

Геодезические методы определения деформаций сооружений

Виды деформаций

В геодезии под термином деформация понимают изменение положения объекта относительно его первоначального состояния.

Осадка

Постоянное давление массы сооружения приводит к уплотнению грунта под фундаментом и вблизи него и вертикальному смещению, или осадке, сооружения.

Смещение

Смещение сооружений в горизонтальной плоскости может происходить вследствие бокового давления грунта, воды, ветра и т.п.

Просадка

При уплотнении пористых и рыхлых грунтов происходит быстрая во времени деформация, называемая просадкой.

Кручение и изгиб

Высокие сооружения башенного типа из-за неравномерного нагрева солнцем, давления ветра и других причин испытывают кручение и изгиб.

Для определения деформаций в характерных точках сооружения устанавливают марки и путем геодезических измерений находят изменение их пространственного положения за выбранный промежуток времени, при этом первый цикл геодезических наблюдений принимают за начальный.

Абсолютные, или полные, осадки S марок определяют как разность отметок, полученных относительно репера, расположенного за воронкой осадок сооружения и принимаемого за неподвижный, в текущий момент времени ($H_{\text{тек}}$) и в начале наблюдений ($H_{\text{нач}}$):

$$S = H_{\text{тек}} - H_{\text{нач}}$$

Средняя осадка $S_{\text{ср}}$ всего сооружения или отдельных его частей:

$$S_{\text{ср}} = \sum_1^n \frac{S}{n}$$

Средняя скорость $v_{\text{ср}}$ деформации равна отношению величины деформации к промежутку времени t , за который эта деформация происходит:

$$v_{\text{ср}} = (s_i - s_{i-1}) / t$$

Точность наблюдений

В нормативных документах точность определения осадок и горизонтальных смещений выражают средней квадратической ошибкой. Для многих практических задач среднюю квадратическую ошибку m_g определения деформации можно вычислить по формуле:

$$m_g \leq 0,2\Delta$$

где $\Delta\Phi$ – величина деформации между циклами измерений.

Согласно ГОСТ 24846-81 допустимые погрешности определения осадок не должны быть более:

- 1 мм - для уникальных зданий, длительное время (более 50 лет) находящихся в эксплуатации, а также на скальных грунтах;
- 2 мм - для зданий и сооружений на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;
- 5 мм - для зданий и сооружений на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых фунтах;
- 10 мм - для земляных сооружений.

Крены труб, мачт и т.п. определяют с точностью $0,0005 \cdot H$, где H - высота сооружения.

Геодезические знаки

```
graph TD; A[Геодезические знаки] --> B[Опорные]; A --> C[Вспомогательные]; A --> D[Деформационные];
```

Опорные

Являются исходной основой, относительно которой определяют положение марок; их размещают и закрепляют с условием стабильности и длительной сохранности.

Деформационные

Их закрепляют на исследуемом сооружении, перемещаясь с ним, они показывают изменение его положения в пространстве.

Вспомогательные

Через них передают координаты и высоты от опорных знаков к деформационным.

Наблюдение за осадками сооружений

Наиболее широко используют способ геометрического нивелирования, обладающий высокой точностью и быстротой измерений. Превышения между точками на расстоянии 5 - 10 м можно определять с точностью 0,05 - 0,1 мм, а на расстоянии сотен метров - с точностью 0,5 мм.

При определении осадок:

- бетонных плотин, гидроузлов применяют нивелирование *I u II* классов со средними квадратическими ошибками измерения превышений на станции 0,3 и 0,4 мм;
- промышленных и гражданских зданий используют нивелирование *II u III* классов, средние квадратические ошибки превышений на станции в этих случаях равны 0,4 и 0,9 мм соответственно.

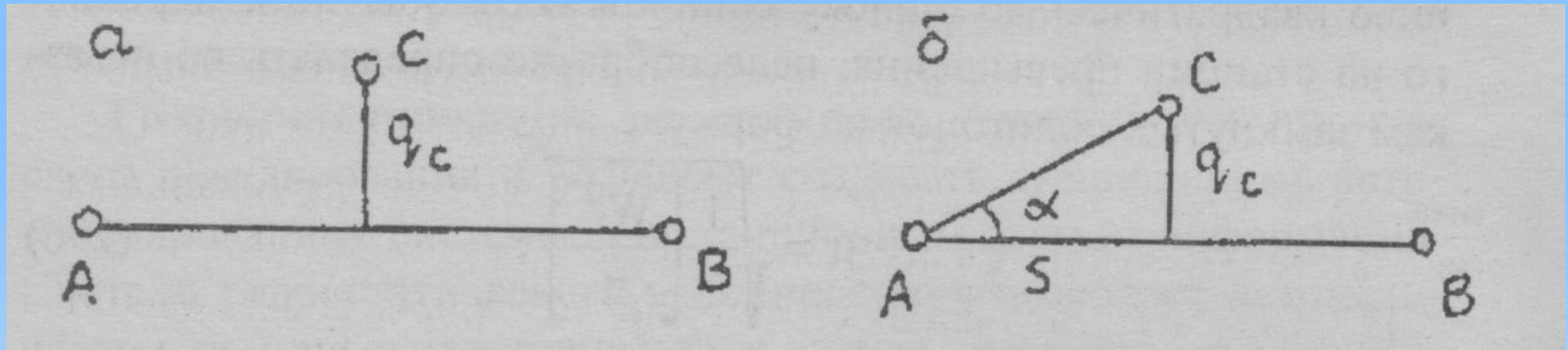
При измерениях высокой точности используют тщательно отъюстированные высокоточные нивелиры типа Н-05, штриховые инварные или специальные малогабаритные рейки. Нивелир устанавливают строго посередине между марками, отсчеты берут по основной и дополнительной шкалам. Нивелируют при двух горизонтах прибора в прямом и обратном направлениях.

Наблюдение за горизонтальными смещениями сооружения

Горизонтальные смещения сооружений или их элементов определяют различными способами: линейно-угловым, створным, стереофотограмметрическим. Используют, кроме того, прямые и обратные отвесы.

Линейно-угловые построения создают в виде специальных сетей триангуляции и трилатерации, ходов полигонометрии, комбинированных сетей, угловых и линейных засечек, сетей из вытянутых треугольников с измеренными сторонами и высотами. Углы измеряют с высокой точностью (0,5-2,0") при коротких сторонах, большом количестве связей. Уравнивание линейно-угловых сетей выполняют строгим способом. Величины смещений определяют по разностям координат в различных циклах.

Створные наблюдения используют для определения деформаций прямолинейных сооружений. Направление створа принимают за ось абсцисс, а направление смещений - за ось ординат. Величины смещений равны разностям ординат (нестворностей), определенных в различных циклах. Нестворность чаще определяют методом подвижной марки или малых углов.



Определение величины нестворностей методами: подвижной марки (а), малых углов (б).

$$q_c = n_c - n_{AB}$$

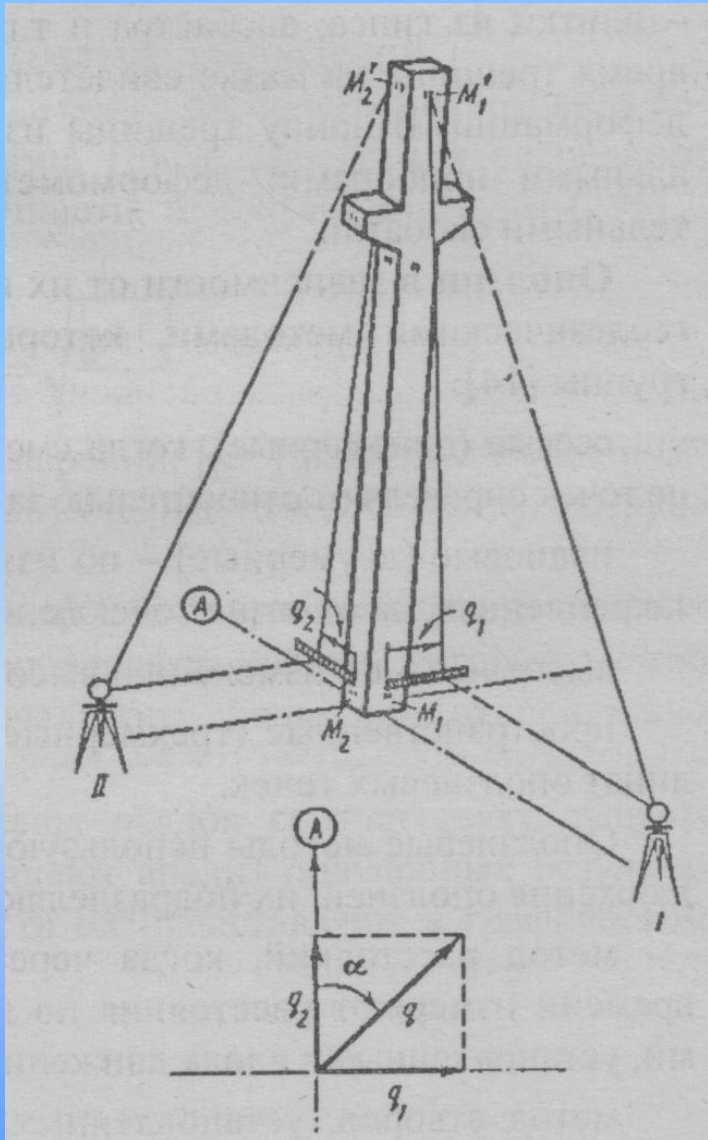
где n_c - отсчет, когда ось марки совпадала с точкой С;
 n_{AB} - отсчет, когда ось марки находилась на створе АВ.

$$q_c = S * \alpha / \rho$$

Нестворность q_c определяют путем измерения угла α и расстояния S .

Наблюдение за кренами

Часто для определения крена применяют способ *вертикального проектирования*.



Теодолит устанавливают на двух взаимно перпендикулярных направлениях. Линейку располагают горизонтально, ее нулевое или какое-либо другое деление совмещают с меткой M_1 . Теодолитом из положения I при двух кругах наводят на верхнюю метку M_1' проектируют на линейку и берут отсчеты q_1' и q_2' , среднее из которых $q_1 = 0,5 \cdot (q_1' + q_2')$. Таким же методом со станции II определяют q_2 .

Суммарный крен q , учитывая перпендикулярность q_1 и q_2 ,

$$q = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}$$

Угол z между осью сооружения (колонны) и вертикальной линией

$$z = \frac{q \cdot \rho}{h}$$

Где h – разность высот осевых меток.