

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДОК И ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Е. К. АТРОШКО, И. П. ДРАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Опыт по строительству зданий и сооружений и наблюдений за их состоянием показал, что все они в той или иной степени подвергаются осадкам и деформациям, основной причиной которых является деформация грунта в основании сооружения под действием вертикальной нагрузки от его веса. При этом перемещение сооружения вниз называется осадкой, а перемещение в сторону сдвигом.

Различают осадки равномерные, когда сооружение всеми своими частями оседает на одну и ту же величину, и неравномерные. Равномерные осадки не снижают прочности и устойчивости сооружения, однако большие по величине равномерные осадки могут привести к нарушению технологического процесса эксплуатации сооружений [1]. Более опасные в этом отношении являются неравномерные осадки. Даже небольшие по величине, они могут вызывать, например, расстройство механизма лифта для высотных зданий, а также перенапряжение в отдельных несущих конструкциях. Неравномерные осадки вызывают такие виды деформаций, как крен сооружения, или его наклон; перекося конструкций; прогиб фундамента сооружения и кручение здания. Обычно неравномерную осадку выражают в виде отношения разности осадок точек к расстоянию между ними.

Современный этап строительства характеризуется появлением объектов, которые отличаются высокой чувствительностью к осадкам, например, высотные здания, атомные станции и другие инженерные сооружения. С точки зрения нормального режима технологического процесса эксплуатации такие объекты требуют постоянного наблюдения за стабильностью взаимного положения отдельных элементов оборудования, составляющих единую технологическую схему. Поэтому для определения величин осадок и деформаций таких сооружений организуются натурные наблюдения, которые могут проводиться как геодезическими, так и негеодезическими методами. Обычно негеодезическими методами измеряют величины относительных осадок или деформаций. Приборы для таких измерений устанавливают на самом сооружении. К таким приборам относятся клинометры, щелемеры, деформетры и др. Однако основными методами для измерения осадок являются геодезические. Они позволяют определить не только относительные перемещения точек, но также их абсолютную величину по отношению к неподвижным знакам геодезической основы. К геодезическим относятся: геометрическое, тригонометрическое и гидростатическое нивелирования [2].

Метод гидростатического нивелирования позволяет определить превышения с высокой точностью, порядка 0,1 мм, что позволяет автоматизировать процесс наблюдений. Однако он может использоваться лишь в помещениях с хорошими метеорологическими условиями. Это является существенным недостатком этого способа, ограничивающего его широкое применение на практике.

Метод тригонометрического нивелирования применяется для определения вертикальных смещений открытых и труднодоступных точек сооружений. Точность данного метода ниже точности геометрического и гидростатического нивелирования, поэтому он используется сравнительно редко.

Метод геометрического нивелирования является наиболее распространенным из геодезических методов определения осадок. Основным его достоинством является высокая точность и простота в производстве работ, позволяющая при помощи одного комплекта приборов проводить измерения для любого количества доступных точек на сооружении в любых погодных условиях. Методика геометрического нивелирования при наблюдениях за осадками имеет ряд особенностей. Такие факторы как вибрации от работы машин и транспортного движения, неравномерная освещенность помещения, потоки нагретого воздуха затрудняют работу и снижают точность измерений. Специфика измерений состоит также и в том, что необходимо определить осадки точек сооружения, расположенных на расстоянии от 10 до 30 м друг от друга.

Именно поэтому при наблюдениях за осадками применяют нивелирование с короткими плечами. Это обстоятельство должно было бы привести к увеличению средней квадратической погрешности в превышениях на 1 км нивелирного хода, однако этого не происходит, так как при нивелировании короткими лучами повышается точность отсчета по рейке и ослабляет влияние ошибок от внешних условий (рефракции, конвекции). Таким образом, точность геометрического нивелирования короткими лучами зависит от длины луча визирования и числа измеренных превышений на станции.

Общая схема определения осадок деформаций сооружений с помощью метода геометрического нивелирования состоит из следующих этапов:

1 Создание геодезической сети, состоящей из точек, закрепленных на сооружении (осадочных марок) и исходных реперов высотной основы, заложенных вне зоны оседания сооружения.

2 Периодическое измерение превышений между точками сети методом геометрического нивелирования.

3 Оптимальное определение осадок и деформаций сооружений по результатам измерений.

На первом этапе при создании геодезической сети, осадочные марки закрепляются обычно в местах наиболее чувствительных к неравномерным осадкам. Что касается размещения исходных высотных реперов, то их располагают на расстоянии до 100 м от сооружения, чтобы иметь возможность передать с него отметки при помощи 1–2 стоянок нивелира при длине луча визирования не более 30 м.

На втором этапе между точками геодезической сети прокладывают ходы геометрического нивелирования (замкнутые или разомкнутые), причем длина луча визирования между осадочными марками составляет в среднем 10–20 м. Нивелирование производится периодически (по циклам). Расхождение между величиной одноименных превышений в начальном и текущем циклах и является основной измерительной информацией о происходящих осадках.

Задачей третьего этапа является определение величин осадок и деформаций сооружений и оценки их точности по результатам геодезических измерений. Для этого выполняется уравнивание нивелирного хода по методу наименьших квадратов. При этом имеется два возможных варианта решения. В первом способе в начале определяют высоты осадочных марок в каждом цикле наблюдений, а затем уже вычисляют осадки точек, как разности высот осадочных марок. Во втором способе осадки точек определяют непосредственно по разностям измеренных превышений в двух циклах наблюдений.

Анализируя два способа, следует отметить, что если геометрия геодезической сети и точность измерения превышений от цикла к циклу не меняется, то оба способа определения осадок дают одинаковый результат. Если же в схеме сети или точность измерений от цикла к циклу происходят изменения, то преимущество в точности получает первый способ по разности уравненных высот в каждом цикле измерений. Основной причиной этого является то обстоятельство, что в случае определения осадок точек по разностям превышений происходит потеря измерительной информации (вместо  $2n$  превышений используется лишь  $n$  их разностей при уравнивании вторым способом), что приводит уменьшению точности определения осадок и деформаций сооружений.

Таким образом, метод геометрического нивелирования является наиболее надежным и оптимальным способом определения величин осадок и их разностей.

Данный метод был использован авторами при геодезических наблюдениях за осадками и деформациями сооружений на некоторых промышленных и гражданских объектах Гомельской области.

#### Список литературы

1 Пискунов, М. Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений / М. Е. Пискунов. – М. : Недра, 1980. – 248 с.

2 Брайт, П. И. Геодезические методы измерения деформаций оснований и сооружений / П. И. Брайт. – М. : Недра, 1965. – 298 с.