єктів.

У 1964 році Отто Фрей заснував Інститут легких конструкцій у Штутгартському університеті, де він досліджував сучасні методи будівництва напружених вантових та тентових споруд.



Німецький павільйон Німеччини за проектом Отто Фрея на Міжнародній виставці 1967 року у Монреалі (Канада) визнано одним із перших прикладів великомасштабного будівництва висячих покриттів.

Павільйон площею 8 000 м<sup>2</sup>, побудований всього за шість тижнів, має велике висяче покриття із сталеві сітки, підвішеної на восьми сталевих щоглах і покрити прозорим мембранним матеріалом.

У співпраці з німецьким архітектором Гюнтером Беніш в 1972 році Отто Фрей спроектував легкі конструкції покриття для Олімпійського парку в Мюнхені. Схема включає велику мембрану для покриття трибун стадіону, арену з натяжною конструкцією, тканинний дах над олімпійським плавальним басейном, що підтримується однією вежею заввишки 80 м, та гіперболічні мембранні навіси для з'єднання будівель та захисту відвідувачів від дощу та сонця.



У 2000 році Отто Фрей у співпраці з лауреатом Прітцкерівської премії 2014 Сігеру Баном спроектував японський павільйон для виставки в Ганновері. Побудований з гратчастої оболонки з перероблених паперових трубок, покрівля сягала 33 метри, покриваючи 72-метровий виставковий зал.

Тентові покриття широко увійшли до професійної культури і отримали визнання як явище архітектури після перемоги на грандіозному конкурсі на будівництво Арки еспланади Дефанс у Парижі (1983 р.) проекту архітектора Спрекельсена. У отворі Великої Арки еспланади Дефанс у Парижі збудовано унікальну самостійну тентову споруду «Хмара». Це величезний намет складної форми, який виконаний із тефлонової сітки та закріплений сталевими тросами. Ідея з'явилася в архітектора Поля Андре, коли він добудовував Арку. У первісному плані будівлі «Хмари» не було. Архітектор пояснив наявність намету тим, що він не тільки робить конструкцію куба візуально легшим, а й зменшує опір вітру



Технологія використання спортивних та театрално-видовищних споруд потребує великих прольотів без проміжних опор. Саме цей факт багато в чому визначає переважне застосування у таких спорудах висячих конструкцій.

Пік розвитку тентового будівництва в Україні, у зв'язку з розвитком торгівлі, припадає на середину 90-х років (тентові павільйони, криті ринки). Далі процес розвитку тентових конструкцій в Україні сповільнився [7].

У світі останнім часом спектр застосування тентових споруд суттєво розширився: додалися магазини, вокзали, аеропорти, арени різного призначення, покриття археологічних пам'яток, адміністративні, наукові споруди, об'єкти промислового, сільськогосподарського призначення та інші, що вимагають значних просторів з великопрогонними покриттями та різних архітектурно-конструктивних рішень. Щорічно у світі близько 100-300 км<sup>2</sup> земної поверхні перекривається різними видами тентових покриттів різного типу (стаціонарних, тимчасових, таких, що трансформуються, або потребують транспортування, тощо) [5].

Багато помітних споруд світового значення, пов'язані з початком нового тисячоліття [5], побудовано саме із застосуванням тентових структур. У найближчі кілька років увійшли до ладу небувалі до того навіть за фізичними розмірами тентові споруди провідних архітекторів, такі як ангар для дирижаблів CargoLifter у Бранді (Німеччина) (площа 363 x 225 м<sup>2</sup> при висоті 107 м, об'єм 5,2 млн. м<sup>3</sup>), олімпійський футбольний стадіон у Сіднеї зі світлопрозорим тентовим покриттям амфітеатру, найбільший у світі Ботанічний сад «Едем» зі 120-метровим прольотом завдовжки близько 1 км і висотою 60 м у Корнуоллі, «ширяючий» купол

Центру SONY у Берліні, амбітний зал «Купол Тисячоліття» у Лондоні (площа 80000 м<sup>2</sup>) та ін.

**Висновки та перспективи.** Сучасна тентова архітектура вважається феноменом, що із древньої історії минулого сторіччя повернувся до людства оновленим та інженерно обумовленим, який ще повинен розкритися повною мірою. Навіть фахівці в архітектурі не можуть точно спрогнозувати, який розвиток його очікує згодом. Поєднання новаторського інженерного досвіду, а також пластичної виразності дозволяє назвати даний вид архітектури особливим стилем, який характеризується наявністю структур, не пов'язаних з традиційними уявленнями про архітектурні споруди. Об'єкти тентової архітектури відрізняються особливою унікальною формою, яка є наслідком конструктивно-технологічних властивостей висячих напружених конструкцій.

Як один із напрямів архітектури високих технологій, тентові конструкції в даний час зайняли своє самостійне місце. Такі конструкції є формою втілення новітніх технологій у будівництві та створенні нових сучасних матеріалів, що дозволяє отримувати оригінальні індивідуальні рішення та найбільш ефективно відповідати умовам функціонування архітектурних об'єктів. Особливістю тентової архітектури є те, що вона не конкурує з жодним із сучасних напрямів архітектури.

У тентових висячих покриттів, швидкокомтованих, мобільних, що легко трансформуються відповідно до зміни функції і мають високі естетичні переваги, є потенційні можливості впровадження в будівництві у якості розширення палітри архітектора [1]. Тентова архітектура дозволяє експериментувати з формою та надає можливість створювати унікальні архітектурні рішення з максимальним економічним ефектом, забезпечувати гнучкість та трансформованість будівель чи окремих елементів. Таким чином, особливості та переваги тентових споруд дозволяють говорити про те, що вони поза конкуренцією порівняно з іншими видами архітектурних конструкцій.

## Література

1. Штолько В.Г. Архитектура сооружений с висячими покрытиями. Киев : Будівельник, 1979. 152 с.
2. Штолько В. Г. и др. Перспективные направления проектирования общественных зданий / КиевЗНИИЭП Госгражданстроя, Київ, 1987. 98 с.
3. Погребин, Робин. «Притцкеровская премия для немецкого архитектора Фрея Отто объявлена после его смерти». *New York Times* , 10 марта 2015 г. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Притцкеровская\\_премия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Притцкеровская_премия).
4. Марк, Лаура. «Шесть проектов победителя Притцкера Фрея Отто». *The Architects Journal* , 11 марта 2015 г. URL:



<http://www.architectsjournal.co.uk/news/six-projects-by-pritzker-winner-frei-otto/8679835.article>.

5. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: вчера, сегодня, завтра / *Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ*. 2010. С. 30-36.
6. Кривошапко С.Н. Висячие тросовые конструкции и покрытия сооружений / *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015. №7(34). С. 51-70.
7. Антоненко І. В. Мембранні системи як засіб формування дизайну інтер'єрного простору / *Технічна естетика і дизайн : міжвідомчий науково-технічний збірник*. Київ : КНУБА, 2019. № 15. С. 5-12.
8. Иванова Л.С., Кислоокий В.Н., Седлецкая Н.И. Вопросы автоматизированного проектирования рациональных форм тентовых покрытий / *Прикладна геометрія та інж. графіка*. Київ : Будівельник, 1986. Вып.42. С. 51-59.
9. Ботвіновська С.І. Формування дискретних поверхонь в архітектурі та дизайн-проектіванні / *Проблеми інформаційних технологій*. Херсон: ХНТУ, 2016. №. 01(019). С. 192-199. URL: <https://kafedra-it.at.ua/index/0-14>.
10. Иванова Л.С. Специальные линии и сети на поверхностях в задачах формообразования / *Прикладна геометрія та інж. графіка*. Київ : Будівельник, 1993. Вып.55. С. 75-80.
11. Иванова Л.С. Принципы формирования расчетных моделей геометрических объектов / *Наукові записки в Політехнічному інституті м. Лодзь*. №. 715, Budownictwo, z.45, 1995.

## References

1. Still V.G. Architecture of facilities with hanging coatings. Kiev: Budivelnik, 1979. 152 p.
2. Strode V. G., etc. Perspective direction of design of public buildings / Kyivznyiер State Agency, Kyiv, 1987. 98 p.
3. Prolbin, Robin. "The Pritzker Prize for the German architect Frey Otto is declared after his death." New York Times, March 10, 2015 URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/uzpotsker\\_Premia](https://ru.wikipedia.org/wiki/uzpotsker_Premia).
4. Mark, Laura. "Six projects of the winner of Pritzker Freya Otto." The Architects Journal, March 11, 2015. URL: <http://www.architectsjournal.co.uk/news/six-projects-by-pritzker-winner-frei-otto/8679835.article>.
5. Skopenko V.A. Tentic architecture: yesterday, today, tomorrow / *Academic Bulletin Uralnyiproekt*. 2010. Pp. 30-36.
6. Krivoshapko S.N. Hanging cable structures and coatings of structures / *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2015. №7 (34). Pp. 51-70.
7. Antonenko I.V. Membrane System as a means of designing interior design / *Technical aesthetics and design: Interagency scientific and technical collection*. Kyiv: KNUCA, 2019. No. 15. Pp. 5-12.

8. *Ivanova L.S., Acidoi V.N., Sedletskaia N.I.* Issues of automated design of rational forms of awning coatings / *Applied Geometry and Engineering Graphics*. Kyiv : Budivel'nik, 1986. No.42. Pp. 51-59.
9. *Botvinovska, S.* Formation of discrete surfaces in architecture and design design / *Issues of Information Technologies*. Kherson, KhNTA, 2016. No. 01 (019). Pp. 192-199. URL: <https://kafedra-it.at.ua/index/0-14>.
10. *Ivanova, L.* Special lines and networks on surfaces in the tasks of formation / *Applied Geometry and Engineering Graphics*. Kyiv: Budivsel'nik, 1993. No. 55. Pp. 75-80.
11. *Ivanova, L.* Principles for the formation of settlement models of geometric objects / *Scientific Note in the Politekhnicnoye Isst Institute*. Lodz. No. 715, Budownictwo, Z. 45, 1995.

Ph. D., assoc.prof. **Larysa Ivanova**  
kyivlarafox@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3993-9176  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

### **TENSILE FABRIC STRUCTURES. WORLD CONSTRUCTION EXPERIENCE AND PROSPECTS**

*The article is devoted to tensile fabric architecture. On the examples of the historical world experience in the construction of structures with tensile fabric coverings, the advantages and ways of further propagation of tensile fabric architecture are considered.*

*The successful development of architecture in the context of scientific and technological progress is inextricably linked with the use of advanced achievements in various fields of science and technology and, above all, with the use of progressive structural systems and new effective building materials.*

*Among modern building structures, the most rational for medium-span structures and the only possible for large-span structures are spatial coating systems. They allow, without a significant increase in labor costs for the manufacture and consumption of materials, in comparison with flat structures, to free the space to be overlapped from intermediate supports. This ensures the versatility of the use of the building, its more intensive operation, slows down its obsolescence, creates the necessary conditions for its adaptation to new functional and technological processes.*

*Tensile fabric structures for roofing stand out from the spatial structures. They are economical, less material-intensive, have rich volumetric plastic capabilities and artistic and decorative qualities. Tensile fabric structures are building structures in which the main load-bearing elements mainly flexible (nets, cables, ropes, curved threads from rigid elements, etc.). These elements work exclusively in tension, which makes possible to use fully the load-bearing properties of high-strength materials (mainly steels). Due to the low weight of such structures, it is possible to cover a large space.*

*Tensile fabric structures are widely used in construction. They influence the formation of the architecture of large-span structures, they are used in buildings with complex volumetric-spatial solutions, and their plastic qualities enrich the artistic palette of the architect.*

*Tensile fabric coverings are successfully used in construction. The combination of steel tension members and modern synthetic materials makes it possible to create unique and effective solutions for both public buildings and industrial or agricultural structures.*

*Keywords: tensile fabric structures; tensile fabric architecture; large-span structures; spatial structures; prefabricated structures.*

К. т. н., доцент **Иванова Л. С.**,

kyivlarafox@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3993-9176

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## **ВИСЯЧИЕ ТЕНТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ. МИРОВОЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕНТОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

*Статья посвящена тентовой архитектуре. На примерах исторического мирового опыта строительства сооружений с тентовыми покрытиями рассматриваются преимущества и пути дальнейшего развития тентовой архитектуры.*

*Успешное развитие архитектуры в условиях научно-технического прогресса неразрывно связано с использованием передовых достижений в различных областях науки и техники и, прежде всего, с применением прогрессивных конструктивных систем и новых эффективных строительных материалов.*

*Среди современных строительных конструкций наиболее рациональными для сооружений среднего пролета и единственно возможными для большепролетных сооружений являются пространственные системы покрытий. Они позволяют без существенного увеличения трудозатрат на изготовление и расход материалов по сравнению с плоскостными конструкциями освободить перекрываемое пространство от промежуточных опор. При этом обеспечивается универсальность использования здания, более интенсивная его эксплуатация, замедляется его моральное старение, создаются необходимые условия для приспособления его к новым функционально-технологическим процессам.*

*Из пространственных конструкций выделяются висячие системы покрытий. Они экономичны, менее материалоемки, имеют богатые объемно-пластические возможности и художественно-декоративные качества. Висячие конструкции – строительные конструкции, в которых*

*основные несущие элементы, преимущественно гибкие (тросы, сетки, кабели, канаты, криволинейные нити из жестких элементов и др.), работают исключительно на растяжение, что позволяет полностью использовать несущие свойства высокопрочных материалов (главным образом сталей). Благодаря незначительной массе таких конструкций создается возможность перекрытия большого пространства.*

*Висячие конструкции получили широкое распространение в строительстве. Они влияют на формирование архитектуры большепролетных сооружений, их применяют в зданиях со сложными объемно-пространственными решениями, их пластические качества обогащают художественную палитру архитектора.*

*Успешно применяются в строительстве висячие тентовые покрытия. Комбинация напряженных элементов из стали и современных синтетических материалов позволяет создавать уникальные и эффективные решения как для общественных зданий, так и для промышленных или аграрных сооружений.*

*Ключевые слова: висячие тентовые покрытия; тентовая архитектура; большепролетные сооружения; пространственные конструкции; сборно-разборные сооружения.*