

*Абдукаримов М.М.  
Преподаватель  
кафедры «геодезия и геоинформатика»  
Национального университета Узбекистана, Ташкент*  
*Ибрагимов Ж.К.  
Преподаватель  
кафедры «геодезия и геоинформатика»  
Национального университета Узбекистана, Ташкент*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА GNSS ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПЛОТИНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА**

*Аннотация.* В настоящее время разнообразная деятельность человека оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду, вызывая экологические, экономические и социальные проблемы. Примером могут служить катастрофические ситуации, вызванные деформацией гидротехнических сооружений водохранилищ, регулирующих сток рек и защищающих территории от наводнений. Поэтому устранение этих проблем с использованием современных методов своевременного и эффективного проведения геодезических наблюдений за деформацией плотин водохранилищ является одним из актуальных вопросов. В этой статье рассматриваются преимущества и недостатки проведения деформации плотины водохранилища с использованием системы мониторинга GNSS.

*Ключевые слова:* Плотина водохранилища, деформация, мониторинг, GNSS, точка опоры, GPS, RTK, статика.

*Abdukarimov M.M.  
Teacher  
Department of Geodesy and Geoinformatics  
National University of Uzbekistan, Tashkent*  
*Ibragimov J.K.  
Teacher  
Department of "Geodesy and Geoinformatics"  
National University of Uzbekistan, Tashkent*

## **USE OF GNSS MONITORING SYSTEM FOR GEODETIC OBSERVATIONS OF DEFORMATIONS OF RESERVOIR DAMS**

*Abstract.* Currently, various human activities have a significant negative impact on the environment, causing environmental, economic and social problems. An example of this is catastrophic situations caused by the deformation of hydrotechnical structures of water reservoirs that regulate the flow of water in rivers and protect regions from floods. Therefore, it is one of the urgent issues to eliminate these problems using modern methods in conducting

*geodetic monitoring of the deformation of reservoir dams in a timely and effective manner. This article describes the advantages and disadvantages of monitoring the deformation of the reservoir dam using the GNSS monitoring system.*

**Key words:** Reservoir dam, deformation, tracking, GNSS, reference point, GPS, RTK, Statics.

Бурное развитие процесса создания спутниковых измерительных приборов ГНСС и связанных с ними технологий за последние 10-15 лет привело к значительному повышению качества, надежности и точности измерений, а также производительности труда. В настоящее время спутниковые измерения способны отвечать высоким требованиям, предъявляемым к комплексу работ по выявлению деформаций зданий и сооружений.

В настоящее время производство современных спутниковых геодезических приборов с различными техническими показателями широко распространено в Швейцарии, США, Китае, Японии, Германии и многих других странах [1]. Следует отметить, что в Узбекистане на сегодняшний день не налажено использование технологий GNSS-наблюдения при наблюдении за деформациями инженерных сооружений, в частности, технически сложных и уникальных объектов. Для наблюдения за деформациями с помощью спутниковой техники необходимо будет создать каркасную опорную сеть. При этом точки опорной сети должны располагаться в зоне, где отсутствуют соответствующие деформации, т. е. вне зоны, где происходят деформационные процессы. Пример построения такой каркасной сети представлен на рисунке 1 [1].



*Рис. 1. Каркасная сеть спутниковых базовых станций на территории плотины.*

"Традиционные" геодезические методы контроля деформации могут применяться для решения конкретных задач контроля устойчивости отдельных участков гидротехнических сооружений. Однако эти методы, даже при использовании современных геодезических приборов с записью в память и обработкой результатов измерений, имеют определенный недостаток, а главное, не обладают оперативностью в плане обеспечения безопасности гидротехнических сооружений. При использовании технологий мониторинга деформации любым "традиционным" способом существует временной интервал между измерением деформации и получением результатов. Кроме того, эти методы дискретны. Поэтому всегда существует вероятность возникновения аварийных ситуаций одновременно с отсутствием данных о деформациях и их анализа по допустимым значениям.

Может возникнуть ситуация, связанная с появлением деформаций, очень важных для конкретного объекта. При этом последующие наблюдения производятся в течение определенного периода времени. Изменение состояния плотины и ее конструкций из-за изменений уровня воды, эксплуатационных нагрузок и воздействия тектонических процессов в результате необходимо, чтобы плотина постоянно контролировалась для обеспечения безопасности жизни людей, живущих в зоне затопления [2].

Эти недостатки можно устранить с помощью автоматизированных систем мониторинга деформации (ADMT), которые имеют следующие преимущества:

- Выполнение измерений деформации и непрерывное сравнение с допустимыми (проектными) значениями в режиме реального времени;
- Возможность наблюдения за объектами с определенной дискретностью 24 часа в сутки, 7 дней в неделю и 365 дней в году;
- Обеспечение высокой точности и однородности измерений;
- Исключение ошибок измерителя;
- Администрирование ADMT из удаленного места;
- Осуществление автоматического сбора данных, предварительного анализа полученных данных и отправки их в любое место через интернет или другие каналы связи;
  
- ADMT может быть построен таким образом, что при обнаружении критических значений или опасных тенденций (темпов роста) деформационных процессов на объекте по каналам связи лиц, ответственных за принятие решений по предотвращению несчастных случаев и спасению людей, оперативное оповещение автоматически подается предупреждающий сигнал [2].

Следует отметить, что применение спутниковых геодезических приемников в автоматизированных системах наблюдения за деформациями будет необходимо для контроля его работы, передачи, обработки и анализа результатов измерений, графического представления результатов обработки данных, а также применения специализированного необходимого компьютерного программного обеспечения и оборудования связи. Точность обычных наблюдений составляет от 3 до 6 мм, а для GPS на тех же линиях - от 5 до 20 мм. Точность, которую можно было достичь с помощью GPS,

составляла 1-2 см, и был сделан вывод, что этой точности достаточно для отслеживания газопровода [3].

Наблюдение за деформациями инженерных сооружений (мостов, водных плотин, труб и т. д.) С помощью спутниковых технологий становится все более распространенным явлением. В США появились компании, специализирующиеся на мониторинговых структурах (например, Orion monitoring Systems в Солт-Лейк-Сити, Юта, Condor Earth Technologies в Соноре, Калифорния), которые используют ту или иную технологию в зависимости от выбора клиента. При этом точность спутникового метода на коротких расстояниях (до 1-2 км) часто ниже, чем у классических методов. Основным преимуществом GPS-мониторинга является его непрерывность, которая заключается в обработке результатов в реальном времени.

В зависимости от типа конструкции и ее требований на исследуемом объекте используется большинство приемников, а также множество базовых станций[4]. Несколько приемников на объекте придают ему больше уверенности в точном управлении своим движением. Установка двух и более базовых станций за пределами объекта обеспечивает обнаружение движения целевого объекта путем наблюдения взаимных и нескольких базовых точек между базовыми станциями.

Скорость записи данных считается очень важной. Для зданий скорость наблюдения должна быть очень высокой (до 20 мин), но для плотин она может быть значительно ниже (5 мин). Более высокие частоты больше подходят для длительного наблюдения за началом динамических деформаций в таких конструкциях, как высокие здания и длинные мосты, в то время как более низкие частоты больше подходят для медленно или импульсно деформируемых конструкций, таких как плотины и оползни, заполненные землей [5].

Измерения GPS позволяют контролировать положение точек на теле плотины (в открытых местах) с максимальной доступной скоростью измерения положения до 20 раз в минуту в режиме непрерывного наблюдения [6]. Такие GPS-приемники, постоянно устанавливаемые на значительных участках плотин, могут без дополнительных трудозатрат в несколько раз сократить объем обязательных геодезических наблюдений и при этом отслеживать состояние контрольных отметок практически в непрерывном режиме.

Вывод. В целом можно сказать, что в связи с необходимостью своевременного геодезического наблюдения за гидротехническими сооружениями, занимающими важное место в народном хозяйстве, применение при геодезическом мониторинге деформаций плотин водохранилищ с применением современных технологий постепенного отказа от традиционных методов приводит к высокой эффективности, меньшим затратам и экономии рабочей силы.

#### **Использованные источники:**

1. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: моногр. / А. П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.
2. Хиллер Б., Сухов И.В., Ли В.Т., Автоматизированная система деформационного мониторинга (АСДМ) на Саяно-Шушенской ГЭС. «Инженерная защита», выпуск №4 (сентябрь - октябрь 2014)
3. Жуков, Б. Н. Геодезический контроль инженерных объектов промышленных предприятий и гражданских комплексов / Б. Н. Жуков, А. П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 136 с.
4. Загретдинов Р.В. Создание опорных геодезических сетей с помощью ГНСС. Казанский (Приволжский) федеральный университет. Казань 2013.
5. Система мониторинга деформаций DC3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.cbgnnews.ru/.../sistema-monito...aczij-dc3.html](http://www.cbgnnews.ru/.../sistema-monito...aczij-dc3.html), 2014.
6. Устинов А.В.. Статья. Технология спутникового геодезического мониторинга деформаций гидротехнических сооружений. ОАО «Институт Гидропроект» Москва, Россия. 2014г.