

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

С. Могильный, А. Шоломицкий, Е. Шморгун  
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

В. Пригаров  
ООО “Деметра 5”, Киев

**Ключевые слова:** геодезический мониторинг, автоматизация.

### Введение

В последние десятилетия возросла сложность и размеры общественных зданий и сооружений, при этом проявились сложности в обеспечении безопасной эксплуатации таких сооружений. Аварии на таких объектах в последние годы, например, купол “Трансвааль парка” в Москве в 2004 году, секции терминала в аэропорту (Париж 2005), кровля катков в Германии и Австрии, Басманного рынка в Москве в 2006 году, показали, что вопросы оценки технического состояния перекрытий и несущих конструкций являются очень важными для безопасного функционирования объектов. Мониторинг технического состояния высотных и уникальных объектов стал необходимым элементом комплексной системы безопасной эксплуатации таких объектов. Требования к проектированию и строительству уникальных объектов приведены в строительных нормативных документах, которые определяют и необходимость мониторинга [1]. К сожалению, украинские строительные нормы не определяют необходимость и формы мониторинга [2].

В России наибольший опыт оценки технического состояния уникальных объектов накоплен ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [3, 4], который выполняет мониторинг технического состояния крупнейших уникальных сооружений России: покрытия Большой спортивной арены в Лужниках, крытого конькобежного стадиона в Крылатском, Гостиного двора, Центрального выставочного зала “Манеж” (Москва) и многих других объектов. Исследования ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко показали, что наиболее критичными являются первые 6–8 лет после строительства объекта. В этот период измерения необходимо проводить более часто.

Геодезический мониторинг при строительстве и эксплуатации объектов выполняется с использованием высокоточного оборудования [9, 14, 15, 17, 18] и специализированного программного обеспечения [16, 17]. Некоторые объекты контро-

лируются часто, практически в режиме реального времени [14], а такие как стадионы – с периодичностью 2, 3 или 6 месяцев, в зависимости от срока эксплуатации. Все из описанных в литературе автоматизированных систем могут собирать геодезическую информацию в автоматическом режиме, обрабатывать ее, накапливать в базе данных и анализировать.

Приведенный краткий обзор публикаций показывает, что каждое из уникальных сооружений требует разработки и реализации оригинальной технологии мониторинга за деформациями конструкций. В Украине за последнее время построено или строится ряд современных стадионов, приуроченных к проведению “ЕВРО-2012”. Построен новый стадион “Донбасс-Арена” (Донецк), выполнена реконструкция стадиона “Арена-Днепр” (Днепропетровск), продолжается реконструкция Республиканского стадиона (Киев), стадионов во Львове и Харькове. Все эти стадионы имеют большепролетные перекрытия и должны быть обеспечены комплексной системой мониторинга безопасной эксплуатации, неотъемлемой частью которого должна быть система геодезического мониторинга. Поэтому наличие подобной отечественной системы мониторинга является актуальной задачей, имеющей большое практическое значение. Исследования авторов в области on-line геодезических измерений позволяют предложить в настоящей публикации собственное решение этого важного вопроса.

### Автоматизированная система геодезического мониторинга

Для автоматизированного геодезического мониторинга стадионов предполагается использовать: высокоточный моторизованный тахеометр NET05M фирмы Sokkia, точность измерения углов 0,5", длин 0,5 мм, и управляющий компьютер со специализированным программным комплексом *GeoMonitoring* (“ГеоМониторинг”, разработан на кафедре геоинформатики и геодезии ДонНТУ).

Программний комплекс виконує дві основні задачі:

– автоматично управляє тахеометром (вибір цели, автоматичне наведення, ініціалізація вимірювань, реєстрація вимірювань і поміщення результатів в базу даних);

– виконує в режимі on-line обробку актуальних результатів і аналіз положення контрольних точок спорудження.

Існуючі в програмному комплексі **GeoMonitoring** засоби візуального проектування дозволяють перед вимірюваннями створити 3D-проект геодезичної мережі. Для цього в базу даних поміщається 3D-модель спорудження, на зображенні котрої намечаються точки стояння і точки визирювання, що дозволяє виконати повний предрасчет очікуваної точності і отримати необхідні проектні дані для поточного аналізу результатів вимірювань. Проект складається з декількох візуальних вікон, деякі з них показані на рис. 1, 2 і 3.

Програма вимірювань може складатися з декількох станцій, на яких встановлені різні, або поочередно один і той же інструмент. Програма вимірювань виконується автоматично з урахування положення вертикального кола і числа повторень для кожної точки. В процесі онлайн-вимірювань контролюється розброс вимірювань і виконується їх отбраковка і, якщо

необхідно, повторні вимірювання. В проекті враховується постійна для призми або відбиваючої пластини для кожної вимірюваної точки. Геодезичні вимірювання обробляються спеціальним модулем геодезичних урівнювальних вирахувань, а урівнені координати контрольних точок записуються в базу даних (рис. 2 зліва) на дату вимірювань.

Рис. 1. Окно с данными проекта

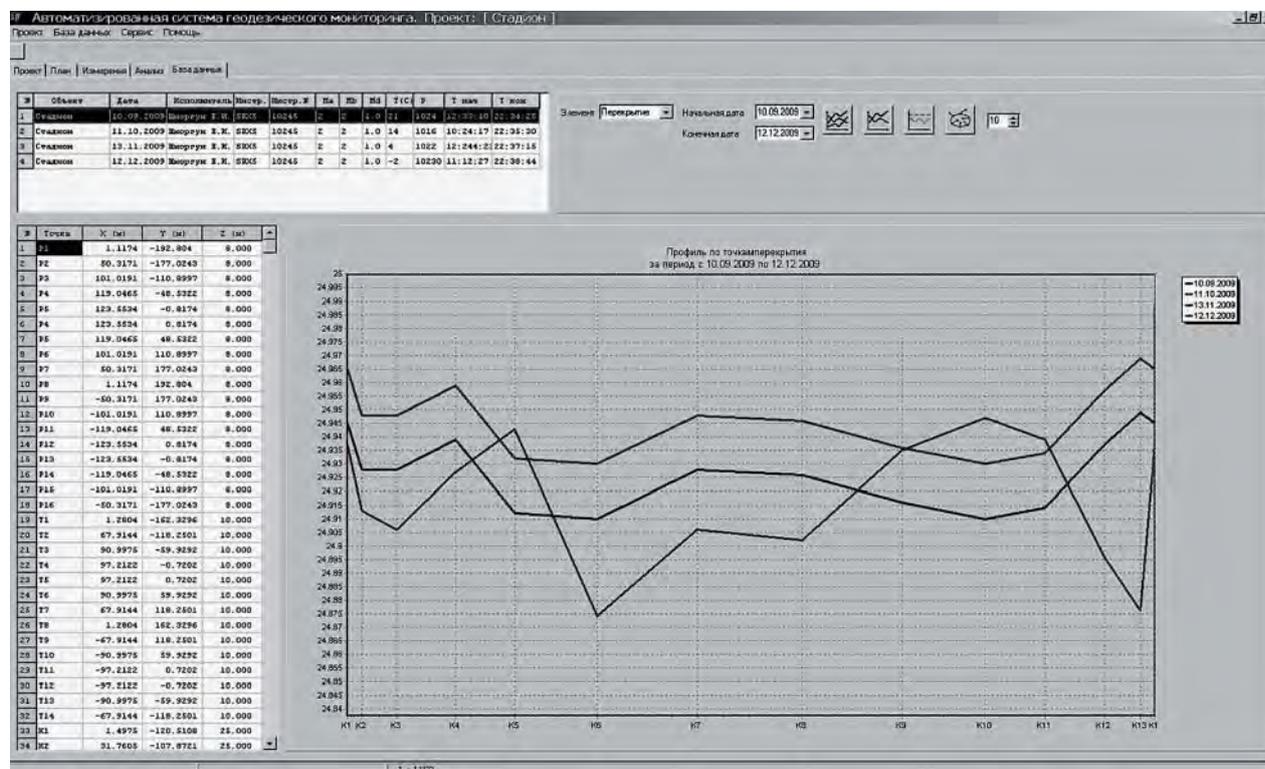


Рис. 2. База данных измерений и графики деформаций

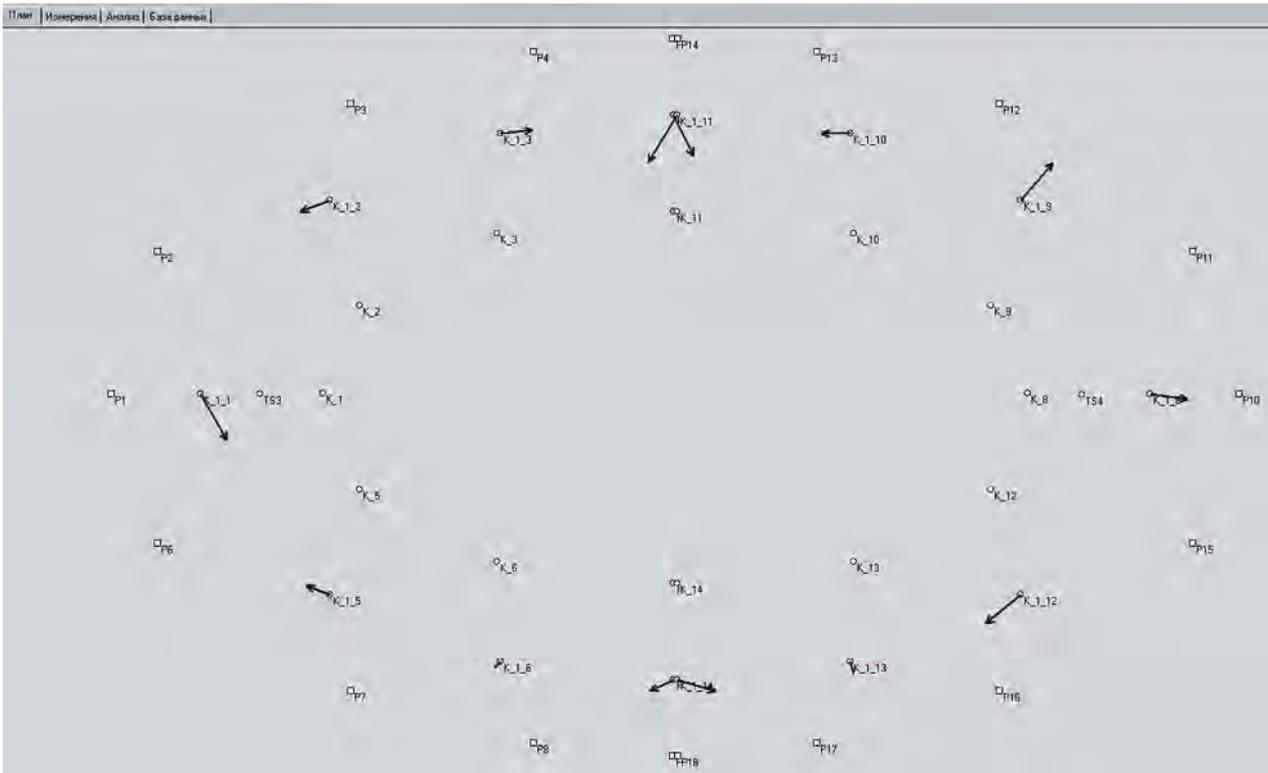


Рис. 3. Векторы смещений в горизонтальной плоскости

По дате измерений можно выбрать данные и построить графики вертикальных деформаций (рис. 2), как абсолютных, так и относительных для любых элементов конструкций и векторы смещений точек в горизонтальной плоскости (рис. 3).

Программный комплекс может управлять несколькими тахеометрами одновременно (рис. 4), которые выполняют мониторинг различных частей объекта. Для каждого прибора создается агент измерений – специализированная программа, которая передает команды с управляющей станции тахеометру, и обратно отсылает результаты измерений. Агент измерений может располагаться как на управляющей станции, так и на другом компьютере сети. Такая необходимость может возникнуть, когда между управляющей станцией и тахеометром нельзя установить прямую радиосвязь.

Система позволяет программно контролировать результаты, сравнивая полученные значения деформаций с предельными, установленными пользователем системы. Автоматически информирует эксплуатирующие службы стадиона в случае выявления отклонений, превышающих предельно допустимые значения. Результаты измерений сохраняются в базе данных на управляющей станции и передаются по каналам Интернета в базу данных удаленного сервера.

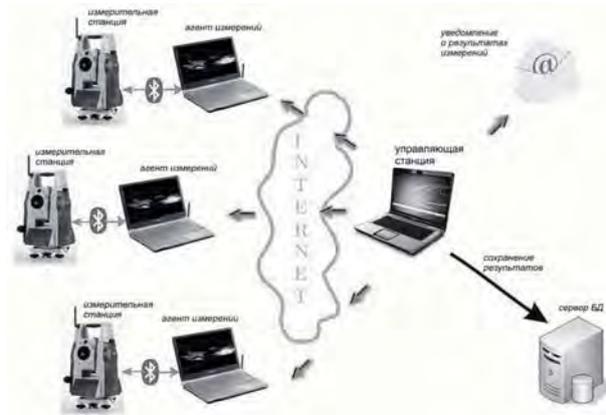


Рис. 4. Структура системы геодезического мониторинга

Автоматизированная система геодезического мониторинга “ГеоМониторинг” прошла испытания на тестовом объекте с тахеометром SRX фирмы Sokkia, который по набору команд совместим с тахеометром NET05M.

Система мониторинга стадиона включает сеть высокоточного геодезического обоснования, состоящую из внешних и внутренних опорных точек. Она создается по специальной методике с помощью онлайн-измерительного комплекса “ВИЗИР 3D” [12,13], который может обеспечить точность определения плановых координат опорных точек 0,5 мм в плане и 0,1 мм по высоте.

**Выводы**

Применение автоматизированной системы геодезического мониторинга позволит определять положение контрольных точек конструкций стадиона с высокой точностью и сократить время измерений в 5–10 раз по сравнению с ручными измерениями, повысит объективность геодезических измерений. При использовании автоматизированной системы геодезического мониторинга не требуется специального освещения при выполнении измерений, она может работать совместно с *online*-системой мониторинга напряженного состояния строительных конструкций.

**Литература**

1. МГСН 4.19–2005 Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве. Утверждены правительством Москвы постановлением от 28.12.2005. – № 1058-ПП <http://www.remontnik.ru/docs/45358/> – (электронный ресурс)
2. ДБН В1.2 5:2007. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 16 с.
3. Горпинченко В.М., Егоров М.И. Мониторинг технического состояния конструкций социально значимых большепролетных сооружений Москвы // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 8. – С. 13–18.
4. Горпинченко В.М., Егоров М.И. Мониторинг эксплуатационной пригодности особо ответственных, сложных и уникальных сооружений. – <http://www.stroi.ru/tsch/d937dr349673m0.html>. – (электронный ресурс).
5. Горохов Е.В., Муцанов В.Ф., Касимов В.Р., Назим Я.В., Кузнецов С.Г., Василев В.М. Мониторинг складних технічних систем // Металеві конструкції, № 4. – Т.14. – 2008. – С. 299–313.
6. Горохов Е.В., Муцанов В.Ф., Кинаш Р.И., Шимановский А.В., Лебедич И.Н. Конструкции стационарных покрытий над трибунами стадионов. – Макеевка: ДонНАСА, 2008. – 403 с.
7. Федосеев Ю., Найдено В. Проблемы геодезического обеспечения строительства и эксплуатации современных высотных зданий и уникальных сооружений // “Инженерные изыскания”, март 2009. – С. 54–57.
8. Вайнберг В.Я. Проблемы геодезического обеспечения небоскребов // Геопрофи. – 2004. – № 4. – С. 3–5.
9. Lambrou E, Pantazis G, Nikolitsas K. Special marking of 3D-networks' points for the monitoring of modern constructions. 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis, 4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Lisbon, 2008 may 12–15. – P. 1–10
10. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А. Совместная обработка наземных и спутниковых геодезических измерений в локальных сетях. Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва: Зб. наук. праць. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2009. – Вип. 1 (17). – С. 122–131.
11. Шоломицкий А.А., Шморгун Е.И., Мартынов А.В. Использование программного комплекса “МГСети” при подготовке инженеро-землеустроителей // Аграрний вісник Причорномор'я. Збірник наукових праць. Одеський державний аграрний університет. – Одеса: ТВС. – 2009. – Вип. 51. – С. 103–109.
12. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Шморгун Е.И. Трёхкоординатный измерительный комплекс “Визир 3D”: Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. – Вип. 9(143). – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – С. 13–25.
13. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Ревуцкий В.Н., Пригаров В.А. Измерительный комплекс “Визир 3D” на предприятиях Украины: Геодезический контроль и выверка технологического оборудования. Геопрофиль № 3 (6). – 2009. – С. 12–19.
14. Manley G., Drefus R. As construction booms in New York City, automatic total stations monitor nearby buildings to make sure they don't move too much Professional Surveyor Magazine • November 2008 • [www.profsurv.com](http://www.profsurv.com) (электронный ресурс).
15. Person T., Michel V. Activities of the IGN Special Works Department // IERS Technical Note. – № 33. – P. 93–99.
16. Система структурного мониторинга Leica GeoMoS. – [www.gfk-leica.ru](http://www.gfk-leica.ru). – сайт фирмы Г.Ф.К. (электронный ресурс).
17. GeoRobot – Automatic 3D Deformation Monitoring System – [www.geodata.com](http://www.geodata.com) – сайт фирмы DATASHEETSYSYSTEM (электронный ресурс).
18. Hardy Schwalb. A Stadium for Leica TPS1200 // The Global Magazine of Leica Geosystems, Reporter. – № 61. – P. 11–13.

**Автоматизована система геодезичного моніторингу**

С. Могильний, А. Шоломицький,  
Є. Шморгун, В. Пригаров

Розглянуто питання створення автоматизованої системи геодезичного моніторингу стадіонів,

що дає змогу в автоматичному режимі виконувати геодезичні вимірювання контрольних точок, які розташовані на конструкціях споруди, урівноваження геодезичних вимірів і аналіз зсувів.

**Автоматизированная система геодезического мониторинга**  
С. Могильный, А. Шоломицкий,  
Е. Шмогун, В. Пригаров

Рассмотрены вопросы создания автоматизированной системы геодезического мониторинга стадионов, которая позволяет в автоматическом режиме выполнять измерения контрольных то-

чек, расположенных на конструкциях сооружения, уравнивать текущие измерения и анализировать смещения.

**Automated system of geodetic monitoring**  
S. Mogilny, A. Sholomitsky,  
E. Shmorgun, V. Prigarov

The creation of automated system of geodetic monitoring of stadiums is considered, which allows to perform measurements of control points, that placed on construction facilities, automatically, adjust the current measurements and analyze the displacements.

## Видавництво Львівської політехніки пропонує



**Шевченко Т. Г., Мороз О. І., Тревого І. С.**  
**ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ**

*Підручник / За редакцією Т. Г. Шевченка. Друге видання, перероблене та доповнене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 484 с.  
Формат 145 x 215 мм. Тверда оправа. ISBN: 978-966-553-761-8*

**Затвердило Міністерство освіти і науки України**

### **ЗМІСТ**

*1. Відомості з геометричної оптики. Оптичні деталі геодезичних приладів. 2. Оптичні системи геодезичних приладів. 3. Відлікові пристрої геодезичних приладів. 4. Рівні. Компенсатори нахилу. 5. Осьові системи та інші механічні пристрої. 6. Теодоліти. 7. Нівеліри. 8. Загальні відомості про прилади для вимірювання віддалей і визначення положення точок. 9. Тахеометри і кіпрегелі. 10. Наземні лазерні сканери. Список літератури. Додатки.*

**Тревого І. С. Шевченко Т. Г., Мороз О. І.**  
**ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ. ПРАКТИКУМ**

*Навчальний посібник / за заг. ред. Т. Г. Шевченка. Друге видання, доповнене.  
Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 236 с.  
Формат 145 x 215 мм. Тверда оправа. ISBN: 978-966-553-906-3*

**Рекомендувало Міністерство освіти і науки України**

### **ЗМІСТ**

*1. Короткі відомості з геометричної оптики, про оптичні деталі та оптичні системи геодезичних приладів. 2. Будова точних оптичних теодолітів. 3. Відлікові пристрої геодезичних приладів. 4. Приклади роботи електронними тахеометрами. 5. Відлікові пристрої нівелірів. 6. Дослідження відлікових пристроїв. 7. Дослідження рівнів та компенсаторів нахилу. 8. Дослідження і деякі перевірки кутомірних приладів. 9. Дослідження і деякі перевірки нівелірів. Список літератури.*

Викладено основи досліджень геодезичних оптичних і електронних приладів. Описано конструкцію сучасних теодолітів, відлікові пристрої геодезичних приладів. Докладно подані дослідження відлікових пристроїв, рівнів та компенсаторів нахилу. Описано прийоми роботи сучасними електронними тахеометрами та нівелірами. У дослідженнях і перевірках кутомірних приладів та нівелірів достатньо уваги приділено електронним приладам, виділено особливості їхніх перевірок.

Для студентів і викладачів геодезичних спеціальностей, а також працівників геодезичних виробництв.

**Книги можна замовити за адресою: вул. Ф. Колесси, 2, корп. 23А, м. Львів, 79000**  
тел. +38 032 258-21-46, факс +38 032 258-21-36, ел. пошта: [vmr@vlp.com.ua](mailto:vmr@vlp.com.ua), <http://vlp.com.ua>

