



## Тема лекции 14 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДОК И ДЕФОРМАЦИИ СООРУЖЕНИЙ

### Вопросы:

- 14.1. Виды деформаций.
- 14.2. Методы определения осадок зданий и сооружений.
- 14.3. Методы определения горизонтальных смещений зданий и сооружений

### Вопрос 14.1. Виды деформаций.

Под влиянием силы тяжести сооружения, изменения влажности основания и температуры происходит перемещение частиц грунта, на которые здание опирается. Вследствие этого получают перемещения конструкций фундаментов и надземной части здания. Кроме того, деформацию зданий могут также вызвать ветровые нагрузки, солнечная радиация, вибрация при работе оборудования, сейсмические воздействия и другие явления.

Перемещения сооружения и его конструкций могут быть горизонтальные и вертикальные. Вертикальные перемещения называют **осадкой**, а горизонтальные - **сдвигом** (смещением). Пространственное смещение сооружений вызывает его деформацию в виде прогибов, перекосов, образования трещин и крена. Если эти явления не будут своевременно обнаружены и устранены, то может возникнуть опасность разрушения сооружения.

Поэтому в период строительства и эксплуатации зданий и сооружений проводится целый комплекс натуральных геодезических наблюдений, позволяющих следить и определять элементы деформаций всего сооружения и его отдельных конструкций. Рассмотрим основные геодезические методы наблюдений за осадками и смещениями сооружений и их конструкций.

### Вопрос 14.2. Методы определения осадок зданий и сооружений.

Для проведения наблюдений за осадками в конструкции сооружений закладывают осадочные марки и периодически определяют их отметки. **Основным способом определения осадок сооружений является высокоточное геометрическое нивелирование.**

С этой целью вокруг сооружения, вне зоны возможных деформаций грунтов, создается сеть из 3-4 глубинных реперов. Для промышленных и гражданских сооружений опорные реперы закладываются не ближе 80 м от здания.

Определение величины осадок состоит в измерении превышений между

опорными реперами и осадочными марками через определенные промежутки времени (цикла). По измеренным и уравненным превышениям вычисляют отметки осадочных марок в данном цикле. Разности высот одной и той же осадочной марки в смежных циклах наблюдений характеризуют величину осадки марки и соответствующей части сооружения. По результатам наблюдений составляют график хода осадок.

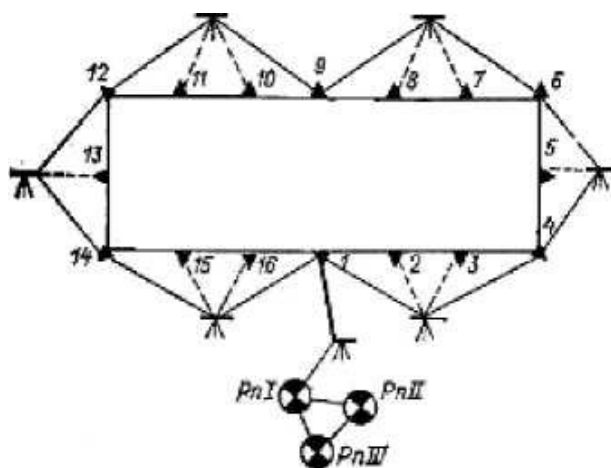


Рисунок 14.1 - Схема нивелирования осадочных марок

Места установки осадочных марок для типовых промышленных и гражданских зданий выбирают по периметру сооружения в среднем через 10 м и по обе стороны осадочных швов здания. Образец размещения осадочных марок и реперов приведен на рисунке 14.1.

При наблюдениях за осадками строящихся зданий циклы совмещают с завершением этапов строительства, например этажа. Таким образом, циклы оказываются связанными с этапами увеличения нагрузки на основание. После завершения строительства сроки наблюдений устанавливают с учетом величины и скорости осадок, обычно 2-3 раза в год до полной стабилизации осадок.

**Методика нивелирования осадочных марок** имеет ряд особенностей: длина визирного луча не должна превышать 10-20 м, равенство плеч выдерживается с большой точностью, нивелирование выполняется в каждом цикле по одинаковой схеме и постоянно закрепленным осадочным маркам. Для определения осадок в труднодоступных точках сооружений применяют *тригонометрическое нивелирование* с использованием высокоточных теодолитов, обеспечивающих точность измерения вертикальных углов с ошибкой не более 1".

Для систематических наблюдений за осадками крупных промышленных зданий и гидротехнических сооружений применяют *гидростатическое нивелирование*. Определение осадок для большинства сооружений обычно выполняют с погрешностью 1-2 мм, что обеспечивается измерением превышений по программе нивелирования II класса.

### Вопрос 14.3. Методы определения горизонтальных смещений зданий и сооружений

Инженерные сооружения в процессе их возведения и даже в период эксплуатации под воздействием различных сил претерпевают горизонтальные смещения. Геодезические методы дают возможность довольно точно обнаружить эти смещения и определить их числовые характеристики.

**Геодезические работы по измерению горизонтальных смещений сооружений** выполняют в такой последовательности:

- разработка программы наблюдений, где указывается метод наблюдений и соответствующие ему приборы;
- размещение опорных и контрольных пунктов наблюдений;
- организация наблюдений и обработка полученных результатов.

Наиболее существенной частью этих работ является выбор и закрепление опорных пунктов наблюдений. Они должны располагаться вне зоны возможных смещений на устойчивых грунтах. Опорные знаки должны быть снабжены центрировочным устройством для установки геодезического инструмента.

**Наблюдения за смещениями конструкций** осуществляют циклами. Нулевой цикл выполняют до появления горизонтальных нагрузок на конструкции. Последующие циклы совмещают по времени с ожидаемым появлением горизонтальных смещений, а после ввода сооружения в эксплуатацию - не реже двух раз в год до полной стабилизации сооружения. Для определения горизонтальных смещений наиболее широко используют следующие методы наблюдений.

*Створный метод.* Этот метод чаще всего применяют для определения деформации сооружений прямолинейной формы, когда достаточно знать смещение по одному направлению. Он заключается в измерении смещения контрольного знака со створа опорной линии, обычно совпадающей с осью сооружения или параллельной ей. На опорной линии, вне зоны подвижек грунтов, закладывают опорные знаки *A* и *B* и периодически (циклами) определяют отклонения  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  деформационных марок 1, 2 и 3 закрепленных на сооружении, от створа *AB* (рисунок 14.2). Для повышения точности измерений линию створа размещают на небольшом удалении от сооружения (0,3-0,6 м).

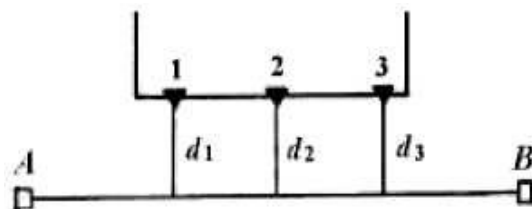


Рисунок 14.2 - Створный метод

Для определения величины отклонений деформационных марок от створа над опорным знаком *A* устанавливают теодолит. Его приводят в рабочее положение, наводят пересечение сетки нитей на визирную марку, расположенную над опорным знаком *B*, и последовательно, как при боковом нивелировании, берут отсчеты  $d_1'$ ,  $d_2'$ ,  $d_3'$  по измерительной линейке. Эти измерения будут составлять первый полуприем.

Во втором полуприеме теодолит устанавливают над опорным знаком *B*, визируют на марку над точкой *A* и берут отсчеты  $d_1''$ ,  $d_2''$ ,  $d_3''$  по измерительным линейкам на деформационных марках. По полученным отсчетам вычисляют средние значения:

$$d_1 = 0,5(d_1' + d_1''); d_2 = 0,5(d_2' + d_2''); d_3 = 0,5(d_3' + d_3'').$$

Аналогичные измерения выполняют и в следующих циклах. Результаты измерений заносят в ведомость вычисления горизонтальных смещений, в которой указывают номер цикла, время его проведения, отсчеты по линейке на каждой марке и величину смещения. Горизонтальные смещения  $A$  деформационных марок вычисляют как разность измерений в нулевом и последующем циклах.

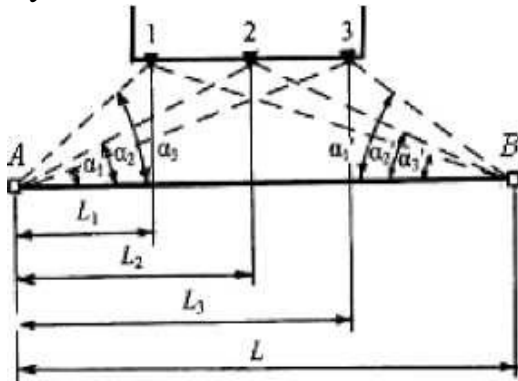


Рисунок 14.3 - Измерение малых углов

Эта же задача может быть решена с помощью измерения малых углов.

В этом способе теодолитом с опорных точек  $A$  и  $B$  измеряют малые параллактические углы  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  и  $\alpha_1', \alpha_2', \alpha_3'$  между линией створа и направлением на точки 1, 2, 3, расстояния  $L_1, L_2, L_3$  и  $L$  (рисунок 8.22). Отклонение каждой  $i$ -й марки определяют по формуле

$$d_i = L_i \cdot \alpha_i = L_i \cdot \omega_i \cdot I \rho$$

Способ створных наблюдений довольно прост, дает достаточно точные результаты, но имеет ряд недостатков:

- горизонтальные смещения определяют только по оси, перпендикулярной к створу  $AB$ ;
- полученные данные могут не обладать высокой степенью надежности, так как расположение точек  $A$  и  $B$  вблизи от сооружения не дает полной уверенности в том, что они были неподвижны за время наблюдений.

**Метод триангуляции.** В этом методе в отличие от предыдущего опорные точки  $A$  и  $B$  закладывают в устойчивом грунте на значительном удалении от исследуемого сооружения. На самом сооружении, например дамбе, закладывают точки наблюдения I, II, III и периодически (циклами) определяют их координаты методом триангуляции. Для этого с

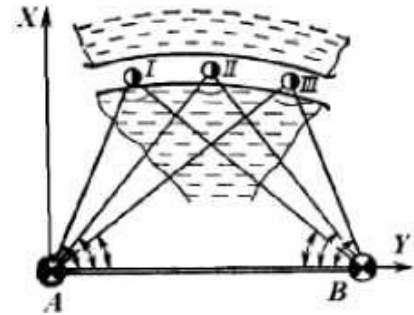


Рисунок 14. - Метод триангуляции

В результате обработки данных, полученных в каждом из циклов, определяют координаты точек наблюдения  $x_I, y_I, x_{II}, y_{II}, x_{III}, y_{III}$ . Смещения высокой точностью определяют длину базиса  $AB$  и измеряют все углы во всех треугольниках (рисунок 8.23).

наблюдаемых точек по направлениям осей  $x$  и  $y$  вычисляют, как разность соответствующих координат между циклами наблюдений.

Абсолютную величину смещения получают как диагональ прямоугольника

со сторонами  $A_x$  и  $A_y$ : 
$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}.$$

*Способ координат.* При этом способе вокруг сооружения на расстоянии, равном одной-двум его высотам, закладывают не менее трех опорных пунктов  $A$ ,  $B$  и  $C$  и определяют в условной системе их координаты (рисунок 14.5).

С этих пунктов через определенные промежутки времени прямой засечкой определяют координаты оси сооружения в его нижнем и верхнем сечениях. Вычисляют по формулам прямой угловой засечки координаты оси сооружения для нижнего и верхнего сечений. При засечках для определения направления на ось сооружения производят отсчеты по левой и правой наружным граням, а за окончательное значение принимают среднее арифметическое.

По разностям координат в двух циклах наблюдений находят составляющие крена  $A_x$  и  $A_y$  по осям координат и определяют линейную  $A$  и угловую  $\alpha$  величины крена.

Точность определения линейного элемента крена при систематических наблюдениях характеризуется величиной средней квадратической погрешности порядка 6-10 мм при высоте сооружения 100 м и использовании теодолита Т2.

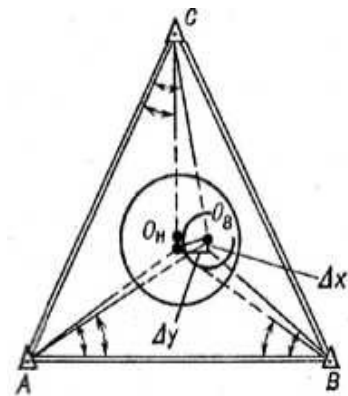


Рисунок 14.5 - Способ координат

