

4. Канторер С.Е., *Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве*, - М.: Издательство литературы по строительству, 1969.

5. Палкин Н. «Нечеткая логика – математические основы». *Энергосбережение, автоматизация в промышленности, интеллектуальные здания и АСУТП. Сборник статей*. - М.: 08.11.2010.

6. Мелихов А.Н. и др. *Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой*. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1990.

#### АННОТАЦИЯ

В статье освещены некоторые особенности выбора методов выполнения геодезических работ. Рассмотрены традиционные методы выбора средств и методов выполнения геодезических работ. Приведены диаграммы Ганта (календарные графики) для выполнения отдельных геодезических работ по сопровождению реконструкции НСК «Олимпийский». С учетом опыта геодезических работ по реконструкции стадиона, сделана попытка выбора средств и методов геодезического обеспечения с использованием элементов нечеткой логики. Приведена проверка правильности метода выбора средств геодезического обеспечения в условиях конкретных геодезических работ.

Ключевые слова: геодезические работы, выбор средств выполнения геодезических работ, НСК «Олимпийский», нечеткая логика.

#### ANNOTATION

Some features of choice of methods of implementation of geodesic works are lighted up in the article. The traditional methods of choice of facilities and methods of implementation of geodesic works are considered. Diagrams over of Ганта (calendar charts) are brought for implementation of separate geodesic works on accompaniment of reconstruction of НСК «Olympic». Taking into account experience of geodesic works on the reconstruction of stadium, given it a shot choice of facilities and methods of the geodesic providing with the use of elements of fuzzy logic. Verification over of rightness of method of choice of facilities of the geodesic providing is brought, in the conditions of concrete geodesic works.

Keywords: Geodesic works, choice of facilities of implementation of geodesic works, НСК «Olympic», fuzzy logic.

УДК 624.131.2;725

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

### ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ НСК «ОЛІМПІЙСЬКИЙ»

#### АНОТАЦІЯ

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

Ключові слова: Моніторинг, НСК «Олімпійський», прилади для моніторингу, результати.

Важливим пунктом європейських вимог щодо реконструкції НСК «Олімпійський» в м. 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.

У даній роботі висвітлено деякі аспекти проведення геодезичного моніторингу конструкцій на підставі досвіду його виконання в процесі реконструкції НСК «Олімпійський».

Важливість виконання робіт з моніторингу стану конструкцій впливає з:

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

- високого рівня відповідальності об'єкта, що визначається можливими катастрофічними соціальними наслідками руйнування споруди при проведенні спортивних заходів з участю великої кількості глядачів;

- необхідності своєчасної перевірки відповідності фактичних значень технічних параметрів конструкцій і вузлів їх проектним значенням.

Об'єктами НСК, можливість руйнування яких несе загрозу надзвичайних ситуацій, є, в першу чергу, 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 мета-

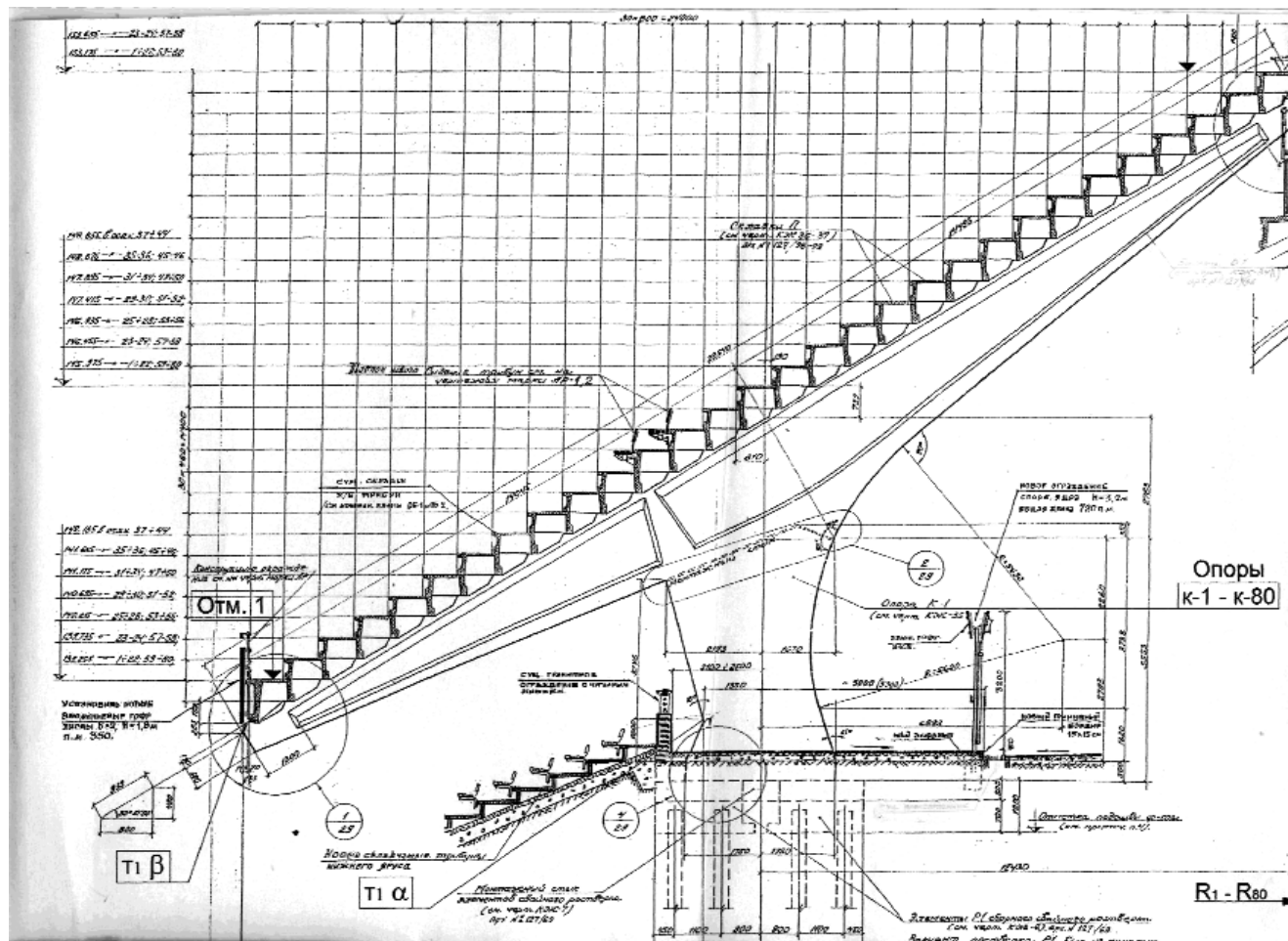


Рис. 1. Загальний вигляд конструкції верхнього ярусу трибун.

левих колонах, на яких змонтовано верхнє та нижнє стиснуті кільця з радіальними вантами, які підтримують внутрішнє розтягнуте кільце. Дах має бути покритий мембраною із спеціальної плівки.

У процесі реконструкції значну увагу приділяти надійності існуючих залізобетонних опор та складок другого ярусу трибун, що залишаються в подальшій експлуатації, тому система моніторингу повинна відслідковувати їх положення в просторі і оцінювати стійкість та виявляти можливі деформації.

Контролю підлягають підпірні стіни схилів навколо стадіону, які виконані у складних гідрологічних 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 в кожному прольоті між ригелями. Опори та ригелі з'єднані між собою монтажним стиком.

Загальний вигляд конструкції верхнього ярусу трибун наведений на рис.1.

У відповідності з технічним обґрунтуванням та розрахунками, у процесі реконструкції НСК «Олімпійський» необхідно визначити:

- 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

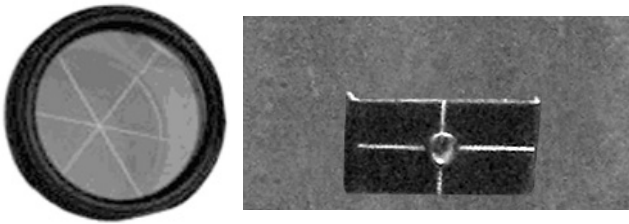


Рис. 2. Загальний вигляд призми.

один раз на тиждень.

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

Визначаються 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 який вкручується мініпризма. Загальний вигляд призмового відбивача (мініпризми) та кронштейна наведено на рис. 2.

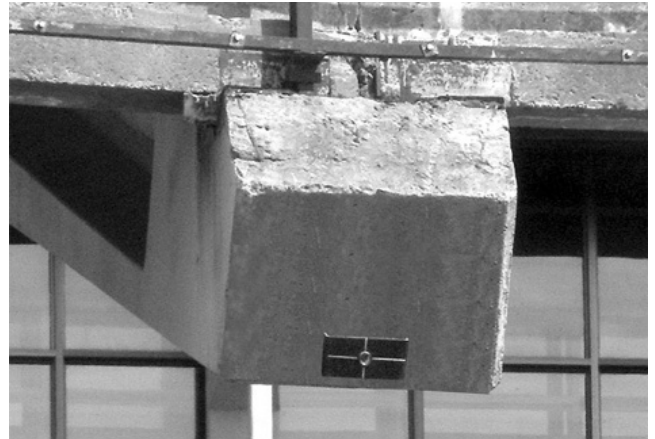


Рис. 3. Загальний вигляд встановленого призмового відбивача

Призмовий відбивач дозволяє збільшити точність вимірів та забезпечує однозначність вимірів.

Загальний вигляд встановленого призмового відбивача наведено на рис. 3, а схема його розміщення на опорі – на рис. 4.

Встановлюються призмові відбивачі з індивідуальних підвісних риштувань, що закріплювалися до конструкцій верхнього ярусу трибун. Пластини закріплюються до металевих закладних деталей

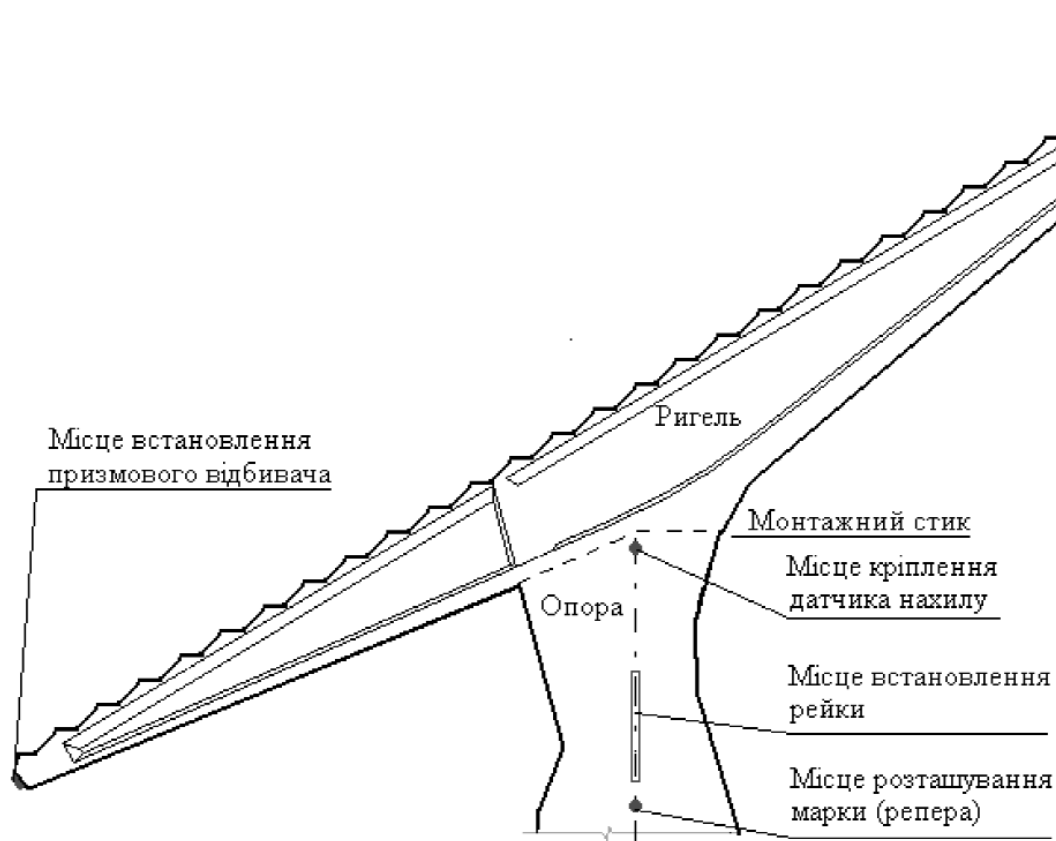
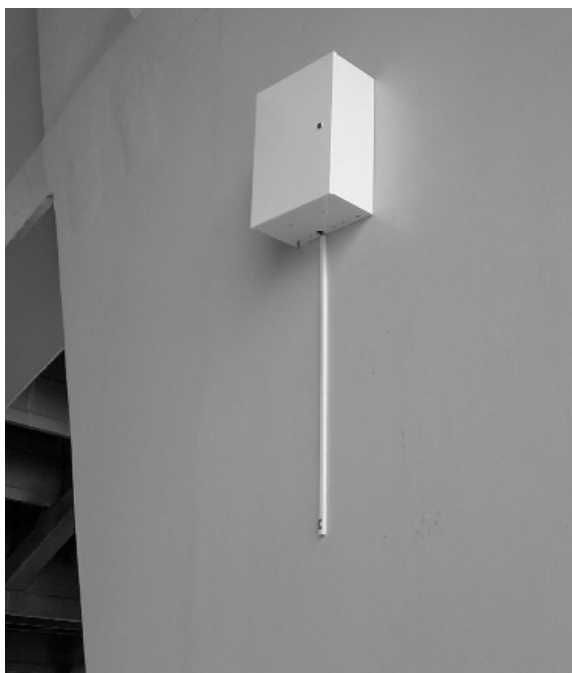


Рис. 4. Схема розміщення приладів на опорі другого ярусу



*Рис. 6. Зовнішній вид встановленого датчика*



*Рис. 7. Загальний вигляд блоку індикації*

опори. Призмові відбивачі примусово центруються в центральному отворі пластини.

Система моніторингу має 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 виконується за допомогою датчиків ВКВ-2 з комплектом телекомунікаційного обладнання.

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

Програмне забезпечення дозволяє відображати результати моніторингу в графічній формі в куті-



*Рис. 8. Моніторинг опор моніторингу опор другого ярусу спортивного комплексу «Олімпійський»*



*Рис. 9. Загальний вигляд встановленого репера на опорі по осі 15*

вих секундах та міліметрах і передавати результати для обробки в Excel.

Обробка та візуалізація даних вимірювань виконується за допомогою програмного комплексу «Buildings».

На опорах верхнього ярусу трибун 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. Схему розміщення датчиків представлено на рис. 5 (див. кольорову вкладку).

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. Схема розташування датчика ВКВ-2 на опорі верхнього ярусу трибун наведена на рис. 4, а зовнішній вид встановленого датчика – на рис. 6.

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

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

У процесі вимірів рейка встановлюється по осі опори. Місця встановлення чітко зафіксовані на поверхні опор мітками.

Місце встановлення рейки наведено на рис. 4, загальний вигляд пульта управління рейки – на рис. 7, а момент проведення вимірювання – на рис. 8.

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

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

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

Перед початком вимірювань виконуються перевірки рейок відповідно до Інструкції з нівелювання I та II класів.

Визначення осідання опор виконується за встановленими на них деформаційними марками (ре-

перами). Загальний вид встановленого репера наведено на рис. 9.

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

Перед початком вимірювання виконується технічний огляд марок. При виявленні пошкодження, знищення або руйнування марки в цикл вимірювання дана опора не включається та виконуються роботи з ремонту старої або встановлення нової марки.

Схема розташування марки наведена на рис. 4. Марка встановлена так, що доступ до неї зберігається протягом всього терміну виконання робіт. Рейка встановлюється у вертикальне положення на одне й те ж саме місце, що забезпечує повторюваність вимірів.

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

Вимірювання планово-висотного положення торців ригеля опор верхнього ярусу трибун виконується з пунктів вихідної геодезичної мережі будівельного майданчика. Використовуються пункти мережі С, F1, F2, B1, B2, B3, B4. Місця встановлення тахеометра та схема вимірювань наведено на рис. 10.

Визначення планово-висотних деформацій ригелів опор верхнього ярусу трибун виконується 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 представлені у вигляді схеми розповсюдження деформацій та графіків деформацій по кожній координаті призматичних відбивачів. Схема розповсюдження деформацій наведена на рис. 11.

Для обробки результатів моніторингу була розроблена спеціальна програма, інтерфейс якої представлено на рис. 12. Програма дозволяє вводити дані в ручному режимі або з таблиць Excel та

Перелік докритичних і критичних значень контрольованих параметрів підсистеми моніторингу опор верхнього ярусу трибун

Конструкція, місце розташування	Небезпечний контрольований параметр, межі отриманих даних	Докритичне значення контрольованого параметра	Критичне значення контрольованого параметра
1	2	3	4
Залізобетонні опори другого ярусу трибун	Осідання • Середнє значення – 15 мм; • Максимальне значення осідань – 75,6 мм	-18 мм	- 19 мм
Торці ригелів залізобетонних опор другого ярусу трибун	Горизонтальне переміщення • Середнє значення горизонтального переміщення – 17мм; • Максимальне значення горизонтального переміщення – 49,9мм;	21мм	25мм
Залізобетонні опори другого ярусу трибун	Відхилення від вертикалі • Середнє значення відхилення від вертикалі – 6,4мм; • Максимальне значення відхилення від вертикалі – 26,7мм; Всі параметри надані в перерахунку на висоту 5,5м	5мм	5,25мм

виконує побудову залежності відхилення опори за період моніторингу.

На рис. 13 наведено графіки деформацій однієї з опор по координаті X, Y та по висоті H.

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.

На рис. 14 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 відображається у вигляді достатньо широкої «шумової» смуги.

Зміна відхилень від вертикалі опор верхнього ярусу трибун НСК «Олімпійський», на яких розміщені датчики, наведено на рис. 15.

Визначення відхилень від вертикалі по опорах, на яких не встановлені датчики ВКВ-2, виконувалось вимірюваннями кута відхилення за допомогою рейки-віска РВЕ-1.

Приклад результатів вимірів за 2009 рік надаються у вигляді графіків на рис. 16.

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.

Осідання визначалось, як різниця між позначками поточного та попереднього циклів

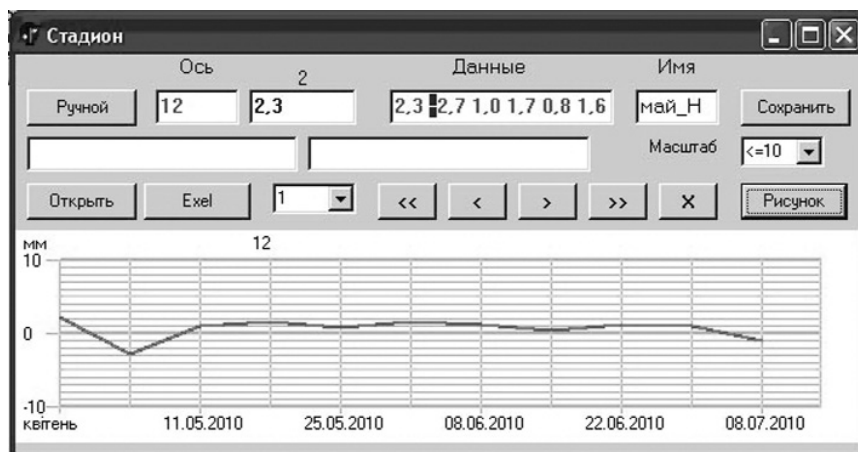


Рис. 12. Інтерфейс програми для обробки результатів моніторингу

вимірів. На травень 2010 року виконано 74 цикли вимірів.

На рис. 17 та 18 представлені результати вимірів у вигляді графіків поведінки кожної марки за 2009 та 2010 роки.

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

Розраховані критичні та докритичні величини осідань, горизонтальних зміщень та відхилень від вертикалі. Їх значення наведені у вигляді таблиці.

За результатами виконаних натурних спостережень за осіданням (в осях з 120 по 710), горизонтальними переміщеннями торців ригеля (в осях з 120 по 710) та відхиленнями від вертикалі (в осях 120, 130, 150, 170, 190, 210, 230, 250, 270, 290, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 520, 540, 560-580, 600, 620, 630-650, 670, 690, 710) залізобетонних опор верхнього ярусу трибун зроблені наступні висновки:

- середнє значення осідань — 15 мм, максимальні значення осідань зафіксовані на опорах в осях 630-670 та 710 та досягають — 75,6 мм;

- середнє значення горизонтальних переміщень — 17 мм, максимальні значення горизонтальних переміщень зафіксовані на торцях ригеля опор в осях 630-680 та 710 та досягають 49,9 мм;

- середнє значення відхилень від вертикалі — 6,4 мм, максимальні значення відхилень від вертикалі зафіксовано на опорах в осях 120, 570, 640, 650, 670, 710 та 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 5м 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 системи геодезичного моніторингу під час реконструкції та 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 1мм;

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

- 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».

#### 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.

#### АННОТАЦІЯ

В статті освещен опыт проведения мониторинга состояния сооружений НСК «Олимпийский» в процессе его реконструкции. Описаны приборы, которые использовались при мониторинге та места их расположения. Приведены методы измерения и контроля. Приведены 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.