

УДК 624. 131. 2; 725

*П.Є. Григоровський, к.т.н.;*  
*Ю.В. Дейнека, НДІБВ*

## **УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ НСК "ОЛІМПІЙСЬКИЙ"**

### **АНОТАЦІЯ**

В статті висвітлено досвід проведення моніторингу стану споруд НСК "Олімпійський" у процесі його реконструкції. Описані прилади, які використовувались при моніторингу та місця їх розташування. Наведені методи вимірювання та контролю, результати моніторингу та висновки за результатами робіт.

Ключові слова: моніторинг, НСК "Олімпійський", прилади для моніторингу, результати.

Суттєвою вимогою при реконструкції НСК "Олімпійський" у Києві на етапі підготовки стадіону до чемпіонату "Євро – 2012" є обов'язковий моніторинг стану відповідальних конструкцій як в період будівництва, так і в процесі його подальшої експлуатації.

Виконання моніторингу обумовлено:

– необхідністю раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій при експлуатації НСК, що можуть призвести до руйнування конструкцій споруди;

– високим рівнем відповідальності об'єкта, що визначається можливими катастрофічними соціальними наслідками руйнування споруди при проведенні спортивних заходів за участі великої кількості глядачів;

– необхідністю своєчасної перевірки відповідності фактичних значень технічних параметрів конструкцій і вузлів їх проектним значенням.

Об'єктами НСК, можливість руйнування яких несе загрозу надзвичайних ситуацій, є:

– другий ярус трибун для глядачів, який змонтовано на 80 залізобетонних опорах;

– вантове покриття, його металеві несучі колони та дах, що буде покривати другий ярус.

Дах базується на 80 металевих колонах, на яких змонтовано верхнє та нижнє стиснуті кільця з радіальними вантами, які підтримують внутрішнє

розтягнуте кільце. Дах покритий мембраною із спеціальної плівки.

У процесі реконструкції значну увагу приділяли надійності існуючих залізобетонних опор та складок другого ярусу трибун, що залишаються в подальшій експлуатації, тому система моніторингу відслідковувала їх положення в просторі і оцінювала стійкість та виявляла можливі деформації.

Контролю підлягали підпірні стіни схилів навколо стадіону, які виконані у складних гідргеологічних умовах. Верхні шари схилів, що утримуються підпірними стінами, складаються з делювіальних шарів ґрунту і при замоканні від техногенних та ґрунтових вод можуть збільшувати горизонтальне навантаження на утримуючі споруди. Це викликає необхідність вести спостереження за їх станом як у період реконструкції, так і в процесі експлуатації.

Конструкції верхнього ярусу трибун складаються зі збірних залізобетонних конструкцій: 80 опор, 80 ригелів та по 30 складок у кожному прольоті між ригелями. Опори та ригелі з'єднані між собою монтажним стиком.

У відповідності з технічним обґрунтуванням та розрахунками у процесі реконструкції НСК "Олімпійський" визначались:

– осідання опор верхнього ярусу трибун з періодичністю один раз на тиждень;

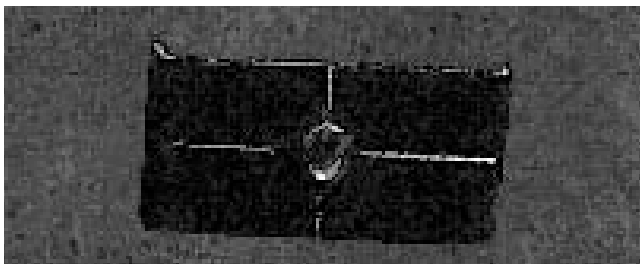
– вертикальні відхилення конструкцій верхнього ярусу трибун за допомогою датчиків відхилень по 33 найбільш відповідальних опорах, зняття результатів один раз на тиждень;

– відхилення від вертикалі на інших 29 опорах за допомогою електронної рейки-виска РВЕ-1 з тією ж періодичністю;

– горизонтальні деформації ригельних балок опор верхнього ярусу трибун з періодичністю один раз на тиждень.

Для визначення планово-висотного положення торців ригеля опор верхнього ярусу трибун використовувався тахеометр Sokkia SET 230 RK3 в комплекті з призмами, які встановлені на торцях ригелів.

Визначались деформації шляхом порівняння координат та позначок призмових відбивачів (мініпризм), що встановлені на торці ригеля трибун верхнього ярусу трибун, поточного та попередніх циклів. Для встановлення призмових відбивачів (мініпризм) виготовлений спеціальний кронштейн у вигляді пластини з нанесеним центром, в



*Рисунок 1. Загальний вигляд кронштейна*

який вкручується мініпризма. Загальний вигляд кронштейна та призмового відбивача (мініпризми) наведено на рисунках 1, 2.

Призмовий відбивач дозволяє збільшити точність вимірів та забезпечує однозначність вимірів.

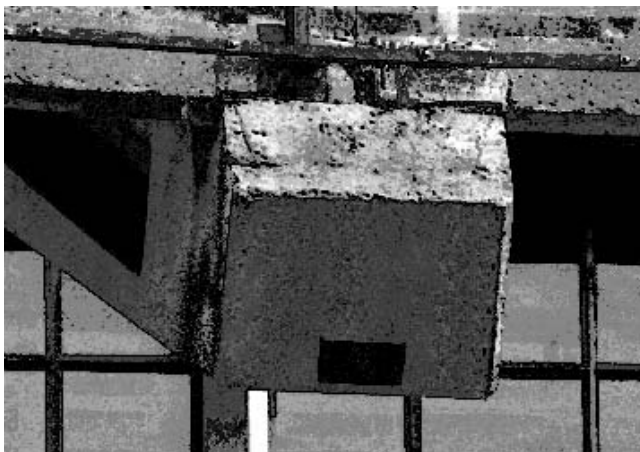
Загальний вигляд встановленого призмового відбивача наведено на рис. 3.

Встановлювались призмові відбивачі з індивідуальних підвісних риштувань, що закріплені до конструкцій верхнього ярусу трибун. Пластини закріплювались до металевих закладних деталей опори. Призмові відбивачі примусово центрувались в центральному отворі пластини.

Система моніторингу повинна забезпечувати одержання фактичних значень (контроль) відносних лінійних деформацій, кутів відхилення від вертикалі, осідання залізобетонних опор у реальному масштабі часу, обробку одержаних даних та збереження їх в електронному вигляді.

Вимірювання відхилення від вертикалі виконувалось за допомогою датчиків ВКВ-2 з комплектом телекомунікаційного обладнання.

Передача даних із датчика ВКВ-2 для опрацювання результатів на паперовому носії виконувалась за допомогою пульта передачі даних.



*Рисунок 3. Загальний вигляд встановленого призмового відбивача*



*Рисунок 2. Загальний вигляд мініпризми*

Програмне забезпечення дозволяє відобразити результати моніторингу в графічній формі в кутових секундах та міліметрах і передавати результати для обробки в Excel.

Обробка та візуалізація даних вимірювань виконувалась за допомогою програмного комплексу "Buildings".

На опорах верхнього ярусу трибун було встановлено 33 датчики вимірювань відхилень від вертикалі ВКВ-2. У відповідності з технічним завданням на інструментальний моніторинг 33 датчики встановлені на 62 опорах через одну.

Перед виконанням робіт із монтажу датчиків ВКВ-2 місця їх встановлення були узгоджені з замовником та проектувальником.

Датчики встановлені по осі опори в районі монтажного стику, на з'єднанні опори та ригеля верхнього ярусу трибун на висоті приблизно 5 м від поверхні ростверка. Зовнішній вид встановленого датчика представлено на рис. 4.



*Рисунок 4. Датчик ВКВ-2 на опорі другого ярусу трибун*



**Рисунок 5.** Проведення вимірювання рейкою-виском

Оскільки визначення вертикальних відхилень необхідно було виконувати по всіх опорах, то визначення відхилень від вертикалі на інших 29 опорах виконувалось за допомогою електронної рейки-виска РВЕ-1.

Перед проведенням першого вимірювання була виконана підготовка, яка включала розмітку місць вимірювання рейкою, що забезпечує однозначність вимірювання та їх зачистку і шліфівку від напливів бетону, розчину та фарби.

У процесі вимірів рейка встановлюється по осі опори. Місця встановлення чітко зафіксовані на поверхні опор мітками. Момент проведення вимірювання представлено на рис. 5, а загальний вигляд пульта управління рейки — на рис 6.

Вимірювання осідання опор верхнього ярусу трибун виконувалось традиційним геодезичним методом нівелювання за методикою II класу вимірів.



**Рисунок 7.** Загальний вигляд встановленого репера на опорі по осі 15



**Рисунок 6.** Загальний вигляд пульта управління рейки-виска

Для виконання вимірів використовувався нівелір Н-05 з комплектом три-метрових інварних рейок.

Перед початком спостережень обов'язково виконувалась перевірка нівеліра, що зменшує похибки нівелірного ходу та підвищує точність визначення осідання опор верхнього ярусу трибун.

Перед початком вимірювань виконувалась перевірка рейок відповідно до інструкції з нівелювання I та II класів.

Визначення осідання опор виконувалось за встановленими на них деформаційними марками (реперами). Загальний вид встановленого репера наведено на рис. 7.

Місце встановлення марок погоджувалось проектувальником і максимально наближене до осі опори. Марки забетонували так, що виступна частина дорівнює 5см, що достатньо для встановлення нівелірної рейки на верхню точку.

Марка встановлена так, що доступ до неї зберігається протягом всього терміну виконання робіт. Рейка встановлювалась у вертикальне положення на одне й те ж саме місце, що забезпечує повторюваність вимірів.

Місця встановлення приладу та розташування перехідних точок нівелірного ходу забезпечують головну умову виконання нівелювання II класу — рівність плечей у ході. Під час першого циклу вимірювань були виконані роботи з визначення відстані між точками ходу.

Вимірювання планово-висотного положення торців ригеля опор верхнього ярусу трибун виконувалось з пунктів вихідної геодезичної мережі будівельного майданчика.

Визначення планово-висотних деформацій ригелів опор верхнього ярусу трибун виконувалось методом побудови лінійно-кутової мережі — трианголатерації або трилатерації або ж лінійно-кутової мережі з допусками кутових вимірювань триангуляції та полігонометрії 4-го класу державної мережі, оскільки розрахована точність відповідає точності триангуляції та полігонометрії 4-го класу.

Для більш наочного зображення процесу деформації ригелів опор верхнього ярусу трибун результати були представлені у вигляді схеми розповсюдження деформацій та графіків деформацій по кожній координаті призових відбивачів.

Основна частина монтажних робіт при реконструкції — це роботи з монтажу покрівлі стадіону.

Покрівля складається з конструкції каркаса, що включає 80 колон, верхнє і нижнє стиснуті силові кільця, внутрішнє розтягнуте кільце, а також систему верхніх та нижніх радіальних тросів, які об'єднані тросовими підвісками.

Типова колона з системою розтяжок представлена на рисунку 8. Колона складається з нижньої та верхньої частин, з'єднаних під кутом. Вони мають геометричні відмінності одна від одної, тому за геометричною ознакою 80 колон об'єднані в 20 типів для верхніх частин і 40 типів для нижніх частин. Колони мають коробчасті перерізи.

Внутрішнє тросове силове кільце складається з 10 тросів, об'єднаних в одну конструкцію за допомогою 80 пластин, кожна з яких має 10 отворів. За їх допомогою внутрішнє тросове кільце з'єднується з верхніми та внутрішніми радіальними тросами. Діаметр вертикальних тросів складає 28 мм.

У відповідності з розробленою технологією до початку монтажних робіт виконуються підготовчі роботи:

- виконується покриття (з залізобетонних плит, щебінки) у відповідності з проектом;
- у місцях встановлення стендів укрупненого складання виконується укладання залізобетонних дорожніх плит;
- виконується огороження майданчика, на якому складуються конструкції;
- встановлюються стенди укрупненого складання;
- вибираються місця проїзду та розвертання автотранспорту;
- розміщаються приміщення для робітників, виконробів, майстерні, що передбачені стройбудгенпланом;



*Рисунок 8. Загальний вигляд розміщення колон на стенді*

Колони складаються з двох частин: фасадної та похилої частин. Ці частини колони доставляються на стадіон окремо і на спеціальному стенді складаються (зварюються) в одну колону. При цьому завданням геодезичного забезпечення є визначення геометрії кожної частини колони окремо та визначення геометричних параметрів перед та після зварювання на стенді.

Перед початком зварювання до встановлення тимчасового приміщення, в якому будуть виконуватися зварювальні роботи, та після закінчення зварювання, демонтажу тимчасового приміщення та повного охолодження конструкції виконується контроль геометричних параметрів елементів металоконструкції покрівлі геодезичною службою замовника.

За результатами контролю перед зварюванням може бути прийняте рішення щодо коригування положення конструкції та повторного контролю після коригування.

На рисунку 9 представлено загальний вигляд монтажу колони.

Для обробки результатів моніторингу була розроблена спеціальна програма, інтерфейс якої представлено на рис. 10. Програма дозволяє вводити дані в ручному режимі або з таблиць Excel та виконує побудову залежності відхилення опори за період моніторингу.

Датчики ВКВ-2 періодично проводять заміри та запам'ятовують результати вимірювань. Об'єм пам'яті — 32 000 вимірювань. Заданий період запису в блок накопичення даних становить 1 год. Оператор раз на тиждень або за необхідності проводить зчитування інформації з кожного датчика. Далі інформація обробляється на комп'ютері, де встановлене спеціальне програмне забезпечення.

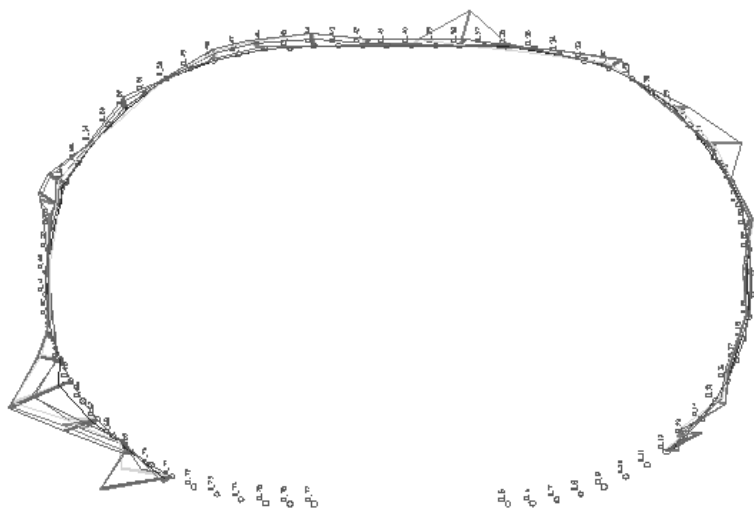


**Рисунок 9.** Загальний вигляд монтажу колони

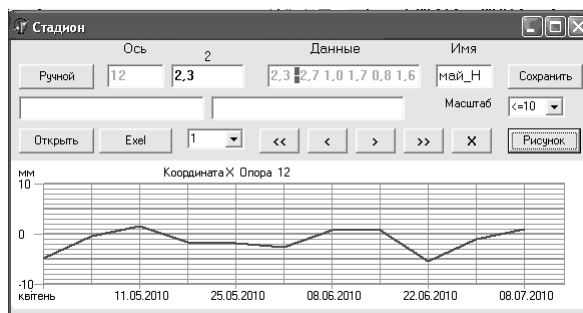
На рис. 11 наведено результати запису вимірювання нахилу опори 12 протягом декількох місяців 2010 року.

Датчик при високій чутливості та періоді вимірювання в 1 год фіксує коливання опори внаслідок технологічних факторів та добової зміни температури. На рисунку це може відображатись у вигляді достатньо широкої "шумової" смуги з періодом в 1 добу.

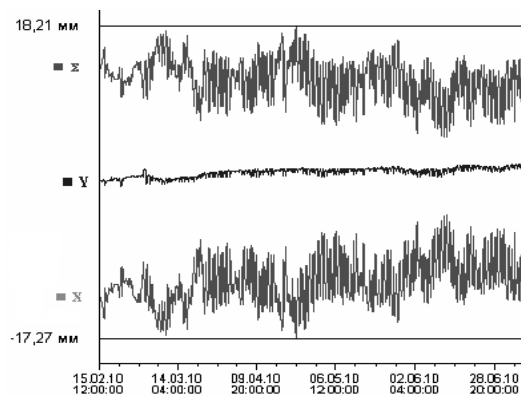
Зміна відхилень від вертикалі опор верхнього ярусу трибун НСК "Олімпійський", на яких роз-



**Рисунок 12.** Зміна відхилень від вертикалі опор другого ярусу трибун



**Рисунок 10.** Вигляд інтерфейсу програми обробки і представлення результатів моніторингу



**Рисунок 11.** Значення відхилень від вертикалі за 2010 рік на опорі 12

міщені датчики, наведена на рис. 12.

Спостереження за осіданнями опор верхнього ярусу трибун НСК "Олімпійський" виконувалося по опорах з 12 по 71 з періодичністю один раз на тиждень. Вимірювання виконувались традиційним методом нівелювання 2-го класу.

За результати аналізу вимірів надавалися рекомендації щодо коригування технології виконання будівельно-монтажних робіт у зонах найбільшого їх впливу на стійкість існуючих будівельних конструкцій, що дозволило виключити можливість збільшення їх деформацій.

Визначення відхилень від вертикалі по опорах, на яких не встановлені датчики ВКВ-2, виконувалося вимірюваннями кута відхилення за допомогою рейки-віска РВЕ-1. Приклад результатів вимірів за 2010 рік надаються у вигляді графіків на рис. 13.

Розраховані критичні та докритичні величини осідань, горизонтальних зміщень та відхилень від вертикалі.

Докритичне значення осідання опори другого ярусу складає 18мм, критичне – 19 мм.

Докритичне значення горизонтального переміщення торців ригелів опор другого ярусу складає 21 мм, критичне – 25 мм.

Докритичне значення відхилення від вертикалі опор другого ярусу складає 5 мм, критичне — 5,25 мм.

Всі наведені параметри надані в перерахунку на висоту 5,5 м

#### Висновки

За результатами виконаних натурних спостережень за осіданнями, горизонтальними переміщеннями торців ригеля та відхиленнями від вертикалі залізобетонних опор верхнього ярусу трибун зроблені наступні висновки:

– середнє значення осідань 15 мм, зафіксовані максимальні значення осідань на деяких опорах, які досягають 75,6 мм;

– середнє значення горизонтальних переміщень — 17 мм, максимальні значення горизонтальних переміщень досягають 49,9 мм;

– середнє значення відхилень від вертикалі — 6,4 мм, максимальні значення відхилень від вертикалі досягають 26,7 мм в розрахунку на висоту 5,5 м.

Максимальні значення деформацій та максимальна швидкість їх наростання зафіксована під час виконання робіт із влаштування паль підпірних та шпунтових стін, які розташовані приблизно на відстані до 5 м від опор верхнього ярусу трибун.

На основі результатів спостережень з урахуванням критичних та докритичних величин осідань, горизонтальних зміщень та відхилень від вертикалі розроблене технічне завдання на систему геодезичного моніторингу під час експлуатації відповідальних конструкцій НСК "Олімпійський".

Для забезпечення надійної інформації щодо технічного стану залізобетонних опор верхнього ярусу трибун на кожну з 80 опор необхідно встановити:

– датчик вертикальних переміщень з діапазоном вимірювання від -100 мм до +20 мм з точністю до 1 мм;

– датчик горизонтальних переміщень з діапазоном вимірювання від -100 мм до +100 мм з точністю до 1 мм;

– датчик вертикальних відхилень (кренів) з діапазоном вимірювання від - 20 кут. хв до +20 кут. хв. з точністю 10 кут. с за умови перерахунку на висоту опори 5,5 м з діапазоном вимірювання від - 50 мм до +50 мм.

Наведені дані будуть використані при проектуванні та розробленні системи довготривалого моніторингу в процесі експлуатації НСК "Олімпійський".

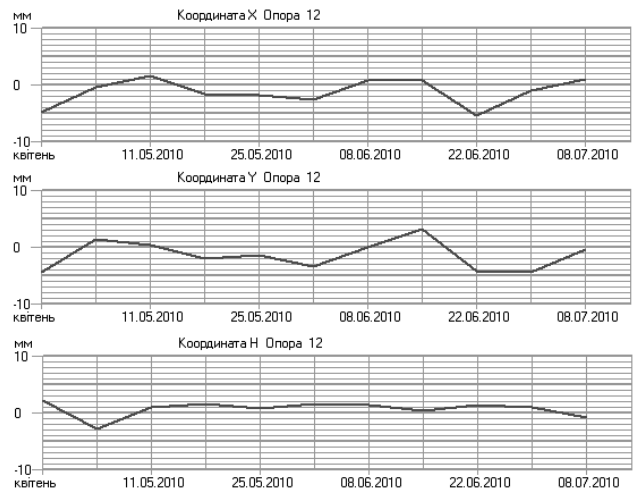


Рисунок 13. Значення відхилень від вертикалі за 2010 рік на опорі 12

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.3-2:2010 *Геодезичні роботи у будівництві*.

2. *Временные рекомендации по организации технологии геодезического обеспечения строительства многофункциональных высотных зданий*. — М.: ООО "Тектоплан", 2006. — 76 с.

3. *Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений*. М.: Стройиздат, 1975.

#### АННОТАЦИЯ

В статье освещен опыт проведения мониторинга состояния сооружений НСК "Олимпийский" в процессе его реконструкции. Описаны приборы, которые использовались при мониторинге и места их расположения. Приведены методы измерения и контроля, результаты мониторинга и выводы по результатам работ.

Ключевые слова: мониторинг, НСК "Олимпийский", приборы для мониторинга, результаты.

#### ANNOTATION

In the article experience of realization of monitoring of the state of building of НСК is lighted up "Olympic" in the process of his reconstruction. Devices which was used for monitoring that places of their location are described. Methods over of measuring and control are brought. Results over of monitoring and conclusions are brought on results works.

Keywords: Monitoring, НСК "Olympic", devices for monitoring, results.