УДК 528

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КРУПНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF GEODETIC METHODS FOR MONITORING LARGE INFRASTRUCTURE FACILITIES

Якуба Дарья Алексеевна
студентка,
Кубанский государственный технологический университет
Yakubada2211@gmail.com

Вартаваньян Арам Арамович
студент,
Кубанский государственный технологический университет
aram.vartavanyan@mail.ru

Захарова Екатерина Сергеевна
студентка,
Кубанский государственный технологический университет
Zaharovka130@gmail.com

Тихонов Тимофей Андреевич
лаборант-исследователь,
Кубанский государственный технологический университет
timka2015@yandex.ru

Коломыцев Арсений Александрович
преподаватель,
Кубанский государственный технологический университет
mills@inbox.ru

Аннотация. Крупные инфраструктурные объекты, такие как мосты, плотины, туннели и высотные здания, подвержены различным деформациям. Мониторинг деформаций этих объектов является критически важным для обеспечения их безопасности и долговечности. В данной статье рассматриваются основные геодезические методы, применяемые для мониторинга крупных инфраструктурных объектов.

Ключевые слова: геодезия, мониторинг деформаций, крупные инфраструктурные объекты, GPS/GNSS, нивелирование, тахеометрия, интерферометрия.

Yakuba Daria Alekseevna
Student,
Kuban State Technological University
Yakubada2211@gmail.com

Vartavanyan Aram Aramovich
Student,
Kuban State Technological University
aram.vartavanyan@mail.ru

Zakharova Ekaterina Sergeevna
Student,
Kuban State Technological University
Zaharovka130@gmail.com

Tikhonov Timofey Andreevich
Research Assistant,
Kuban State Technological University
timka2015@yandex.ru

Kolomytsev Arseniy Aleksandrovich
Lecturer,
Kuban State Technological University
mills@inbox.ru

Annotation. Large infrastructure facilities such as bridges, dams, tunnels, and high-rise buildings are subject to various deformations. Monitoring the deformations of these objects is critical to ensure their safety and durability. This article examines the main geodetic methods used for monitoring large infrastructure facilities.

Keywords: geodesy, monitoring of deformations, large infrastructure objects, GPS/GNSS, leveling, total station, interferometry.

Безопасность и долговечность крупных инфраструктурных объектов являются приоритетными задачами, требующими постоянного контроля за их состоянием. Деформации, возникающие в процессе эксплуатации, могут привести к серьезным последствиям, вплоть до разрушения объекта и человеческих жертв. Поэтому, своевременное выявление и анализ деформаций позволяют предотвратить аварийные ситуации и продлить срок службы сооружения.

Основным методом контроля за деформациями оснований зданий и сооружений, обязательным элементом обеспечения промышленной безопасности при строительстве и эксплуатации объектов строительства являются геодезические инструментальные наблюдения [7].

Традиционные методы визуального осмотра и неразрушающего контроля, хотя и важны, часто не позволяют обнаружить незначительные деформации, которые могут развиться в критические. Геодезические методы, напротив, обеспечивают высокоточное измерение координат и перемещений, позволяя выявить даже минимальные изменения в геометрии объекта.

Геодезические наблюдения за смещениями и деформациями – это процесс анализа изменения в геометрии объектов исследования и формы земной поверхности [1].

Мониторинг смещаемости и деформативности возводимых строительных конструкций представляет комплекс измерений, обработки, результатов. Отклонение крена высотного здания от вертикальной оси – это итоговая нормируемая деформационная характеристика высотных зданий. Мониторинг зданий и сооружений геодезическими измерениями определяет следующие характеристики деформаций основание – фундамент – надземная часть здания:

– для основания и фундаментов;
– для наземной части здания [3].

Геодезические методы мониторинга деформаций

Существует широкий спектр геодезических методов, применяемых для мониторинга деформаций. Выбор метода зависит от типа объекта, требуемой точности, экономических соображений и условий проведения измерений.

Главной задачей геодезического мониторинга является обеспечение точности и правильности строительных работ, исключение возможных отклонений от проектных параметров и предотвращения возникновения ошибок [4].

Осадка здания – это смещение здания, происходящее вследствие сжатия грунта в основании. Сжатие грунта, находящегося под зданием, нормальный процесс. Важно, чтобы осадка здания проходила равномерно по всему основанию.

Существует немалое количество причин осадки: слабое основание средней (или боковых) части зданий, неправильное выбранная глубина заложения и тип конструкции фундамента, увеличение нагрузки на фундамент за счёт надстройки верхних этажей, недостаточная прочность материалов для фундамента или потеря прочности со временем, возведение новых сооружений, вплотную примыкающих к существующему зданию [2].

Геодезическое нивелирование

Геодезическое нивелирование – один из наиболее точных методов определения вертикальных перемещений. Применяется для мониторинга вертикальных деформаций фундаментов зданий, плотин, мостов и других сооружений. Современные цифровые нивелиры, оснащенные автоматизированной системой отсчетов, позволяют достигать точности до ±0.1 мм на 1 км хода.

Преимущества:

– Высокая точность определения вертикальных перемещений;
– Относительно невысокая стоимость оборудования и проведения работ.

Недостатки:

– Требует прямой видимости между точками;
– Трудоемкость измерений.

Тахеометрия

Тахеометрия – метод определения координат точек с помощью электронного тахеометра, измеряющего углы и расстояния. Применяется для мониторинга как вертикальных, так и горизонтальных деформаций. Современные тахеометры, оснащенные безотражательными дальномерами и автоматизированными системами наведения, позволяют выполнять измерения с высокой скоростью и точностью.

Преимущества:

– Возможность определения трехмерных координат точек;
– Быстрота измерений.

Недостатки:

– Точность ниже, чем у нивелирования;
– Требует прямой видимости.

Спутниковые методы (GPS/GNSS)

Космическая геодезия – одна из важнейших областей современной науки и техники, которая занимается изучением Земли и ее окружения с помощью спутниковых технологий. Спутниковые системы позволяют получать точные данные о форме и размерах Земли, а также о ее гравитационном поле. Эти данные играют ключевую роль в развитии геодезических измерений и картографии [5].

Спутниковые методы, такие как GPS и ГЛОНАСС (GNSS), позволяют определять координаты точек с высокой точностью в глобальной системе координат. Применяются для мониторинга деформаций крупных объектов, подверженных воздействию глобальных процессов, таких как оползни и сейсмическая активность.

Преимущества:

– Возможность определения координат в глобальной системе координат;

– Независимость от прямой видимости (при наличии достаточного количества видимых спутников);

– Возможность автоматизации измерений и организации непрерывного мониторинга.

Недостатки:

– Точность ниже, чем у традиционных геодезических методов;

– Зависимость от атмосферных условий и геометрии расположения спутников;

– Требует квалифицированного персонала для обработки данных.

Интерферометрия радиолокационных данных (InSAR)

InSAR – метод дистанционного зондирования, основанный на анализе разности фаз радиолокационных изображений, полученных с космических аппаратов в разное время. Позволяет получать информацию о деформациях земной поверхности с высокой точностью и разрешением.

Преимущества:

– Возможность мониторинга деформаций на больших площадях;

– Независимость от погодных условий;

– Бесконтактность измерений.

Недостатки:

– Ограниченная точность определения вертикальных перемещений.

– Зависимость от характеристик поверхности (наличие когерентности).

– Сложная обработка данных.

Примеры практического применения геодезических методов мониторинга

Мониторинг мостов: геодезические методы (нивелирование, тахеометрия, GPS/GNSS) применяются для контроля за прогибом пролетных строений, перемещением опор и выявлением трещин.

Мониторинг плотин: геодезическое нивелирование используется для контроля за осадкой плотины и перемещением ее гребня. Тахеометрия и GPS/GNSS применяются для мониторинга горизонтальных деформаций.

Мониторинг туннелей: тахеометрия и лазерное сканирование используются для контроля за деформациями свода и стен туннеля.

Мониторинг высотных зданий: GPS/GNSS и тахеометрия применяются для контроля за осадкой фундамента, креном здания и деформацией отдельных элементов конструкции.

Исходя из материала данной работы можно сделать следующие выводы: геодезические методы важны для обеспечения безопасности и долговечности крупных инфраструктурных объектов. Благодаря своей высокой точности и возможности получения пространственных данных, они позволяют выявлять даже минимальные деформации, которые могут привести к серьезным последствиям. Выбор конкретного метода или комбинации методов зависит от типа объекта, требуемой точности, экономических соображений и условий проведения измерений.

В первую очередь мониторинг объектов инфраструктуры проводится для предотвращения дефектов и деформаций в дальнейшем, то есть выявляются проблемы для принятия превентивных мер по их устранению. Современные приборы и методы позволяют нам узнать нужную информацию о здании в кратчайшие сроки, что и является определяющим фактором дальнейшего строительства и эксплуатации объекта инфраструктуры [6].

Литература

1. Геодезические наблюдения за смещениями и деформациями сооружений / А.А. Коломыцев [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2023. – № 2. – 81 с. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2023-1/2-2023?id=3474

2. Разработка методики цифрового моделирования деформаций и осадок фундаментов зданий и сооружений по результатам геодезических измерений / А.С. Сукманюк [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 2. – 173 с. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=505
3. Основные геодезические работы в строительстве / Д.А. Гура [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2016. №2. – 135 с. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=497
4. Анализ важности геодезического мониторинга на различных этапах строительства объектов / А.А. Бердник [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2024. – № 2. – 21 с. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2024/2-2024/2-2024?id=3885
5. Вклад спутниковых технологий в развитие геодезических измерений и картографии / А.А. Бердник [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2024. – № 2. – 25 с. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2024/2-2024/2-2024?id=3886
6. Современные методы и приборы геодезического мониторинга зданий и сооружений / И.С. Грибкова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2023. – № 2 – 46 с. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2023-1/2-2023?id=3466
7. Гордеев В.А. Исследование точности определения горизонтальных смещений при геодезическом мониторинге зданий и сооружений / В.А. Гордеев, Г.Г. Шевченко // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2022. № 4. С. 21. – URL : https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0090/4481.pdf

References

1. Geodetic observations of displacements and deformations of structures / A.A. Kolomyts [et al.] // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2023. – № 2. – 81 p. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2023-1/2-2023?id=3474
2. Development of a methodology for digital modeling of deformations and settlements of building and structure foundations based on the results of geodetic measurements / A.S. Sukmanyuk [et al.] // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2016. – № 2. – 173 p. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=505
3. Basic Geodetic Works in Construction / D.A. Gura [et al.] // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2016. – № 2. – 135 p. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=497
4. Analysis of the Importance of Geodetic Monitoring at Various Stages of Construction / A.A. Berdnik [et al.] // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2024. – № 2. – 21 p. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2024/2-2024/2-2024?id=3885
5. Contribution of satellite technologies to the development of geodetic measurements and cartography. // A.A. Berdnik [et al.] // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2024. – № 2. – 25 p. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2024/2-2024/2-2024?id=3886
6. Modern Methods and Devices for Geodetic Monitoring of Buildings and Structures / I.S. Gribkova [et al.] // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2023. – № 2 – 46 p. – URL : https://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2023-1/2-2023?id=3466
7. Gordeev V.A. Research of the accuracy of determining horizontal displacements in geodetic monitoring of buildings and structures / V.A. Gordeev, G.G. Shevchenko // Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubSTU». – 2022. – № 4. – P. 21. – URL : https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0090/4481.pdf