

ПЛАНОВЫЕ И ВЫСОТНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ. СПОСОБЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

С. В. Устюгов, Н. А. Плеханова
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет

Изменение земной поверхности происходит постоянно. Формирование твердой оболочки Земли протекает под воздействием множества факторов, которые, в свою очередь, подразделяются на эндогенные и экзогенные. К эндогенным относят процессы, протекающие в недрах Земли под высоким давлением и температурой. Такие изменения рельефа не могут не оказать какого-либо влияния на здания и сооружения. Также в результате деятельности человека и из-за конструктивных особенностей самих зданий неблагоприятные воздействия только увеличиваются. Вышеперечисленные факторы вынуждают проводить систематические наблюдения, которые представляют собой сбор измерительной информации с последующим выявлением величин деформаций и причин их возникновения. Их начинают с самого процесса строительства вплоть до эксплуатационного периода. Систематическими наблюдения называют потому, что деформации можно измерить спустя некоторый промежуток времени.

Анализ плановых и высотных деформаций является важной задачей для каждого региона нашей страны, в особенности для тех территорий, которые подвержены активному изменению рельефа. Чтобы обнаружить какие-либо изменения земной поверхности, организованы специальные службы, основной задачей которых является контроль всех реперов. Чтобы точность реперов нивелирной сети 1 и 2 классов не стала ниже допустимого уровня, проводят повторное нивелирование. Интервалы времени зависят от величины скорости вертикального движения земной коры. При исследовании могут быть выявлены абсолютные и относительные смещения. Абсолютными являются смещения в горизонтальной плоскости относительно неподвижных геодезических опорных знаков. А относительными являются смещения одних частей здания относительно других. Полученные результаты относительных смещений позволяют более правильно проектировать уплотняющие устройства в осадочных швах сооружений, размещать силовое оборудование и др.

Вопросы геодезических наблюдений за перемещениями зданий и сооружений отражены в ряде ранее изданных нормативных документах: СНиПах, руководствах, указаниях и технической литературе, которые в настоящее время переносятся в своды правил. Основным нормативным документом для рассматриваемого вопроса мониторинга деформаций зданий и сооружений является ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений».

В России разработан ряд геодезических методов наблюдения за деформациями, которые в настоящее время являются востребованными.

Наиболее распространенным является метод геометрического нивелирования, который при производстве работ является простым и высокоточным. Нивелирование выполняют короткими плечами, так как наблюдаемые точки на сооружении находятся на небольшом расстоянии друг от друга (5–25 м). В основном общая длина хода составляет 1 км, вследствие чего средняя квадратическая ошибка превышения не актуальна. Первым этапом является создание геодезической сети, которая состоит из исходных реперов высотной основы (сеть первого порядка) и точек, закрепленных на сооружении (сеть второго порядка). Далее проводят повторные измерения превышений между точками сети, последующее оценивание параметров деформаций и осадок сооружений по результатам измерений. Завершением является анализ результатов обработки и их истолкование (рис. 1).

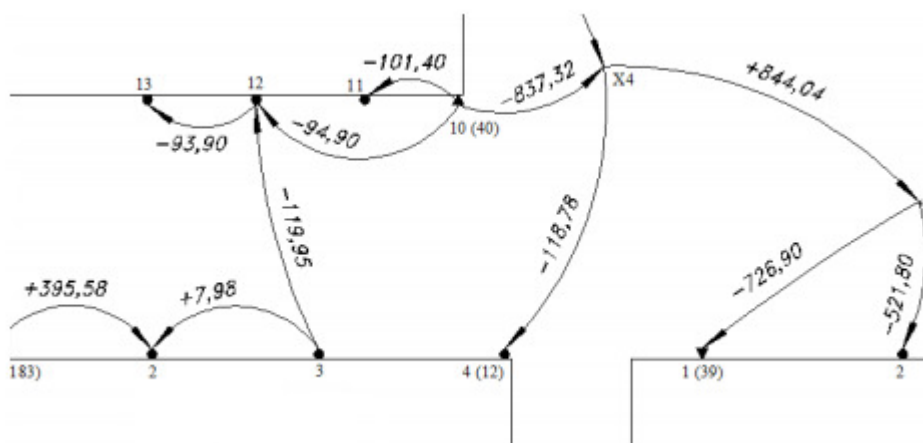


Рис. 1. Возможная схема геометрического нивелирования

Метод тригонометрического нивелирования используется для определения вертикальных смещений открытых, труднодоступных и отдаленных точек сооружения, например, для наблюдения за осадками дымовых труб, многонагруженных зданий и сооружений (здания химводоочистки, баки хранения жидкого топлива). Преимуществом данного метода является не только высокая точность – около 0,1мм, но и то, что с одной станции могут выполняться измерения сразу на несколько марок (рис. 2). Также допускаются большие неравенства плеч, чем в геометрическом нивелировании. Но этот метод может быть использован только в неподвижных помещениях с хорошими метеорологическими условиями, что является основным ограничением.

Горизонтальные смещения точек сооружения определяют как разность их координат, полученных в разных циклах измерений в единой системе координат. Эту задачу можно решить по двум координатам или по одной. В первом случае используют линейно-угловые построения, во втором – створные методы.

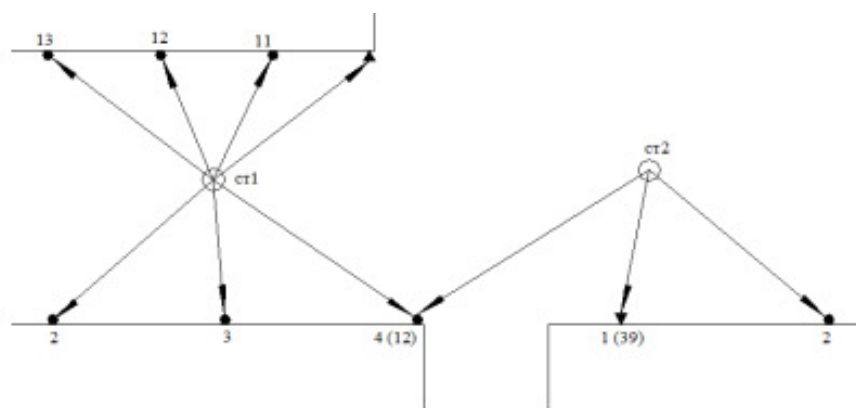


Рис. 2. Возможная схема тригонометрического нивелирования

К линейно-угловым построениям относят специальные сети триангуляции, трилатерации, полигонометрии, а также комбинированных сетей, которые могут состоять из вытянутых треугольников, геодезических прямоугольников и центральных систем. Измерения углов выполняют с высокой точностью – $0,5-2''$, уравнивание таких сетей производят строгим способом, так как от этого зависит величина деформации. Величины смещений определяют по разностям координат в различных циклах, которые могут быть рассчитаны с помощью прямой геодезической задачи или по формулам Юнга.

Основной задачей створного способа является расположение наблюдаемых точек в один створ. Тем самым будет легко измерить горизонтальные и вертикальные смещения.

Использование различной спутниковой аппаратуры может быть использовано и на участках с большой протяженностью. Удобным является метод радарной интерферометрии. С его помощью можно своевременно отслеживать сдвиги земной поверхности над районами подземной добычи полезных ископаемых, картирования деформаций бортов и уступов карьеров, а также проводить мониторинг природных и техногенных смещений и деформаций сооружений. Преимуществом данного метода является возможность получения точных результатов (вплоть до нескольких миллиметров), а также независимая дистанционная оценка изменений по всей площади снимка.

При использовании интерферометрического метода необходимо иметь пару снимков одного участка земной поверхности, которые были получены с двух близких и локально параллельных орбит. Это требуется для того, чтобы атмосферные и ионосферные помехи не снижали требуемую точность. Съемка второго изображения выполняется тем же спутником или его тандемной парой, как в период одновременной работы спутников ERS-1 и 2. По двум снимкам вычисляется комплексная интерферограмма, каждый элемент которой равен произведению обратно рассеянного сигнала первого снимка и комплексно сопряженного сигнала второго снимка, поэтому фаза каждого элемента комплексной интерферограммы равна разности фаз двух снимков. Основными ограничивающими факто-

рами РСА-интерферометрии по методу DInSAR являются потеря корреляции (так называемая декорреляция) между сигналами, отраженными от одного и того же участка поверхности на повторных снимках.

Список литературы

1. Симонян В. В., Шмелин Н. А., Зайцев А. К. Геодезический мониторинг зданий и сооружений. Изд-во «НИУ МГСУ», 2016.
2. Попов В. Н., Чекалин С. И. Геодезия : учебник для вузов. М. : Горная книга, 2007.
3. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдения за осадками сооружений // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. № 1 / Том 1.
4. Азаров Б. Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений // Ползуновский вестник. 2011. № 1.
5. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=563110>