

ТРАНСФОРМОВАНІ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРИТТЯ СТАДІОНІВ

Славова В.Ю., *зр. ПЦБ-453*

Науковий керівник – Олійник Н.В., к.т.н., доцент (кафедра Технології будівельного виробництва, ОДАБА)

Анотація. У статті наведено аналіз сучасних напрямів розвитку систем трансформованих покриттів стадіонів на прикладах найбільш перспективних с точки зору будівництва та експлуатації.

Актуальність. Наведені рішення трансформованих покриттів стадіонів є новими і можуть бути використані для інших типів громадських будівель і споруд. Вони дозволять не тільки поліпшити функціональні можливості подібних споруд, а й знизити витрати на їхні зведення та експлуатацію.

Основний текст. До недавнього часу конструкції, здатні до зміни своєї геометричної форми, можна було побачити тільки в космічній або військової областях. Усвідомлення того, що мінливий обсяг може стати елементом архітектурного прийому, прийшло, мабуть, тільки в самому кінці ХХ століття. Наразі принципових схем влаштуванню трансформованих обсягів настільки ж багато, скільки і різних механізмів, придуманих людством за всю свою історію. Тому в цій області відкривається безмежне поле для конструктивної творчості.

На цей час найбільш поширені два основних напрямки розробки трансформованих конструкцій.

Перший – трансформація обсягу шляхом його розчленування на кілька типових складових частин. Ці складові частини кріпляться до несучого каркасу або один до одного за допомогою спеціальних шарнірів. В результаті ці елементи можуть приводитися в рух механізмами (лебідками або поршневыми системами) і змінювати форму загального обсягу. За таким принципом побудовано вже досить багато конструкцій, які, як правило, використовувалися у виставковій архітектурі.

Другий напрямок в технології трансформованих конструкцій – це застосування сітчастих поверхонь. Можливостей створити трансформовану "сітку" – безліч. Можна зробити шарнірними вузлові з'єднання несучих елементів, причому самі елементи залишаються геометрично незмінними (жорсткими). Існує інший шлях – навпаки, зробити вузли жорсткими, а елементи (стержні) гнучкими. Найчастіше всі подібні конструкції виготовляють з металу: сталі або алюмінію.

Сфери, які трансформуються, ікосаедри і гіпари (гіперболічні параболоїди) ставали центральними елементами виставкових інсталяцій. Зусилля, що трансформують всі ці об'єкти, зазвичай викликаються тросами, що намотуються на спеціальні лебідки, які, в свою чергу, управляються комп'ютерами.

Трансформоване покриття трибуни стадіону, має нерухому частину, розташовану над глядацькими місцями, і трансформовану частину над ігровим полем. Покриття трансформованої частини складається з несучих ферм і світлопрозорих плит покриття. Суть винаходу полягає в тому, що з метою зменшення будівельної висоти споруди ферми трансформуються двічі: спочатку по висоті, коли шпренгель піднімається вгору і розташовується всередині верхнього пояса коробчатого перетину, а потім ферма транспортується на станціонарні частини покриття. Це дозволяє в 2 – 3 рази зменшити висоту трансформованої частини покриття. При цьому верхній пояс ферми використовується в процесі трансформації як балка, що сприймає власну вагу ферми. Для фіксації висувасмого вниз шпренгеля в робочому стані використовується вертикальне переміщення верхнього пояса ферми при дії на неї зовнішнього навантаження.

Винахід цей відноситься до будівництва і може бути використаний при будівництві багатопрольотних трансформованих покриттів будівель і споруд, наприклад стадіонів. Його метою є суттєве зменшення будівельної висоти трансформованого покриття.

AT & T Stadium (Cowboys Stadium) в Арлінгтоні, штат Техас, США

Cowboys Stadium (рис. 1) був побудований в 2009 році. Трибуни вміщують 80 тисяч глядачів, але можуть бути розширені до 111 тисяч глядачів. Довжина покриття – 274,3 метра. Відкритий отвір покриття – 125x78 метрів (9750 м²). Крім того, що стадіон є найбільшим, на стадіоні також є найдовше приміщення без колон і найбільший розсувний дах у світі. Висувні двері кінцевої зони мають п'ятипанельний отвір. Панелі можуть бути відкриті або закриті протягом 18 хвилин. Висувний дах підтримується двома коробковими арками Довжина арок – 373,4 метра, висота – 91 метр і важать 3255тонн кожна. Трансформовані плити (2 штуки) – 65,5x80 метрів кожна (5240 м²) вагою 14100 тонн можуть бути відкриті або закриті за 12 хвилин. Висувні частини стадіону виготовляються в основному зі скловолокна, покритого тефлоном. Не висувні частини виготовлені зі сталі з ПВХ-мембранами, які хімічно зварені між собою.

Для виготовлення кровляної конструкції даху була використана високоміцна сталь. Висувні покрівельні панелі виготовлені з прозорих скловолоконних мембран з політетрафторетилену (ПТФЕ) з покриттям із оксиду титану (рис. 2). Мембрани з PTFE сертифіковані Cool Roof Rating Council і поглинають менше тепла. Напівпрозорість пропускає природне світло на стадіон, тим самим заощаджуючи енергію. Похила зовнішня скляна стіна фасаду складається з 5000 скляних панелей.



Рис. 1. Cowboys Stadium з закритим отвором покриття з двох трансформованих плит



Рис. 2. Монтаж частини каркасу трансформованої плити в проектне положення

Національний стадіон у Сінгапурі

«Національний стадіон» (National Stadium Singapore) розташований у Сінгапурі на 55 тисяч місць відкрито в 2014 році (рис. 3). Стадіон багатофункціональний (здатний приймати футбольні, регбійні, крикетні, легкоатлетичні змагання; стадіон також підходить для проведення святкових заходів та концертів). Діаметр покриття – 310 м. Максимальна висота – 83 м. Площа металевого сітчастого купола – 75500 м² (вага – 8000 т, 120 кг / м²). Площа відкритої отворі покриття – 20000 м². Трансформовані плити покриття (2 штуки, кожна площею – 10000 м² і вагою по 1100 т), виготовлені по металевому каркасу (рис. 4) з напівпрозорого пластика ETFE (фторопласту), обраного із-за його міцності і теплових властивостей. У нерухомій частини покриття покрівля виконана з алюмінієвих плит. На трансформовані плити покриття встановлені сонячні батареї.



Рис. 3. Національний стадіон у Сінгапурі з відкритим отвором покриття



Рис. 4. Несучий металевий каркас покриття стадіону з ґратчастими арками

Мерседес-Бенц Стедіум (Mercedes-Benz Stadium) в Атланті (США)

Стадіон в Атланті побудований в 2017 році (рис. 5, 6). Місткість становить 75 тисяч глядачів. Арена закривається за принципом діафрагми, має трансформоване покриття. Конструкція трансформованого покриття складається з восьми трикутних світлопрозорих елементів, які при відкритті створюють ілюзію крил птаха. Світлопрозорі елементи виготовлені з легкого полімерного матеріалу, який може регулювати його прозорість для управління світлом.

Прямо під дахом знаходиться ще одна відмітна риса стадіону: найбільший в світі сьогодній екран на стадіоні, загальною площею 5793 м² і 37 мільйонів світлодіодів. Панорамна стрічка насправді має висоту 6-ти поверхів, щоб любителі у всіх приміщеннях стадіону могли бачити все без жодних перешкод.

Восьмикутний стадіон також був спроектований для того, щоб стати найбільш стійким місцем проведення НФЛ, з самого початку з урахуванням платинової сертифікації LEED. Незважаючи на те, що стадіон не є сонячною електростанцією, в околицях стадіону розташоване 4000 панелей, в той час як його величезний резервуар для збору дощової води може допомогти не тільки для повторного використання води, а й для запобігання локальних повеней.



Рис. 5. Мерседес-Бенц Стедіум з відкритим отвором покриття



Рис. 6. Мерседес-Бенц Стедіум з закритим отвором покриття

Висновки та результати.

Застосування трансформованого покриття в спортивних спорудах є дуже актуальним на сьогоднішній день. Такі конструкції дозволяють адаптувати об'єкти під різні функції і умови роботи, відкривають широкі перспективи для суспільних будівель та споруд сьогодні і в майбутньому.

Література:

1. <https://www.archdaily.com/37803/dallas-cowboys-stadium>
2. <https://www.designbuild-network.com/projects/cowboysstadium/>
3. <https://www.archdaily.com/523365/singapore-sportshub-dparchitects>
4. <https://www.interiordesign.net/slideshows/detail/7162-project-singapore-national-stadium/>
5. <https://mercedesbenzstadium.com/mercedes-benz-stadium-design-engineering/>
6. http://www.seaog.org/Presentations/MBS/MBS%20Presentation_S_EAOG.pdf