

# Геодезические наблюдения за деформациями зданий и сооружений

Лекция 6

# Список используемых источников

- 1. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ/ Г.П.Левчук, В.Е.Новак, В.Г.Конусов. – М.: Недра, 1981.
- 2. Авакян, В.В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ/ В. В. Авакян – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – с.: ил., табл.

# План лекции

- 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.
- 2. Организация наблюдений и характеристики деформаций.
- 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.
- 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.
- 5. Методы измерений горизонтальных перемещений.
- 6. Способы измерения кренов.

# 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.

- Деформации зданий и сооружений - изменение пространственного положения точек сооружения, его частей или всего сооружения в целом.
- Здания и сооружения на грунтовых основаниях могут смещаться **в горизонтальной плоскости - сдвиг**, или смещаться по вертикали.
- Смещения, направленные **вертикально вверх**, называются **подъёмами**, **вниз – осадками**.
- В результате неравномерно протекающих по периметру сооружения осадок его **основные плоскости могут наклоняться**. Такие наклоны называются **кренами**.

# 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.

- **Общие причины осадок и деформаций** связаны с особенностями инженерно-геологических, гидрологических и физико-механических свойств грунтов.
- **Частные причины осадок и деформаций** связаны с погрешностями и просчётами, совершёнными в процессе изысканий, при проектировании и строительстве сооружения.

# 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.

- **Различают следующие деформации сооружений:**
- **Осадки** – деформации, вызывающие вертикальное перемещение всего сооружения под воздействием его веса. Осадки происходят в результате уплотнения грунта под воздействием внешних нагрузок и в отдельных случаях собственного веса грунта, не сопровождающегося коренным изменением его структуры.

# 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.

- **Просадки** – деформации, носящие провальный характер, происходящие в результате уплотнения и, как правило, коренного изменения структуры грунта под воздействием как внешних нагрузок и собственного веса, так и других факторов (замачивания грунта, оттаивания ледовых прослоек и т.п.).
- **Набухания и усадки** – деформации, связанные с изменением объёма некоторых грунтов при изменении их влажности и при замерзании воды и оттаивании льда.

# 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.

- **Оседания** – деформации земной поверхности, вызываемые разработкой полезных ископаемых, изменением гидрогеологических условий, понижением уровня подземных вод, карстовыми процессами и т.п.
- **Провалы** – деформации земной поверхности с нарушением целостности грунтов, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над карстовыми полостями или горными выработками.

# 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.

- **Горизонтальные перемещения** – деформации, связанные с действием горизонтальных нагрузок на основание, характеризующиеся изменением плоских прямоугольных координат точек сооружения.
- **Крены** представляют собой наклон или поворот основных плоскостей всего сооружения в результате неравномерных осадок без нарушения его цельности и геометрических форм.

# 1. Общие понятия о деформациях зданий и сооружений.

- **Кручением** здания называют сложную деформацию, представляющую собой поворот поперечных сечений сооружения вокруг продольной его оси в разных направлениях и на разные углы.
- **Трещины** представляют собой разрывы в отдельных конструкциях сооружения, и возникающие вследствие неравномерности осадок и дополнительных напряжений.

## 2. Организация наблюдений и характеристики деформаций.

- **Геодезические наблюдения** за вертикальными и горизонтальными перемещениями сооружений (мониторинг) описывают деформации с количественной стороны за какой-то промежуток времени.
- **Наблюдения проводятся** с начала строительства сооружения и в первые годы его эксплуатации до достижения стабилизации деформаций.
- Наблюдения выполняют циклично, периодически, стремясь спланировать циклы наблюдений через равные промежутки времени в кратчайшие сроки.

## 2. Организация наблюдений и характеристик и деформаций.

- **Геодезические измерения** горизонтальных и вертикальных перемещений осуществляются по точкам, закреплённым в теле исследуемого сооружения - **деформационным маркам**.
- Измерения производятся относительно опорных пунктов, которые располагаются вне зоны возможных деформаций, и их положение в пространстве и во времени принимается как стабильное.

## 2. Организация наблюдений и характеристик и деформаций.

- Для реализации комплекса работ по наблюдениям за горизонтальными и вертикальными перемещениями сооружений разрабатывается специальная программа наблюдений.

## 2. Организация наблюдений и характеристики деформаций.

- Программой определяются конкретные цели и задачи наблюдений за осадками и деформациями на данном конкретном объекте:
  - ✓ определение абсолютных и относительных величин деформаций;
  - ✓ сравнение их с расчётными;
  - ✓ выявление причин возникновения деформаций и оценка степени их опасности, принятие своевременных мер по борьбе с возникающими последствиями;
  - ✓ получение необходимых характеристик устойчивости оснований и физико-механических свойств грунтов.

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

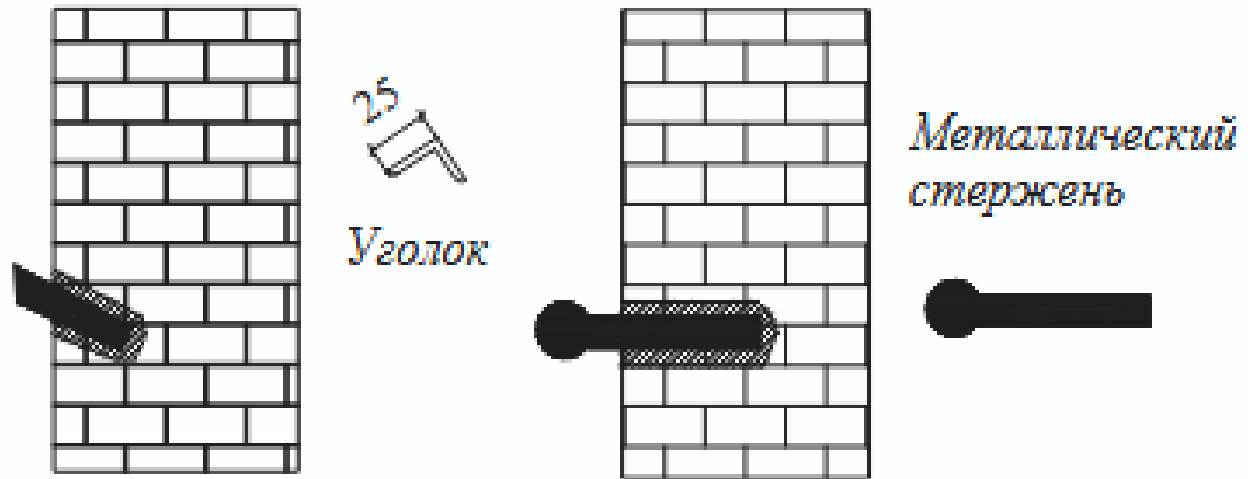
- Для измерений горизонтальных или вертикальных перемещений зданий и сооружений в их конструкциях закрепляют геодезические знаки - **деформационные марки.**
- Фиксируя изменение пространственного положения деформационных марок, судят о горизонтальных или вертикальных перемещениях сооружения или его частей.

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

- Измерения перемещений производится относительно других геодезических знаков, знаков основы, которые закрепляются вдали от зон возможных деформаций.
- Геодезические знаки основы могут быть **высотными**, **плановыми** или **совмещёнными**, несущими информацию о плановых координатах и о высоте одновременно.

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

## Деформационные марки



### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

- Проектирование мест расположения деформационных марок и опорных геодезических знаков, их закладка являются одним из основных и ответственных этапов всего комплекса работ по измерениям вертикальных и горизонтальных перемещений исследуемых сооружений.
- От рационального размещения знаков, от их количества зависит качество, полнота и информативность результатов измерений.

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

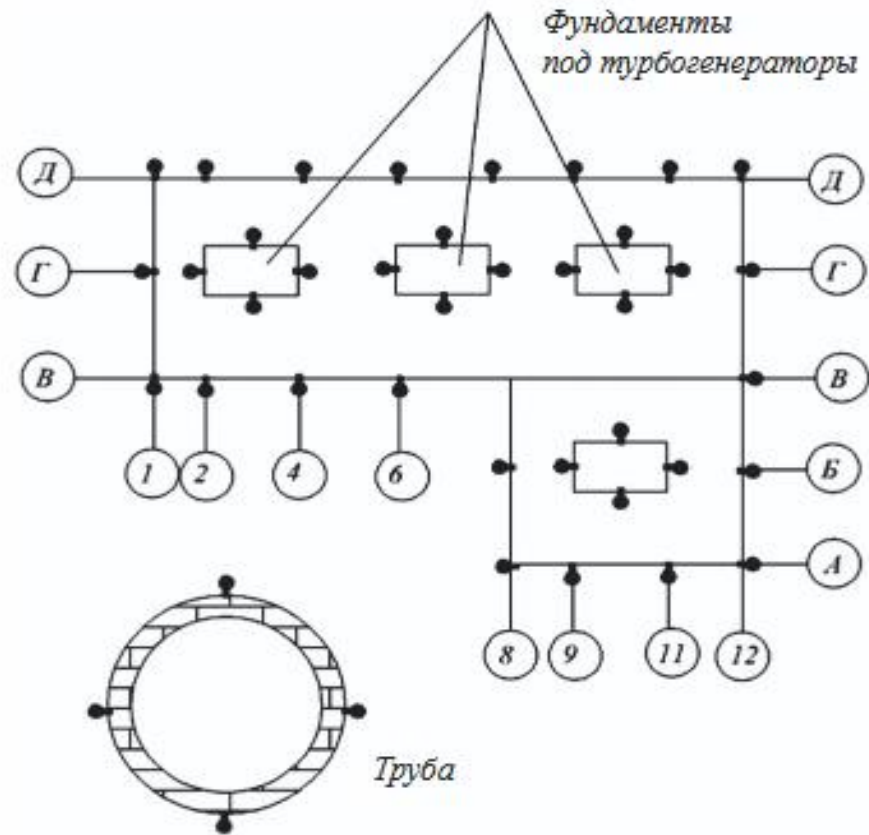
- **Проект размещения марок на сооружении** составляют с учётом конструкции фундамента, нагрузки на отдельные части основания, геологических и гидрологических условий площадки.
- **Деформационные марки устанавливают** примерно на одной высоте в нижней части несущих конструкций через 10–15 м по всему периметру сооружения.

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформацион- ных знаков.

- **Марки устанавливают** также внутри сооружения, на углах и стыках строительных блоков, по обе стороны осадочных или температурных швов, в местах примыкания продольных и поперечных стен, на несущих колоннах, вокруг зон с большими динамическими нагрузками .

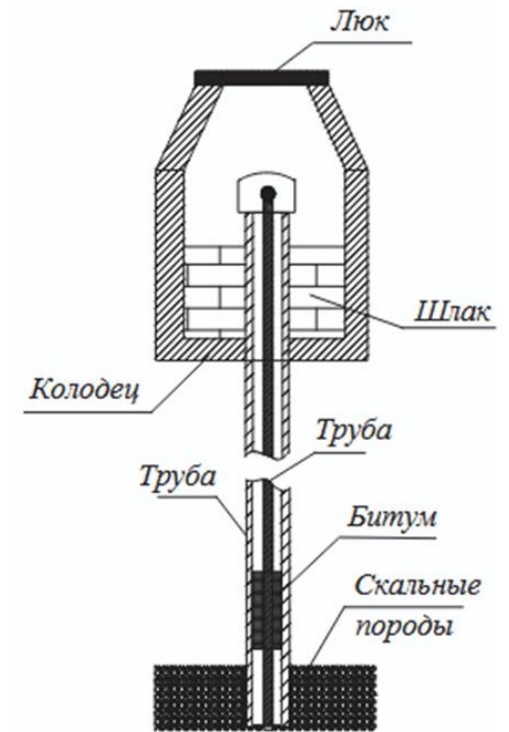
### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

#### Проект расположения деформационных марок



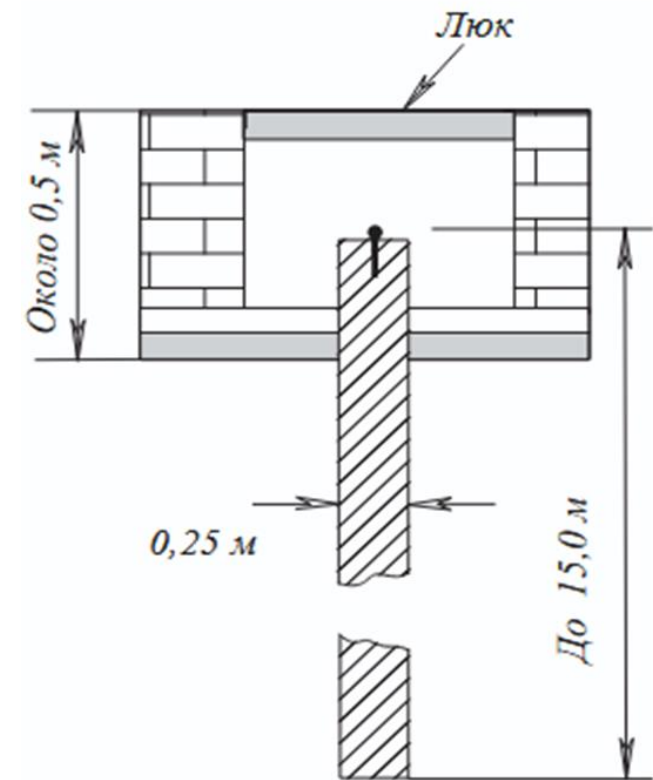
### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

- **Глубинные реперы** могут быть металлическими, биметаллическими, биструнными и другими.
- Основания глубинных реперов закрепляются в коренных скальных и других практически несжимаемых грунтах на глубину от 2 до нескольких десятков метров.



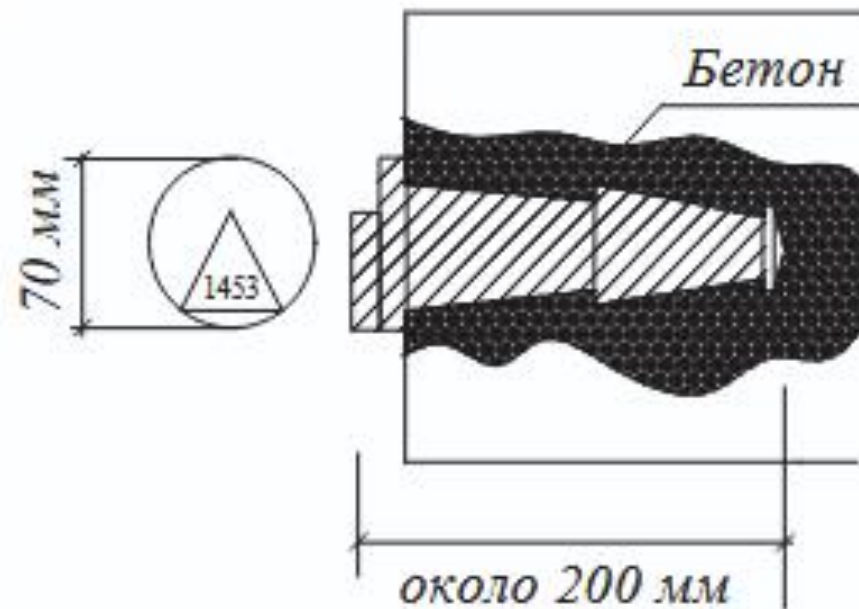
### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

- **Грунтовые реперы** устанавливаются в котлованах, скважинах или путём забивки и могут быть металлическими, железобетонными и трубчатыми.
- Число исходных **грунтовых реперов** должно быть **не менее трёх**, а **стенных реперов** – **не менее четырёх**.



### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

- В стенах и фундаментах зданий закладывают **стенные реперы**



### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

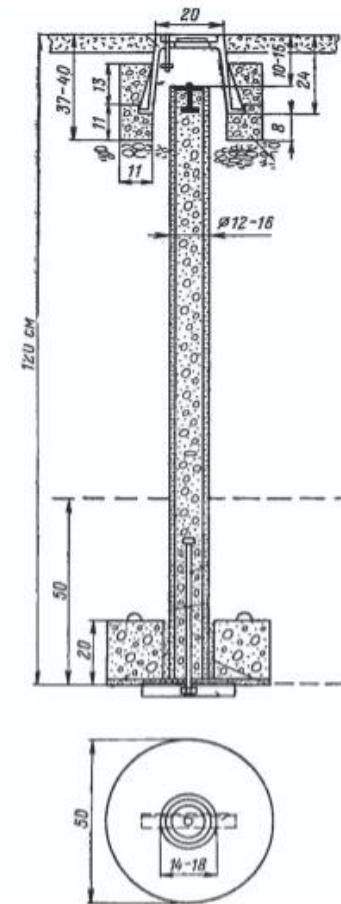
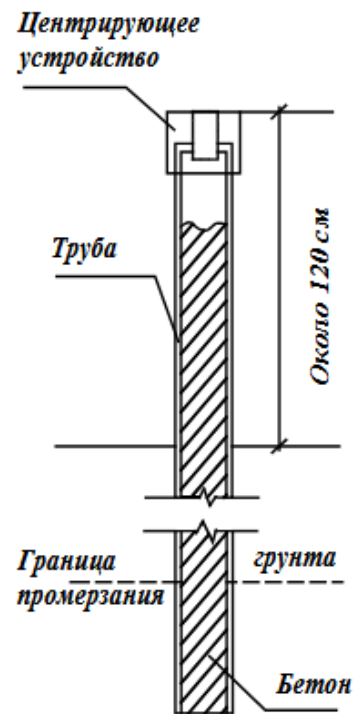
- **Плановые и высотные знаки**, которые используют для определения горизонтальных смещений и сдвигов сооружений подразделяются на:
- **деформационные, или контрольные**, которые закладывают на исследуемом сооружении (в тело плотины, здания и т.п.) или в толщу оползневого участка земли, что позволяет по его пространственным перемещениям судить о смещениях всего исследуемого объекта;

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

- **опорные, или наблюдательные столбы,** закладываемые вблизи исследуемого объекта, с которых непосредственно производятся измерения смещений деформационных знаков;
- **исходные,** закладываемые за пределами зоны возможных деформаций, служащие для определения смещений опорных и, по необходимости, деформационных знаков

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

#### Опорный плановый знак



#### Скрытый опорный знак

### 3. Размещение и конструкция исходных и деформационных знаков.

- Точность определения планового положения опорных пунктов должна быть выше требуемой точности определения крена, или планового смещения, по крайней мере, в 1,5-2 раза.
- После установки знаков плановой и высотной основы на них передаются координаты и высоты от ближайших пунктов государственной геодезической сети.

## 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.

Вертикальные перемещения оснований фундаментов

измеряют одним из следующих методов или их комбинацией:

- геометрическим,
- тригонометрическим,
- гидростатическим нивелированием,
- методами фотограмметрии,
- наземным лазерным сканированием

## 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.

**Геометрическое нивелирование** - процесс измерения превышений, который выполняется горизонтальным визирным лучом по вертикально установленным в нивелируемых точках рейкам.

**Тригонометрическое нивелирование** состоит в определении превышений одной точки над другой путём измерения угла наклона визирного луча и расстояния до точек визирования.

## 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.

**Гидростатическое нивелирование** заключается в определении превышения одной точки над другой по уровню жидкости в сообщающихся сосудах, установленных в нивелируемых точках.

**Фотограмметрический способ** заключается в периодическом фотографировании сооружения в целом или его отдельных частей и сравнении координат наблюдаемых точек по их фотоизображениям.

## 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.

**Метод геометрического нивелирования** применяется в качестве основного метода измерения вертикальных перемещений.

**Метод тригонометрического нивелирования** применяется при измерениях вертикальных перемещений объектов в условиях резких перепадов высот (на горных плотинах, глубоких котлованах, больших насыпях, на косогорах и т.п.).

## 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.

Гидростатическое нивелирование (переносным шланговым прибором или стационарной гидростатической системой) применяется для измерения относительных вертикальных перемещений большого числа точек, труднодоступных для измерений другими методами, при отсутствии прямой видимости между измеряемыми точками или в случаях, когда в местах производства измерительных работ пребывание человека невозможно или нежелательно по условиям техники безопасности.

## 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.

**Способ микро nivelирования**  
применяют при наблюдении за  
взаимным высотным положением  
близко расположенных точек  
(порядка 1 м).

Задачи такого рода возникают при  
изучении осадок и наклонов  
отдельных конструкций: балок,  
ферм, фундаментов,  
технологического оборудования.



## 4. Методы и схемы измерений вертикальных перемещений.

Фотограмметрические и стереофотограмметрические способы предусматривают применение фототеодолита или цифровой фотокамеры для получения фотографического (цифрового) изображения изучаемого объекта.

Определение этими способами пространственных перемещений объектов вообще и вертикальных перемещений в частности заключается в измерении разности координат (высот) точек сооружения, найденных по фотоснимкам в нулевом цикле и в текущем цикле.

На этом же принципе построен способ измерения перемещений лазерным сканированием.

## 5. Методы измерений горизонтальных перемещений.

Горизонтальные перемещения объектов определяют из сравнения плоских прямоугольных координат точек сооружения между циклами.

При изучении горизонтальных перемещений перед началом измерений в общем случае производятся следующие подготовительные работы:

## 5. Методы измерений горизонтальных перемещений.

- устанавливаются надёжные и стабильные в плановом отношении опорные знаки, часто снабжённые принудительными центрировочными приспособлениями;
- на исследуемом объекте на внешних или внутренних его конструкциях закрепляются контрольные геодезические знаки – деформационные марки;

## 5. Методы измерений горизонтальных перемещений.

- разрабатываются методы контроля стабильности опорных знаков, чаще всего в виде программы наблюдения ориентирных пунктов;
- разрабатываются методы наблюдений деформационных марок, обеспечивающие необходимую точность определения их координат.

## 5. Методы измерений горизонтальных перемещений.

**Горизонтальные перемещения фундаментов зданий и сооружений** могут быть измерены одним из следующих методов или их комбинированием:

- методом створных наблюдений;
- методом засечек и отдельных направлений (горизонтальных углов);

## 5. Методы измерений горизонтальных перемещений.

- координатными методами (триангуляции, полигонометрии, спутниковыми методами и т.п.);
- фотограмметрическими методами или лазерным сканированием.

**Допускается применение методов** трилатерации, линейно угловых построений, а также сочетаний перечисленных методов.

## 6. Способы измерения кренов.

- **Крен** является наиболее характерным показателем совместной деформации высотного сооружения и его основания.
- В таких сооружениях, обладающих повышенной чувствительностью к деформациям грунтов основания, крен вызывает развитие дополнительного момента, который в свою очередь способствует увеличению крена и может привести к потере устойчивости сооружения.

## 6. Способы измерения кренов.

Крен сооружения может быть выражен в **линейной, угловой и относительной мере.**

**Под линейной величиной абсолютного крена** понимается отрезок между проекциями на горизонтальную плоскость центра подошвы фундамента и положения центра верхнего сечения сооружения.

**Абсолютный крен в угловой мере** определяется острым углом между отвесной линией в центре подошвы фундамента и положением вертикальной оси сооружения.

**Относительным креном** называют отношение абсолютного крена сооружения к высоте сооружения.

## 6. Способы измерения кренов.

**Основная задача** наблюдений за кренами сооружений башенного типа состоит в предупреждении возможного появления недопустимых величин кренов и разрушения строения.

Решение этой задачи является необходимым условием нормальной эксплуатации сооружения

## 6. Способы измерения кренов.

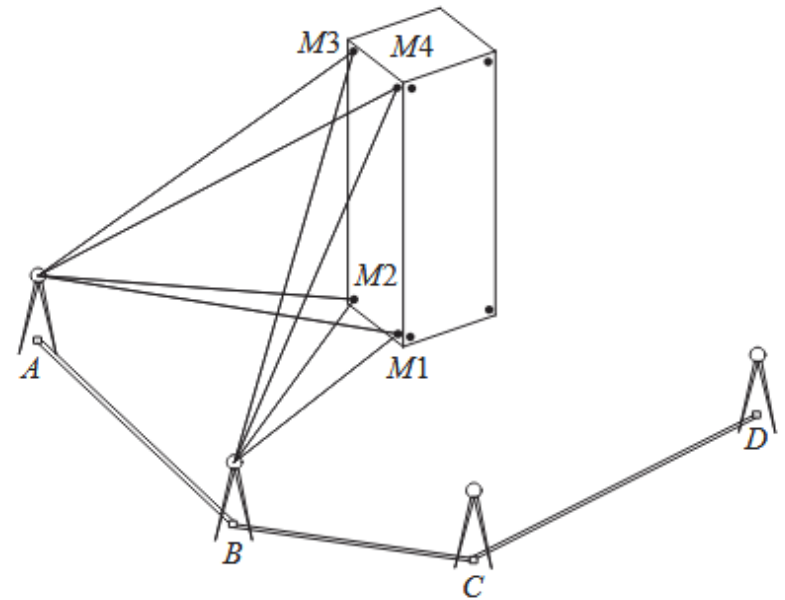
**Определение крена эксплуатируемого сооружения** в зависимости от требуемой точности и высоты объекта, а также местных условий может быть осуществлено одним из следующих геодезических способов:

- координат;
- высокоточного нивелирования осадочных марок;
- измерения горизонтальных углов или направлений;
- вертикального проектирования и зенитных расстояний;
- методами фотограмметрии и лазерного сканирования.

## 6. Способы измерения кренов.

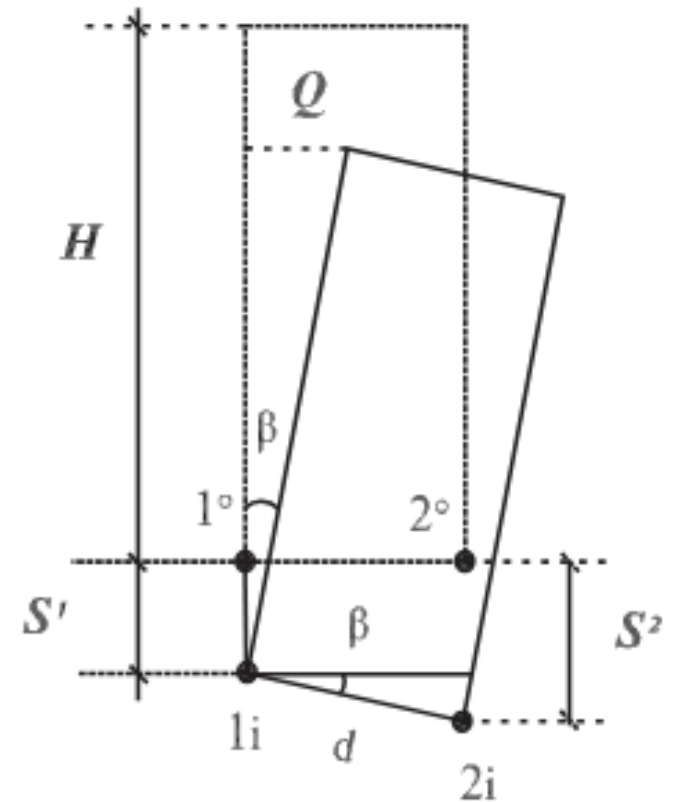
### Способ координат

заключается в циклическом координировании центров деформационных марок, расположенных в верхних и нижних поясах высотного сооружения.



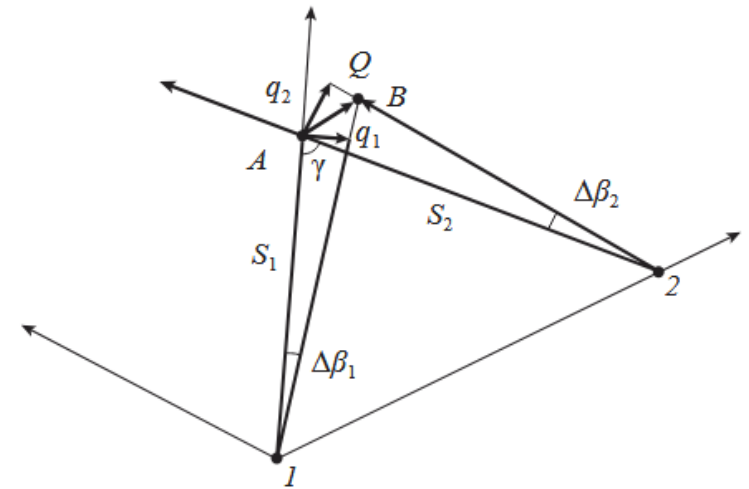
## 6. Способы измерения кренов.

Способ **высокоточного нивелирования** основан на циклическом высокоточном геометрическом или гидростатическом нивелировании деформационных марок, расположенных на диаметрально противоположных сторонах цокольного сечения сооружения



## 6. Способы измерения кренов.

Для измерения крена сооружения сложной геометрической формы используют **метод измерения отдельных направлений (горизонтальных углов)** с двух постоянно закреплённых опорных пунктов и базисов, образованных этими и ориентирными пунктами.



## 6. Способы измерения кренов.

При измерении кренов фундамента или сооружения **метод вертикального проектирования** применяется для наблюдений за наклоном сооружений небольшой высоты при условии обеспечения видимости и доступа к нижней их части.

Способ удобен для выверки вертикальности оси сооружения и в процессе строительства.

## 6. Способы измерения кренов.

Для реализации **стереофотограмметрического способа** напротив фасада исследуемого сооружения разбивают базис фотографирования, располагая его симметрично объекту и ориентируя примерно параллельно какой-либо плоскости фасада. Расстояние от базиса до сооружения определяется высотой объекта и требуемой точностью измерений.

## 6. Способы измерения кренов.

Систематические наблюдения за креном сооружения ведутся по результатам измерения координат маркированных точек, которые располагают в верхнем и нижнем сечениях сооружения.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**