

*Амержанова Жанар Максатовна*

*Исымов Дулат Кайратович*

*Бесимбаева Ольга Газисовна*

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ**

### **«АСТАНА EXPO – 2017»**

***Ключевые слова:*** геотехнический мониторинг состояния, система наблюдений, процесс деформации, напряженно-деформированное состояние, бесштативный метод.

*В монографии рассмотрены вопросы геодезического мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий и сооружений для обеспечения безопасного функционирования. Рассматривается созданная система опорных пунктов и деформационных марок, обеспечивающих проведение комплекса инструментальных измерений по бесштативной методике. Для выполнения работ в основных осях здания закреплены марки специальной конструкции, которые позволяют установку отражателя непосредственно на рефере, а также возможность контрольной нивелировки по методике нивелирования II класса. Для определения причин деформаций зданий и сооружений, а также для разработки мероприятий по их прогнозированию и предотвращению необходимо в период строительства и эксплуатации зданий обеспечить непрерывный геотехнический контроль.*

***Keywords:*** geodetic monitoring of state, observing system, deformations, stress-strain state, non stand-mounted method.

*The monograph describes the issues of geodetic monitoring of a technical state of bases and building structures of unique buildings and structures to ensure safe operation. The system of support points and deformation marks that provide a complex of instrumental measurements using a non-stative technique has been considered. Special design stamps have been fixed to perform work in the main axes of the building, which allow the installation of the reflector directly on the bench, as well as the possibility of control leveling according to the leveling method of Class II. To identify the reasons*

*of buildings and constructions deformation and to develop some preventing measures it is necessary to provide continuous geotechnical control during construction and maintenance of buildings.*

Мониторинг геотехнического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий и сооружений проводят с целью обеспечения их безопасного функционирования, результаты мониторинга являются основой эксплуатационных работ на этих объектах. При мониторинге осуществляют контроль за процессами, протекающими в конструкциях объектов и грунте, для своевременного обнаружения на ранней стадии тенденции негативного изменения напряженно – деформированного состояния конструкций и оснований, которое может повлечь переход объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние, а также получения необходимых данных для разработки мероприятий по устранению возникших негативных процессов [1].

Состав работ по мониторингу геотехнического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий и сооружений регламентируется индивидуальными программами проведения измерений и анализа состояния несущих конструкций в зависимости от технического решения здания или сооружения и его деформационного состояния.

В г. Астана (Республика Казахстан) возводится ряд уникальных объектов для проведения всемирной специализированной выставки «EXPO-2017». Мониторинг состояния объектов «EXPO-2017» проводится, как в период возведения зданий, так и при сдаче объектов в эксплуатацию. Центральным сооружением является выставочный павильон, который имеет несколько тематических павильонов (рис. 1).



Рис. 1. «Астана EXPO – 2017». Всемирная специализированная выставка

На выставке «EXPO-2017» примет участие около 100 стран и 10 международных организаций. На всемирной специализированной выставке 2017 года странами-участницами будут продемонстрированы достижения и перспективы в сфере использования возобновляемых источников энергии и такие их преимущества, как экологическая чистота, низкая стоимость эксплуатации и безвредность для окружающей среды.

Объект – выставочный павильон. Участок выделенный под строительство расположен в городе Астана, Акмолинская область.

Центр выставочного комплекса представляет собой павильон-сферу высотой 92,0 м., находящийся на одной оси с существующим комплексом «Байтерек». Основой объема здания павильона «Казахстан – Астана» является южный и северный атриумы, объединяющие все выставочные помещения по вертикали – от цокольного до 8-го этажей и связаны между собой лестничными маршами и лифтами. Что обеспечивает доступность, как для посетителей-инвалидов, так и для остальных посетителей во все помещения здания, в том числе и в

помещение автостоянки. Диаметрально от сферы – павильона «Казахстан – Астана» находятся: – 4 международных павильона с выставочными площадями и представляют собой крытые залы с открытыми наружными галереями – лоджиями, которые служат навесами для летнего обслуживания экспозиций, осмотров. Перекрытие тематических павильонов предусмотрено пространственной оболочкой, очертание по единой поверхности положительной или отрицательной гауссовой кривизны. Здания Международных павильонов имеют поэтажное размещение помещений.

Мониторинг геотехнического состояния зданий и сооружений [1] проводят с целью:

- контроля технического состояния зданий и сооружений и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния;
- выявления объектов, на которых произошли изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций и для которых необходимо обследование их технического состояния;
- обеспечения безопасного функционирования зданий и сооружений за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований, которые могут повлечь за собой переход объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние;
- наблюдения за степенью и скоростью изменения технического состояния объекта и принятия экстренных мер по предотвращению его обрушения в случае необходимости.

При выборе системы наблюдений необходимо учитывать цель проведения мониторинга, а также скорости протекания процессов и их изменение во времени, продолжительность измерений, ошибки измерений, в том числе за счет изменения состояния окружающей среды, а также влияния помех и аномалий природно-техногенного характера. Программу проведения мониторинга согла-

совывают с заказчиком. В ней, наряду с перечислением видов работ, устанавливают частоту и периодичность наблюдений, которая зависит от величины деформаций и скорости протекания деформационных процессов. Методика и объем системы наблюдений при мониторинге, включая измерения, должны обеспечивать достоверность и полноту получаемой информации для подготовки исполнителем обоснованного заключения о текущем техническом состоянии объекта (объектов). В результате проведения каждого этапа мониторинга должна быть получена информация, достаточная для подготовки обоснованного заключения о текущем техническом состоянии здания или сооружения и выдачи краткосрочного прогноза о его состоянии на ближайший период.

При наблюдениях за зданиями определяют неравномерность оседаний фундаментов, фиксируют трещины и другие повреждения конструкций, надежность узлов их опирания, наличие необходимых зазоров в швах и шарнирных опорах.

Определение точности измерения вертикальных и горизонтальных деформаций проводят в зависимости от ожидаемого расчетного значения перемещения. При отсутствии данных по расчетным значениям деформаций оснований и фундаментов допускается устанавливать класс точности измерений вертикальных и горизонтальных перемещений.

ГУ «Управление архитектуры и градостроительства» города Астана на территории объекта с помощью GPS – приемника system GS-10 в режиме статистики с пост обработкой была создана каркасная сеть, состоящая из трех пунктов: Доба, Пеле, Сара. По закрепленным пунктам и грунтовым реперам был проложен ход по методике нивелирования II класса, т.е для выполнения всего комплекса работ по обеспечения строительства и контроля за состоянием возводимого сооружения была создана локальная геодезическая сеть. При создании опорной локальной сети на территории объекта применялось следующее геодезическое оборудование: спутниковый приемник «LeicaVivain» GPS system GS-10; электронный тахеометр Leica TS16.

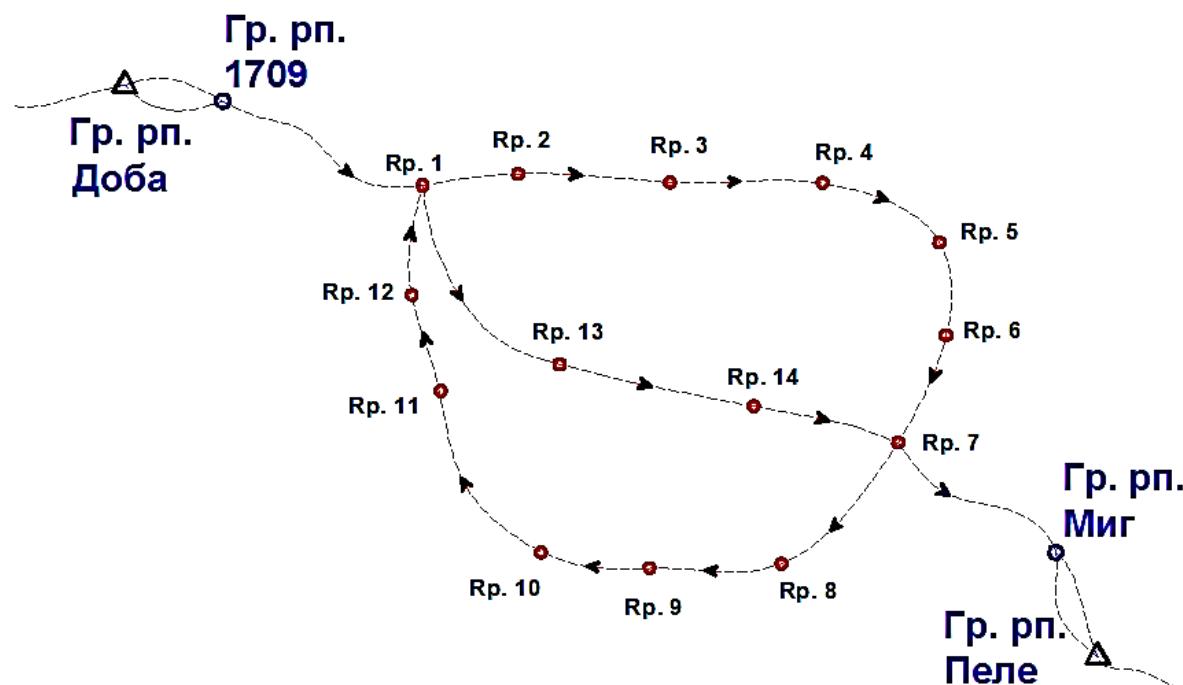


Рис. 2. Схема планово-высотного обоснования строительства комплекса

Знаки созданной внешней основы будут использоваться в качестве опорных реперов для наблюдений за осадками и деформациями фундаментов и самих зданий и сооружений.

В каждой серии наблюдений перед началом инструментальных наблюдений необходимо произвести повторную проверку устойчивости знаков внешней основы, для того чтобы убедится в их сохранности и устойчивости.

Инструментальные наблюдения за состоянием конструкций объекта производятся при помощи электронного тахеометра Leica TS16. Использование электронных тахеометров при производстве инструментальных наблюдений вызывает необходимость исследования вопроса о допустимых погрешностях определения положения реперов для выбора соответствующей схемы наблюдений и приборов [2], обеспечивающих точность измерений в 1–2 мм.

Для исследования вопроса о влиянии длины визирного луча при выполнении тригонометрического нивелирования на точность определения превышения рассмотрим электронные тахеометры разного класса точности.

Точность передачи высотной отметки электронным тахеометром определяется погрешностью определения превышения методом тригонометрического нивелирования по формуле:

$$m_h^2 = \left( \frac{\partial h}{\partial l} m_l \right)^2 + \left( \frac{\partial h}{\partial \sin \delta} m_{\sin \delta} \right)^2 + \left( \frac{\partial h}{\partial i} m_i \right)^2 + \left( \frac{\partial h}{\partial v} m_v \right)^2, \quad (1)$$

где  $m\delta$ ,  $m_l$ ,  $m_v$  – средние квадратические погрешности измерения соответствующих величин (вертикального угла, расстояния, высоты инструмента и визирования).

Рассмотрим составляющие уравнения точности. Первое слагаемое правой части является погрешностью превышения, обусловленной погрешностью измерения вертикального угла  $\delta$ , которое оказывает доминирующее влияние на точность определения превышения [2].

Рассмотрим точность определения превышения электронным тахеометром и для анализа исследуем приборы Leica TC 307 и Leica TS16.

Погрешность измерения расстояний электронным тахеометром определяется выражением  $m L = 2\text{мм} \pm 2 \text{ мм}/\text{км} L$ , где  $L$  – длина стороны в км. Результаты сравнения точности определения превышений тахеометрами Leica TC 307 и Leica TS16 представлены в таблице 1 и отражены на рисунке 3.

Таблица 1

Сравнение ошибки определения превышения при угле наклона  $\delta=20^\circ$   
таксеометрами разного класса точности

Расстояние от тахеометра до последнего репера $L$ , м	Погрешность определения превышения при трех приемах измерений $m_h$ , м	
	Leica TS16	Leica TC 307
10	0,00091	0,000947
50	0,00094	0,00160
100	0,00101	0,00279
150	0,00111	0,00405
200	0,00123	0,00534

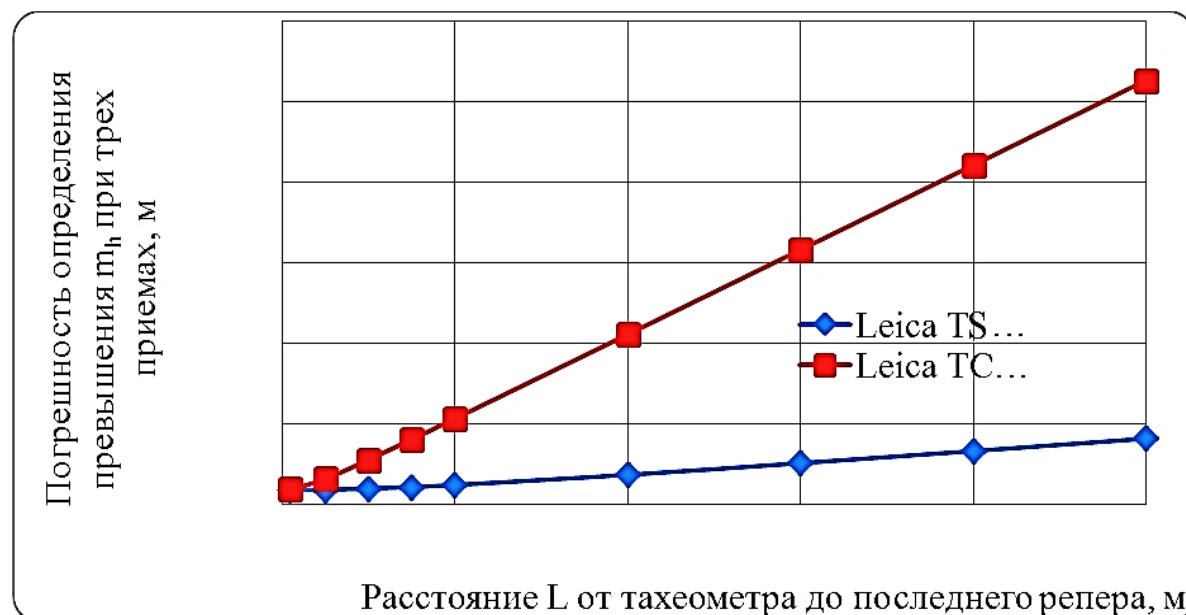


Рис. 3. График зависимости погрешности в превышениях от расстояния между репером и тахеометром

Исследования показали, что для высокоточного тахеометра Leica TS16 погрешность в определении превышения равная 2 мм при угле наклона  $\delta=5^\circ$  может быть обеспечена на расстоянии не более 478 м от опорного репера до деформационного репера.

Определим общую погрешность определения превышения для тахеометра Leica TS16, учитывающую все составляющие СКП:

- для вертикального угла равного  $\delta = 5^\circ$ ;
- точности измерения высоты прибора и отражателя равной  $m_V = 1,0\text{мм}$ ;
- погрешности измерения длин для исследуемых расстояний составят:

$$m_{L_1} = 2\text{мм} + 2\text{мм} \times 0,478 = 2,956\text{мм}; m_{L_2} = 3.434\text{мм}.$$

Тогда общая погрешность определения превышения при трех приемах составит для расстояния равного 478 м.

$$m_h^2 = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{478000^2 \cos^2 5 \frac{1,5^2}{206265^2} + 2.956^2 \sin^2 5 + 2 \times 1^2} = 2,16\text{мм}.$$

Для настоящего проекта расстояния от реперов планово-высотной сети лежат в пределах от 50 до 150 м, поэтому ожидаемая ошибка определения превышения

шения в каждой серии наблюдений будет составлять 1мм, что обеспечивает требования по точности наблюдений за микродеформациями фундамента и конструкций здания [3].

На данном объекте предлагается бесштативный метод наблюдения за осадками и деформациями, путем производства наблюдений с помощью стенных деформационных реперов со сферической головкой и отражателя. Сферическая головка стенного репера, позволяет поставить на него рейку, а также надеть на нее отражатель, как показано на рисунке 4. Данный метод позволяет сократить общее время съемки, и увеличить точность наблюдений.

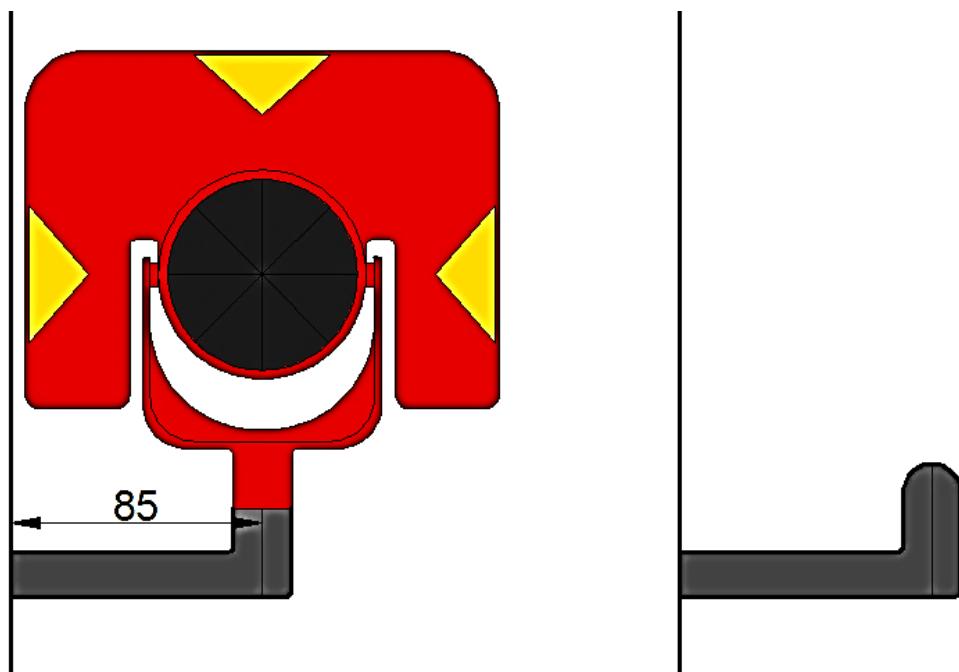


Рис. 4. Стенной репер со сферической головкой и отражатель

Длина штырька данного стенного репера должна быть такой, чтобы отражатель можно было беспрепятственно надеть на репер, и повернуть в любую сторону, в зависимости от того, в какой стороне находится стоянка тахеометра. Минимальная длина штырька стенного репера, до закругления, составляет 85 мм (рис. 4). Предлагается расположить стенные деформационные репера на осевых швах сооружения, и производить наблюдения электронным тахеометром, короткими лучами. Схема расположения стенных реперов изображена на рисунке 5.

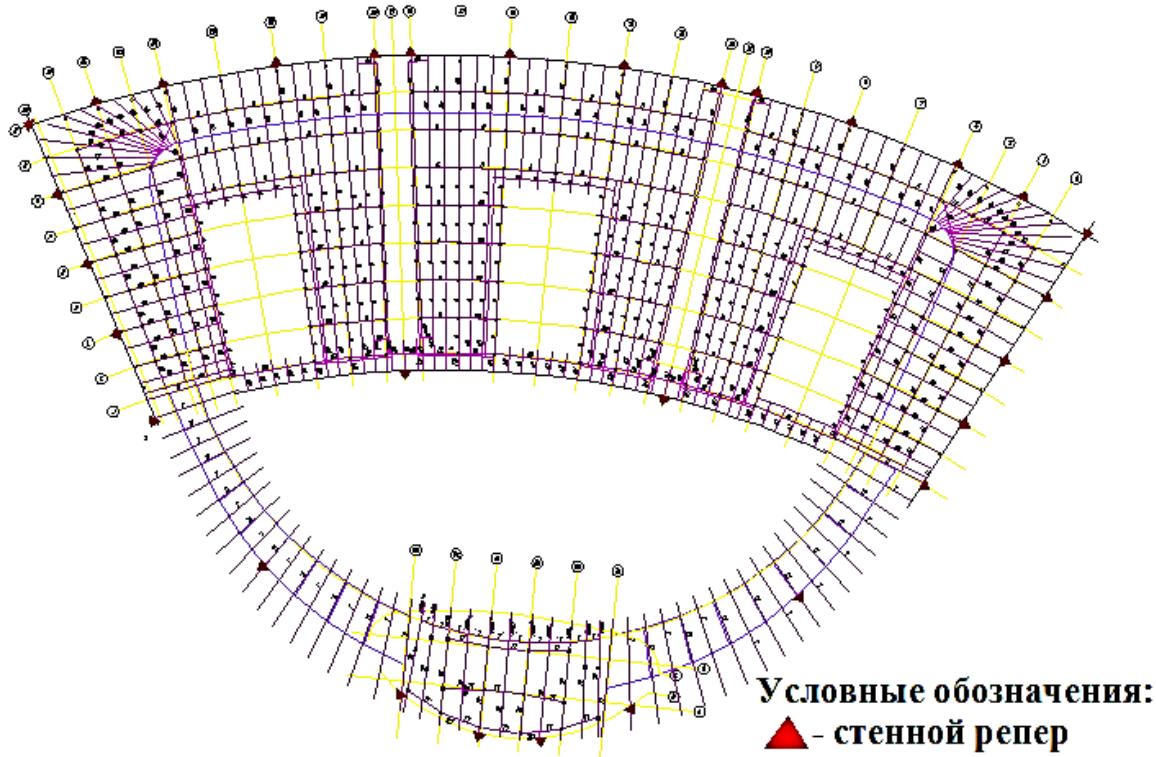


Рис. 5. План павильона со стенными реперами в осевых швах

Внедрение бесштативной методики наблюдения [4] за осадками и деформациями в геодезические работы по контролю и мониторингу, позволяет успешно решать следующие важные задачи:

- повышение точности измерений;
- при наличии определенного количества стационарно установленных отражателей на деформационных реперах, производить мониторинг в полуавтоматическом режиме;
- повысить производительность труда;
- значительно сократить время получения информации, что является необходимым решающим фактором для принятия решений и мер в случаях аварийного состояния объектов [2].

### **Список литературы**

1. Жуков Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий: Монография. – Новосибирск: СГГА, 2003. – С. 338.

2. Бесимбаева О.Г. Анализ точности инструментальных наблюдений / О.Г. Бесимбаева, Е.Н. Хмырова, Н.Г. Бесимбаев // Журнал известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка / МИИГАИК. – М., 2014. – №4. – С. 15–20.

3. Хмырова Е.Н. Решение задач геодезического мониторинга колонн и ферм покрытия / Е.Н. Хмырова, О.Г. Бесимбаева, Е.А. Олейникова, Р.В. Синяк // Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: Труды Международной научно-технической интернет-конференции. – Тула, 2016. – Т. 1. – С. 581–586.

4. Низаметдинов Ф.К. Инструментальные наблюдения за состоянием насыпных ограждающих дамб / Ф.К. Низаметдинов, О.Г. Бесимбаева, С.Г. Ожигин, Е.Н. Родина // Труды Университета / КарГТУ. – 2002. – №4. – С. 36–41.

---

**Амержанова Жанар Максатовна** – магистрант Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, Караганда.

**Исымов Дулат Кайратович** – магистрант Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, Караганда.

**Бесимбаева Ольга Газисовна** – канд. тех. наук, доцент кафедры «Маркшейдерского дела и геодезии» Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, Караганда.

---