

УДК 528.4

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА  
ДЕФОРМАЦИЯМИ УНИКАЛЬНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ***Браславская К. Е.*

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация  
[244499495@mail.ru](mailto:244499495@mail.ru)

Описаны возможности и методы применения автоматизированных систем мониторинга для наблюдения за деформациями уникальных зданий. При использовании данных систем применяются инклинометры, сканирующие системы, GPS системы, тахеометры. Для получения данных чаще всего комбинируют несколько систем мониторинга. Преимуществами автоматизированных систем мониторинга являются гибкость в выборе оборудования, возможность изменения определенных элементов системы, расширение или объединение с другими инженерными системами.

**Ключевые слова:** уникальные сооружения, автоматизированный мониторинг, роботизированный тахеометр, сканирующая система, инклинометр, GPS система, программное обеспечение.

**Введение.** В последние десятилетия во многих городах России стремительно возросло количество уникальных зданий и сооружений. Поэтому необходимы современные методы и оборудование для предупреждения и предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций. Для определения безопасности любое сооружение в период его возведения и эксплуатации обеспечивается мониторингом. В частности, геодезический мониторинг — это систематические наблюдения за несущими строительными конструкциями с целью отслеживания изменений положения объекта, геометрических размеров, его напряженно-деформированных состояний [1]. В настоящее время различают два вида инструментального мониторинга: традиционный и автоматизированный. Традиционный мониторинг выполняется классическими геодезическими методами с определенной периодичностью (например, ежегодно). С помощью традиционных методов обследования нельзя определить моментальные изменения конструкции, например, при сильном ветре или больших колебаниях температуры. Поэтому для уникальных сооружений все чаще используют автоматизированные системы мониторинга. В этом случае измерения собираются непрерывно (как на стадии строительства, так и в период эксплуатации). Количество собираемых данных, соответственно, гораздо больше, чем при классическом мониторинге. При

UDC 528.4

**POSSIBILITIES OF USING AUTOMATED  
SYSTEMS FOR MONITORING UNIQUE  
STRUCTURES DEFORMATIONS***Braslavskaya K. E.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

[244499495@mail.ru](mailto:244499495@mail.ru)

This article describes the possibilities and methods of using automated monitoring systems to monitor the unique structures deformations. Inclinometers, scanning systems, GPS systems, tacheometers are used when using these systems. To obtain data, several monitoring systems are often combined. The advantages of automated monitoring systems are: flexibility in the choice of equipment, the possibility of changing certain elements of the system, expansion or integration with other engineering systems.

**Keywords:** unique structures, automated monitoring, robotic tacheometer, scanning system, inclinometer, GPS system, software.

автоматизированном мониторинге вопросы безопасной эксплуатации решаются путем использования новейших технологий наблюдения [2].

**Возможности применения автоматизированных систем.** Основанием для применения автоматизированного мониторинга является сложность геометрического строения конструкций, то есть сложность построения моделей, уникальность сооружений. В ГОСТ Р 22.1.12–2005 указано, что на потенциально опасных, технически сложных уникальных объектах система инженерного мониторинга подлежит обязательной установке [3]. При этом нет четкого описания, что должна включать в себя система мониторинга или какие должны применяться технологии для конкретных объектов. В качестве возможных объектов мониторинга могут выступать практически любые сооружения: промышленные здания, дамбы, плотины, стадионы, спортивные объекты, карьеры, горные выработки, тоннели, высотные здания, мостовые переходы [4].

В виде геодезического оборудования для проведения мониторинга выступают спутниковые системы, инклинометры, роботизированные тахеометры, наземные лазерные сканеры.

**Применение GPS систем.** При использовании GPS приемников система состоит из базовой станции, которая размещается вблизи объекта. На самом объекте в необходимых точках устанавливаются мониторинговые приемники. Неотъемлемой частью является программное обеспечение для обработки данных. Точность применения спутниковых приемников в режиме реального времени до 10–20 мм, в режиме постобработки может достигать 3–5 мм. Преимуществом использования данных приемников является слабая зависимость от метеоусловий, они обеспечивают получение данных с высокой скоростью. Недостатки — это необходимость открытого небосвода и зависимость точности измерений от геометрического положения спутников [4].

**Использование инклинометров.** При геодезическом мониторинге инклинометры устанавливаются на несущих конструкциях объекта (фундамент здания, опоры мостовых переходов и т. д.). Инклинометр — это угломерное оборудование, которое обеспечивает контроль изменения угловых отклонений с высокой точностью (0,1 мм от вертикали при высоте 100 м). Преимуществами инклинометров являются невысокая стоимость, возможность располагать по высоте объекта и получать информацию об изгибах и кручении конструкции. Недостаток — небольшой рабочий диапазон [5].

**Применение роботизированных тахеометров.** Система на основе оптического наблюдения за деформациями включает в себя роботизированный тахеометр, установленный вне зоны деформации объекта. Обычно используются опорные отражатели для контроля положения прибора и устанавливаются мониторинговые отражатели на интересующем объекте (при этом обеспечивается прямая видимость между прибором и отражателями). Данная система применяется для мониторинга фасадов зданий, мостовых сооружений, стадионов, дамб и т.д. Точность измерений доходит до 2 мм и зависит от расстояния между прибором и объектом (оптимальное расстояние 800 м). Преимуществами данного метода являются: высокая точность измерения, возможность наращивания точек мониторинга. Недостатки — зависимость от метеоусловий, необходимость установки прибора во все зоны границ объекта [1, 4].

**Использование сканирующих систем.** Применение сканирующего тахеометра — это такой способ мониторинга, при котором выполняются измерения поверхности интересующего объекта в режиме сканирования. Данная система состоит из тахеометра, отражателей, программного обеспечения и, чаще всего, применяется для мониторинга фасадов зданий, склонов, насыпей. Точность измерений доходит до 2 мм по любой координате. Преимущества данной системы: измерения выполняются как по отдельным точкам, так и по интересующей поверхности;

плотность данных выше, чем при съемке обычным тахеометром; есть возможность вычисления объемов деформаций. Недостатки те же, что и при использовании роботизированного тахеометра.

**Комбинирование автоматизированных систем.** Схема построения любой автоматизированной системы деформационного мониторинга состоит из следующих компонентов:

- описанные выше измерительные приборы;
- сервер с управляющим программным обеспечением, который управляет прибором и собирает с него данные, описывает их, анализирует, обрабатывает, сохраняет;
- канал связи (проводной, беспроводной, через интернет) между приборами и сервером;
- преобразователи интерфейса для обеспечения использования приборов с каналами связи.

На практике часто используется геодезическая система мониторинга с использованием одновременно нескольких компонентов. Например, Кировский мостовой переход в Самаре (рис. 1).



Рис. 1. Кировский мост в Самаре

На мосту расположены два высоких пилон и длинный русловой пролет. Поэтому целесообразно проводить мониторинг положения верха пилонов и руслового пролета при помощи спутникового оборудования (желтые треугольники на рис. 1). Базовая станция показана зеленым квадратом. Дополнительно установлены инклинометры (красные круги) на пилоны для получения дополнительной информации о возможных их изгибах. В систему заложена метеостанция (синяя стрелка) для того, чтобы обеспечить получения информации о погодных условиях [2, 5, 6].

**Мониторинг зданий.** Для мониторинга зданий на период эксплуатации обычно применяют один или два GPS приёмника на крыше, несколько инклинометров и метеостанцию. Роботизированные тахеометры на этой стадии обычно не используют, так как есть сложности с его размещением (вне здания) и сохранностью. Отражатели могут портить вид фасада здания, кроме того, бывает их сложно смонтировать. Тахеометр может успешно использоваться на стадии возведения. Но GPS приёмники будут работать только на крыше здания, а призмы для тахеометра могут устанавливаться в любые токи фасада здания, главное — это прямая видимость. Ориентировочная стоимость комплекта GPS приёмника 1–1,5 млн руб. за 1 шт, стоимость тахеометра с несколькими десятками призм — 2–4 млн руб., а тахеометр со сканирующим устройством 4–6 млн руб.

**Заключение.** Важным преимуществом автоматизированных систем деформационного мониторинга является масштабируемость и гибкость в выборе оборудования. При необходимости можно добавлять, удалять или изменять определенные элементы без остановки работ на объекте. Любой проект может быть расширен или объединен с другими инженерными системами объекта.

**Библиографический список**

1. Геодезический мониторинг [Электронный ресурс] / Эффективные технологии. — Режим доступа: <http://eftgroup.ru/geodesy-browse/> (дата обращения: 26.02.2018).
2. Бернд, Х. Автоматизированная система деформационного мониторинга (АСДМ) на Саяно-Шушенской ГЭС [Электронный ресурс] / Х. Бернд // Инженерная защита. — Режим доступа: <http://territoryengineering.ru/bez-rubriki/avtomatizirovannaya-sistema-deformatsionnogo-monitoringa-asdm-na-sayano-shushenskoj-ges/> (дата обращения 23.04.2018).
3. ГОСТ Р 22.1.12–2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200039543> (дата обращения 30.03.2018).
4. Типовые решения при использовании автоматизированного мониторинга [Электронный ресурс] / Гексагон Геосистемс РУС. — Режим доступа: <http://geosystems.ru/solutions/monitoring-deformatsiy/> (дата обращения: 27.02.2018).
5. Высокоточные инклинометры как важная составляющая системы геодезического мониторинга строительных конструкций объектов [Электронный ресурс] / Геодезическая компания Leica Geosystems. — Режим доступа: <http://www.gisa.ru/48463.html> (дата обращения: 02.03.2018).
6. Автоматизированный геодезический мониторинг [Электронный ресурс] / ООО «Навгеоком». — Режим доступа: <http://gbucitr.ru/img/ddzz.pdf> / (дата обращения: 03.03.2018).