УДК 624.01

Основні концептуальні рішення стадіонів України до чемпіонату Європи з футболу ЄВРО-2012

Шимановський О.В., д.т.н.

ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», Україна

Анотація. Розглянуто концептуальні та конструктивні рішення стадіонів побудованих та реконструйованих в Україні до чемпіонату Європи з футболу «Євро-2012», а саме, НСК "Олімпійський" у м. Києві, "Донбас-Арена" у м. Донецьку, ОСК "Металіст" у м. Харкові, "Арена-Львів" у м. Львові. Відзначено участь Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського у проектуванні, спорудженні та науково-технічному супроводі цих об`єктів. Особливу увагу приділено металевим конструкціям та їхньому виготовленню. Показано, як вирішувалися проблеми, що виникали під час спорудження та монтажу конструкцій.

Аннотация. Рассмотрены концептуальные и конструктивные решения стадионов построенных и реконструированных в Украине к чемпионату Европы по футбола "Євро-2012", а именно, НСК "Олимпийский" в г. Киеве, "Донбасс-арена" в г. Донецке, ОСК "Металлист" в г. Харькове, "Арена-Львов" в г. Львове. Отмечено участие Украинского института стальных конструкций имени В.М. Шимановского в проектировании, сооружении и научно-техническом сопровождении этих объектов. Особенное внимание уделено металлическим конструкциям и их изготовлению. Показано, как разрешались проблемы, которые возникали во время сооружения и монтажа конструкций.

Abstract. The conceptual and structural solutions of stadiums built and reconstructed in Ukraine for the European Football Championship – EURO 2012, notably – NSC "Olympiyskiy" in Kiev, "Donbass-Arena" in Kharkov, "Arena-Lviv" in Lviv were considered. The participation of V. Shimanovsky Ukrainian Institute of Steel Construction in design, erection and scientific and technical maintenance of these objects was discussed. The particular attention is paid to metal structures and their manufacturing. The ways of solving problems which occurred in process of erection and assemblage of structures are presented.

Ключові слова: Євро-2012, спортивні споруди, стадіони, покриття трибун, конструкції металеві, проектування, виготовлення, монтаж.

У 2007 році Україна отримала право на проведення фінального турніру чемпіонату Європи 2012 року з футболу, який є першим міжнародним турніром такого високо рангу в Україні з часу набуття нею незалежності. Тому в Україні були заплановані й успішно здійснені роботи з реконструкції та нового будівництва багатьох об'єктів, у тому числі спортивних, і в першу чергу - футбольних стадіонів для проведення фінального турніру чемпіонату Європи 2012 року з футболу.

Програма підготовки України до проведення фінального турніру чемпіонату Європи 2012 року з футболу затверджена указом Президента України N 346/2007 від 24.04.2007 р. "Про заходи щодо забезпечення підготовки та проведення в Україні фінального турніру чемпіонату Європи 2012 року з футболу" і розпорядженнями Кабінету Міністрів України N 1295 від 31.10.2007 р. "Про Державну цільову програму підготовки та проведення в Україні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу" і N 83 від 16.01.2008 р. "Про план першочергових заходів із підготовки та проведення в Україні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу".

У рамках виконання цієї програми були повністю реконструйовані стадіони Національного спортивного комплексу "Олімпійський" у м. Києві та Обласного спортивного комплексу "Металіст" у Харкові, а також зведені нові стадіони "Донбас-Арена" у м. Донецьку і "Арена-Львів" у м. Львові. Проекти стадіонів виконані згідно з вимогами УЄФА і передбачають проведення чвертьфінальних, півфінальних та фінальних матчів найбільших міжнародних турнірів. Усі стадіони мають не лише сучасне архітектурно-компоновочне рішення й органічно вписані в навколишнє природне і міське середовище, але також мають конструктивно раціональну форму і технологічне планування, що забезпечує підвищену комфортність і безпеку відвідувачів. Нижче представлено опис основних концептуальних рішень, які були прийняті при реконструкції та новому будівництві зазначених стадіонів.

Стадіон НСК "Олімпійський" у м. Києві. Стадіон відноситься до класу "Еліт", розрахований на 69 тисяч глядачів, його площа становить близько 60000 м^2, а розміри натурального газону футбольного поля дорівнюють: довжина – 104 м і ширина – 72 м. Крім того загальна площа забудови стадіону складає біля 160000 м^2, зона гостинності дорівнює близько 45000 м^2, а територія упорядкування охоплює площу у межах півтора кілометра навколо стадіону.

Реконструкція стадіону, окрім реконструкції його чаші, включає облаштування на місці центральної трибуни чотириповерхового VIP-корпусу з президентською, VIP та корпоративними ложами, дворівневими скай-боксами, барами, ресторанами, мікс-зоною, ложею преси, приміщеннями для телебачення, операторів, коментаторів та охорони, двома стаціонарними і невеликим проміжним ярусом на трибуні, роздягальнями для футболістів і арбітрів, а також безліччю інших технічних та допоміжних приміщень. На стадіоні встановлена нова система освітлення, розміщена безпосередньо під покриттям, а також два світлодіодних табло. Фасад стадіону виконаний із скляної оболонки, а трибуни накриті великопрольотною висячою світлопрозорою мембранно-

тканинною системою (рис. 1). У розташованій поряд із стадіоном 13-поверховій будівлі “Олімпік Стар” передбачено розміщення різноманітних функціональних приміщень, у тому числі офісного, спортивного та медійного (прес-центр) призначення, а також розташованого на даху майданчика для гвинтокрила (рис. 2).

а

б

Рис. 1. Загальний вигляд стадіону НСК “Олімпійський” з північної (а) і західної (б) сторін

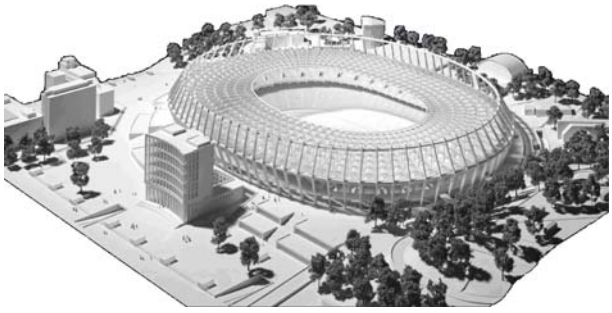
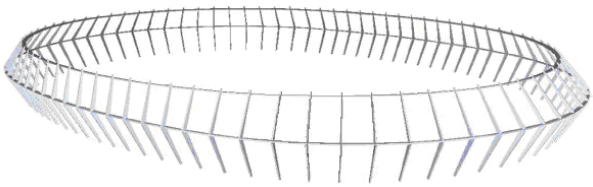


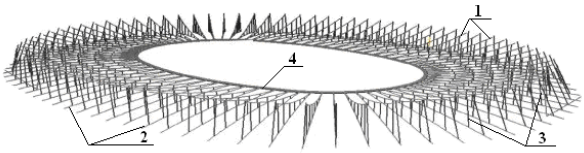
Рис. 2. Загальний вигляд стадіону НСК “Олімпійський” з прилеглою територією упорядкування

Найбільш відповідальним і складним елементом стадіону НСК “Олімпійський” є покриття над його трибунами з вильотом від 65 до 69 м і площею 48500 м^2, яке не лише входить до числа найбільших у світі покриттів над спортивними аренами, а й одночасно вдало поєднує архітектурно-естетичні і експлуатаційні властивості При цьому відмінні особливості покриття полягають у тому, що:

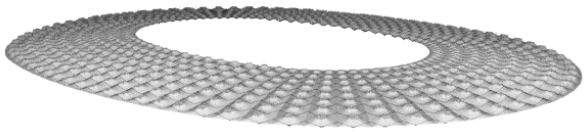
— металеві опорні колони покриття винесені за чашу стадіону і не спираються на його трибуни, тим самим не передаючи на них додаткове навантаження (рис. 3, а);
— покриття має в плані вид овального кільця, являє собою великопрольотну висячу двошарову радіально-кільцеву систему і конструктивно складається з верхніх та нижніх радіальних вант діаметром від 55 до 85 мм, підвісок і внутрішнього контурного кільця (рис. 3, б);
— в якості огороджувальної конструкції покриття прийнята мембранно-тканинна система, виконана з синтетичного армованого скловолокном полотна, ламінованого тефлоном із обох сторін, яке має високу міцність, негорючість і прозорість (рис. 3, в);
— поверхня покриття може зазнавати необхідних змін своєї геометрії в залежності від умов навколишнього середовища, причому процес формозміни здійснюється під керуванням спеціально розробленої комп'ютерної системи, в результаті чого створюються умови для якісної аерації і збільшення тривалості природного освітлення трав'яного газону, контролю за температурно-вологісним режимом та усунення можливості виникнення парникового ефекту.



а



б



в

Рис. 3. Конструкція покриття НСК "Олімпійський":
а – несучий каркас; б – вантова система; в – мембранно-тканинне покриття;
1 – верхні радіальні ванти; 2 – нижні радіальні ванти; 3 – підвіски;
4 – внутрішнє контурне кільце

Загальна кількість канатів висячої системи покриття нараховує близько 3 тисяч, їх вага дорівнює 765 т, сумарна довжина сягає 40 км, а діаметр канатів знаходиться у межах від 13 до 115 мм. Для з'єднання окремих канатів між собою передбачено більше 1 тисячі затискачів, а для їх об'єднання в єдину конструкцію покриття – близько 22 тисяч литих елементів (конекторів) підвищеної точності виготовлення і механічної обробки (рис. 4).

Великопрольотна висяча двошарова радіально-кільцева система покриття над трибунами стадіону підвішена до верхнього зовнішнього опорного контуру, який спирається на вісімдесят металевих опорних колон, кожна з яких має довжину біля 50 метрів і вагу близько 50 тон (рис. 5).

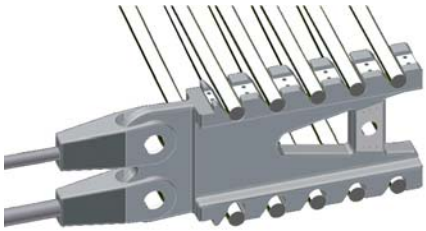


Рис. 4. Литий елемент (конектор) для сполучення верхніх і нижніх радіальних вант зі внутрішнім контурним кільцем

Верхні радіальні ванти, що підтримують виконане з пучка канатів діаметром 90 мм внутрішнє контурне кільце висячої системи покриття, підвішені до розташованого на колонах на висоті близько 40 м верхнього зовнішнього опорного контура. Нижні радіальні ванти, закріплені на внутрішньому контурному кільці і розташовані безпосередньо над трибунами, підвішені до нижнього зовнішнього опорного контура, який спирається на колони на висоті близько 22 м. Зовнішні опорні контури виконані з листового прокату і мають зварний коробчастий поперечний переріз із габаритами 800х1200 мм при товщині стінок від 30 до 70 мм.

Відповідно до прийнятої конструктивної схеми покриття, колони, розташовані з кроком близько 10,5 м, шарнірно спираються на залізобетонні конструкції галереї для підходу глядачів, що оперізує стадіон. Верхній опорний контур підвішений до верхівок колон шарнірно у площині вантових ферм, а нижній опорний контур з'єднаний з колонами жорстко. Колони, зі затисненим у них нижнім опорним контуром, утворюють жорстку просторову рамну систему, яка, об'єднана попередньо напруженою висячою системою покриття в єдине ціле, забезпечує стійкість всієї конструкції.

Зовнішні опорні контури (як верхній, так і нижній) є стиснутими від розпору у вантах, що передається на них, причому величина зусиль стиску досягає 5000 т, а внутрішнє контурне кільце – розтягнутим, величина зусиль у якому становить близько 5500 т. При цьому величина максимального зусилля розтягу, яке здатне сприйняти кільце, дорівнює 13500 т.

Металеві опорні колони, що підтримують висячу систему покриття, заввишки запроектовані ламаної конфігурації, причому точка перелому знаходиться на рівні нижнього зовнішнього опорного контуру (рис. 5). Висота нижньої ділянки колон прийнята близько 22 м, а верхньої – 18 м, що дозволило зменшити еліпсоподібність верхнього зовнішнього опорного контуру з метою зменшення згинальних моментів, що виникають у ньому під дією зовнішніх навантажень.

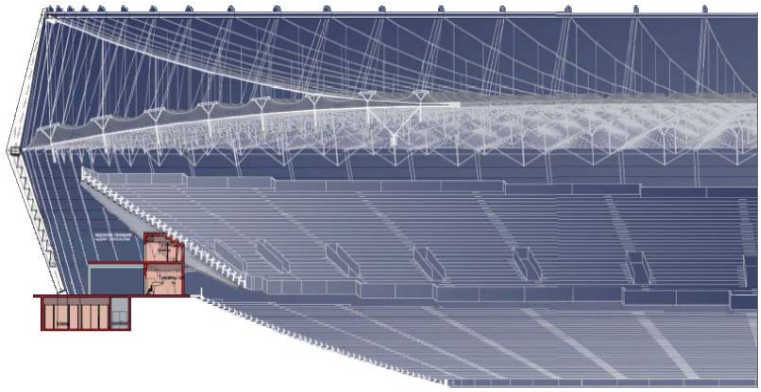


Рис. 5. Поперечний переріз і конструктивна схема висячого покриття над трибунами стадіону

Над нижніми радіальними вантами покриття знаходиться мембранно-тканинна система. Система запроектована у вигляді тентової конструкції зі шпренгельними підпорами для надання секціям поверхні певної взвищеності, що дозволяє не лише створити попереднє напруження для стабілізації її форми, а й забезпечити природне відведення дощових вод. При цьому у центрах секцій, де встановлені шпренгельні підпірки, передбачено влаштування купольних ліхтарів із світлопрозорим покриттям із полікарбонатних листів

Стадіон "Донбас-Арена" у м. Донецьку. Новий стадіон у м. Донецьку розташований у парку імені Ленінського Комсомолу. Стадіон розрахований на 50 тисяч глядачів, його площа складає близько 59300 м^2, а загальна площа забудови – 204000 м^2 (рис. 6).

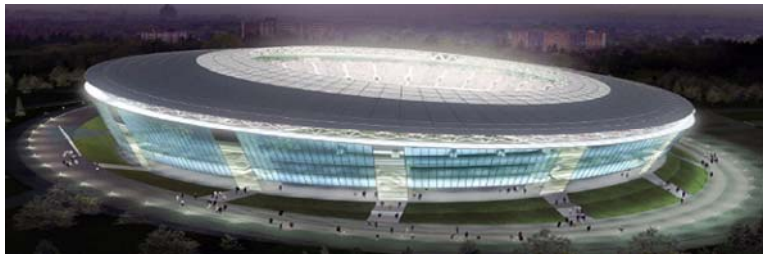


Рис. 6. Загальний вигляд стадіону “Донбас-Арена” з прилеглою територією

Вибір конструктивного рішення стадіону був значно ускладнений складними геологічними умовами майданчика будівництва, який відноситься до територій IV групи, що підробляються. Тому залізобетонний каркас надземної частини стадіону включає чотирнадцять розділених деформаційними швами секторів трибун для глядачів – по три сектори в північних і південних і по чотири в західних і східних трибунах.

Головними несучими конструкціями стадіону є, по-перше, монолітні залізобетонні фундаменти, що спираються під південними і частиною східних і західних трибун на палі, по-друге, монолітні залізобетонні конструкції каркаса надземної частини трибун, до яких кріпляться збірні залізобетонні конструкції трьох ярусів для безпосереднього розміщення місць для глядачів і, по-третє, металеві конструкції покриття над трибунами загальною масою близько 4,5 тисяч тон (рис. 7).

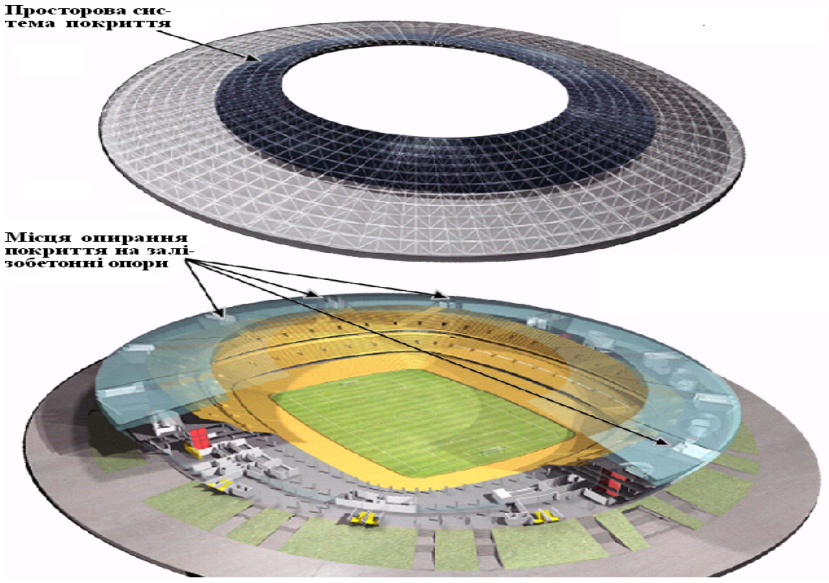


Рис. 7. Схематичний поперечний переріз стадіону

Покриття загальною площею близько 33400 м^2 має форму овального кільця і дещо нахилене у південному напрямі для збільшення тривалості природного освітлення трав'яного газону. У крайній частині покриття передбачена світлопрозора зона з полікарбонатних листів площею 5300 м^2.

Головними металевими конструкціями покриття є просторові консольні радіальні ферми завдовжки близько 60 м (рис. 8), на які спираються структурні блоки у формі кільцевих секторів із габаритними розмірами в плані 60х60 м і 60х30 м (рис. 9). Кожен структурний блок покриття спирається на дві сусідні радіальні ферми, на одній з яких опори шарнірно закріплені у трьох взаємно-перпендикулярних напрямах, а на іншій – тільки у вертикальному напрямі, забезпечуючи, таким чином, можливість переміщення вузлів у площині нижніх поясів просторових радіальних ферм до 140 мм.

а б

Рис.8. Радіальна ферма покриття у зібраному (а) і змонтованому (б) стані

а б

Рис. 9. Структурний блок покриття:
а – загальний вигляд; б – вузлова деталь типу "Меро"

Стадіон ОСК "Металіст" у м. Харкові. Стадіон розрахований на 38600 глядачів, його площа становить близько 20000 м^2, а розміри натурального газону футбольного поля дорівнюють: довжина – 105 м і ширина – 68 м. Загальна площа забудови ОСК "Металіст" становить близько 85000 м^2.

Реконструкція стадіону, крім власне реконструкції його чаші, включає влаштування 5-поверхового багатофункціонального корпусу, покриття над трибунами, електропідстанції потужністю 500 кВт і значної комерційної зони. Крім того, передбачено повне оновлення пристадіонної інфраструктури шляхом створення автостоянок для футбольних команд, автостоянки для офіційних осіб, VIP-відвідувачів, представників ЗМІ та вболівальників, а також шляхів незалежного та безпечного проходу і евакуації глядачів. Для цього територія навколо стадіону розбита на відокремлені один від одного сектори, кожен із яких має свої власні виходи з 88 турнікетами, з яких 74 повнозростових, 12 стандартних (у тому числі 4 для VIP-відвідувачів) і 2 для інвалідів (рис. 10).

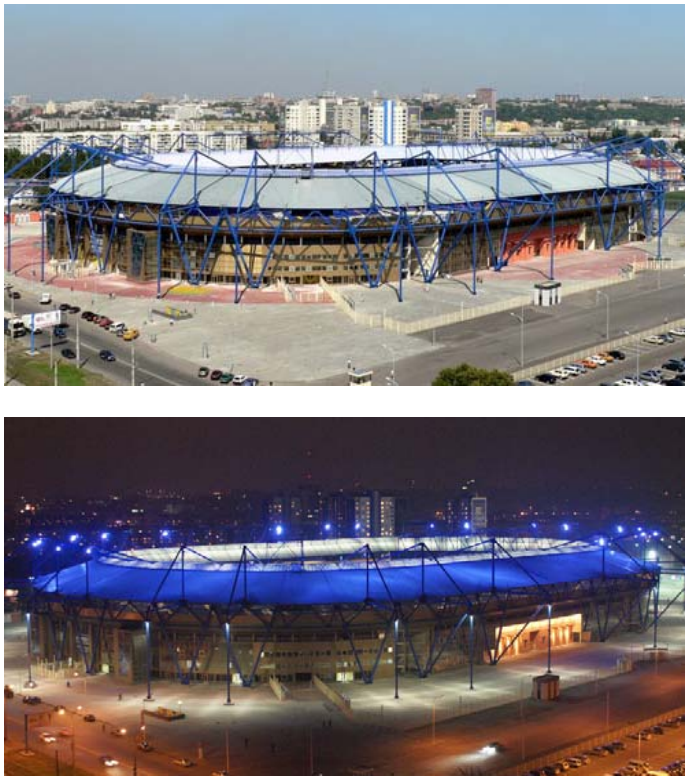
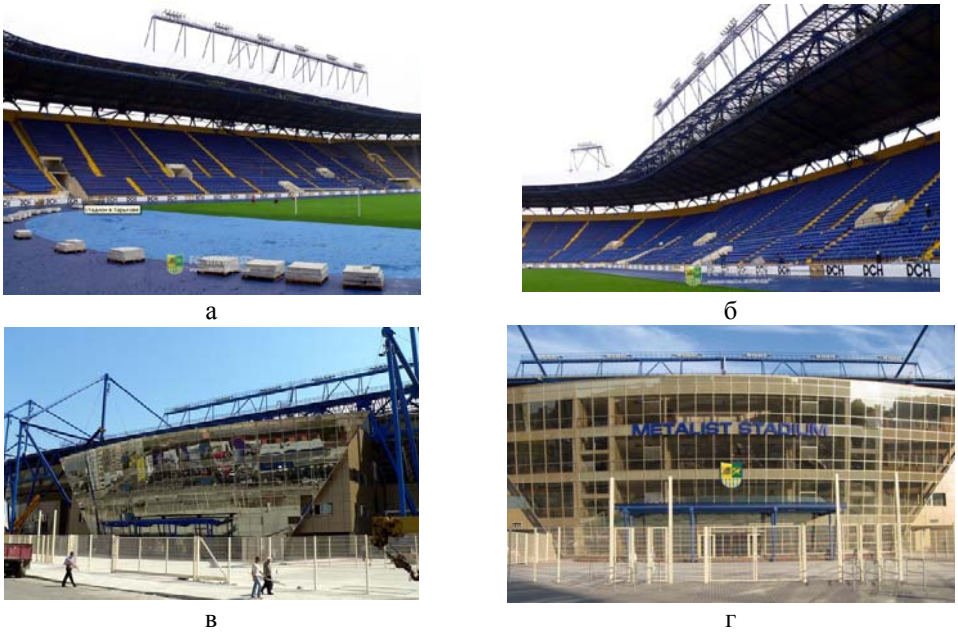


Рис. 10. Загальні види стадіону ОСК "Металіст"

У 5-поверховому багатофункціональному корпусі верхній поверх відведений для розміщення глядацьких лож та інших зручностей для VIP-відвідувачів, у тому числі 7 скай-боксів, а на інших поверхах знаходяться функціональні та технічні приміщення, необхідні для нормальної роботи стадіону, прес-центр на 300 осіб, приміщення для телебачення, операторів, коментаторів і охорони, ресторан на 360 місць, бари, офіси та ін. Приміщення футбольної інфраструктури (роздягальні для футболістів і арбітрів, тренувальний зал, кімната делегатів УЄФА чи ФФУ, лікувально-відновлювальний центр та ін.) знаходяться нижче рівня землі.

На стадіоні демонтована стара система освітлення, що базувалася на чотирьох окремо стоячих щоглах, і встановлена нова, розташована безпосередньо на і над покриттям, яка забезпечує освітленість поля на рівні 2400 люкс (рис. 11, а, б). Крім того, на стадіоні встановлені два світлодіодних табло і світлодіодна рекламна лінія, розташована уздовж периметра поля з боку північної, східної та південної трибун. Також до покриття підвішена система “Spidercam”, що пересувається над полем, і дозволяє одержувати зображення у будь-якій його точці, як із рівня землі, так і з висоти “пташиного польоту”. Під трибунами стадіону передбачені приміщення комерційного призначення (рис. 11, в, г).



а б в г

Рис. 11. Система освітлення стадіону ОСК “Металіст” (а, б) і багатофункціональний корпус із підтрибунними приміщеннями комерційного призначення (в, г)

Найбільш відповідальним і складним елементом стадіону ОСК "Металіст" є покриття над трибунами, виліт якого досягає 36 м, площа – 24860 м^2 (у тому числі світлопрозора зона вздовж внутрішнього периметра площею 7765 м^2), а загальна маса металевих конструкцій – 3,5 тисячі тон, виконане із застосуванням консольно-ферменної конструктивної схеми, що вдало поєднує архітектурно-естетичні та експлуатаційні властивості. Відмінною особливістю покриття є те, що всі його 24 металеві V-подібні опорні стійки не спираються на трибуни (і тим самим не передають на них додаткове навантаження), а винесені за чашу стадіону. Застосоване рішення дозволило не тільки повністю накрити всі глядацькі місця на трибунах стадіону аж до їх перших рядів, але й одночасно збільшити на них кількість місць.

Головним чинником, що визначив конструктивне рішення покриття трибун стадіону, виявилася нездатність існуючих конструкцій трибун до сприйняття значних додаткових навантажень. Тому несучі конструкції покриття прийняті у вигляді окремо стоячої системи, не пов'язаної з існуючими конструкціями стадіону (рис. 12, 13).

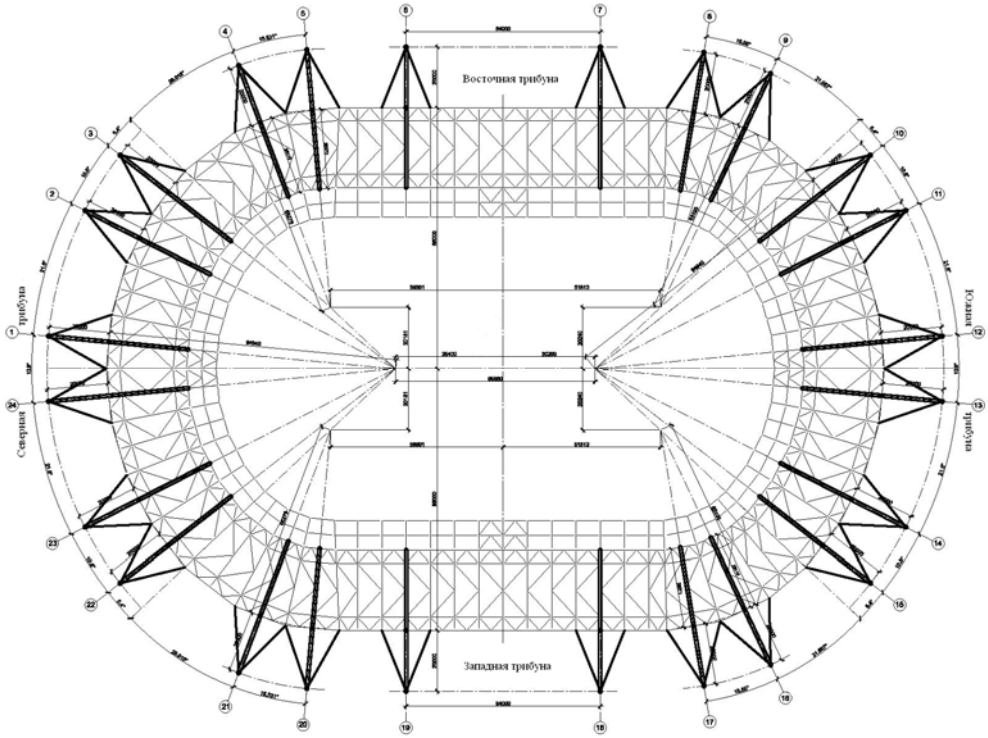


Рис. 12. Принципова схема несучих конструкцій покриття трибун стадіону ОСК "Металіст"

Каркас покриття вирішений у вигляді замкнутого опорно-підкроквяного контуру, що складається з V-подібних опорних стійок висотою 22,3 м, які спираються на залізобетонні фундаменти з кроком від 16 до 64 м і підкроквяних ферм висотою 6 м із відміткою осі верхнього пояса 24 м, які з'єднують ці стійки (рис. 13, 14). У 20 м від опорно-підкроквяного контуру розташовані зовнішні опорні стійки поперечних рам, також об'єднані в загальну систему каркасу. У свою чергу до зовнішніх опорних стійок через систему розкосів підвішені кроквяні ферми над трибунами.

До кроквяних ферм поперечних рам на відстані 26,25 м від V-подібних опорних стійок підвішені підкроквяні ферми висотою 6 м із відміткою верхнього пояса 32,25 м, що розділяють кроквяні ферми на дві частини – основну прольотом 26,25 м і консольну вильотом 9,75 м. Крок кроквяних ферм прийнятий від 8,0 до 9,0 м, а в окремих місцях досягає 12,0 м. Основна частина кроквяних ферм запроектована висотою 3,0 м із паралельними поясами, ухил яких становить 17,8 від футбольного поля, і довжиною панелі 4,375 м.

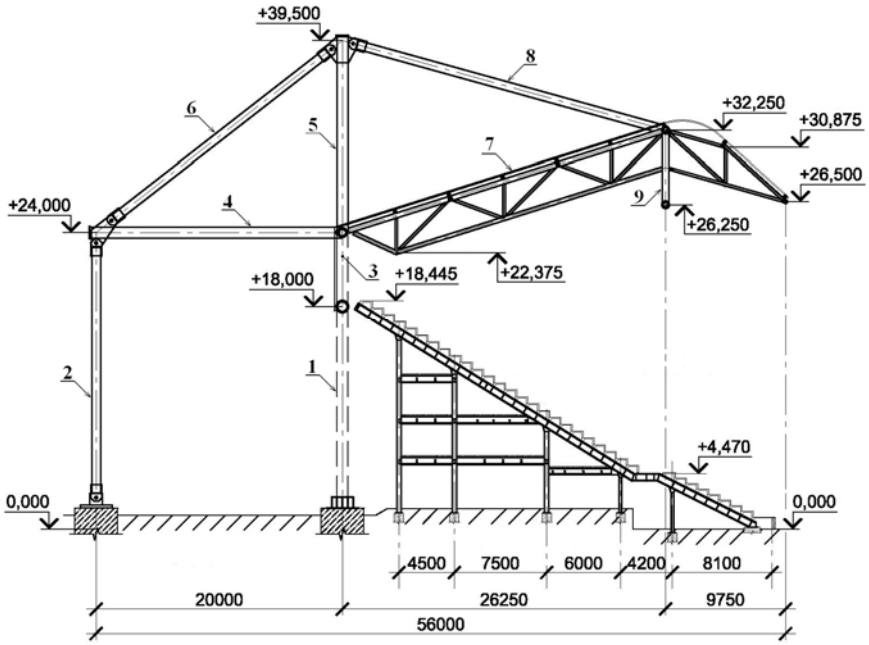


Рис. 13. Поперечний переріз східної трибуни стадіону ОСК "Металіст":
1 – V-подібна опорна стійка; 2 – зовнішня опорна стійка;
3 – опорно-підкроквяний контур; 4 – розпірка; 5 – стійка-надбудова;
6 – розкос; 7 – кроквяна ферма; 8 – розкос; 9 – підкроквяна ферма

У прольотах між фермами з кроком близько 8 м встановлена регулярна система прогонів, на яку укладається покрівельне покриття. Крім того, по верхніх поясах кроквяних і підкроквяних ферм встановлений суцільний в'язевий диск, який забезпечує геометричну незмінність і стійкість усього покриття у цілому.

Таким чином, до складу кожної поперечної рами входять (рис. 13): V-подібна і зовнішня опорні стійки висотою 22,3 м кожна, що спираються на залізобетонні фундаменти; опорно-підкроквяний контур; розпірка на позначці 24 м між оголовком зовнішньої опорної стійки і верхом опорно-підкроквяного контуру; стійка-надбудова, яка спирається на позначці 24 м на опорно-підкроквяний контур і підтримує систему підвіски кроквяної ферми над трибунами на позначці 39,5 м; розкос, що з'єднує оголовки зовнішньої опорної стійки на позначці 24 м і стійки-надбудови на позначці 39,5 м; кроквяна ферма; розкос, що з'єднує оголовок стійки-надбудови на позначці 39,5 м і верхній пояс кроквяної ферми на позначці 32,25 м; тросові розтяжки, що з'єднують оголовки зовнішньої опорної стійки і стійки-надбудови з опорно-підкроквяним контуром.

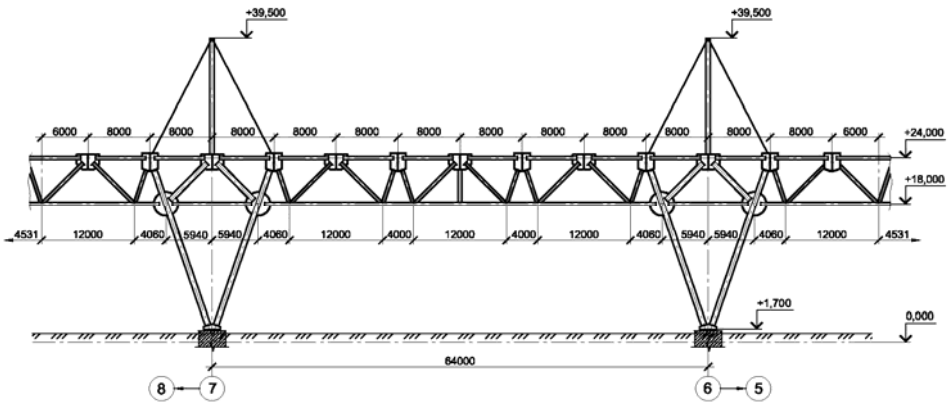


Рис. 14. Фрагмент опорно-підкроквяного контуру стадіону ОСК "Металіст"

Усі конструктивні елементи покриття максимально уніфіковані за типорозмірами і видами профілів. Основні несучі конструкції покриття виконані з профілів трубчастого перерізу діаметром від 219 до 720 мм із шарнірним з'єднанням, огороджувальні – з оцинкованого профільованого листа, а світлопрозора зона – з полікарбонатних листів. Прогони покриття прийняті коробчастим, складеними з двох прокатних швелерів. До складу покриття включено також значну кількість допоміжних конструктивних елементів, призначених для розміщення та обслуговування різних інженерних мереж і пристроїв, у тому числі кільцеві площадки для обслуговування покриття та розміщення світлотехнічного обладнання,

аудіо-, теле-, відео-і радіотрансляційної апаратури, а також стенди для двох світлодіодних табло з боксами для їх обслуговування. Конструктивні елементи цих площадок прийняті зі сталевих відкритих і замкнутих профілів.

Стадіон "Арена-Львів" у м. Львові. Загальна площа території будівництва стадіону "Арена-Львів" разом із навколостадіонною інфраструктурою складає близько 248000 м^2, а площа забудови становить біля 46000 м^2. Стадіон розрахований на 33788 глядачів, а розміри натурального газону футбольного поля дорівнюють: довжина – 111 м і ширина – 72 м (рис. 15).

а б

Рис. 15. Зовнішній (а) та внутрішній (б) загальні види стадіону "Арена-Львів"

Уздовж периметра футбольного поля з південної, східної і північної сторін розташовані двохярусні трибуни, під першим ярусом яких розміщений паркінг, а із західної сторони – один ярус трибун і п'ятиповерхова основна будівля стадіону, в якій знаходяться ложі та інші зручності для VIP-відвідувачів (у тому числі скай-бокси на 150 місць), прес-центр, приміщення для представників ЗМІ, телебачення, операторів, коментаторів та охорони, ресторани, кафе, бари, офіси, функціональні та технічні приміщення, необхідні для забезпечення нормальної роботи стадіону та ін. Під північними трибунами знаходяться приміщення футбольної інфраструктури (роздягальні для футболістів і арбітрів, тренувальний зал, кімната делегатів УЄФА або ФФУ, лікувально-відновлювальний центр та ін.). До покриття у зоні південних і північних трибун підвішені два світлодіодних табло. На трибунах передбачені спеціальні зони і ліфти для глядачів із обмеженими фізичними можливостями.

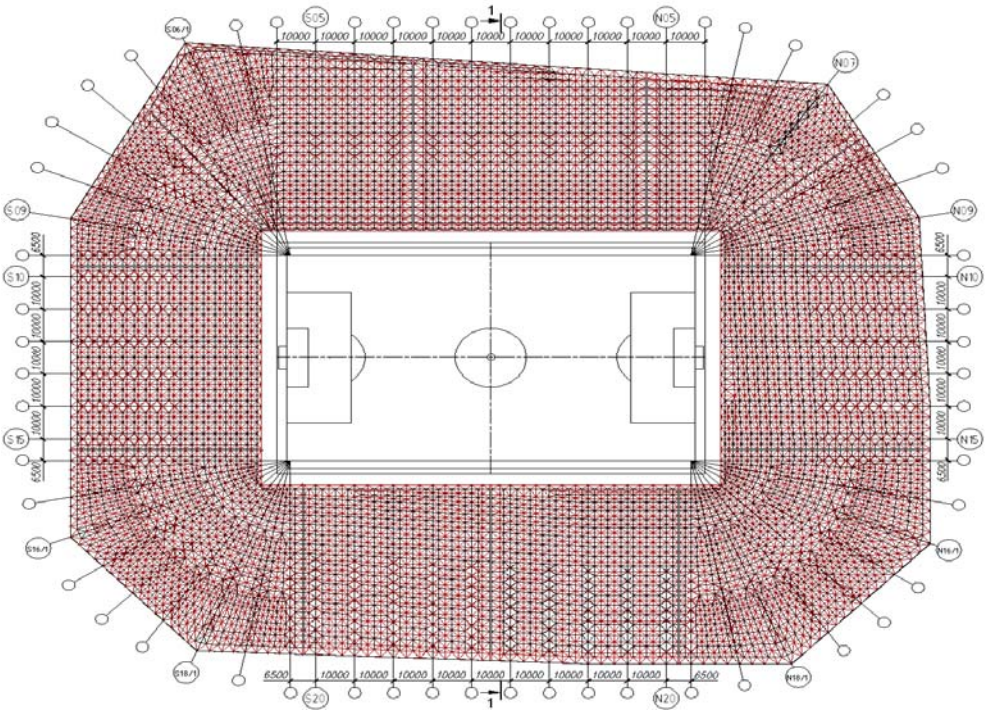
Проектом передбачено значний розвиток навколостадіонної інфраструктури шляхом створення автостоянок загальною площею 6000 м^2 для футбольних команд, офіційних осіб, VIP-відвідувачів, представників ЗМІ, вболівальників (у тому числі з обмеженими фізичними можливостями) і обслуговуючого персоналу, шляхів незалежного та безпечного проходу і

евакуації глядачів, а також низки додаткових зон – готельно-ділової, виставкової, зовнішнього транспорту та придорожнього сервісу, комунальної та паркової.

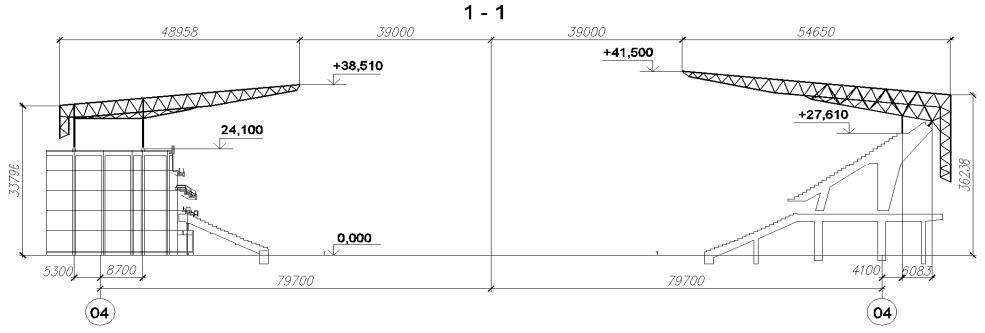
Найбільш відповідальним і складним елементом стадіону "Арена-Львів" є покриття над трибунами, загальна площа якого становить біля 29000 м^2. Уздовж периметру стадіону воно має ухил близько 5 градусів у бік зовнішнього контуру і розташоване на різних позначках із плавним зниженням у напрямку південних і південно-західних трибун, що дозволяє збільшити тривалість природного освітлення трав'яного газону футбольного поля. У зонах південних, східних і північних трибун покриття спирається на залізобетонні пілони, а у зоні західних трибун – на залізобетонні колони каркасу основної будівлі стадіону. Покриття разом із залізобетонним каркасом чаші стадіону розділене антисейсмічними швами на конструктивні блоки, довжина яких не перевищує 50 м. В якості основних несучих конструкцій покриття прийняті металеві конструкції типу "Меро".

Основні рішення металевих конструкцій покриття представлені на рис. 16. Покриття розділене на одинадцять конструктивних блоків, кожен із яких включає прогони, структурні конструкції, кроквяні ферми, опорні стійки та опори. Прогони слугують для кріплення конструкцій покрівлі та стінового огородження. Структурні конструкції покриття і фасадів мають ортогональне розташування поясів і утворюють прямокутні чарунки розмірами близько 3,3х3 метри. Стержневі елементи структури за допомогою наконечників болтового типу кріпляться до спеціальних вузлових деталей (рис. 17), причому болти у цих з'єднаннях прийняті класу 10.9 із контрольованим зусиллям натягу величиною до 15% їх несучої здатності.

Структурні конструкції покриття спираються на кроквяні ферми змінної висоти, розташовані з кроком 10 метрів у центральних і 11,25 градуса по радіусах кіл у кутових секторах (рис. 16, *а*). Кроквяні ферми мають консолі довжиною до 19 метрів і спираються на залізобетонні пілони трибун із використанням віддалених на 6 метрів один від одного спеціально розроблених опор двох типів, причому якщо на опори типу 1 ферми спираються через опорні стійки, то на опори типу 2 – через опорну деталь (рис. 18). Опори кріпляться до залізобетонних пілонів трибун за допомогою анкерних болтів із подальшою підливкою опорних плит твердіючим розчином «Pagel».



а



б

Рис. 16. Схема розташування конструктивних елементів структурного покриття (а) і поперечний переріз стадіону (захід-схід) (б)

а б

Рис. 17. Вузлова деталь для з'єднання стержневих елементів структури (а) та наконечник стержневого структурного елемента (б)

Відправні марки поясів і двох опорних розкосів ферм об'єднуються фланцевими з'єднаннями, а решта розкосів – листовими накладками за допомогою високоміцних болтів класу 10.9 з контрольованим зусиллям натягу величиною 85% їх несучої здатності.

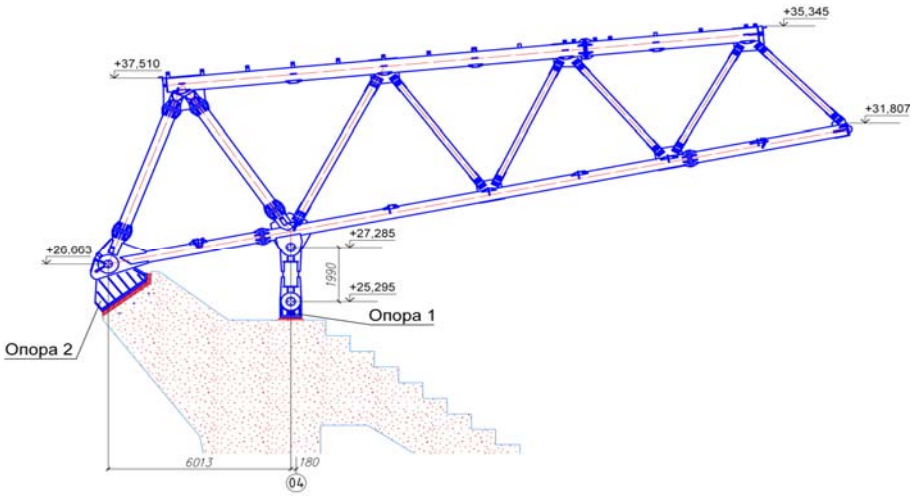


Рис. 18. Схема кроквяної ферми

Стержневі елементи структур, кроквяних ферм і опорних стійок прийняті з круглих труб, деталі опор – із товстолистового прокату, а прогони – з двотаврів і швелерів. Металеві конструкції покриття виконані зі сталей марок S355J2H, S355J2+N, S355J2+N+Z25 і S355J2+AR, які мають гарантовані показники ударної в'язкості при температурі мінус 20° С. При цьому витрата стали на основні несучі металоконструкції покриття склала близько 2700 т.

Рис. 19. Армування оголовків залізобетонних пілонів із анкерними пристроями у зонах кріплення кроквяних ферм покриття

По прогонах покриття влаштована покрівля зі сталевого профільованого настилу, на який покладені шумопоглинаючі жорсткі мінераловатні плити, гідроізоляція та покрівельні профільовані листи з алюмінієвого сплаву. Уздовж усього внутрішнього периметру покриття передбачена світлопрозора зона завширшки від 9,5 до 15,5 метрів, виконана зі світлопрозорого матеріалу (макролону), а уздовж зовнішнього – лотки для збирання атмосферних опадів. Стінова огорожа навісних фасадів передбачена із профільованих листів із алюмінієвого сплаву.

Проектні рішення залізобетонних пілонів трибун із анкерними пристроями у зонах кріплення кроквяних ферм наведені на рис. 19. При цьому передбачено, що анкера цих пристроїв діаметром від 48 до 72 мм і довжиною до 6 м виконуються зі сталі С345 і попередньо натягуються зусиллями величиною 80% їх несучої здатності після обетонування оголовків пілонів.

Надійшла до редколегії 15.08.2012 р.