

## ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСУ “ОЛІМПІЙСЬКИЙ”

© Кривошеєв П.І., Слюсаренко Ю.С., 2010

Описано реконструкцію Національного спортивного комплексу „Олімпійський” у м. Києві як найбільшого проекту у складі підготовки до Європейського футбольного чемпіонату 2012 року. Реконструкцію виконано у складних природних, геологічних, містобудівних і економічних умовах. Розглянуто відновлення існуючих і будівництво нових залізобетонних конструкцій.

**Ключові слова:** реконструкція, футбольний стадіон, залізобетонні конструкції, складні умови.

The paper describes the reconstruction of the “Olimpiyskiy” National Sports Complex in Kyiv as the largest project for preparing of Ukraine to the Europe football championship of 2012. The reconstruction is fulfilling in difficult environmental, geological, town-planning and economic conditions. The renovation of existent concrete structures and construction of new structures are considered.

**Keywords:** reconstruction, football stadium, concrete structures, complex conditions.

**1. Вступ.** Україна і Польща визначені як країни, в яких буде проведено чемпіонат Європи з футболу 2012 року (ЄВРО-2012). Для організації чемпіонату в Україні одночасно ведеться будівництво декількох стадіонів, що задовольняють сучасні вимоги ФІФА і УЄФА. Найбільший об'єкт серед них – це реконструкція Національного спортивного комплексу „Олімпійський” в м. Києві (далі – НСК), на якому передбачено проведення фінального матчу чемпіонату.

Реконструкція НСК є складним різноплановим завданням, що передбачає розроблення і реалізацію багатьох нетрадиційних архітектурних, технічних і організаційних рішень, необхідність яких зумовлена наявністю складних природних, геологічних, містобудівних і економічних умов. До ускладнювальних чинників належать:

- складний рельєф і геологічні умови території з наявністю крутих схилів, просадних і насипних ґрунтів, високим рівнем підземних вод, небезпекою зсувних процесів,
- наявність на території НСК великої кількості існуючих будівель і споруд, деякі з яких мають історичну, архітектурну або господарську цінність і мають бути збережені під час реконструкції,
- розміщення НСК в центрі м. Києва, на невеликій території, оточеній щільною забудовою,
- сейсмічна небезпека, ускладнена високим рівнем підземних вод, яку раніше не враховували в будівельних нормах і до неї не пристосовані існуючі споруди.

У проекті реконструкції НСК закладено конструктивні рішення, що не мають прямих аналогів в практиці будівництва України, зокрема:

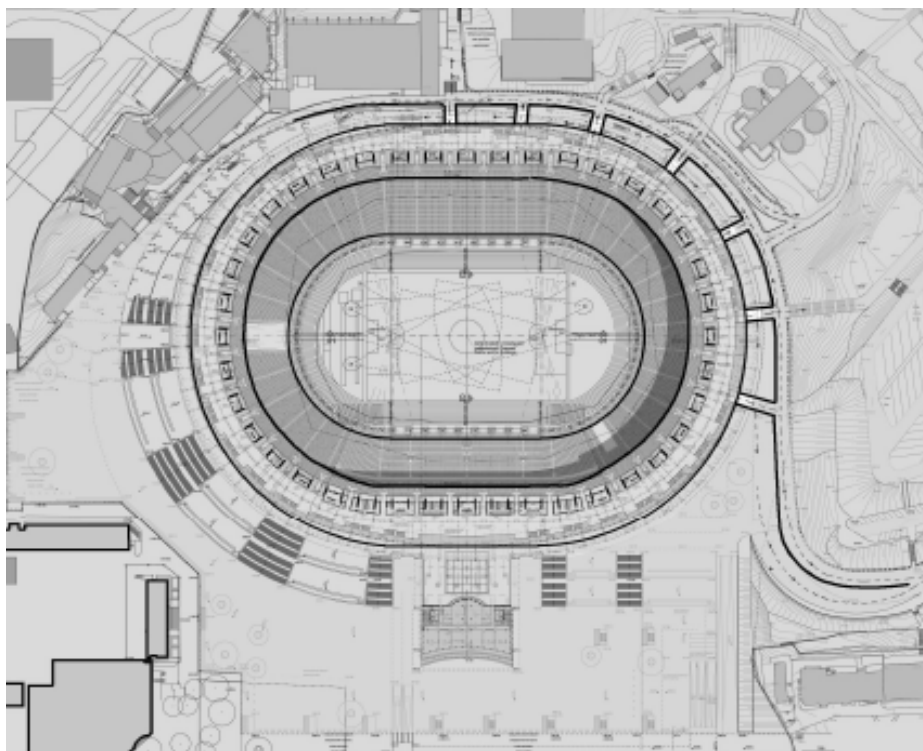
- влаштування підвісного навісу над трибунами розмірами в плані 310x220 м і заввишки 40 м з легких металевих конструкцій,
- відновлення існуючих збірних залізобетонних конструкцій трибун верхнього ярусу, що мають понад 40-річний термін експлуатації,
- влаштування нових трибун нижнього ярусу в монолітних і збірних залізобетонних конструкціях і спорудження поряд з ними нових підземних багатоповерхових споруд нижче від рівня підземних вод,
- спорудження евакуаційних естакад довкола стадіону з підрізуванням і закріпленням навколишніх схилів.

2. Розміщення і склад стадіону. Реконструкція НСК “Олімпійський” з перетворенням його на спортивний комплекс, що відповідає сучасним вимогам УЄФА, має на меті виконання двох завдань:

- збереження символічного та історичного образу стадіону, який створювався протягом 70-річного періоду його експлуатації,
- створення нового символу Чемпіонату Європи 2012 р. в Україні.

Проект НСК розроблено в німецькій фірмі GMP “Generalplanungsgesellschaft mbH” і українських організаціях “Архітектурне бюро “Ю.Серьогін” і ПП “Коматек”, генеральним підрядником реконструкції є Холдингова компанія «Київміськбуд», науковий супровід будівництва здійснюють українські інститути (головний виконавець – НДІБК) та німецькі фахівці .

Територія НСК “Олімпійський” загальною площею 17 гектарів розташована в історичному районі центру Києва на північно-західному схилі Черепанової гори. Територія НСК межує із старою забудовою , де розташовані житлові та адміністративні будинки , Палац спорту, військовий шпиталь та пам’ятка історії музей “Київська фортеця ”. Крім основної споруди стадіону , територія була забудована спортивними та адміністративними будинками , павільйонами та майданчиками , мала упорядковані зелені масиви, мережу пішохідних доріжок та транспортних проїздів (рис. 1).



*Рис.1. Генеральний план НСК „Олімпійський”*

Футбольний стадіон на цій території міста був побудований в 30-х роках ХХ ст., потім неодноразово реконструйований (у 40-х, 60-х, 80-х роках ). Спочатку він був одноярусним , в 1967 році був зведений другий ярус трибун і місткість стадіону досягла 100 тисяч глядачів (рис. 2) .

Нинішня реконструкція НСК передбачає розміщення нової спортивної арени та нових трибун нижнього ярусу на місці існуючих зі збереженням існуючого верхнього ярусу. Чаша стадіону є двоярусна із збірних залізобетонних конструкцій , що забезпечує розміщення 38–46 рядів в нижньому ярусі та 30 рядів у верхньому ярусі місць для сидіння глядачів (рис. 3) . За проектом реконструкції стадіон розрахований на 69 тисяч глядачів .

Всі трибуни від фасаду комплексу з метою безпеки розділені на чотири сектори : північний , південний, східний і західний , з тим, щоб глядачі одного сектора не могли потрапити під час матчу в інший сектор.



*Рис. 2. Стадіон до реконструкції (2008 рік)*



*Рис.3. Новий фасад стадіону*



*Рис.4. Новий інтер'єр стадіону*

Однією з вимог комфортності стадіону є можливість функціонування у разі будь-яких змін погоди. Необхідний захист глядачів від атмосферних опадів і сонячних променів здійснюється за допомогою влаштування навісу зі світлопроникного матеріалу над трибунами стадіону. У зв'язку з вимогами УЄФА про проведення ігор на полі з природним газоном, покриття стадіону не повинне закривати ігрове поле для того, щоб трава мала достатньо сонячного освітлення під час зростання.

Для виконання цих вимог у проекті передбачено синтетичну мембрану, армовану тканим скловолокном, яка підтримується сталевими канатами – відтяжками між розпірними сталевими поясами. Зовнішній пояс встановлений на сталевих “кльошкоподібних” опорах, внутрішній – висить на сталевих канатах-вантах. Вся ця конструкція працює незалежно від існуючих залізобетонних конструкцій і встановлюється на власні фундаменти.

Футбольне поле зорієнтоване в напрямку північ-південь, що відповідає сучасним футбольним нормам. Габарити поля прийняті 105x68 м із захисними зонами збоку 2,5 м, що відповідає вимогам для всіх ігор професійного рівня, зокрема для ігор останнього кола змагань ФІФА і континентальних першостей (рис. 4).

У частині підтрибунного простору НСК зводиться VIP-корпус, в якому розміщені:

Ярус –1: Роздягальні з санвузлами і душовими для футбольних команд. Зали для тренувань, приміщення для дитячих команд, тренерів, футбольних помічників, суддів, приміщення для журналістів і представників засобів масової інформації. Технічні приміщення.

Ярус 0: У центральній частині VIP-фойє “Італійський дворик” для обслуговування VIP-персон і центральні комунікаційні вузли. Приміщення персоналу УЄФА, фотокореспондентів, волонтерів, офісів рекламного нагляду. Приміщення працівників ЗМІ: офіси, конференцзали, зали для нарад. Приміщення ресторанної групи і магазини, технічні приміщення.

Ярус +1: Біля трибун розташовані VIP-ложі, з яких є виходи безпосередньо на трибуни. Навколо «Італійського дворика» зосереджені офісні приміщення, конференц-зали, бізнес-клуб, комерційні зони. Приміщення під магазини, для телебачення, конференц-зал, кімната для нарад. Служба безпеки, технічні та інвентарні приміщення.

Ярус +2: VIP-ложі почесних гостей, президента, делегатів УЄФА. Технічні і сервісні приміщення. Два бари по 150 місць, медпункт і пожежний пост, панорамні ТБ-студії.

Ярус +3: Кіоски фаст-фуду і санвузли, приміщення медичної допомоги та служби безпеки.

Приміщення гравців розташовані на –1 ярусі в закритій зоні, куди гравці потрапляють зі спеціального критого майданчика для транспортних засобів, захищеного від преси і глядачів. Чотири роздягальні для команд рознесені по різні боки від виходу на поле.

3. Відновлення існуючих залізобетонних конструкцій. Згідно з проектом реконструкції НСК існуючі конструкції верхнього ярусу трибун зберігаються і відновлюються. Ці трибуни були введені в експлуатацію в 1967 році. Основними несучими конструкціями є 80 окремих опор, які являють собою Т-подібні збірні залізобетонні рами з нахиленим ригелем прольотом 25 м на монолітному залізобетонному ростверку по забивних палях довжиною від 5 до 10 м. Між ригелями опор укладені збірні залізобетонні панелі ребристого типу довжиною від 7 до 10,5 м і шириною 80 см, на яких розміщувалися сидіння трибун, розраховані на 50 тисяч глядачів.

За більш ніж 40-річну експлуатацію на відкритому повітрі конструкції трибун зазнали істотного зношення, але зберегли свою працездатність. Виконані натурні обстеження і розрахункові дослідження показали, що несуча здатність рам і панелей у разі врахування експлуатаційних навантажень за чинними нормами (з вищими значеннями, ніж раніше) забезпечується. З метою скорочення термінів будівництва стадіону було прийняте рішення про збереження і відновлення конструкцій трибун верхнього ярусу.

Проведені випробування окремих панелей на статичні і вогневі впливи підтвердили їх відповідність сучасним нормативним вимогам.

Під час відновлення конструкцій виконуються такі роботи:

– Підсилення пальових фундаментів влаштуванням додаткових буроін'єкційних паль по периметру ростверків і розширення самих ростверків. Це зроблено з метою підвищення несучої

здатності фундаментів і забезпечення їх надійної роботи під час влаштування поряд з ними нових підземних споруд .

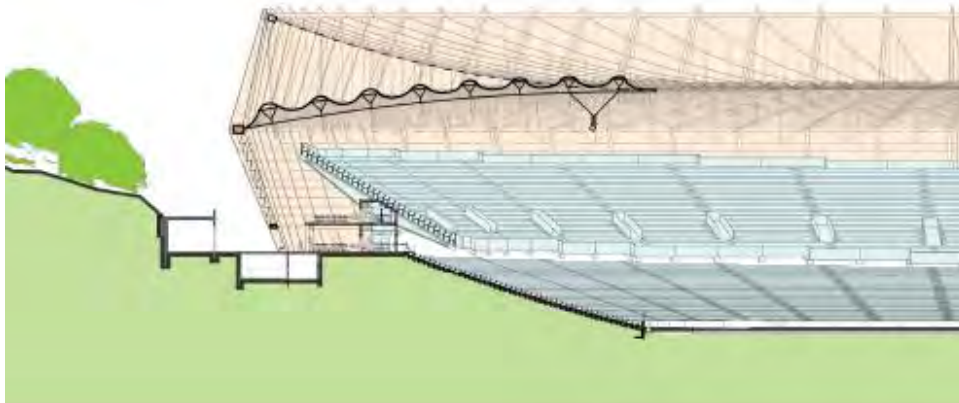
– Ремонт несучих рам (виконаний протикорозійний захист арматури , нанесені захисні шари бетону, оглянуті і відновлені стики , виконане опорядження конструкцій ) .

– Відновлення панелей трибун (зняті і замінені стяжки і покрівельні шари , усунені тріщини і відколи бетону, зміцнена товща і захисний шар бетону, відремонтовані закладні деталі , виконано нове фінішне водозахисне і декоративне покриття ) .

– Демонтаж і заміна деформаційних швів по колу трибун (замість металевих конструкцій застосовані нові синтетичні матеріали , що здатні забезпечувати необхідне розтягування і стискання і мають потрібну довговічність ) .

– Демонтовані і замінені залізобетонні елементи сходів між трибунами, їхні параметри приведені у відповідність до вимог УЄФА, відремонтовані і частково замінені елементи огорожень трибун, конструкції водостоків .

4. Влаштування нових залізобетонних конструкцій. Під час реконструкції стадіону зводять нові споруди в залізобетонних конструкціях (рис. 5) :



*Рис. 5. Схема основних несучих конструкцій*

#### 4.1. Трибуни нижнього ярусу.

Під час зведення трибун були враховані такі ускладнювальні фактори :

– складні геологічні і гідрогеологічні умови (слабкі і неоднорідні ґрунти , рівень підземних вод на глибині до 0,8 м під площиною футбольного поля, підземні водні потоки під територією стадіону , насиченість підземними комунікаціями ) .

– над трибунами нижнього ярусу частково нависають трибуни верхнього ярусу, які збережені під час реконструкції .

Трибуни нижнього ярусу вирішені в таких конструкціях :

– Фундаменти з буронабивних паль діаметром 630 мм в обсадних трубах, довжиною 19 – 24 м , з монолітними ростверками.

– Похилі монолітні залізобетонні ригелі висотою 630–1900 мм і шириною 700 мм, розташовані над землею в радіальних напрямках з кроком 5–7 м.

- Збірні залізобетонні панелі-складки трибун Г-подібної форми , шириною 1040 мм і висотою 700 мм, які укладені на ригелі .

Під складками, поверх утрамбованого ґрунту (між похилими ригелями) влаштована армована монолітна бетонна стяжка, розрізана деформаційними швами, які розділяють кожний сектор між похилими ригелями на три бетонних плити .

#### 4.2. Конструкції VIP-корпусу .

В об'ємно-планувальному відношенні будівля складається з декількох об'ємів , розділених через 45–50 м деформаційними швами. Монолітний залізобетонний каркас складається з системи пілонів , діафрагм жорсткості та дисків монолітних безбалкових перекриттів товщиною 300 мм, що

забезпечують міцність, жорсткість та загальну стійкість будівлі. Фундаменти з буронабивних паль діаметром 620 – 880 мм довжиною 15 м.

Покриттям корпусу є панелі трибун і сходів, стіни шахт ліфтів – монолітні залізобетонні. Зовнішні стіни – комплексної конструкції, перегородки – цегляні, пінобетонні, гіпсокартонні. Для захисту підвальних приміщень від ґрунтових вод під всією площею підвалу влаштована суцільна монолітна залізобетонна плита товщиною 500 мм з гідроізоляцією.

#### 4.3. Підземні споруди навколо трибун стадіону

Зона преси (в осях 80'–130'), Зона обслуговування глядачів (в осях 560–720).

Конструктивна схема складається з монолітних залізобетонних колон, балок і плит перекриття, які забезпечують просторову жорсткість і стійкість споруди. Основні залізобетонні конструкції прийняті такі самі, як для VIP-зони.

Підземний паркінг.

Паркінг однорівневий. Конструкції складаються з колон 400x800 мм, балок висотою 900 та 1400 мм і плит перекриття товщиною 300 мм.

Фундаменти під несучі елементи каркасу паркінгу – монолітні залізобетонні кущові ростверки, товщиною 1000 мм. Палі – буронабивні діаметром 750 мм і довжиною 15 м.

Просторова жорсткість кожного об'єму забезпечується спільною роботою колон із залізобетонними балковими перекриттями товщиною 500 мм та балок 300x400 мм.

Стіни паркінгу – монолітні залізобетонні товщиною 300 мм. Для захисту від ґрунтових вод під всією площею паркінгу влаштована суцільна монолітна залізобетонна плита товщиною 500 мм із гідроізоляцією.

Підземні туалети.

Розміщені з південного та східного боків стадіону в осях 110–570. Перекриття над туалетами і підлога передбачені по ухилу залежно від ухилу дороги по всій довжині. Приміщення туалетів розділені деформаційними швами.

Просторова жорсткість забезпечується за рахунок спільної роботи монолітних колон, діафрагм жорсткості, стін та перекриття. Фундаменти з буронабивних паль діаметром 750 мм і довжиною 24–25 м з монолітними ростверками. Гідроізоляція поверхні стін – дворазова обмазка бітумом. Гідроізоляція перекриття – обклеювальна.

#### 4.4. Об'їзна дорога навколо чаші стадіону та інші евакуаційні виходи.

Обхідна галерея 2-го ярусу трибун.

Обхідна галерея розділена деформаційними швами по всій своїй довжині на окремі ділянки. У поперечному розрізі є рамою на двох колонах. Основою однієї колони є ростверк на палях малого діаметра (Ø300 мм), друга колона спирається на каркас туалетів. Колони Ø600 мм, балки перерізом 300x1000 мм і 650x1000 мм, плита перекриття товщиною 280 мм.

Евакуаційна естакада.

По довжині естакада розділена деформаційними швами через 30 м. Основні несучі конструкції естакади: буронабивні палі діаметром 630 мм в обсадних трубах, довжиною 20 м. Ростверки, колони і елементи покриття з монолітного залізобетону.

Приміщення під об'їзною дорогою

Між контрфорсними палями-колонами передбачається розміщення приміщень різного функціонального призначення: дизель-генераторної, трансформаторних підстанцій, санвузлів, складських приміщень тощо. Основою фундаментів є існуючий насипний ґрунт. Фундаменти – стрічкові, монолітні залізобетонні. Стіни цегляні, перемички залізобетонні. Перекриття є несучі конструкції об'їзної дороги.

#### 4.5. Підпірні стіни

Для захисту від сповзання ґрунту зсувонебезпечних схилів Черепанової гори із південного та східного боків стадіону передбачено влаштування декількох монолітних залізобетонних підпірних стін. При висоті більше 5,0 м підпірні стіни виконані у вигляді шпунтового ряду з буронабивних паль Ø800–1000 мм.

#### 4.6. Фундаменти навісу над трибунами стадіону

Фундаменти навісу складаються із буронабивних паль діаметром 620, 750, 880 мм в обсадних трубах, довжиною до 28 м м , заглиблених в глинистий ґрунт («київський мергель»). Ростверки виконані з монолітного залізобетону .

5. Покриття над трибунами. Для захисту глядачів на трибунах стадіону від кліматичних впливів у проєкті передбачено навіс , який накриває реконструйовані трибуни верхнього ярусу та відновлені трибуни нижнього ярусу. Оскільки чаша стадіону має овальну форму, розміри споруди по зовнішньому контуру становлять близько 310x220 м.

За умовами недопущення обпирання будь-яких додаткових конструкцій на трибуни верхнього ярусу, навіс спирається на окрему систему з 80 сталевих колон, що винесені по контуру чаші стадіону за зовнішній край трибун і встановлені на незалежні фундаменти .

Навіс запроєктовано у вигляді висячої вантової конструкції з тентовим покриттям . Навіс складається із двох зовнішніх сталевих стиснутих кілець та внутрішнього розтягнутого кільця , а також двох комплектів радіальних тросів , які з'єднують кільця . Ця структура покрита мембранним матеріалом .

Опорні кільця спираються в двох рівнях на колони , висота яких становить 40 м. За схемою роботи ці контури стиснуті зусиллями , які досягатимуть 50000 кН .

Навіс над трибунами НСК накриває трибуни , а також частину бігових доріжок та територію навколо стадіону . Виліт тенту навісу залежно від розмірів трибун становить від 65 до 69 м. Площа – близько 45000 кв.м.

Колони, що підтримують покриття , мають ламану конфігурацію по висоті (злам у бік трибун у рівні нижнього контурного кільця ). Висота нижньої ділянки колон – 22 м м , верхньої – 18 м. Крок колон – близько 10,5 м. Колони запроєктовані коробчастими , змінного перерізу по висоті (розміри перерізу колон змінюються від 500x600 мм до 500x2000 мм в зоні сполучення з нижнім контурним кільцем ). Товщина стінок профілю – від 20 до 40 мм.

Опори колон шарнірно спираються на фундаменти і жорстко розкріплені контурними кільцями покриття , створюючи жорстку просторову опорну рамну систему.

Між колонами в рівні нижче від нижнього контурного кільця встановлені фасадні засклені системи огорожувальних конструкцій по периметру стадіону .

Фасадні конструкції являють собою системи жалюзійного типу. Горизонтальні смуги зі спеціального скла прикріплюються до несучого каркасу, утвореного вертикальними двопоясними тросовими фермами з поперечними розпірками . Зверху троси кріпляться до нижнього контурного кільця , знизу – до залізобетонних конструкцій перекриття . Стабілізація системи забезпечується попереднім напруженням тросової системи . Вузлові сполучення – зварні та з литих деталей, що зроблено для зручності приєднання елементів тросових ферм навісу .

Зовнішні контурні кільця – зварні , коробчастого профілю , габаритами 800x1200 мм, з листового прокату товщиною 30–70 мм. Верхнє кільце , що триматиме основне навантаження від зовнішніх впливів , матиме значно більші товщини елементів , ніж нижнє .

Внутрішнє контурне кільце , зусилля в якому досягає 50000 кН, виконане у вигляді пакета з 10 тросів діаметром 90 мм. Верхні троси радіальних вантових ферм – з канатів діаметром 65 – 85 мм. Нижні троси вантових ферм – з канатів діаметром 55–75 мм. Тросові підвіски між верхніми та нижніми тросами вантових ферм – з канатів діаметром 22 мм.

Всі канати , що застосовуватимуться , замкнені і захищені гальванічним покриттям .

Система покриття запроєктована у вигляді тентової конструкції зі шпренгельними підпругами для надання поверхні (по секціях ) впарушеної форми і здійснення попереднього напруження для стабілізації форми. У центрах секцій мембрани , що підперті шпренгелями, передбачено встановлення купольних ліхтарів з полікарбонату .

Загальна вага сталевих конструкцій 5693 т, литих деталей 697 т, тросових систем 816 т.

Нині більша частина будівельних робіт з реконструкції НСК «Олімпійський» вже виконана або наближається до завершення . Введення НСК в експлуатацію намічено на липень 2011 року .